



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**ACCIÓN HUMANA COMO MEDIO DE ACELERACIÓN DE LOS PROCESOS
GEODINÁMICOS DETERMINANTES EN LA DESAPARICIÓN DE LAS PLAYAS
ARENOSAS ENTRE LURIN Y MIRAFLORES (COSTA VERDE), LIMA-PERÚ**

Línea de investigación:

Condiciones oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos

Tesis para optar el Grado Académico de Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Autora:

San Román Moscoso, Carmen Gladys

Asesor:

Cabrera Carranza, Carlos Francisco
(ORCID: 0000-0002-5821-5886)

Jurado:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter
Sánchez Ortiz, Franklin Humberto
Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Lima - Perú

2023



Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:

Fecha del Análisis:

Analizado por:

Correo del analista:

Porcentaje:

Título:

Enlace:



DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO
JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**ACCIÓN HUMANA COMO MEDIO DE ACELERACIÓN DE LOS PROCESOS
GEODINÁMICOS DETERMINANTES EN LA DESAPARICIÓN DE LAS PLAYAS
ARENOSAS ENTRE LURIN Y MIRAFLORES (COSTA VERDE), LIMA-PERÚ**

Línea de investigación:

Condiciones oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos

Tesis para optar el Grado Académico de Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autora:

San Román Moscoso, Carmen Gladys

Asesor:

Cabrera Carranza, Carlos Francisco

(ORCID: 0000-0002-5821 5886)

Jurado:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

Sánchez Ortiz, Franklin Humberto

Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Lima-Perú

2023

TÍTULO

“ACCIÓN HUMANA COMO MEDIO DE ACELERACIÓN DE LOS PROCESOS
GEODINÁMICOS DETERMINANTES EN LA DESAPARICIÓN DE LAS PLAYAS
ARENOSAS ENTRE LURIN Y MIRAFLORES (COSTA VERDE), LIMA-PERÚ”

AUTORA

San Román Moscoso, Carmen Gladys

ASESOR

Cabrera Carranza, Carlos Francisco

Dedicatoria

Dedico esta tesis al amor de Dios que sobrepasa todo entendimiento, que es capaz y está en la cualidad de llenar todo vacío, a ese amor que todo lo puede, todo lo perdona, no se derrumba y permite llegar a estos momentos tan importante de la formación profesional.

Dedico este trabajo con todo mi amor y cariño a mis hijos Katherine del Carmen y Alexander Antonio que son la dulzura que entenece mi corazón y le da a mi vida una razón:

Asimismo, lo dedico a toda mi familia.

*Sinceramente
Carmen Gladys San Román Moscoso*

Reconocimiento

Es un verdadero placer poder utilizar este espacio para agradecer de manera especial y sincera al Doctor Carlos Francisco Cabrera Carranza, por haber aceptado ser el asesor de esta tesis doctoral y por la confianza que depositó en mí, que en base a su sabiduría y experiencia ha sabido direccionar mis ideas y hacer posible la culminación de esta investigación.

Expreso mi agradecimiento al Dr. Néstor Téves Rivas por compartir sus conocimientos rigurosos y precisos en la sedimentología, así como por su entusiasmo de que se ejecutara este proyecto.

Mi reconocimiento a todos los Catedráticos investigadores que impartieron en el doctorado sus conocimientos profesionales con dedicación, perseverancia y tolerancia.

Mi agradecimiento a los colegas y amigos Cesar Pinto y Edwin Lazo por colaborar y compartir sus experiencias de tipo profesional y personal.

Cordialmente
Carmen Gladys San Román Moscoso

INDICE

TÍTULO	ii
AUTORA	ii
ASESOR	ii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.3.1. Problema General	8
1.3.2. Problemas Específicos	8
1.4. ANTECEDENTES	9
1.4.1. Antecedentes Nacionales	11
1.4.2. Antecedentes Internacionales.	15
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.7.1. Objetivo General.....	24
1.7.2. Objetivos Específicos	24
1.8. HIPÓTESIS	25
1.8.1. Hipótesis General.....	25
1.8.2. Hipótesis Específicas	25
II. MARCO TEORICO	26
2.1 BASES TEÓRICAS	26
2.1.1. Fenómenos Geodinámicos	26
2.1.2. Análisis de los impactos potenciales y residuales por cambios climáticos.	30
2.1.3. Procesos geodinámicos costeros	32
2.1.4. Análisis de las causas en la desaparición de playas arenosas	34
2.1.5. Zona Costera	38
2.1.6. Zona de Playa.....	40
2.1.7. Línea de Costa	41
2.1.8. Erosión Costera.....	45
2.1.9. El Balance Sedimentario y la Intervención Humana	46
2.2. MARCO FILOSÓFICO	51
2.3. MARCO CONCEPTUAL	52
III. MÉTODO	57

3.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	58
3.2.1. Población	58
3.2.2. Muestra	59
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	60
3.3.1. Variable Independiente (X)	60
3.3.2. Variable Dependiente (Y).....	62
3.4. INSTRUMENTOS	64
3.5. PROCEDIMIENTOS.....	64
3.6. ANÁLISIS DE DATOS	66
3.6.1. Área de estudio	67
3.7. CONSIDERACIONES ÉTICAS	72
IV. RESULTADOS	73
4.1. UNIDAD DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	73
4.1.1.1 Línea de Base Ambiental Físico	73
4.1.1.2. Geomorfología regional Lurín- Miraflores.....	82
4.2. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	104
4.2.1. Generalidades del transporte de sedimentos	108
4.2.2. Evaluación del transporte de sedimentos.....	109
4.3. ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO DE LAS PLAYAS ESTUDIADAS.....	111
4.3.1. Metodología para el estudio de muestras playeras en el laboratorio	114
4.4. RESULTADOS SEDIMENTOLÓGICOS DE LAS MUESTRAS DE MIRAFLORES A LURÍN.....	125
4.5. GEOLOGÍA AMBIENTAL.....	185
4.5.1. Problemática Ambiental	190
4.6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD COSTERA, PELIGROS DE ORIGEN NATURAL Y	
ANTROPOGÉNICO DEL ÁREA DE ESTUDIO LURÍN A MIRAFLORES	201
4.6.1. Análisis de la Vulnerabilidad.....	202
4.6.2. Nivel de vulnerabilidad y riesgo geológico en área de estudio	203
4.7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	212
4.8. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	216
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	218
5.1. DISCUSIÓN RESULTADOS DE COSTA VERDE	218
VI. CONCLUSIONES	227
VII. RECOMENDACIONES.....	231
VIII. REFERENCIAS	233
IX. ANEXOS	250
ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA	250

ANEXO B. POBLACIÓN CENSADA POR INEI (LURÍN-MIRAFLORES).....	252
ANEXO C. FOTOS DE LAS PLAYAS LURÍN-BAHÍA MIRAFLORES (COSTA VERDE).....	254
ANEXO D. PLANOS GEOLÓGICOS-GEODINAMICOS, MAPA DE RIESGOS Y SECCIONES GEOLÓGICAS	259

Indice de Tablas

TABLA 1 ANÁLISIS DE PELIGROS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS DE LA ZONA COSTERA.....	46
TABLA 3 MATRIZ DE LA OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	63
TABLA 4 RASGOS GEOMORFOLÓGICOS DE LAS PLAYAS LURÍN-MIRAFLORES (COSTA VERDE).....	87
TABLA 5 PROCESOS GEODINÁMICOS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS ENTRE LURÍN Y MIRAFLORES (COSTA VERDE).....	90
TABLA 6 CARACTERÍSTICAS DEL LITORAL ENTRE LURÍN Y MIRAFLORES (COSTA VERDE), LIMA.....	95
TABLA 7 DISTRIBUCIÓN DE OLAS SWELL	99
TABLA 8 POSICIÓN GEOGRÁFICA (COORDENADAS UTM) DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	112
TABLA 9 CLASIFICACIÓN DE SUELOS- ATTEMBERG	119
TABLA 10 GRADUACIONES PARA EL CÁLCULO DEL PARÁMETRO Q.....	121
TABLA 11 PLAYA 1. MIRAFLORES, VALORES PARA OBTENER LA CURVA GRANULOMÉTRICA	126
TABLA 12 TABULACIÓN DE MUESTRA MIRAFLORES	128
TABLA 13 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA MIRAFLORES .	129
TABLA 14 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA MUESTRA MIRAFLORES.....	130
TABLA 15 CÁLCULOS EN BASE A PARÁMETROS (MUESTRA MIRAFLORES).....	131
TABLA 16 PLAYA 2. BARRANCO, VALORES PARA OBTENER LA CURVA GRANULOMÉTRICA.....	132
TABLA 17 TABULACIÓN DE MUESTRA BARRANCO	134
TABLA 18 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA BARRANCO	135
TABLA 19 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA MUESTRA BARRANCO.....	136
TABLA 20 CÁLCULOS EN BASE A PARÁMETROS (MUESTRA BARRANCO).....	138
TABLA 21 PLAYA 3. AGUA DULCE- CHORRILLOS, DATOS GRANULOMÉTRICOS DE CHORRILLOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS SEGÚN EL TAMAÑO DE MALLA.....	139
TABLA 22 TABULACIÓN DE MUESTRA PLAYA AGUA DULCE (CHORRILLOS).....	141
TABLA 23 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA AGUA DULCE (CHORRILLOS)	142
TABLA 24 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA MUESTRA PLAYA AGUA DULCE-CHORRILLOS.....	143
TABLA 25 CÁLCULOS EN BASE A PARÁMETROS MUESTRA PLAYA AGUA DULCE (CHORRILLOS)	144
TABLA 26 PLAYA 4. LA HERRADURA – CHORRILLOS, DATOS GRANULOMÉTRICOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS SEGÚN EL TAMAÑO DE MALLA	145
TABLA 27 TABULACIÓN DE MUESTRA LA HERRADURA (CHORRILLOS).....	147
TABLA 28 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA LA HERRADURA - CHORRILLOS.....	148

TABLA 29 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA MUESTRA LA HERRADURA (CHORRILLOS)	149
TABLA 30 CÁLCULOS EN BASE A PARÁMETROS (MUESTRA LA HERRADURA-CHORRILLOS).....	151
TABLA 31 PLAYA 5. LA CHIRA, DATOS GRANULOMÉTRICOS DE LA MUESTRA SEGÚN EL TAMAÑO DE MALLA	152
TABLA 32 TABULACIÓN DE MUESTRA LA CHIRA.....	154
TABLA 33 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA LA CHIRA.....	155
TABLA 34 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA MUESTRA LA CHIRA	156
TABLA 35 CÁLCULOS EN BASE A LOS PARÁMETROS DE LA MUESTRA DE SEDIMENTO PLAYA LA CHIRA.....	158
TABLA 36 PLAYA 6. VILLA, DATOS GRANULOMÉTRICOS DE LA MUESTRA SEGÚN EL TAMAÑO DE MALLA.....	159
TABLA 37 TABULACIÓN DE MUESTRA PLAYA VILLA	161
TABLA 38 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA VILLA.....	162
TABLA 39 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE LA MUESTRA VILLA	163
TABLA 40 CÁLCULOS EN BASE A LOS PARÁMETROS (MUESTRA PLAYA VILLA)	165
TABLA 41 PLAYA 7. MAMACONA, DATOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS SEGÚN EL TAMAÑO DE MALLA	166
TABLA 42 TABULACIÓN DE MUESTRA PLAYA MAMACONA	168
TABLA 43 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA MAMACONA ..	169
TABLA 44 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA MUESTRA PLAYA MAMACONA.....	170
TABLA 45 CÁLCULOS EN BASE A LOS PARÁMETROS DE LA MUESTRA PLAYA MAMACONA	171
TABLA 46 PLAYA 8. LURÍN (DESEMBOCADURA DEL RÍO), DATOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MUESTRAS SEGÚN EL TAMAÑO DE MALLA	172
TABLA 47 TABULACIÓN DE MUESTRA LURÍN (DESEMBOCADURA - RIO).....	174
TABLA 48 PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN DE SEDIMENTOS PLAYA LURÍN (DESEMBOCADURA-RÍO)	175
TABLA 49 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE LA MUESTRA LURÍN (DESEMBOCADURA – RÍO)....	176
TABLA 50 CÁLCULOS EN BASE A PARÁMETROS DE LA MUESTRA LURÍN (DESEMBOCADURA-RÍO)	177
TABLA 51 RESULTADOS FINALES SEDIMENTOLÓGICOS (PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN)	178
TABLA 52 PELIGROS POR ORIGEN NATURAL.....	192
TABLA 53 ANÁLISIS DE PELIGROS LITORAL, LURÍN-MIRAFLORES	192
TABLA 54 ESCENARIO ESTIMADO EN EL PERÚ POR EL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR (COUNTRY STUDIES PROGRAM-ELEMENT III)	202
TABLA 55 RETROCESO DE LA LÍNEA DE COSTA EN EL AÑO 2100 PARA LUGARES VULNERABLES EN EL PERÚ.....	203

TABLA 56 COSTOS DE REPOSICIÓN DE TERRENOS INUNDABLES E INFRAESTRUCTURA EXISTENTE, MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	203
TABLA 57 NIVEL DE VULNERABILIDAD LURÍN.....	204
TABLA 58 RIESGO GEOLÓGICO LURÍN.....	204
TABLA 59 NIVEL DE VULNERABILIDAD MIRAFLORES.....	205
TABLA 60 RIESGO GEOLÓGICO MIRAFLORES.....	205
TABLA 61 VARIABLES DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA	206
TABLA 62 CATEGORÍA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA (IVC)	206
TABLA 63 CATEGORÍA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA (IVC) - FÍSICO	206
TABLA 64 CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA (IVC) SOCIO-ECONÓMICO.....	207
TABLA 65 MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA DE IMPACTOS FÍSICOS-SOCIOECONÓMICOS, MIRAFLORES.....	210
TABLA 66 VALORACIÓN DE IMPACTO.....	210
TABLA 67 MATRIZ DE LEOPOLD MODIFICADA DE IMPACTOS FÍSICOS-SOCIOECONÓMICOS, LURÍN.....	211
TABLA 68 SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL	211
TABLA 69 PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS DE LAS PLAYAS ENTRE LURÍN Y MIRAFLORES	215

Índice de Figuras

FIGURA 1 MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD	30
FIGURA 2 PERFIL DE LA COSTA CON BARRERA DE ISLA	39
FIGURA 3 PERFIL DE LA COSTA DE ACANTILADOS	40
FIGURA 4 PARTES DE LA ZONA LITORAL	41
FIGURA 5 ESQUEMA DE UNA TÍPICA CÉLULA LITORAL Y SUS COMPONENTES	44
FIGURA 6 FUERZAS EN EL GRANO DE SEDIMENTO EN EL FONDO DEL CANAL	48
FIGURA 7 ROLDADURA (ROLLING)	49
FIGURA 8 SALTACIÓN (SALTATION)	49
FIGURA 9 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN	50
FIGURA 10 VARIABLES ESTABLECIDAS EN LA INVESTIGACIÓN	57
FIGURA 11 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN SIGUIENDO EL PROCESO METODOLÓGICO	58
FIGURA 12 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	68
FIGURA 13 UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS, ZONA DE ESTUDIO.....	111
FIGURA 14 IMÁGENES REFERENCIALES DE INSTRUMENTOS DEL LABORATORIO (MALLAS, BALANZA, HORNO, TAMIZADORA)	114
FIGURA 15 MODELO DE HISTOGRAMA DE SEDIMENTOS	117
FIGURA 16 GRADO DE ASIMETRÍA DE UNA CURVA DE FRECUENCIA	123
FIGURA 17 MODELOS DE CURVAS DE FRECUENCIAS	125
FIGURA 18 CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA DE LA MUESTRA MIRAFLORES	127
FIGURA 19 CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA PLAYA MIRAFLORES	128
FIGURA 20 HISTOGRAMA DE LA MUESTRA MIRAFLORES	130
FIGURA 21 CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA DE LA MUESTRA BARRANCO	133
FIGURA 22 CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA PLAYA BARRANCO.....	134
FIGURA 23 HISTOGRAMA DE LA MUESTRA BARRANCO	137
FIGURA 24 CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA DE PLAYA AGUA DULCE (CHORRILLOS)	140
FIGURA 25 CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA PLAYA AGUA DULCE (CHORRILLOS)	141
FIGURA 26 HISTOGRAMA DE LA MUESTRA AGUA DULCE - CHORRILLOS	143
FIGURA 27 CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA DE LA MUESTRA LA HERRADURA - CHORRILLOS	146
FIGURA 28 CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA PLAYA LA HERRADURA (CHORRILLOS)	147
FIGURA 29 HISTOGRAMA DE LA MUESTRA LA HERRADURA – CHORRILLOS.....	150
FIGURA 30 CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA DE PLAYA LA CHIRA.....	153
FIGURA 31 CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA PLAYA LA CHIRA.....	154

FIGURA 32	HISTOGRAMA DE LA MUESTRA LA CHIRA.....	157
FIGURA 33	CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PLAYA VILLA.....	160
FIGURA 34	CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA PLAYA VILLA.....	161
FIGURA 35	HISTOGRAMA DE LA MUESTRA VILLA	164
FIGURA 36	CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA PLAYA MAMAONA	167
FIGURA 37	CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA PLAYA MAMAONA.....	168
FIGURA 38	HISTOGRAMA DE LA MUESTRA PLAYA MAMAONA	170
FIGURA 39	CURVA DE FRECUENCIA ACUMULATIVA DE LA MUESTRA LURÍN (DESEMBOCADURA - RÍO)	173
FIGURA 40	CLASIFICACIÓN POR DIFERENTES AUTORES DE LA MUESTRA LURÍN (DESEMBOCADURA - RIO)	174
FIGURA 41	HISTOGRAMA DE LA MUESTRA LURÍN (DESEMBOCADURA-RÍO).....	176
FIGURA 42	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA MIRAFLORES.....	180
FIGURA 43	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA BARRANCO.....	181
FIGURA 44	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA AGUA DULCE- CHORRILLOS.....	181
FIGURA 45	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA LA HERRADURA (CHORRILLOS)	182
FIGURA 46	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA LA CHIRA	183
FIGURA 47	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA VILLA.....	183
FIGURA 48	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA MAMAONA.....	184
FIGURA 49	MINERALES EN SEDIMENTOS DE PLAYA LURÍN (DESEMBOCADURA DEL RIO).....	185
FIGURA 50	FENÓMENO DE EL NIÑO BAJO CONDICIONES NORMALES.....	196
FIGURA 51	CONDICIONES DE FENÓMENO EL NIÑO	196
FIGURA 52	INDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA DEL TRAMO LURÍN -MIRAFLORES.....	208
FIGURA 53	INDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA (IVC FÍSICO, IVC SOCIO-ECONÓMICO)	209

RESUMEN

La presente investigación tiene como **objetivo:** determinar y explicar la **problemática:** de la acción humana como factor principal en la aceleración de los procesos geodinámicos que a su vez resultan en la disminución del área de playas arenosas entre Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima. Ante este **planteamiento:** el estudio sigue una **metodología:** de campo e instrumental, basado en la cartografía geodinámica y secciones estructurales a escala 1/5000 orientada al diagnóstico de los riesgos geológicos junto con el análisis sedimentológico-mineralógico enfocado a comprender la dinámica marina, erosión, transporte y el efecto humano asociado. Asimismo, se procedió a estimar la variación del perfil de las playas y las zonas más vulnerables comparando las fotos aéreas del año 1962 con las de la actualidad. Finalmente, para la interpretación de las variables requeridas en el estudio, se analizó el índice de vulnerabilidad costera (IVC), la evaluación de los impactos antropogénicos resultantes de este fenómeno y la matriz de Leopold otorgando una valoración de 3,38 de categoría Baja en el sector Lurín y una valoración de 15,12 de categoría Moderada en la Bahía de Miraflores. Por otro lado, el **resultado:** del índice de vulnerabilidad costero físico de Miraflores y Lurín presento una valoración de 2,83 y 2,24, encontrándose por debajo del rango de 4 a 6 (sin categoría). Se **concluye:** que el papel del hombre es preponderante como agente geomorfológico y como constructor de nuevas antropogeofomas.

Palabras clave: Antropógeno, erosión, geodinámico, playas arenosas, vulnerabilidad

ABSTRACT

The **objective:** of this research is to determine and explain the **problem:** human action as the main factor in the acceleration of geodynamic processes that in turn result in the reduction of the area of sandy beaches between Lurin and Miraflores (Costa Verde), Lima. Given this approach, the study follows a field and instrumental **methodology:**, based on geodynamic mapping and structural sections at 1/5000 scale oriented to the diagnosis of geological risks together with sedimentological-mineralogical analysis focused on understanding marine dynamics, erosion, transport and the associated human effect. We also proceeded to estimate the variation in the profile of the beaches and the most vulnerable areas by comparing the photos of 1962 with those of today. Finally, for the interpretation of the variables required in the study, the coastal vulnerability index (IVC), the evaluation of the anthropogenic impacts **resulting:** from this phenomenon and the Leopold matrix were analyzed, giving a rating of 3.38 in the Low category in the Lurin sector and a rating of 15.12 in the Moderate category in Miraflores Bay. On the other hand, the physical coastal vulnerability index for Miraflores and Lurin was 2.83 and 2.24, below the range of 4 to 6 (no category). It is **concluded:** that the role of man is preponderant as a geomorphological agent and as a builder of new anthropogeofoms.

Key words: Anthropogenic, erosion, geodynamic, sandy beaches, vulnerability

I. INTRODUCCIÓN

La zona costera es un ecosistema frágil, fácil de vulnerar, con equilibrio dinámico y un espacio polivalente muy demandado por el hombre; en consecuencia, es un recurso escaso. Ante esta situación, la playa se convierte en la mejor defensa de una costa, junto con las acciones aplicadas al uso sostenible del recurso costero (Guerrera et al., 2021). Es importante indicar que, los ambientes costeros están siendo afectados a escala global por la urbanización excesiva, el crecimiento industrial y el turismo, generando erosión, pérdida de biodiversidad y alteración de los ecosistemas, que constituyen riesgos potenciales de desastre en términos ambientales y socioeconómicas (Boretto et al., 2018). Cabe señalar que los ecosistemas costeros se degradan o destruyen cuando pierden la capacidad de amortiguar naturalmente las perturbaciones, originando procesos erosivos (Merlotto et al., 2017). Dentro de este marco, las costas se encuentran entre las zonas más pobladas del mundo gracias a múltiples factores, como la proximidad a los recursos marítimos y la accesibilidad a través de diferentes medios de transporte (Tejada, 2018). Por otro lado, respecto a las playas se puede indicar que sus características ambientales están ligadas a su uso, “En el 2018 las acciones humanas alteraron el equilibrio natural, donde 6,4 millones de toneladas de basura terminaron en el mar, y de las cuales el 70% llegó al fondo marino y el 15% permaneció en las playas” (Velarde, 2020). En efecto, el proceso de erosión se entiende como “la destrucción o desgaste de una superficie y la alteración de la condición geomorfológica del suelo que provoca la recesión de la línea marina costera (Pérdida de la Playa), causando impacto en las áreas costeras semiurbanas y urbanas, fusionándose con la pérdida de ecosistemas, braveza del mar, vulnerabilidad en la zona, degradación de la calidad ambiental urbana entre muchos otros problemas perjudiciales para la vida urbana en general” (Carrera, 2020).

Respecto al litoral limeño, este se encuentra afectado por la intensificación de los procesos geodinámicos debido al aumento del nivel del mar a consecuencia del calentamiento global (Teves et al., 2020). Por lo tanto, el aumento del nivel del mar (SLR) provocará el retroceso de las costas arenosas a lo largo del litoral en ausencia de mecanismos de suministro de arena (Athanasiou et al., 2020). Asimismo, la erosión desarrollada en la pérdida de playas acaba siendo un proceso generalizado a lo largo de todo el litoral, aunque cabe resaltar que su manifestación no es homogénea. Aunado a esto, el índice de sensibilidad muestra que las playas más afectadas por los procesos erosivos son las que se encuentran en tramos donde ha intervenido la mano del hombre (Fernández, 2017). En adición, la alteración de los procesos físicos y naturales costeros también provoca procesos de alta o baja vulnerabilidad de la zona costera, dependiendo de las características ambientales y de la ocupación humana (Tejada, 2016). De esta manera, la vulnerabilidad y la amenaza se manifiestan de manera muy diferenciada social y territorialmente, captadas en su verdadera esencia en espacios más locales aun cuando sus orígenes o causas se encuentren en territorios o grupos más amplios (San Román, 2011, p.9).

En síntesis, el problema de la erosión costera se observa en todo el mundo y en el Perú es una realidad muy latente, como consecuencia de las actividades antropogénicas y el calentamiento global. Esta anomalía estimula el deterioro de las playas, el avance del borde costero, el deterioro del medio ambiente, los cambios en la batimetría y la transformación costera (Pérez, 2019).

A partir de lo expuesto, nace esta investigación proporcionando información relevante y desarrollando herramientas útiles para la toma de decisiones en relación con la gestión costera. En este sentido, considerando dentro del análisis a los procesos antrópicos, la elaboración del mapa de riesgo y vulnerabilidad geológico - ambiental del borde costero en las zonas de estudio se

convierte en una herramienta muy valiosa para ayudar a la planificación del desarrollo costero y a la optimización del uso del suelo en zonas sensibles.

Por consiguiente, la presente investigación tiene como objetivo describir las condiciones actuales del medio marino costero, así como los principales fenómenos geodinámicos y antropogénicos que generan la pérdida de playas en el litoral Lurín-Miraflores, de la Costa Verde, Lima-Perú.

1.1. Planteamiento del Problema

La investigación parte de la premisa del alto nivel de impacto que ha sufrido el área de Costa Verde a través de los años, aspecto que se determina por la pérdida de playas, contaminación ambiental, disminución de la biodiversidad ecológica y el mayor índice de aparición de los fenómenos geodinámicos críticos en la zona marino costera.

Entre los cuales se identifica al proceso de erosión por el oleaje, disminución de los aportes sedimentarios, desgaste de suelos y la elevación del nivel del mar, entre otros. Por lo expuesto, es importante resaltar que el origen de estos eventos se ha ido desarrollando de manera natural según el tiempo geológico; sin embargo, en los últimos tiempos se ha podido observar que la actividad humana se ha convertido en un factor preponderante en el incremento de estas manifestaciones.

En referencia a lo indicado, el objeto de estudio estará orientado a establecer el nivel de influencia del accionar humano como medio de aceleración en los procesos geodinámicos determinantes en la desaparición de las playas arenosas de la Costa Verde. Es importante resaltar que la investigación tiene una alta relevancia para el país debido a que es un enfoque novedoso destinado a ampliar el campo de la investigación, en términos de la relación del factor humano con los cambios geodinámicos globales en zonas playeras.

1.2. Descripción del Problema

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015) señala dentro de su agenda el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) número 14, orientado a la conservación, utilización de los océanos, mares y los recursos marinos en forma sostenible. Sin embargo, en la actualidad existe un continuo deterioro de las aguas costeras, por la contaminación y la acidificación de los océanos, aspecto que está teniendo un efecto adverso sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la biodiversidad, y que también está afectando negativamente a la pesca de pequeña escala. Igualmente, en la meta 14.1 se indica que para el año 2025, existirá un avance en la prevención y reducción significativa de la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra. Al respecto, esta revisión de la literatura considera que las playas, aunque forman una parte importante de la vida, brindando espacios recreativos y hábitats singulares que amortiguan de los fuertes vientos y oleajes a una variedad de seres vivos, están siendo impactados negativamente por la actividad humana.

A partir de lo indicado previamente, se puede afirmar que los impactos y riesgos generados por el ser humano ante el proceso de erosión costera necesitan ser controlados regularmente mediante la aplicación de medidas reglamentarias durante la etapa de planeación y disposición de carácter económico. Cabe resaltar que la erosión costera constituye un problema que afecta a estados en el orbe y continúa incrementándose no solo por el cambio climático sino también a razón de varios componentes antropogénicos (Pérez, 2019).

De forma similar, se abarca el problema de la desaparición de las playas, a consecuencia de actividades antropogénicas como son la construcción de puertos y espigones (rompeolas), que no solamente han terminado por agotar la posibilidad de uso recreativo y turístico, sino que han vuelto aún más vulnerables a la zona costera frente a la rompiente del mar (maretazo), aspecto que

genera alarma y desesperación en la población asentada en su entorno cercano; y obliga al cierre de los puertos y la paralización de las actividades portuarias y de pesca (Guerrera et al., 2021).

En adición, “El Análisis de la gestión de los residuos de construcción y demolición en proyectos comerciales”, indica que a medida que las ciudades del Perú van creciendo, empiezan a desarrollarse más proyectos del ámbito comercial, los cuales se encuentran en el subsector de comercio interno del Ministerio de la Producción (PRODUCE) (Moromisato, 2018). Estos proyectos tienen una etapa de construcción en la cual se generan residuos de construcción y demolición (RCD), que deben ser manejados adecuadamente de acuerdo a la legislación y normativa vigente. Sin embargo, existen una serie de dificultades en el sistema de gestión de los RCD, los cuales originan problemas en la disposición de los residuos en el mar, ríos y espacios públicos (Pérez, 2019). Por ejemplo, “En Cieneguilla: denuncian que río Lurín se ha convertido en un botadero de desmonte y basura” e informan que en diversos sectores del lugar son arrojados a diario residuos sólidos de todo tipo y desmontes, conteniendo ladrillos, piedras, concreto, fierros, arenas y otras basuras (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA], 2019). Como consecuencia, pueden producirse daños en las playas, en las infraestructuras, instalaciones y bienes situados en el borde costero.

Asimismo, no existe una óptima evaluación de los beneficios económicos y ambientales para la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición”. En este sentido, gran porcentaje de estos materiales no reciben el manejo y disposición final adecuada, dado que no se les hace un proceso de selección, en el cual se pueda realizar la separación de los materiales para su posterior reutilización, reciclado y/o transformación. Por lo tanto, la mayoría de las veces los desechos son llevados a sitios no autorizados o son dejados en el espacio público, sin considerar los daños ocasionados” (Villalba et al., 2018). Por otro lado, “Los impactos ambientales en la tira

litoral de la costa por acción antrópica en la ciudad de Trujillo Perú” indica que el retroceso de la línea costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte tuvo impactos perjudiciales y moderados en el deterioro del suelo “en la estación 8 de la zona A y en el tratamiento de residuos sólidos en la estación 1 de la zona B; causados por la pérdida de arena de la zona, la cual juega un papel importante en el lugar amortiguando el fuerte impacto que genera las olas al llegar a la zona litoral” (Guerrera et al., 2021).

De acuerdo a la literatura previa, se considera que las playas, aunque brinden oportunidades recreativas, provean hábitats singulares para una variedad de seres vivos y sirvan como amortiguador de los fuertes vientos y oleaje, son sistemas frágiles y dinámicos impactados negativamente por la actividad humana (ONU, 2015). Es importante resaltar que para la defensa contra inundaciones (amortiguamiento) en zonas costeras existen un conjunto de tipos de obras de protección, las mismas que se pueden clasificar de acuerdo a su colocación. El primer grupo se refiere a las ubicadas en la orilla, las cuales son denominadas “soluciones en la línea de costa” y en el segundo grupo se ubican las denominadas “soluciones en el mar”. Respecto a la protección del malecón habanero, existe un muro de sección vertical y una berma al pié formada por rocas, y como solución aplicada para frenar la acción del mar se encuentran los rompeolas a cierta distancia de la línea de costa (Córdova et al., 2020).

Por otro lado, el tramo de “Pucusana a Lurín que forma parte de la Zona Costera Marina de Lima Metropolitana, actualmente presenta alta densidad poblacional y un déficit de infraestructura en los balnearios destinados a la actividad turística e industrial, factor que puede convertirse en un alto riesgo con la subida del nivel del mar”. Siendo necesario intensificar las investigaciones para mejorar el conocimiento de la protección geológico ambiental en áreas costeras y así establecer los posibles cambios asociados a la actividad antropogénica y a las

tendencias del cambio climático global. De esta forma, para determinar la vulnerabilidad costera entre Pucusana y Lurín se debe evaluar los impactos y/o riesgos geoambientales que se originan a consecuencia de los procesos geodinámicos, entre ellos la erosión marina y las inundaciones, junto con las pérdidas económicas y sociales asociadas a su aparición (San Román, 2011, p. 9).

En base a los trabajos realizados por los expertos del área, se indica que para evaluar la vulnerabilidad de la erosión en la costa, bajo un escenario de aumento del nivel del mar como producto del cambio climático, se requiere la aplicación de un Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) que integre las variables físicas como son la geomorfología, tipo de playa, pendiente, variación de la línea de costa y las variables antrópicas como son el uso del suelo, ancho de playa y la ocupación de la costa (Rondón y Tavares, 2018). En este sentido, al identificar la vulnerabilidad ante un proceso de erosión, se contribuye a la toma de decisiones de las entidades competentes, permitiendo el manejo integrado de la zona marino-costera en términos de adaptación al cambio climático. En el caso de la realidad peruana, al aplicar los modelos propuestos, se espera poder determinar el nivel de vulnerabilidad de la zona Costa Verde ante la ocurrencia de los procesos geodinámicos más determinantes, con el objetivo de lograr identificar las playas más afectadas del lugar.

En efecto, según lo investigado los ambientes costeros están siendo afectados a escala global por la urbanización excesiva, el crecimiento industrial y el turismo, que están provocando erosión, pérdida de biodiversidad y alteración de los ecosistemas, constituyendo riesgos potenciales que conllevan a daños ambientales y socioeconómicos (Boretto et al., 2018).

Se puede resaltar también, que el aumento del nivel del mar es el principal factor de preocupación a nivel global, situación que afecta los servicios de los ecosistemas del área marina, incluido la protección costera en playas arenosas, marismas y manglares; regulación climática en

playas de arena, recreación y turismo en zonas vulnerables. Asimismo, los servicios de los ecosistemas y los sistemas pelágicos están siendo amenazados por procesos de deslizamiento de tierra, sobrepesca, acidificación e inundaciones (Uribe et al., 2020). En relación a lo indicado, el presente trabajo permite conocer y comparar la situación en diferentes zonas costeras, diagnosticando el impacto físico cercano a la línea de playa, escenario que origina la pérdida de servicios ambientales y la limitación de un desarrollo turístico sustentable. Para lograr este objetivo se utilizó métodos de cartografía, análisis estadístico y levantamiento de información en campo, orientados a determinar las variables físicas y antropogénicas. Finalmente, con los análisis de muestras en el laboratorio de la UNI y Oceanografía Geológica de la UNFV, se podrá determinar la degradación de las playas en el área de estudio.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿De qué manera la acción humana influye en la aceleración de los procesos geodinámicos determinantes en la desaparición de las playas arenosas entre el tramo Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima-Perú?

1.3.2. Problemas Específicos

* ¿Cómo la vulnerabilidad por pérdida de playas entre el tramo Lurín- Miraflores es afectada por los impactos geodinámicos acelerados por la acción humana?

* ¿De qué manera la pérdida de playas arenosas en la Costa Verde es alterada por los residuos de desmontes y gravas arrojadas al mar?

* ¿De qué manera el transporte de sedimentos impacta en el recorrido de las arenas desde su origen hasta la Costa Verde?

1.4. Antecedentes

El Perú está expuesto a diversos peligros, como sismos, deslizamiento, derrumbes y erosión, así como a variaciones climáticas en determinadas regiones, como precipitaciones, vientos intensos, granizadas y heladas, entre otros (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2006). En adición, los elevados niveles de vulnerabilidad del país responden a una combinación de causas naturales como su ubicación en el cinturón de fuego del Pacífico, su compleja geomorfología o la intensidad de la actividad geodinámica, y las acciones de origen humano como la ocupación no planificada del espacio, la persistencia de prácticas productivas inadecuadas, entre otros (Tolmos et al., 2011; Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres [Caprade], 2009).

Esta variedad de peligros que estamos expuestos, no se presentan con la misma intensidad y recurrencia en todas las regiones naturales del país, por ejemplo: los sismos (temblor y terremoto), son más frecuentes en la Costa Central y Sur, así como en la Selva norte; los deslizamientos, las heladas y sequías en la Sierra; y, los vientos fuertes, incendios forestales, las inundaciones y erosiones fluviales, en la región de la Selva (INDECI, 2006).

Por otra parte, se conoce que los balnearios de Lima presentan inestabilidades debido a las fuertes erosiones durante las bravesas y por la alta sismicidad de la zona. Por otro lado, el río Lurín abastece de arenas al litoral de la Costa Verde, sin embargo el transporte está siendo interrumpido por los desmontes arrojados de los cortes en los acantilados a consecuencia de la construcción de la carretera La Herradura a La Chira” (Teves et al., 2020). Respecto, al río Lurín, se puede indicar que en la actualidad existen muchas denuncias por el inadecuado manejo de los residuos sólidos donde el lugar se ha convertido en zona de botadero público, quema de basura y arrojado de materiales tóxicos. Estos son algunos de los problemas que azotan al río Lurín en su recorrido en

el distrito de Cieneguilla, sin que las autoridades tomen las medidas pertinentes para frenar el daño contra una de las tres cuencas hidrográficas de Lima.

En este contexto, se puede indicar que según el artículo 19 inciso 19.1 “Prohibición de abandono de residuos sólidos de construcción y demolición en espacios públicos” del DS N° 019-2016-VIVIENDA, se señala que es ilícito el abandono de residuos sólidos de construcción y demolición en bienes de dominio público: Playas, plazas, parques, vías, caminos, áreas reservadas, bienes reservados y afectados en uso a la defensa nacional; las áreas arqueológicas; las áreas naturales protegidas y sus zonas de amortiguamiento; los cuerpos de agua, marinas y continentales, acantilados; así como en bienes de dominio hidráulico tales como: Cauces, lechos, riberas de los cuerpos de agua, playas, restingas, fajas marginales y otros considerados en el Reglamento Supremo N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, o también considerados de dominio público. Al respecto se puede indicar que recientemente se ha aprobado el nuevo “Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición, mediante Decreto Supremo N° 002-2022-VIVIENDA, que tiene como objetivo regular la gestión y manejo de los residuos sólidos generados en la construcción y demolición, priorizando la minimización y valorización de los residuos sólidos, contribuyendo con la sostenibilidad y la transición hacia la economía circular del sector de la construcción”(Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2016a, 2022b).

En el caso de la Costa Verde se define como “la franja litoral” de la costa, que va desde el distrito de La Punta hasta el de Chorrillos (La Chira), comprendiendo las playas y terrenos existentes desde la línea de más alta marea, así como los que se ganen al mar; los acantilados hasta su borde superior, y la franja de ancho variable de terrenos del estado y de articulares ubicados a partir del borde superior de los acantilados hacia el interior continental (Díaz, 2008). Por otra parte,

en el caso de la línea de costa en la bahía de Miraflores, se entiende como el resultado de sucesivas intervenciones del hombre que datan de las primeras décadas del siglo XX, pero que se desarrollan con particular intensidad dentro la segunda mitad de este siglo.

“El estado actual de la línea de costa en este espacio aún se encuentra en desarrollo e igualmente a expensas de la mano del hombre” Asimismo, la bahía de Miraflores era una única célula litoral en condiciones naturales, pero con los espigones y la interrupción del tránsito de sedimentos, la bahía actualmente está fragmentada en diversas células litorales de menor tamaño. No obstante, estas células muestran conexiones entre sí y presentan a la bahía como un sistema mayor, en el que el mecanismo hidrodinámico encargado del transporte de sedimentos locales (ubicados en la plataforma de abrasión marina), se convierte en el sistema de corrientes generado por la ruptura del oleaje en la costa (Leceta, 2009). Por otra parte, La bahía de Miraflores presenta a grandes rasgos una forma de semi-herradura, con una orientación de la línea de costa predominante SE-NW; este factor, combinado con la dirección dominante del oleaje, determina que la mayor parte de la línea de costa esté expuesta frontalmente a la acción del oleaje. Algunos conjuntos geomorfológicos modifican esta tendencia y determinan que la energía descargada por las olas no sea homogénea en toda la línea de costa; entre ellos están los afloramientos rocosos del extremo sur de la bahía (Punta La Chira, Morro Solar, Punta Salto del Fraile), el conjunto de islas e islotes ubicados frente al Callao y San Miguel (islotes Horadada, isla El Frontón, isla San Lorenzo), así como la península La Punta y los bancos de arena asociados a esta última (El Camotal). Asimismo, en este punto se continúa con la referencia nacional e internacional de los trabajos de investigación que de alguna manera se relacionan también con el estudio y se presentan como problema científico.

1.4.1. Antecedentes Nacionales

- Bocanegra et al. (2021): “Impactos Ambientales en la Tira litoral de la Costa por acción Antrópica en la Ciudad de Trujillo, Perú”.

La presente investigación señala que las acciones antrópicas en el litoral de Trujillo han causado erosión y destrucción en las playas Delicias, Buenos Aires y parte de Huanchaco; como también la costa ha sido modificada por el cambio de dirección de las corrientes marinas y la erosión en las playas, la cual ocasiona la eliminación y desaparición completa de ecosistemas, debido a que se pierden las seguridades y protecciones naturales. Del mismo modo, los ecosistemas ecológicos de gran importancia como los totorales han sido perturbados y las especies del litoral se han visto afectadas; en consecuencia, se interrumpe la cadena alimenticia del mar, lo que repercute en la disminución de la pesquería local y en la posibilidad de que se incremente el desarrollo turístico sustentable.

- SPDA. (2019): “Denuncian que el río Lurín se ha convertido en botadero de desmonte y basura”.

La siguiente investigación señala que el río Lurín se ha convertido en un botadero de residuos sólidos, entre ellos se puede encontrar ladrillos, piedras, concreto, fierros y arena, además de materiales tóxicos. Por ejemplo, camiones de distintos distritos, incluso del mismo municipio, llegan al lugar a botar sus desperdicios, aspecto que cambia el paisaje de la zona y genera preocupación en los vecinos por la contaminación de una de las principales fuentes de agua de la capital.

Pérez (2019): “Pérdida del Valor del Suelo Producida por Erosión Costera y su Impacto en el Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios en el Borde Costero del Distrito de Víctor Larco”.

La presente investigación señala que el deterioro del borde costero produce diversas consecuencias en el área ocasionado por el frotamiento continuo. Esta anomalía estimula el

deterioro de las playas, el progreso del borde costero, el deterioro del medioambiente y cambios en la batimetría y transformación costera, entre otros inconvenientes.

- Bocanegra (2016): “Centro de Investigación y Educación Ambiental en los Humedales de Ventanilla – Callao”.

La presente investigación evaluó el impacto del dragado de sedimentos en el puerto de Salaverry, principal centro de transporte de productos agrícolas, mineros, petróleo entre otros. El último dragado realizado en agosto del 2014, consistió en remover 1 163,000 m³ de sedimentos del fondo marino, con una draga hidráulica que succionó y depositó el material dragado en el entorno cercano del área portuaria, a la izquierda como derecha de la plataforma. Se determinó los principales contaminantes químicos (Pb, Zn, Cd, Cu) indicativos de la actividad portuaria. El estudio se realizó en ambas zonas de depósito del material dragado, de donde se tomó muestras de sedimentos y agua superficial, aves y peces capturados. En ambas zonas los valores de los metales pesados superaron el límite máximo permitido de acuerdo a los estándares internacionales, lo cual significa efectos negativos sobre el ecosistema marino como entre otros inconvenientes.

- Aparicio (2017): “Análisis de la Vulnerabilidad Costera del Valle de Cañete, Lima”.

El autor busca identificar la vulnerabilidad a la erosión costera con el objetivo de contribuir al manejo apropiado de la zona marino-costera. En este sentido, los resultados mostraron que los sectores uno y dos, situados en la parte norte del área de estudio, resultaron con una vulnerabilidad moderada, mientras que el tres, que está ubicado en la parte sur tiene una vulnerabilidad baja; además, se descubrió que ha sucedido una gran sedimentación en las playas en un periodo de cincuenta y cinco años. El autor concluye que el índice es una buena herramienta para identificar la vulnerabilidad de la costa y puede servir como insumo para la gestión del riesgo de desastres y la planificación del territorio.

- Carrera (2020): “La erosión costera y su impacto en el desarrollo de proyectos residenciales en el balneario de Buenos Aires zona norte”.

La investigación tiene como objetivo principal determinar si la erosión costera tiene un impacto en el desarrollo de residencias en el Balneario Buenos Aires, empleando una metodología correlacional y análisis cualitativo, contando con estadística descriptiva y naturaleza analítica. “Se determinó que la erosión costera tiene un impacto en el desarrollo de residencias en el Balneario de Buenos Aires, el nivel de erosión costera es severa con un 53%, afectando al desarrollo de los proyectos residenciales con un 59%”.

Se dedujo que, con una mayor existencia de la erosión costera, el desarrollo de proyectos residenciales disminuye, influenciando la alteración geomorfológica del suelo, vulnerabilidad de la zona, degradación de la calidad urbana y del mercado inmobiliario. Por otro lado, el sector inmobiliario, ha impulsado la economía peruana con un gran crecimiento generando puestos de trabajo, con un crecimiento en Trujillo de un 35% en los últimos años. Aunque no se refleja en el caso del Balneario Buenos Aires, que afecta al sector inmobiliario con la presencia de problemas de suelos frágiles, contaminación, entre otros. Mas aún con el problema de erosión costera que se desarrolla de manera progresiva. Al darse las primeras muestras del proceso erosivo, diversas viviendas, comercios y proyectos se perjudicaron, disminuyendo el índice de ocupabilidad de dichas residencias, según se muestran los datos solo el 30 % muestra ocupabilidad, dejando un 70% deshabitado.

- Rondón y Tavares (2018): “Adaptación de un índice de vulnerabilidad costera – IVC para el litoral peruano: un estudio de caso”.

Los autores evalúan el nivel de vulnerabilidad ante un proceso erosivo en la costa peruana bajo un escenario de aumento del nivel del mar como producto del cambio climático. De esta forma

se realizó un Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) con el objetivo de analizar la costa de la provincia de Pacasmayo (región La Libertad, Perú) mediante datos obtenidos por levantamiento de campo y teledetección, incorporados a un Sistema de Información Geográfica - SIG. En los resultados se identificó que el 5,8% del litoral presentaba una vulnerabilidad baja, el 82,9% vulnerabilidad media y el 11,3% vulnerabilidad alta. Finalmente considerando únicamente las variables físicas, la alta vulnerabilidad aumenta considerablemente (32%). Sin embargo, si solo se toman en cuenta las variables antrópicas, la alta vulnerabilidad disminuye (7,4%).

- Córdova et al. (2020): “Modelación matemática de procesos morfológicos en playas con rompeolas sumergidos. ingeniería hidráulica y ambiental”.

En las últimas décadas, los rompeolas sumergidos han incrementado su popularidad como obras de defensa costera debido al bajo impacto que desde el punto de vista estético y paisajístico introducen en las playas, comparado con los rompeolas emergidos. Por otra parte, “actúan como un filtro para el oleaje donde las olas de menor altura consiguen atravesarlo sin una disminución significativa de su energía mientras que las de mayor altura rompen perdiendo gran parte de su accionar, lo que permite un mejor intercambio de agua en la zona que se encuentra a su abrigo,” además de que su construcción resulta más económica al requerir menos volumen de materiales.

- Córdova et al. (2020): “Malecón tradicional de la Habana. parte IV: Estudio de rompeolas para reducir el rebase promedio del oleaje, Ingeniería Hidráulica y Ambiental”.

El autor indica que para la defensa contra inundaciones en zonas costeras existen un conjunto de tipologías de obras de protección, las cuales se pueden clasificar de acuerdo con su colocación y su denominación.

1.4.2. Antecedentes Internacionales.

- Merlotto et al. (2017): “Riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires, Argentina”.

La erosión costera es un problema significativo que afecta los centros urbanos en la provincia de Buenos Aires. El área de estudio se ubica en las costas de Buenos Aires, empezando por la Costa hasta el Partido coronel Rosales. En esta área se desarrolla la llanura pampeana, donde se forma la barrera medanosa Oriental, debido a la presencia de médanos y drenaje escaso. En el sur se presenta la pampa Interserrana que cuenta con la presencia de Tandilla y Vetania que afloran rocas marinas y continentales terciarias, todo esto recubierto por sedimentos cuaternarios. Al norte del área de estudio se encuentra la bahía de Samborondón, que presenta un incremento de retroceso de los acantilados, todo esto vinculado al incremento de la frecuencia y altura de las olas que provienen del este y sudeste, sumando el incremento de duración, altura y frecuencia de ondas de tormenta. Sumado a esto, resulta importante conocer las consecuencias de estos cambios y la vulnerabilidad de la población que reside en áreas costeras. “Este estudio de la erosión tiene una perspectiva de riesgo escaso y recién en Argentina, centrándose en la provincia de Buenos Aires.” Se evaluaron amenazas como aumento del nivel del mar y la vulnerabilidad que tiene del centro urbano, analizando la gestión del riesgo costero, riesgo en localidades de provincias y diversos aspectos.

- Ruiz et al. (2020): “Estabilidad de rompeolas emergidos bajo la acción del oleaje irregular”.

Los autores remarcan que los rompeolas emergidos son estructuras que dan protección a la infraestructura portuaria, por lo cual es necesario tener un conocimiento de su comportamiento bajo la acción del oleaje. El oleaje presenta varios efectos hidrodinámicos sobre el rompeolas, entre los cuales está su estabilidad que es el principal objetivo del estudio. El estudio se realizó en

el Laboratorio de Ingeniería Hidráulica de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura - Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional de México se realizó con un generador hidráulico de oleaje y un equipo de medición de olas que fueron controlados por computadoras. El resultado del estudio indico que los daños considerados para la estructura solo son aplicables para capas de coraza constituidas por elementos de espesor y enroscamiento. Los autores recomiendan que sería adecuado continuar el estudio con un modelo físico reducido, implementando nuevas estructuras en las que se presenten otros elementos de coraza de concreto, para ampliar la gama de pruebas.

- Tomazin et al. (2020): “Caracterización de la dinámica litoral en la costa marítima Bonaerense”.

El presente trabajo, señala que en la provincia de Buenos Aires la erosión costera se da a lo largo de todo su frente marítimo, observándose mayor impacto en la zona de Mar del Plata y en el Partido de La Costa. Esta situación erosiva relativamente homogénea, resulta atribuible fundamentalmente al incremento del nivel medio del mar y a efectos localizados producidos por el avance de las urbanizaciones. “Particularmente, entre los principales factores observados en esta franja costera que pueden ser asociados al problema erosivo, considerado como una alteración en el equilibrio natural del sistema, se destacan las obras de defensa costera (de desarrollo transversal o longitudinal), los puertos (Puerto Mar del Plata y Puerto Quequén), los efectos de la urbanización (construcciones que degradan los sistemas dunares), la propia dinámica litoral (impactos generados por la acción de temporales), el cambio climático (erosión estructural por efecto de la elevación del nivel medio del mar), los cambios en la hidrología y en los usos del suelo de las cuencas litorales.”

- Gómez (2019): “Morfodinámica costera de la Bahía de Acapulco. un Análisis Espacio-Temporal”.

La presente investigación resume que la playa es una zona de convergencia entre el mar y la tierra, es un sistema que a su vez depende de dos sistemas, el marino y el terrestre, por lo tanto, de sus factores (oleaje, fenómenos hidrometeorológicos extremos, mareas y corrientes terrestres, venidas, retención de sedimentos aguas arriba por infraestructura, etc.); esta dependencia genera una vulnerabilidad mayor a los cambios en la morfología de la costa. En los 10 puntos de control se realizaron medidas de perfiles topográficos y estudios granulométricos para determinar la morfología actual de la costa y obtener la disposición espacial de acuerdo al tamaño de grano. Finalmente se generaron escenarios de retroceso de la línea de costa para los años 2050 y 2100 en playas específicas. “El factor preponderante en la zona de estudio es la erosión, manteniéndose en un promedio de -1.0 m/año, para la porción sur de la bahía, la tasa máxima de erosión obtenida fue de -1.61 m/año, este mismo sector, alcanzó el máximo histórico (de acuerdo al intervalo de tiempo analizado) en el punto de control 10, de -4.19 m/año para quinquenio 1985-1990; este comportamiento evidencia la influencia del factor antrópico en la zona”.

- Boretto et al. (2018): “Dinámica Costera Antropización en playas uruguayas. un análisis integrado para su conservación”.

El sector litoral uruguayo, caracterizado por amplias playas de arenas separadas por promontorios rocosos, no es ajeno a esta problemática mundial. Considerando aspectos geomorfológicos, sedimentológicos y malacológicos se pretende comprender el impacto antrópico en la dinámica litoral y de esta manera contar con una base de datos que sirva para evaluar el manejo del recurso playa. El análisis granulométrico permitió caracterizar cada localidad y cada subambiente; mediante estadística se pudo establecer una relación entre el aumento de la

desviación estándar y la antropización en la franja litoral. La composición faunística particularizó cada playa, además mediante el cálculo de distintos índices se identificaron los sitios con mayor diversidad y dominancia. Se determinó que la antropización en la franja costera mediante incipiente desarrollo urbanístico modifica el sector de dunas generando una reducción de todos los subambientes, exponiendo zonas más vulnerables a la erosión inducida. Asimismo, se considera que el análisis geomorfológico permitió establecer las distintas categorías, parametrizando cada subambiente costero (meso playa, supra playa, duna y duna modificada), considerando superficie, ancha pendiente y perfil transversal en cada sitio. Su rol es decisivo para evaluar cambios producidos por la antropización, haciendo uso de imágenes satelitales, modelos de elevación digital y SIG para procesar y almacenar datos. Finalmente, el ecosistema litoral constituye un recurso susceptible de la actividad humana, donde los resultados ponen de manifiesto que un uso inadecuado y no planificado del territorio impacta sobre el recurso playa, aumentando su vulnerabilidad a la erosión costera, repercutiendo en cuestiones ambientales, ecológicas y socioeconómicas.

- Cárdenas (2020): “Evaluación del impacto social y ambiental generada por la erosión costera en la comunidad de Tierra Bomba, Cartagena – Bolívar”.

La investigación evaluó los impactos sociales y ambientales relacionados con la erosión costera que se presenta en el corregimiento de Tierra Bomba, ubicada en el departamento de Bolívar. El objetivo general de la investigación fue identificar los cambios sociales y ambientales ocasionados por el riesgo, determinándose los cambios en las relaciones humano – medio ambiente y elementos sociales impactados al interior de la isla. Para este propósito, se diseñaron herramientas para la recolección de datos de carácter mixto basadas en entrevistas semiestructuradas que identificaron los hitos históricos en relación con la amenaza, de igual

manera que las herramientas para medir los impactos tanto ambientales como sociales y conocer la percepción de la población, encontrando que los impactos en Tierra Bomba tienen influencia tanto directa como indirecta con el riesgo. En los resultados se identificó la deforestación, pérdida de espacios para la agricultura, pérdida de arraigo al territorio, prácticas tradicionales, reducción de poblaciones de peces, pérdida de infraestructura, aumento de costos de vida y pérdida de agua dulce como los principales impactos que afectan las dinámicas sociales y ambientales de la comunidad, revelando una falta de evaluación integral del riesgo partiendo principalmente de las comunidades afectadas por amenazas ambientales, causando cambios profundos en las dinámicas sociales, ambientales e identidad en la cultura de los Tierra bomberos.

- Uribe et al. (2020): “Vulnerabilidad de los Servicios Ecosistémicos del área marina protegida Uramba, Colombia”.

Los sistemas del Área Marina Protegida (AMP) de Uramba, al igual que los sistemas marinos y costeros de todo el mundo, sustentan una gran variedad de servicios ecosistémicos (SA) (es decir, protección costera, regulación del clima o provisión de alimentos, etc.). Los factores de estrés antropogénicos y naturales (es decir, la erosión costera, el aumento del nivel del mar o la sobrepesca, etc.) pueden transformar, degradar o limitar el suministro de servicios ecosistémicos. Este estudio explora la vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos del AMP Uramba a los estresores antropogénicos y naturales. Los estresores y los servicios de los ecosistemas se caracterizaron mediante una revisión de literatura, un taller de expertos, visitas de campo para validación y georreferenciación. “Para calcular la vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos se estimó la magnitud de cada estresor, sus riesgos y su capacidad de resiliencia. Los estresores naturales y antropogénicos son más frecuentes en la región exterior del AMP Uramba, en Ladrilleros, Juanchaco y Base Naval. El aumento del nivel del mar es el principal factor de

estrés que potencialmente afectará los servicios de los ecosistemas del AMP de Uramba, incluidos los siguientes: protección costera en playas arenosas, marismas y manglares; regulación climática en playas de arena y marismas; recreación y turismo en playas de arena y manglares; mantenimiento del ciclo de vida en manglares y suministro de alimentos en marismas.

- Mantecón (2017): “Conflictos derivados de la erosión costera responsabilidades estatales. Camet Norte, partido de mar Chiquita, Provincia de Buenos Aires, Argentina”.

La erosión costera es un problema de gravedad en el litoral, que se ha intensificado por la acción directa e indirecta del hombre, que conlleva a problemas con ciudadanos que adquirieron viviendas en zonas afectadas. La zona de estudio se realizó en una llanura del sistema serrano Tandilia, que se denomina Sierras Septentrionales en la provincia de Buenos Aires, donde las rocas sedimentarias de superficie provienen de la edad Cenozoica, incluyendo al Pleistoceno y Holoceno. “En la Formación Santa clara existen acantilados que se formaron por erosión marina de sedimentitos, que se conforman por materiales que son transportados por el viento y se depositan en forma de manto, cubriendo un paisaje para que sea reformado por diferentes procesos exógenos fluviales”. Estos materiales sedimentarios son formados con pequeños depósitos interestratificados, que cuentan con la presencia de niveles conglomeráticos, paleo lagunas y desarrollo de paleo suelos. En esas secuencias se presentan láminas de carbonato de calcio, niveles de ceniza volcánica intercalada que se vincula a las secuencias del Pleistoceno y Holoceno. La zona de conflicto del estudio corresponde a un entorno geomorfológico que se denomina planicie Fluvio eólico, cuyo rasgo geomorfológico más resaltante es su bajo relieve y escasa pendiente.

- Padilla (2020): “Evaluación de los procesos que controlan la progradación de la barrera costera de las playas del parque nacional natural Tayrona”.

Las playas de Colombia, en su mayoría presentan un balance sedimentario negativo que resulta en erosión. Sin embargo, el Parque Nacional Natural Tayrona presenta un comportamiento opuesto, tiene un balance sedimentario positivo, esto da resultado a la estabilidad y acreción en la mayoría de sus playas. Aunque no se tiene mucha información al respecto y se desconoce las causas que favorecen estas condiciones, esta investigación tuvo como objetivo evaluar los procesos de la progradación de la barrera costera en el Parque Nacional Natural Tayrona. Siendo necesario la recolección de imágenes mediante satélites y drones en los años 2012 hasta el 2018, también se adicionó la recolección de coordenadas para un geoprosesamiento con herramientas informáticas. Se determinó que las playas que tienen un balance sedimentario positivo son Arenilla y Arrecifes, por el contrario, las playas Gumarra y Príncipe San Felipe mostraron un mayor balance sedimentario negativo. La playa Piscina que está ubicada frente a una barrera de coral y encontrada al oeste de playas, posee acreción y proceso de erosión. Esto conlleva que el estado morfodinámico que presentan las playas en el área de estudio es un estado disipativo y la cuenca Rio Piedras presenta el mayor aporte sedimentario en las playas.

- Violante et al. (2017): “Sedimentación marina profunda en el margen continental argentino: revisión y estado del conocimiento. *latín american journal of sedimentology and basin análisis*”.

El Margen Continental Argentino (MCA) ocupa un lugar privilegiado en el océano mundial por su contexto oceanográfico altamente dinámico asociado a la circulación global, que favorece el desarrollo de extensas capas nefeloides con gran cantidad de sedimentos en suspensión, así como una alta energía de los agentes de erosión y transporte que son capaces de movilizar sedimentos en el fondo marino. Estas condiciones coadyuvan a la ocurrencia de procesos sedimentarios profundos de gran magnitud y complejidad.

1.5. Justificación de la investigación

- **Justificación de la investigación**

El trabajo de investigación contribuye a determinar como la acción humana acelera los procesos geodinámicos, dentro del marco de la desaparición de las playas arenosas en el litoral peruano. De la misma forma, se enfoca en el manejo integrado del borde marino costero, el cual garantiza las áreas de preservación y conservación de los recursos hidrobiológicos, que son parte esencial de la sostenibilidad y sustentabilidad de la zona costera, la cual es la proveedora de los bienes y servicios que son base para el desarrollo de actividades como la pesca, el turismo, la recreación, la navegación, entre otros. Aunado a esto, se tiene la perspectiva de poder ampliar la investigación hacia otras zonas con un entorno similar de riesgo, promoviendo de este modo las inversiones públicas y privadas. Por lo expuesto:

El **Aporte Científico**, luego de los resultados finales, se contribuye en la solución de la problemática de pérdida de playa por agentes geodinámicos y antropogénicos; ligada a la dinámica litoral como respuesta frente a los riesgos.

El **Aporte Social**, establece que la expansión futura de la zona costera deberá ser manejada respecto al ordenamiento territorial, donde los tomadores de decisiones tengan la base necesaria para dar respuesta temprana en caso de producirse algún desastre.

El **Aporte Técnico**, brinda alternativas de solución para la predicción, prevención y mitigación de los agentes geodinámicos y antropogénicos que generan situaciones de riesgo.

El **Aporte Ambiental**, gestionar el activo ambiental de la zona costera.

- **Importancia**

Su importancia radica en contribuir en el conocimiento científico, con la finalidad de adquirir un nuevo enfoque y aplicación sostenida en el modelamiento de mapas, considerando el

uso de instrumentos validados. Asimismo, es esencial que el estudio pueda formar parte de un macro proyecto multidisciplinario en el cual su objetivo se enfoque en la planificación ambiental de acuerdo a los niveles de riesgos geodinámicos, beneficiando de esta forma a determinadas zonas costeras, balnearios turísticos y otras infraestructuras.

1.6. Limitaciones de la investigación

Dentro de las limitaciones de la investigación se encuentra la carencia de datos disponibles y/o confiables asociados a la información correspondiente a los mapas geológicos, geomorfológicos, los cuales se encuentran desactualizados y requieren ser renovados para establecer una tendencia o relación significativa.

Se tuvo dificultad para conseguir las cartas batimétricas, los cuales son materiales exclusivos para proyectos de la dependencia de HIDRONAV e IMARPE. Aspecto que genero demoras en la interpretación de riesgos y obstáculos en profundidades marinas.

Existió dificultades en la utilización los laboratorios de la UNI y UNFV-FOPCA en la etapa de Pandemia para poder realizar el análisis sedimentológico.

Asimismo, se encontró dificultades en la recolección de muestras de sedimentos y en el mapeo geológico debido a la Etapa de Pandemia.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la acción humana en la aceleración de los procesos geodinámicos que derivan en la desaparición de las playas arenosas entre Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima-Perú.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Determinar la vulnerabilidad por pérdida de playas de la zona Lurín – Miraflores ante los impactos generados por los procesos geodinámicos y antrópicos.
- Determinar de qué manera los residuos de desmontes y gravas arrojadas al mar influyen en la pérdida de playas arenosas en la Costa Verde.
- Identificar de qué manera el transporte de sedimentos impacta en el recorrido de las arenas desde su origen hasta la Costa Verde.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis General

La acción humana influye en la aceleración de los procesos geodinámicos determinantes en la desaparición de las playas arenosas entre Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima-Perú.

1.8.2. Hipótesis Específicas

- La vulnerabilidad por pérdida de playas en el tramo Lurín –Miraflores, es afectada por los impactos geodinámicos y antropogénicos.
- La acción humana altera la pérdida de playas por los desmontes y gravas arrojadas al mar.
- El transporte de sedimentos impacta en el recorrido de las arenas desde su origen hasta la Costa Verde.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Fenómenos Geodinámicos

Son análisis de los cambios que se registran en la corteza del planeta Tierra junto con sus procesos exógenos y endógenos. De esta manera los procesos exógenos o externos son los responsables de esculpir o modelan el relieve de la superficie terrestre donde influyen los factores y fuerzas externas de la tierra (viento, agua, hielo, etc), ligadas al clima como a la interacción de éste, sobre la superficie o capas más externas de la tierra. (meteorización y erosión física, química, biológica, marítima, kárstica, eólica, glacial, pluvial, etc). Por otro lado, los procesos endógenos o internos son los procesos que se suscitan por factores y fuerzas profundas del interior de la tierra que son prácticamente los que generan el relieve (procesos de

metamorfismo, sísmicos, vulcanismo, etc.). El avance más importante en el campo de la Geodinámica Interna ha sido la aceptación en los años 1960-1980 del concepto de Tectónica Global (Geotectónica), basado en la teoría de la deriva continental postulada por Alfred Wegener en 1912. Los fenómenos geodinámicos se pueden clasificar en función a su modalidad de concurrencia, frecuencia y magnitud, y finalmente delimitar el área de influencia de los fenómenos peligrosos y zonificar el terreno en función a los diferentes niveles de riesgo.

2.1.1.1. Análisis de la geodinámica y construcción de escenarios de riesgo. Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI et al., 2013) se señala que, para la evaluación de escenarios de riesgos de desastres, se adoptan tres principios metodológicos orientadores para el desarrollo:

- **Primera fase - Actividades preliminares.** Comprende la organización del equipo profesional de trabajo, la disposición de los instrumentos operativos para el desarrollo del estudio

y el levantamiento de la información existente sobre el contexto regional y urbano, así como su selección y análisis preliminar, para la actualización de la caracterización urbana de las ciudades objetivo. Igualmente, esta fase comprende la realización de las coordinaciones interinstitucionales necesarias para el desarrollo del estudio, la identificación de los instrumentos técnicos y normativos aplicables, y el desarrollo de la primera parte del trabajo de campo.

- **Segunda fase - Diagnóstico y prognosis.** Comprende el análisis central de los elementos que componen la problemática, su correspondiente síntesis, y el pronóstico de una situación futura probable. A continuación, se describen los tres componentes principales de esta fase.

a. Evaluación de Peligros (P). Su objetivo es identificar los peligros naturales que podrían tener impacto sobre la ciudad y su entorno inmediato, comprendiendo dentro de este concepto a todos “aquellos elementos del medio ambiente o entorno físico, perjudiciales al hombre y causados por fuerzas ajenas a él”, así como los peligros tecnológicos. La evaluación comprende el análisis del impacto generado por acción de fenómenos de origen geológico (sismos, suelos expansivos, licuación de suelos, etc.) y de origen geológico/climático (aludes, avalanchas, precipitaciones pluviales extraordinarias, erosión por la acción pluvial, colmataciones, derrumbes, etc.), así como de los fenómenos tecnológicos o antrópicos (deforestación, contaminación ambiental, incendios, etc.), para llegar a elaborar o actualizar consecuentemente el Mapa de Peligros.

b. Evaluación de Vulnerabilidad (V). Permitirá determinar el grado de fortaleza o debilidad de cada sector de la ciudad, permitiendo deducir la afectación o pérdida que podría resultar ante la ocurrencia de un evento adverso. Como resultado de esta evaluación se obtiene el Mapa de Vulnerabilidad de la ciudad, en el que se determinan las zonas de Muy Alta, Alta, Media

y Baja Vulnerabilidad, según sean las características del sector urbano evaluado. Esta evaluación se efectúa en el área ocupada de la ciudad, analizándose diferentes tipos de variables para detectar sus zonas más vulnerables.

c. Estimación del Riesgo (R). Corresponde a la evaluación conjunta de los peligros que amenazan la ciudad y la vulnerabilidad de sus diferentes sectores urbanos ante ellos. El Análisis de Riesgo es un estimado de las probabilidades de pérdidas esperadas para un determinado evento natural o antrópico adverso. De esta manera se tiene que la identificación de sectores críticos como resultado de la evaluación de riesgos, sirve para estructurar la Propuesta de Seguridad Física y Ambiental ante escenarios de origen natural y tecnológico o antrópicos, estableciendo criterios para la priorización de los proyectos y acciones concretas orientados a mitigar los efectos de los eventos negativos. En adición, el escenario de riesgo se desarrolla en base a las condiciones de peligro, de origen natural y tecnológico o antrópicos, vulnerabilidad y riesgo; vislumbrando un escenario de probable ocurrencia en caso no se actúe adecuadamente.

- *Tercera fase- Formulación de la propuesta.* Consiste propiamente en programa de prevención, contenido en cuatro grandes componentes: las medidas de mitigación que incluye la sensibilización de actores sociales; la propuesta de seguridad física y ambiental ante escenarios de origen natural y tecnológico o antrópicos; la identificación de proyectos de intervención y la estrategia para el incremento de la resiliencia en comunidades urbanas. Los lineamientos para la elaboración de la propuesta tienen en consideración los elementos del escenario probable y la evaluación de peligros, vulnerabilidad y riesgo.

2.1.1.2. Análisis de las amenazas y peligro de riesgo. Según INDECI (2006) se señala que para analizar las amenazas y peligros se debe identificar los peligros (P) a la que está expuesta el centro poblado y realizar el análisis de vulnerabilidad (V) y luego proceder a una evaluación

conjunta, en el cálculo del riesgo (R), es decir estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno de origen natural o tecnológico.

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y una combinación de datos teóricos y empíricos con respecto a la probabilidad del peligro identificado, es decir la fuerza e intensidad de ocurrencia; así como el análisis de vulnerabilidad o la capacidad de resistencia de los elementos expuestos al peligro (población, viviendas, infraestructura, etc.), dentro de una determinada área geográfica. Existen diversos criterios o métodos para el cálculo del riesgo; por un lado, el analítico o matemático y por otro lado el descriptivo. El criterio analítico, llamado también matemático, se basa fundamentalmente en la aplicación o el uso de la ecuación siguiente:

$$\mathbf{R = P \times V}$$

La ecuación es la referencia básica para la estimación del riesgo, donde cada una de las variables: Peligro (P), vulnerabilidad (V) y, consecuentemente, Riesgo (R), se expresan en términos de probabilidad. Este criterio sólo se menciona, debido a que no es de uso práctico para el cálculo del riesgo. El criterio descriptivo, se basa en el uso de una matriz de doble entrada: “Matriz de Peligro y Vulnerabilidad”. Para tal efecto, se requiere que previamente se hallan determinado los niveles de probabilidad (porcentaje) de ocurrencia del peligro identificado y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente. Con ambos porcentajes, se interrelaciona, por un lado (vertical), el valor y nivel estimado del peligro; y por otro (horizontal) el nivel de vulnerabilidad promedio determinado. En la intersección de ambos valores se podrá estimar el nivel de riesgo esperado.

Figura 1*Matriz de Peligro y Vulnerabilidad*

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

LEYENDA:

- Riesgo Bajo (< de 25%)
- Riesgo Medio (26% al 50%)
- Riesgo Alto (51% al 75%)
- Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Nota. Incluye la interpretación adecuada de los índices de vulnerabilidad, por INDECI, 2006.

2.1.2. Análisis de los impactos potenciales y residuales por cambios climáticos.

Para el análisis de los impactos potenciales y residuales por cambios climáticos, Calvo, (2010) describe tres pasos:

a. Primer Paso: Obtener información sobre la evolución histórica y las tendencias del clima en su localidad. Estos datos deben incluir:

- Temperatura media anual
- Precipitación media anual
- Temperaturas máximas y mínimas por mes
- Precipitaciones mensuales
- Frecuencia de las precipitaciones
- Intensidad pluviométrica
- Radiación solar
- Humedad relativa media anual

En el caso de las ciudades de más de 250,000 habitantes es recomendable evaluar la existencia y manifestación de la formación del efecto conocido como “isla térmica” que eleva las temperaturas mínimas en invierno y verano con respecto a las zonas periféricas a la ciudad.

b. Segundo Paso: Obtener información sobre los posibles escenarios climáticos hacia fines del siglo XXI. El escenario climático es una descripción veraz y simplificada del clima futuro, sobre la base de una serie coherente de relaciones climatológicas, elaborada para ser expresamente utilizada en la investigación de las posibles consecuencias del cambio climático antropogénico y que se utiliza como instrumento auxiliar para la elaboración de modelos de impacto. Las proyecciones climáticas por medio de modelos informáticos sirven como materia prima para la creación de escenarios climáticos, pero requieren información adicional, como datos sobre el clima observado en la actualidad, emisiones futuras de gases de efecto invernadero (las cuales responden a determinadas fuerzas motrices como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico y los cambios tecnológicos). Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual. La construcción e implementación de escenarios de cambio climático es una de las primeras acciones para realizar evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, especialmente en el contexto de los impactos potenciales en los sectores claves de un país, una región o una localidad. Es bueno para esta etapa, tomar contacto tanto con el gobierno regional como con la agencia responsable de la meteorología en el país (en el caso peruano, el SENAMHI).

c. Tercer Paso: Evaluar los impactos nacionales o regionales de clara influencia sobre la localidad, especialmente en los recursos hídricos, transporte, energía, salud humana, turismo, urbanismo, construcción, gestión de ecosistemas y biodiversidad. Dentro de este marco, se han identificado los siguientes objetivos:

- Mejorar el conocimiento sobre los posibles impactos en los sistemas sociales económicos y naturales en la localidad.
- Disponer de información para la planificación.
- Contar con la información necesaria para que los ciudadanos puedan tomar sus decisiones y de esta manera tengan conciencia sobre el cambio climático y las necesidades de adaptación. Estos objetivos a su vez se pueden orientar en el siguiente rubro:

A. Evaluación y diagnóstico o comunicación y difusión. La adaptación en el contexto de las regiones pobres tiene algunas características adicionales que deben ser consideradas. En relación, la reducción de riesgos y el aumento de la resiliencia del capital físico existente en los barrios pobres pueden ser efectuados de tres diferentes maneras:

- Reduciendo el riesgo mediante la instalación de infraestructura de protección y medidas complementarias de protección de riesgos (incluso fuera del área, como por ejemplo la protección de las cabeceras de cuenca).
- Apoyar el desarrollo de mejores construcciones, vía apoyo técnico y sistemas financieros apropiados (puede requerir el empleo de formalización de la propiedad).
- En caso de necesidad extrema, apoyar a los que viven en las zonas de mayor vulnerabilidad, movilizándolos a sitios más seguros, a fin de abaratar el costo de la tierra en lugares que cuenten con servicios.

2.1.3. Procesos geodinámicos costeros

Los procesos geodinámicos que se dan en el litoral responden a varios factores que intervienen en el modelado de este. Parte importante de estos procesos son producidos por el constante movimiento de las ondas y mareas, especialmente las playas que están conformadas por

sedimentos no consolidados. Conduce a que existan corrientes paralelas y perpendiculares a la costa, como procesos de erosión (remoción de los sedimentos) y sedimentación (deposición de sedimentos). El movimiento de las olas produce que los sedimentos sean movilizados hacia y desde la playa. La ruptura de la ola le permite liberar energía con lo que esta puede ascender por la playa. El regreso hacia el mar se da por gravedad, por lo que el agua sigue el camino más eficiente, creando canales perpendiculares a la costa que llegan hasta la barra en la zona de rompiente. Se conoce como corriente de retorno y es afectada por el tamaño del material que es transportado en ella (Leceta, 2009). La dirección de la ola al acercarse a la playa (*swash*) determina la dirección de los sedimentos, por tanto, si la ola se acerca con una dirección oblicua hacia la costa, los sedimentos también lo harán (Benavente et al., 2002). Sin embargo, el regreso del material se da de forma perpendicular a la costa, dando un movimiento en zig-zag y produciendo una corriente paralela a la línea de costa, conocida como deriva litoral (Roig et al., 2012).

La erosión costera puede ser un proceso lento que ocurre a través de muchos años o, puede originarse rápidamente, por ejemplo, luego de una tormenta. En cualquiera de los casos, implica un gran peligro para la infraestructura costera, y como consecuencia para la población del sector (Asoni et al., 2018). La erosión puede ser producida, en parte, por los efectos de la energía de la ola chocando contra la costa y, también, debido a la acción del material cargado por las olas (Del Rio et al., 2015).

La playa, por tanto, puede ser vista como un sistema debido a que recibe material a través de la sedimentación (inputs) y pierde material a través de la erosión (output) (Sanó et al., 2011). En este sentido, se propone dos tipos de olas que tendrán diferentes efectos sobre este sistema. En principio se presenta las olas destructivas, las cuales son caracterizadas por tener una alta frecuencia (13-15 olas por minuto), un fuerte backwash y un débil swash, retirando

sedimentos de la playa e impidiendo la deposición, lo que produce erosión sobre la costa. En este caso el output será mayor que el input. De la misma forma, se encuentran las olas constructivas con una baja frecuencia (6 - 8 olas por minuto) y un swash con mayor fuerza que el backwash, generando una deposición del sedimento sobre la playa. De tal manera que el input es mayor que el output en el sistema playa (Sanó et al., 2011).

2.1.4. Análisis de las causas en la desaparición de playas arenosas

Según el Ministerio del medio ambiente (MMA, 2017), las directrices sobre las actuaciones de las playas son las siguientes:

A. Condicionantes según la dinámica y agentes movilizadores de sedimentos. La playa es un elemento dinámico y en permanente movimiento, debido a la acción de los agentes climáticos marítimos y atmosféricos sobre el sedimento que la constituye. Antes de tomar cualquier decisión sobre la playa, es imprescindible conocer cómo esta evoluciona y los agentes que la hacen evolucionar. En este sentido, se debe conocer lo siguiente:

- Clima de la playa, oleaje, corrientes y viento
- Características sedimentarias físicas, medioambientales, fuentes y sumideros
- Particularidades estacionales e hiperanuales de la playa
- Transporte litoral de sedimentos: longitudinal, transversal y eólico

B. Causas que explican el déficit de aportación de sedimentos. La aportación natural de sedimentos a la costa se ha visto sustancialmente reducida en las últimas décadas por diversas causas, unas más estructurales, con unas posibilidades de resolución más complejas a más largo plazo, y otras más locales, que pueden ser controladas con eficacia a corto plazo mediante una gestión adecuada. De esta manera, la disminución de la aportación sedimentaria natural, se debe a los siguientes hechos:

- Las obras de “regulación en los cauces” los cuales retienen sedimentos que debían llegar a la costa y reducen la capacidad de erosión y arrastre de los ríos.
- La ocupación física de las playas y cordones litorales por edificaciones, infraestructuras y otros elementos urbanos, que producen también la inmovilización de importantes masas de sedimentos, los cuales debían estar disponibles para la alimentación de la dinámica natural de las playas.
- La ocupación física de la superficie de los cauces por urbanizaciones, o su encauzamiento, que hace disminuir la cuenca de erosión y es susceptible de aportar sedimentos a la costa.
- La inmovilización de sedimentos en las desembocaduras cuando se producen riadas, como ha ocurrido a veces en los pequeños deltas de los cauces de régimen irregular, que son ocupados por invernaderos, edificaciones u otras instalaciones, impidiendo de esta forma que estos materiales circulen por la costa y alimenten lentamente a las playas de su entorno.
- Las masivas extracciones de áridos en los cauces, en las playas y en los cordones litorales, para su utilización en la construcción y los cultivos, que hasta hace poco tiempo fueron muy importantes por su volumen, lo que también impide que estén disponibles para alimentar las playas, y que han determinado la esquilmación o la simple desaparición de playas en toda la costa.
- Las actuaciones de “reforestación”, que tienen por objeto principal evitar los daños que puede producir la escorrentía, pero que producen como efecto inducido una disminución de aportes sólidos a la costa.

C. Causas que explican el impedimento al libre movimiento de sedimentos. Por otra parte, los factores que limitan o modifican el libre movimiento de los áridos de la costa que integran las playas, tienen quizás un carácter menos estructural y más local, y por esa razón con una gestión adecuada es posible controlar con eficacia, y en plazos razonables, sus efectos negativos sobre las playas, al menos en los tramos de costa más apetecidos por la población para su uso para el ocio o como atractivo turístico. Entre las causas que producen alguna perturbación en la capacidad para que los sedimentos se muevan libremente a lo largo de la costa, y en el perfil de las playas hay que señalar las siguientes:

- La “ocupación física de las playas y cordones litorales” por edificaciones, infraestructuras y otros elementos urbanos, que aumenta el carácter reflejante de la playa, lo que hace más difícil y lenta la recuperación natural de su perfil.
- La “retención de sedimentos por las estructuras marítimas”, como son los diques, espigones y los puertos, que producen acumulaciones a un lado (frecuentemente ocupadas e inmovilizadas enseguida por edificaciones, plantaciones y otras infraestructuras), y erosiones en el otro.

D. Problemática general de las playas. El problema que puede suscitar la necesidad de intervención de una playa se puede enmarcar en el riesgo de pérdida de alguna, de varias o de todas las funciones encomendadas a las playas definidas. Por tanto, se pueden identificar tres tipos de problemas con alto nivel de relevancia:

DI. Pérdida de la condición de defensa costera: Cuando una playa pierde su condición como defensa de la costa es porque la anchura de parte de ella o en su totalidad no cumple una anchura mínima A_1 , y en determinadas condiciones de oleaje, el mar inunda el trasdos que es encargado de la protección de la playa. Pero cuando esa anchura mínima es menor que $A_{estacional}$

+ Asubida del nivel del mar + Aresguardo, la probabilidad de que se pierda la condición de defensa en el tiempo es alta, y cuando la anchura de playa es menor de Aestacional + Aresguardo, es frecuente la interacción del mar con la zona que debiera proteger la playa. Por otro lado, los problemas estructurales de una playa que hacen se reduzca la capacidad de defensa de ésta ante los agentes dinámicos marinos, se concretan en dos tipos básicos:

- Control de los procesos erosivos (responde a la pérdida de material de la playa sin reposición natural de esos sedimentos perdidos ni en el espacio ni en el tiempo).
- Restauración de la dinámica litoral (obedece a las barreras impuestas a lo largo de la costa a la dinámica litoral, debiendo solamente considerarse las barreras artificiales a la hora de tomar un criterio de actuación).

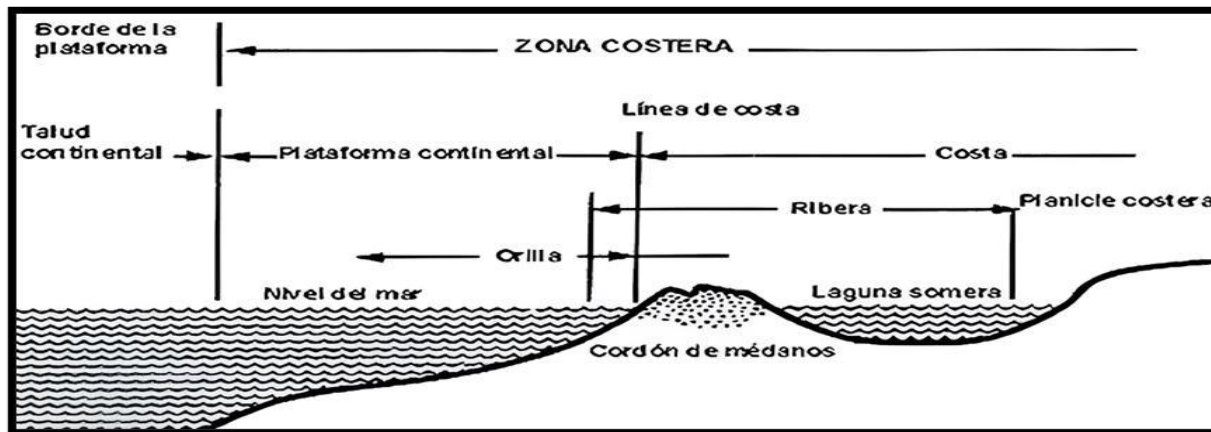
D2. Pérdida de la condición de hábitat. Un requisito imprescindible para que la playa pueda desempeñar su papel de hábitat es la propia existencia de la playa, por lo que deben tomarse las medidas necesarias para su conservación. También es conveniente que, dentro de la variabilidad de situaciones en las que se encuentra una playa debido a su propia naturaleza dinámica, las condiciones como biotopo se mantengan relativamente constantes, debido a que esto permite la creación de comunidades evolucionadas de mayor valor ecológico. Esto es más fácil de conseguir en las zonas más alejadas de la orilla (cordones dunares, praderas de fanerógamas marinas). Otra demanda ambiental de la sociedad consiste en el mantenimiento de la calidad de las arenas de las playas, imprescindible tanto para su función de hábitat como para la de zona de ocio. Esto requiere, no solo que se controle la calidad de las arenas de alimentación artificial, sino que se retiren, sustituyan o recubran las masas de arena contaminadas, principalmente en las desembocaduras de los ríos.

D3. Pérdida de la condición de zona de ocio. Además de su importante función en el territorio como soporte de especies y ecosistemas o como estructuras marítimas de protección flexible de la costa, las playas constituyen un bien muy apreciado por la ciudadanía en términos del ocio y también para los usos comunes de estos bienes de dominio público, y por consiguiente son considerados un recurso económico. Pero al margen de su valor económico en las grandes ciudades y aglomeraciones urbanas existentes en la costa, las playas se han configurado como un auténtico espacio saludable para actividades deportivas y de entretenimiento a lo largo de toda la jornada, y en todas las estaciones del año, destinada para un amplio sector de la población, desde los niños hasta las personas mayores.

En otro aspecto, la existencia de playas en las ciudades evita los desplazamientos diarios de grandes masas de población a playas lejanas utilizando el transporte privado, durante el período de baños (ahorro energético, reducción de la congestión, ruidos, contaminación, etc).

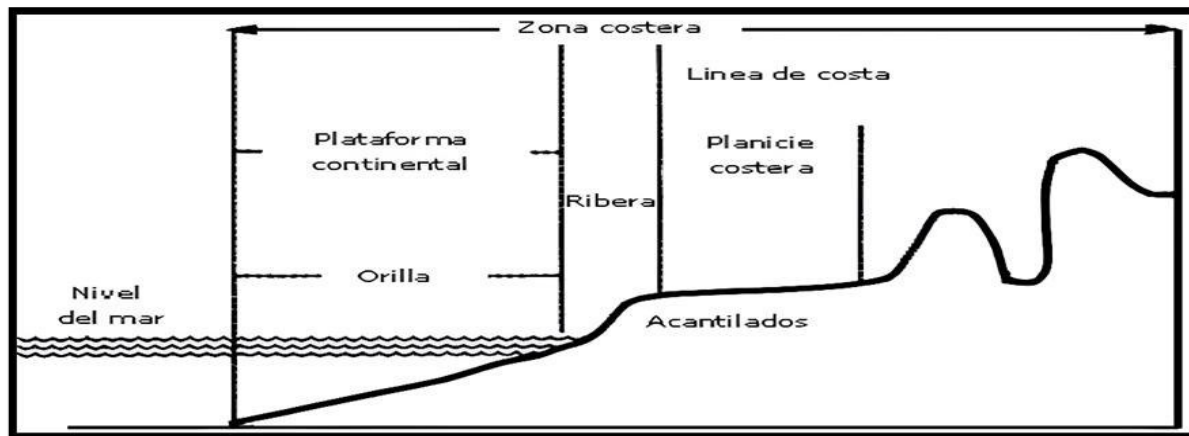
2.1.5. Zona Costera

Las zonas costeras pueden diferenciarse según su estructura, en dos tipos principales: la costa con barrera de islas y la costa con acantilados marinos. En la costa con barrera de islas es posible distinguir si se hace un recorrido del continente hacia el océano. Además, la planicie costera, que es donde se inicia la zona costera y se hacen los primeros depósitos de arena, existe una vegetación inicial a la que se llama pionera. En la planicie se continúa con la ribera u orilla, que es la superficie sólida y sedimentaria relacionada con las corrientes producidas por el oleaje y con la influencia de las aguas de escurrimiento de los continentes. Esta ribera alcanza unos 400 000 kilómetros de longitud en todo el planeta (García et al., 2014).

Figura 2*Perfil de la costa con barrera de isla*

Nota. Tomado de *El Océano y sus Recursos*, por García et al., 2014, UNAM.

La ribera abarca la playa, la cual está cubierta por grandes cantidades de arena que forman los cordones de médanos; su extensión y tamaño dependen de la longitud y altura de las olas, de la amplitud de las mareas y de las dimensiones de los componentes sólidos que depositan las olas. Esta ribera se extiende del lado de la tierra hasta la planicie costera, que bordea la orilla posterior de la playa. Entre los cordones de médanos y la planicie costera se pueden contar lagunas litorales, en donde los ríos desembocan propiciando la formación de estuarios o esteros. Del mismo modo, la ribera se pone en contacto con la plataforma continental en la llamada línea de costa, que cambia de acuerdo con la acción de las mareas, quedando más adentro de la tierra cuando se presenta la pleamar o marea alta, o más retirada de ella cuando aparece la bajamar. En relación a las costas con acantilado, la planicie costera está formada por las elevaciones continentales que terminan en cortes casi de 90 grados sobre la ribera, en donde se encuentra bien establecida la vegetación. Esta ribera es muy corta, pues alcanza de cero a tres metros de longitud.

Figura 3*Perfil de la costa de acantilados*

Nota. Tomado del *océano y sus recursos*, por García et al., 2014, UNAM.

En efecto, la ribera u orilla es la región donde se produce el mayor intercambio de energía entre el océano y los continentes. La energía que se agota en los procesos de la orilla proviene del mar, y es producida por la fuerza de los vientos que corren sobre la superficie oceánica, por la atracción gravitatoria que ejercen la Luna y el Sol sobre la masa del océano y por las diferentes perturbaciones que se presentan en las estaciones del año tanto en la atmósfera como en las zonas terrestres que hacen contacto con el mar.

2.1.6. Zona de Playa

Una playa es una acumulación de sedimento que se encuentra a lo largo del margen continental del océano o un lago. En las costas rectas, las playas pueden extenderse a lo largo de decenas o centenares de kilómetros. Cuando las costas son irregulares, la formación de la playa puede quedar confinada a las aguas tranquilas de las bahías. En adición, las playas consisten en una o más bermas, que son plataformas relativamente planas que suelen estar compuestas por arena y son adyacentes a las dunas costeras o los acantilados, y están marcadas por un cambio de pendiente en el límite del lado del mar. Otra parte de la playa es el frente de playa, que es la

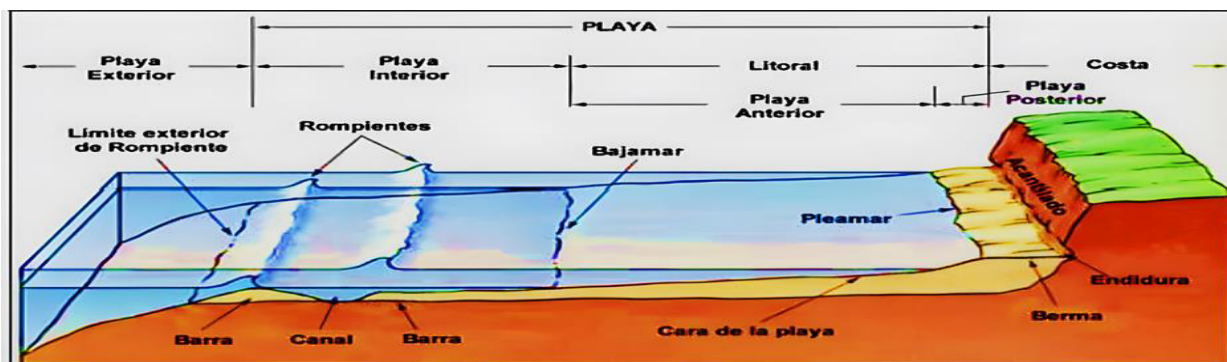
superficie inclinada húmeda que se extiende desde la berma hasta la línea litoral (Tarbuck y Lutgens, 2013, p. 630).

2.1.7. Línea de Costa

La línea de costa es la línea que marca el contacto entre la tierra y el mar. Cada día, conforme las mareas suben y bajan, la posición de la línea de costa migra. Además, durante períodos más prolongados, la posición media de la línea de costa cambia de manera gradual (Imam et al., 2020).

Figura 4

Partes de la Zona Litoral



Nota. La zona litoral está formada por varias partes. La playa es una acumulación de sedimento en el borde continental del océano o de un lago. Puede considerarse un material de tránsito a lo largo de la costa, por Tarbuck, E. y Lutgens, F., 2013.

2.1.7.1. Características de la línea de costa. La línea litoral varía según el tipo de rocas expuestas a lo largo de la costa, la intensidad de las olas, la naturaleza de las corrientes, estabilidad de la costa, hundimiento o elevación. Los rasgos que deben su origen principalmente al trabajo de la erosión se denominan formas de erosión, mientras que las acumulaciones de sedimento se conocen como formas deposicionales (Huppert et al., 2020, pp. 499-503).

2.1.7.2. Variación de la línea de costa. Como se ha señalado anteriormente, la línea de costa es la representación del encuentro entre la tierra y el mar. Sin embargo, es una medida que debe tomarse con cautela puesto que el límite no es estable y se encuentra en constante

movimiento. Es necesario entender la línea de costa según la escala de tiempo en la cual se hace la investigación (Barbosa et al., 2020).

La variación se refiere al cambio de la posición de la línea de costa en el tiempo, esta variación está estrechamente relacionada al concepto de célula litoral, y es la unidad básica para entender las fuentes, transporte, pérdidas y acumulación de los sedimentos que afectan la posición de la línea de costa. En una célula litoral típica el sedimento proviene de una sección donde el suministro es mínimo o está restringido. Al ingresar a la célula es transportado a lo largo de la costa bajo la influencia de la corriente principal, la cual a su vez depende de los vientos predominantes. Luego de este transporte, los sedimentos salen del sistema a través de un cañón submarino, un sistema de dunas, o en algunos casos por la extracción de arena por parte del hombre. Idealmente, cada célula litoral existe como un sistema independiente, sin encontrarse casi ningún transporte de sedimentos entre distintas células (Nassar et al., 2018).

El balance de la célula litoral (*litoral cell budget*) explica el concepto de conservación del volumen de sedimentos dentro de la célula litoral, a través de los sedimentos que entran, salen o son mantenidos dentro de la zona. El cambio en el volumen total depende de la diferencia entre el sedimento que es transportada hacia o desde el área de almacenamiento causado por la deriva litoral, los sedimentos que ingresan al sistema desde fuentes terrestres (descargas de los ríos, erosión de acantilados, etc.), los sedimentos que son extraídos por el crecimiento de dunas, movimientos en altamar hacia la plataforma continental o por cañones submarinos, y los que son incorporados o extraídos artificialmente por actividades humanas (Patsch y Griggs, 2008). Un esquema que describe este proceso se observa en la Figura 5.

La acumulación de sedimentos (ΔV_s) de la célula litoral puede ser calculado a partir de la siguiente fórmula (Dean y Dalrymple, 2001):

$$\Delta V_s = V_{x1} - V_{x2} + V_{y1} - V_{y2} \pm S$$

Donde:

V_{x1} = volumen de sedimentos transportados hacia el área de estudio a lo largo de la costa.

V_{x2} = volumen de sedimentos transportados fuera del área de estudio a lo largo de la costa.

V_{y1} = volumen de sedimentos transportados hacia el área de estudios desde la costa.

V_{y2} = volumen de sedimentos transportados hacia el mar fuera del área de estudio.

S = volumen de sedimentos agregados o extraídos del área de estudio.

A partir del resultado de esta ecuación se generará un cambio en el total de la célula litoral o en ciertos segmentos de ella. La variación de la línea de costa está directamente relacionada al volumen de sedimentos que entra comparado con el volumen que sedimentos que sale del sistema (Patsch y Griggs, 2008; Letortu et al., 2015). Asimismo, la variación de la línea de costa se da debido a una diversidad de factores, que afectan tanto de manera global, como de manera local. En términos generales, esta variabilidad se debe a la variación eustática del nivel del mar, considerando los cambios en el volumen de las aguas de las cuencas oceánicas y del geoide. Sin embargo, por la naturaleza de la investigación, se debe considerar las razones que afectan la evolución costera a mediano plazo (años y décadas) para encontrar las principales tendencias que afectan la variación de la línea de costa (Guerrera et al., 2021). Como se mencionó anteriormente, el balance del volumen de sedimentos dentro de la célula litoral será la principal causa del movimiento de la línea costera. Por lo tanto, una reducción de la cantidad de sedimentos que llega a una zona de la célula litoral, implica que la playa se angoste, generando una erosión y un retroceso de la línea de costa. Por el contrario, un aumento en el volumen implicara normalmente una ampliación de la playa por una mayor deposición de sedimentos. Esto implica un avance de la línea de costa hacia el mar. Al mantenerse un balance entre las fuentes y los sumideros de

sedimentos, se genera una estabilidad donde no hay un cambio con respecto al ancho de la playa o una variación de la línea de costa. El balance de sedimentos en la playa depende de otros procesos naturales, como la variación en la dinámica de las olas, el incremento del nivel del mar, entre otros. En especial debe tomarse en cuenta las mareas, puesto que representan parte importante de la dinámica natural de cambio que afecta la línea de costa. Las mareas son movimientos periódicos de aumento (marea alta) o descenso (marea baja) del mar causado por la fuerza gravitacional de la luna y el sol sobre el planeta. El ciclo lunar produce mareas semidiurnas, mientras que el ciclo solar conduce a mareas diurnas (Imam et al., 2020). En este sentido, el balance natural de los procesos costeros es afectado muchas veces por las actividades humanas debido a que se aprecia un mayor índice de aparición. (Manca et al., 2013).

Debido a este contante cambio que sufren las líneas de costa, y para conocer si existe un retroceso (debido a erosión), un avance (por deposición de sedimentos) o ninguna variación entre los años estudiados, es necesario tomar en cuenta indicadores que permitan conocer los procesos que se vienen llevando a cabo. Existen, según Prieto et al. (2012) dos tipos de indicadores, los primeros basados en puntos referenciales en la costa que son fácilmente reconocibles y pueden ser localizados a simple vista, como el límite entre la arena húmeda y seca o la línea de marea alta. Los segundos describiendo la posición de la línea costera basados en las posiciones de las mareas, las cuales son medidas por la intersección entre una elevación específica del mar y el perfil de la costa. Cabe resaltar que un indicador del segundo grupo comúnmente utilizado es la elevación promedio del nivel del mar.

Figura 5

Esquema de una típica célula litoral y sus componentes



Nota. Tomado de *Componentes de una célula litoral*, por Patsch y Griggs, 2008.

2.1.8. Erosión Costera

Se identifica la erosión costera al comparar la playa en dos momentos distintos, encontrando que la línea de orilla está desplazada hacia tierra en la última apreciación de ella. Este cambio puede deberse a multitud de causas estacionales, y si suponemos una constancia en el tiempo de este retroceso, habría que analizar si este estado es realmente erosivo, donde existe la posibilidad que el sedimento de la playa que antes estaba en su zona seca se haya movido a la zona sumergida, y de esta forma exista un desequilibrio sedimentario a lo largo de todo el sistema litoral (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2018, p. 3).

Las consecuencias de la erosión costera, se produce principalmente por las olas, corrientes y mareas. En efecto ocurre que la corriente dominante de la zona traslada los sedimentos de la playa como son arenas, gravas, piedras e incluso rocas (acciones naturales).

La erosión, y en consecuencia el retroceso de la línea de costa, es un fenómeno que puede ser apreciado a lo largo de la mayoría de las costas del mundo, aun en aquellas donde la intervención directa del hombre es casi nula. Los estudios realizados evidencian que son muy variadas las causas, aunque generalmente están determinadas por el crecimiento poblacional y la

asimilación económica de la costa sin adecuadas políticas de desarrollo y conservación (acciones directas de la mano del hombre). Se puede indicar que los efectos de los cambios climáticos globales a largo, mediano y corto plazo han provocado las siguientes consecuencias, las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 1

Análisis de peligros, vulnerabilidad y riesgos de la zona costera

Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
Erosión de la zona Costera.	*Extracción de arena.	*Penetración del mar.
	*Tala de Mangle.	*Retroceso de línea costera.
	*Cambio climático global.	*Pérdida de la biodiversidad.
	*Edificaciones sobre la franja de arena.	*Aumento del nivel del mar.
		*Afectación de los principales ecosistemas marinos y costeros, con efectos negativos para el turismo, las pesquerías y la biodiversidad.

Nota. Elaboración Propia, 2020.

Por otro lado, la erosión producida por el hombre es directa cuando existe alguna degradación sobre la morfología natural; e indirecta cuando una acción producida por el mismo altera algún parámetro que, si bien no se percibe en el momento, producirá una modificación a futuro (Merlotto et al., 2017).

Finalmente, la influencia humana en la zona costera ha convertido el fenómeno natural de la erosión costera en un problema social de intensidad creciente. La urbanización y las actividades económicas tienen un peso considerable en las zonas costeras, lo que conlleva trabajos de ingeniería costera, de regulación de cuencas hidrográficas (particularmente presas), el dragado, el desmonte de terrenos, extracción de áridos marinos, arena, gas natural, agua y solicitudes de ocupación de terrenos (Prieto et al., 2012).

2.1.9. El Balance Sedimentario y la Intervención Humana

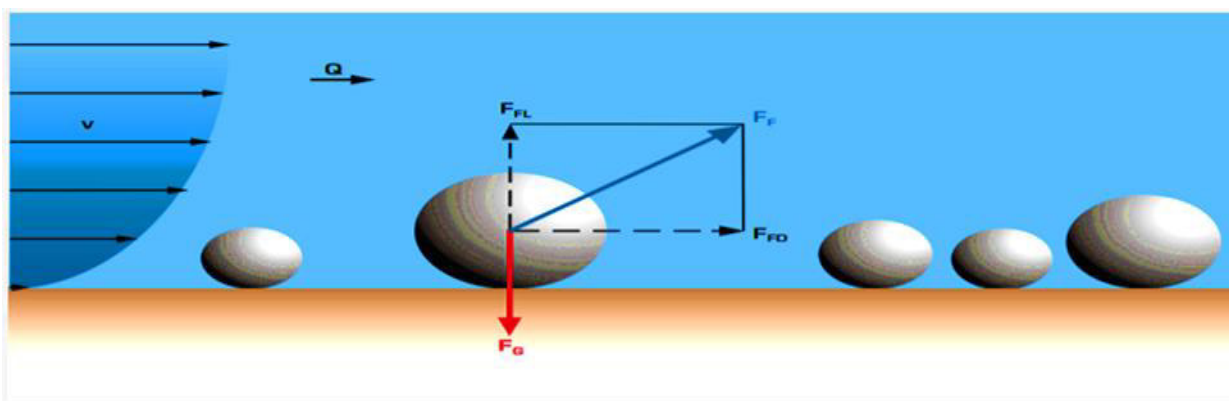
Para el transporte de sedimento, la ONU (2015) señala que el cálculo de la pérdida de suelo a partir de la medida del movimiento de los sedimentos en las corrientes y en los ríos presentan varios problemas. La realización de las mediciones lleva tiempo y resulta cara; su precisión puede ser baja incluso si se dispone de datos correctos sobre el movimiento de una corriente, procedencia del suelo y sobre cuándo se produjo el movimiento. Aunque algunos de los problemas técnicos se examinan en la investigación de Stronkhorst et al. (2018), puede resultar útil hacer comparaciones del movimiento de las corrientes en distintos momentos del año, o analizar las cuencas hidrográficas donde se brindan diferentes usos a la tierra. Además, es necesario investigar la razón de que unos datos cuantitativos necesiten pares de cuencas calibradas para que sean confiables y por qué se deben evitar los tratamientos "antes y después". En adición, el movimiento de los sedimentos en las corrientes y ríos presenta dos formas. De esta manera, los sedimentos están constituidos por partículas finas mantenidas en suspensión debido a los remolinos de las corrientes, a la velocidad de la corriente cuando disminuye, al lecho cuando se hace más liso y a la descarga de la corriente en el pozo o lago. Las partículas sólidas de mayor tamaño son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente y se designan con el nombre de arrastre de fondo. Existe un tipo intermedio de movimiento en el que las partículas se mueven aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces tocando el fondo y a veces avanzando en suspensión hasta que vuelven a caer al fondo. A este movimiento se le denomina saltación y es una parte muy importante del proceso de transporte por el viento; en la corriente líquida la altura de los saltos es tan reducida que no se distinguen realmente del arrastre de fondo. Por otra parte, en un grano de sedimento, dentro de un flujo, actúan distintas fuerzas, y además la forma del transporte de sedimentos esta relacionada con el tamaño, la masa, forma del grano y la fuerza del flujo en el que actúa. En la ilustración se representan todas las fuerzas relevantes: La fuerza de flujo FF es la fuerza resultante de la fuerza de

sustentación F_{FL} , que actúa verticalmente, y la fuerza de arrastre F_{FD} , que actúa horizontalmente. Para que el grano de sedimento deje el fondo del canal (por saltación o como materia en suspensión), la fuerza de sustentación debe ser mayor que el peso opuesto F_G del grano de sedimento.

La fuerza de flujo que actúa en los granos pequeños es menor que en los grandes debido a la distribución de la velocidad de flujo (v) entre el fondo del canal y la superficie del agua. En los granos más grandes, el peso F_G es mayor y evita el transporte de sedimentos en suspensión. Los granos grandes (p.ej., piedras) ruedan o se deslizan sobre el fondo, mientras los granos de arena pequeños se convierten en materia en suspensión. Los granos de sedimentos más grandes que la arena, p.ej., grava fina pueden transportarse también en saltación.

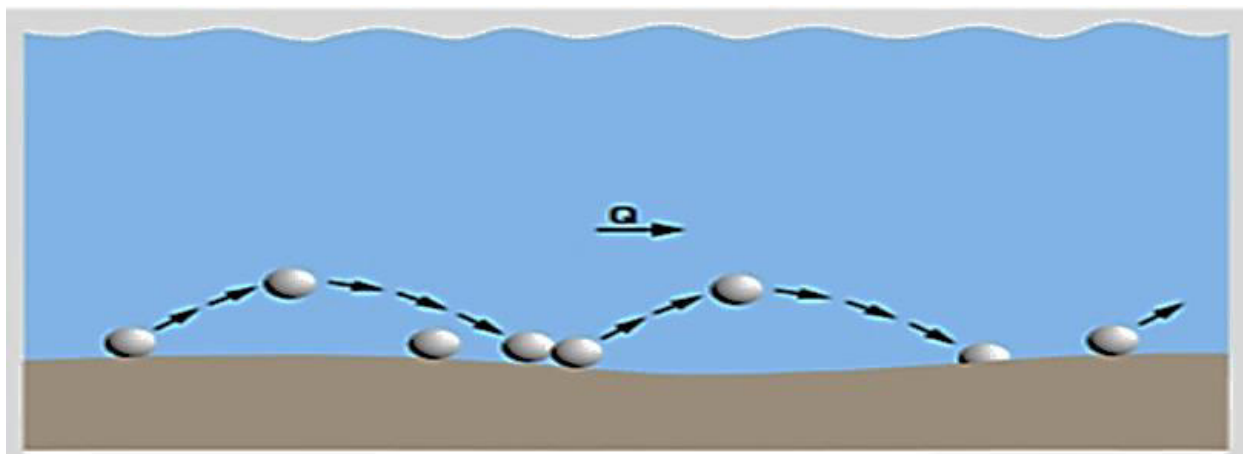
Figura 6

Fuerzas en el grano de sedimento en el fondo del canal



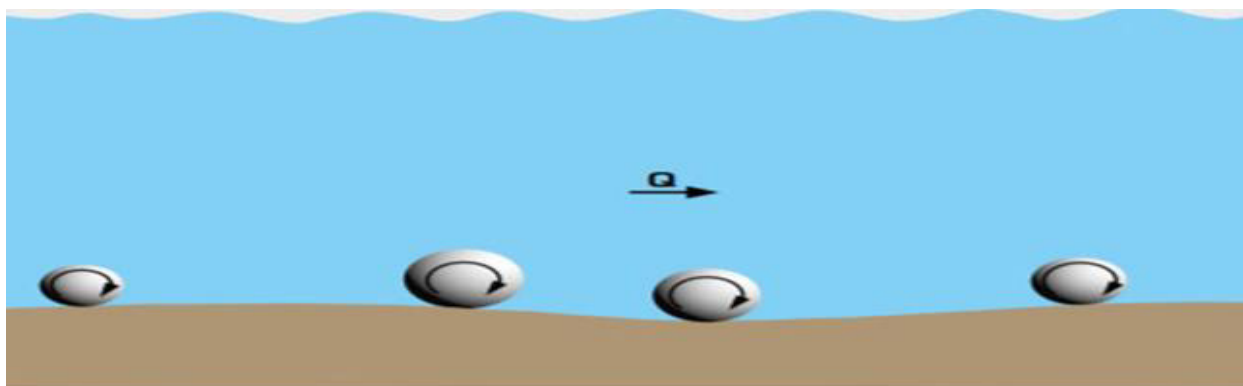
Nota. En la ilustración se representan todas las fuerzas relevantes del transporte del sedimento. Tomado de *Ingeniería Hidráulica* (p, 155), por GuntHamburg, 2020, Academia's newest feature.

2.1.9.1. Formas del Transporte de Sedimentos - Rodadura (rolling): Los sedimentos permanecen en contacto constante con el fondo. Normalmente, ruedan granos de sedimentos grandes, p. ej., piedras.

Figura 7*Roldadura (rolling)*

Nota. En la ilustración los sedimentos se encuentran en constante contacto con el fondo. Tomado de *Ingeniería Hidráulica* (p, 154), por GuntHamburg, 2020, Academia's newest feature.

Saltación: El grano de sedimentación, p.ej., pequeñas piedras de grava, es arrancado del fondo por el flujo y deja brevemente el suelo. El flujo lo arrastra consigo antes de que se vuelva a depositar, lo cual se muestra como si el grano realizara un salto.

Figura 8*Saltación (saltation)*

Nota. El flujo lo arrastra consigo antes de que se vuelva a depositar. Tomado de *Ingeniería Hidráulica* (p,154), por GuntHamburg, 2020, Academia's newest feature.

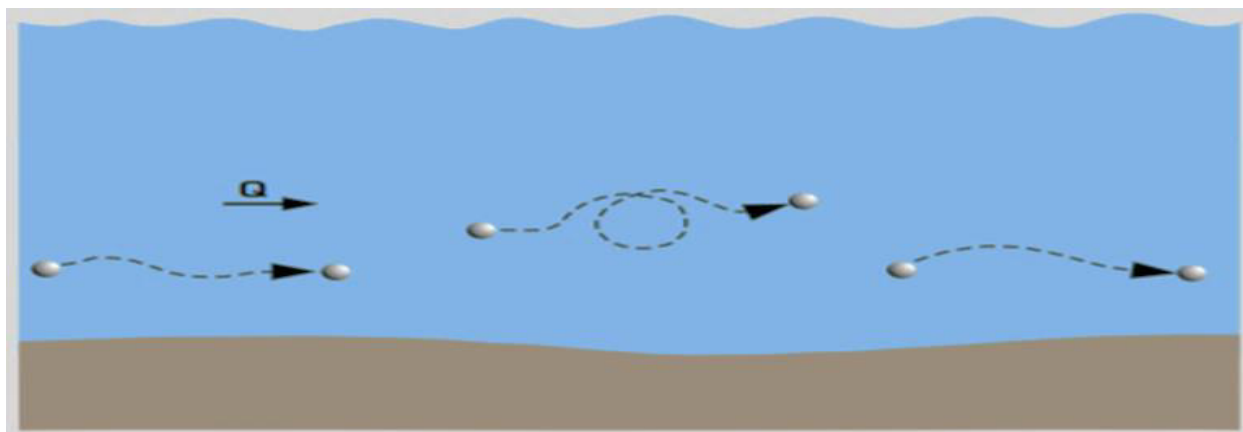
2.1.9.2. Transporte de sedimentos en suspensión. Las materias en suspensión son materias sólidas suspendidas en el agua y sin contacto con el fondo. Los factores fundamentales son:

- Velocidad de sedimentación (diámetro del grano, forma del grano, densidad del grano, densidad del agua), Ver Fig. 9.
- Parámetros de flujo (distribución de la velocidad en el canal, turbulencia).

La intervención del hombre sobre el sistema litoral es una de las mayores causas del desbalance sedimentario en la mayoría de las localidades costeras, debido a que con su accionar a través de los años ha modificado las tasas de transporte eólico hacia la playa y la saturación en sedimentos de las corrientes litorales (Rosendahl et al., 2016).

Figura 9

Transporte de sedimentos en suspensión



Nota. El flujo lo arrastra consigo antes de que se vuelva a depositar. Tomado de *Ingeniería Hidráulica* (p.154), por GuntHamburg, 2020, Academia's newest feature.

2.1.9.3. Fenómenos antropogénicos. Los efectos antropogénicos se refieren a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales. Normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos químicos o biológicos como consecuencia de las actividades económicas. Asimismo, los fenómenos erosivos crónicos han sido intensificados por un crecimiento urbano no planificado, que interrumpió la evolución morfológica natural de las áreas costeras.

Entre los factores de erosión directa se han registrado los siguientes:

- Explotación de arena en zonas de playa con fines constructivos o de relleno.
- Depredación y degradación de dunas costeras.
- Trazado de avenidas costaneras perpendiculares a la línea de costa.
- Modificaciones en el escurrimiento superficial.
- Evacuación de excedentes pluviales a la zona de playa.
- Circulación de vehículos en la zona de playa y dunas.

Mientras que las causas de erosión indirecta son:

- Interrupción de la dinámica litoral por construcción de puertos, escolleras, espigones, muelles, forestación y urbanización de campos de dunas interiores.
- Implantación de especies foráneas en el cordón de dunas costeras.
- Generación de barreras eólicas.
- Edificación en sectores cercanos a la playa.
- Loteos incompatibles con la morfología preexistente.
- Construcción de paredones en playa posterior.
- Construcción de balnearios sobre la playa.
- Retroceso en la línea de costa.
- Pérdida del volumen de arena que compone la playa.

2.2. Marco Filosófico

La necesidad de profundizar en el conocimiento de la Pérdida de Playa como variable dependiente y los procesos geodinámicos y fenómenos antropogénicos como variables independientes, surge de la necesidad en conocer la implicancia de la manipulación de determinadas aspectos que resultan cambios significativos en el entorno ambiental, dando origen al análisis de determinados escenarios que puedan dar prioridad a la solución de la problemática,

que tiene su origen en el planteamiento del problema; sin embargo, con la metodología científica, se da respuesta a los problemas encontrados con hechos probatorios que demuestren cuáles son los aspectos más relevantes al proponer determinado planteamiento. Es por ello, que, para el desarrollo de la investigación, se recomendó la contrastación con otras investigaciones que permitan entender la ocurrencia de determinados hechos, y que se manifiesten de acuerdo al contexto, originando una serie de comparaciones que el investigador debe superar al adoptar las teorías desde una concepción panorámica hasta una específica. En este sentido, el pensador griego Tales de Mileto consideraba los fenómenos geológicos como los sucesos naturales que pueden ser estudiados a la luz de la razón y no como intervenciones sobrenaturales. Asimismo, Heráclito de Éfeso llamado el “Oscuro” se refería a que nada en este mundo es constante excepto el cambio y el devenir, es decir todo es impermanente, como también daba a entender con su lema “todo fluye, somos y no somos, nada permanece” que el mundo experimenta todo un proceso de continuo nacimiento y destrucción al que nada escapa. En ese contexto Tales de Mileto quiso encontrar el principio básico de todas las cosas, algo que pudiera explicar lo que existe, y saco su conclusión de que todo está hecho de agua, “La Tierra descansa en el agua, como en una isla”.

2.3. Marco Conceptual

Manifestaciones geodinámicas: Se conoce a este término como al análisis de los cambios que se registran en la corteza del planeta Tierra junto con sus procesos son exógenos y endógenos. De esta manera esos procesos son los responsables de esculpir o modelan el relieve de la superficie terrestre donde influyen los factores y fuerzas externas de la tierra (viento, agua, hielo, etc), ligadas al clima y a la interacción de éste, sobre la superficie o capas más externas de la tierra. (meteorización y erosión física, química, biológica, marítima, kárstica, eólica, glacial, pluvial, etc). Por otro lado, los procesos endógenos o internos son los procesos que se suscitan por factores y fuerzas profundas del interior de la tierra que son prácticamente los que generan el relieve.

(procesos metamorfismo, sísmicos, vulcanismo, etc.). “El avance más importante en el campo de la Geodinámica Interna ha sido la aceptación en los años 1960-1980 del concepto de Tectónica Global (Geotectónica), basado en la teoría de la deriva continental postulada por Alfred Wegener en 1912”.

- **Geología Litoral:** Es rama de la geología que estudia la interacción dinámica entre el océano, el clima y la tierra. La suma de todos estos procesos vendría a ser el balance de los sedimentos de la costa.

- **Geomorfología litoral:** En la geomorfología litoral o costera se definen los procesos que transforman y detallan el litoral y sus costas, dejando al descubierto las zonas donde son evidentes los procesos de deflación, abrasión y formación de cantiles.

- **Proceso litoral:** Se entiende como dinámica litoral al estudio de los fenómenos de variación de la sedimentología en las zonas costeras, a lo largo del tiempo, en función de una serie de factores externos.

- **Depósitos litorales:** Se refieren a los materiales formados en la zona transicional entre el dominio marino y el continente teniendo como agentes móviles modeladores a las corrientes fluviales, el oleaje y las mareas.

- **Procesos erosivos:** Conjunto de procesos geológicos que operan en la superficie de la corteza terrestre y que causan cambios en el relieve. Dichos procesos pueden ser de tipo mecánico, químico o biológico, e implican la transformación de materiales geológicos y su transporte.

- **Erosión marina:** La erosión marina se refiere a uno de los procesos de formación de relieves y geoformas como por ejemplo cuevas marinas entre otros., Dicho proceso erosivo costero que se acentúa en una zona en particular, cuando se produce el desgaste de rocas de menor

dureza que el resto del acantilado.

- **Causas de Erosión de playas:** Pueden ser naturales o inducidas por la acción humana. la velocidad erosiva en (huracanes deshielos, hundimientos, actividades industriales como extracción de líquidos del subsuelo, calentamiento global, entre otros, puede variar considerablemente en el tiempo y en el espacio. por lo tanto, las consecuencias de la erosión de playas pueden ir desde pérdidas de vidas humanas hasta impactos económicos, políticos y sociales.

- **Erosión por olas, mareas y corrientes marinas:** La dinámica marina conformado por olas, mareas y corrientes marinas son agentes erosivos muy eficaz con un accionar permanente. Asimismo, las olas realizan un proceso mecánico de presión y succión al romper contra las rocas y retirarse posteriormente.

- **Sedimentación en playas:** Se entiende así al material sedimentario no consolidado que constituye las playas y que proviene de la erosión de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, y de la precipitación de sales (material autigénico) o bien, son fragmentos de estructuras rígidas secretadas por organismos marinos (material biogénico).

- **Formación de playas:** Se entiende por formación de playas, cuando en el borde costero la cantidad de materiales disponibles sobrepasa el volumen de sedimentos que las olas y las corrientes litorales son capaces de movilizar. Por lo que una playa comprende una parte constantemente sumergida, llamada playa baja o ante playa, que posee una suave pendiente.

- **Formación de rocas de playas:** Las rocas de las playas se forman cuando el agua se enlentece o disminuye la velocidad haciendo que los sedimentos sean depositados a lo largo de sus orillas ya sea en lagos y océanos. Las piedras de canto rodado, las piedritas y las arenas son los sedimentos que más se ven en las playas y cuando los sedimentos se asientan fuera del agua se presentan a manera de capas horizontales. Normalmente las playas constan de partículas sueltas

que suelen estar hechas de roca, como arena, grava, guijarros, etc, o de fuentes biológicas como conchas de moluscos o algas coralinas.

- **Formación de arenas:** Las arenas estas formadas principalmente por la combinación de varios elementos metálicos con los elementos más comunes de la corteza terrestre: el oxígeno y el silicio. Asimismo, están compuestas de partículas muy finas procedentes de rocas y minerales.

- **Pérdida de playas:** La pérdida de playas o desplazamiento de tierras o la remoción de sedimentos y rocas a lo largo de la costa por la acción del movimiento marino debido a las olas, mareas, corrientes y agua impulsada por el viento, hielo transportado por el agua como otros impactos debido a marejadas ciclónicas.

- **Formación de acantilados marinos:** Se forman por la acción abrasiva del oleaje en la base del terreno costero, conformé progresa la erosión el acantilado retrocede.

- **Morfología costera:** La línea costera por el Sur, presenta acantilados de regular altura, en la base de estos, se presentan playas de cantos rodados y arenas, respaldada por taludes escarpados de regular altura. Destacan en esta zona las playas de arena de la Herradura, La Chira.

- **Batimetría:** En general, las isobatas continúan con la forma de la línea costera, entre Conchán y Pucusana el área de inundación potencial es muy relevante alcanzando un área de 11.51 km², que corresponde al 59.9% del área bajo los 5m de altitud. Por lo tanto, se afectarían urbanizaciones residenciales y de veraneo, clubs sociales y deportivos, muelles particulares, una planta de harina de pescado y las playas de la zona con asistencia aproximada de 500,000 bañistas. Asimismo, se presentarían intrusiones de aguas marinas en las cercanías de los pantanos de Villa.

- **Procesos Tectónicos:** Las zonas de mayor susceptibilidad a los peligros geológicos está asociadas a rocas sedimentarias (Grupo Morro Solar y Formación Pamplona) donde el estudio

de los peligros más frecuentes en orden de ocurrencia podría agruparse en: Áreas sujetas a desprendimientos, deslizamientos y otros movimientos.

- **Erosión y Sedimentación:** La erosión costera, responde al impacto humano y a causas naturales (cambios geológicos y geomorfológicos, el viento y régimen de dinámica marina). Presenta un fuerte componente cultural relativo a la conciencia social. Ejemplo de ello es el inadecuado establecimiento urbano en lugares con riesgo geodinámico, junto con el cauce final de quebradas y/o acantilados inestables constituidos por limolitas.

- **Riesgos Geológico:** En la última década se han desarrollado en Iberoamérica numerosas experiencias en el campo del cartografiado de peligros y riesgos geológicos, estando todavía en una etapa de adecuación a los conceptos relacionados con el tema. En adición, las zonificaciones geotécnicas y de peligros (o amenazas) constituyen herramientas valiosas y necesarias para los fines de planificación territorial y mitigación de los desastres naturales.

III. MÉTODO

La Costa Verde viene a ser el resultado de los procesos naturales y antropogénicos que operan a través del tiempo.

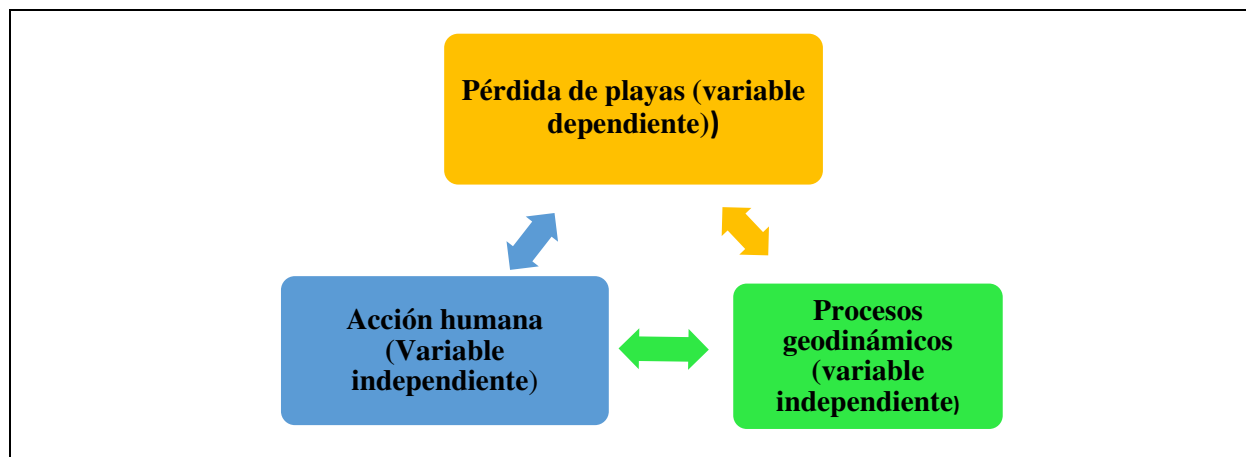
3.1. Tipo de la Investigación

En la investigación, se requirió aplicar el diseño no experimental porque no se ha manipulado las variables del fenómeno. Es importante resaltar que su corte es transversal debido a que se ha analizado y recopilado información sobre el caso en un periodo corto de tiempo, es de tipo observacional porque permitió estudiar la ocurrencia del fenómeno y es de naturaleza analítica debido a que las muestras se sometieron a un análisis y tratamiento de laboratorio para establecer las causas y los efectos del fenómeno. Además, se tomó en cuenta el enfoque cualitativo debido a que los resultados obtenidos podrían ser reconsideradas para plantear adecuadamente el diseño de una serie de obras de infraestructura, entendiendo que una amenaza natural y antrópica puede causar daños con pérdidas económicas asociadas. En este sentido, se observan los fenómenos en su ambiente natural y se describen las variables incluidas en la investigación, con el fin de establecer el nivel de relación entre la influencia de la actividad humana y los actuales procesos geodinámicos que se está apreciando en la zona (Ver Figura 10 y 11).

El nivel de investigación también es correlacional basado en la relación que hay entre las variables indicadas. Finalmente, se puede agregar que el estudio es de carácter descriptivo, porque brinda información detallada de las principales características del proceso, así como es explicativo debido a que está orientado a establecer la relación de causa y efecto del fenómeno según las variables de la investigación (Bernal, 2006, p.115).

Figura 10

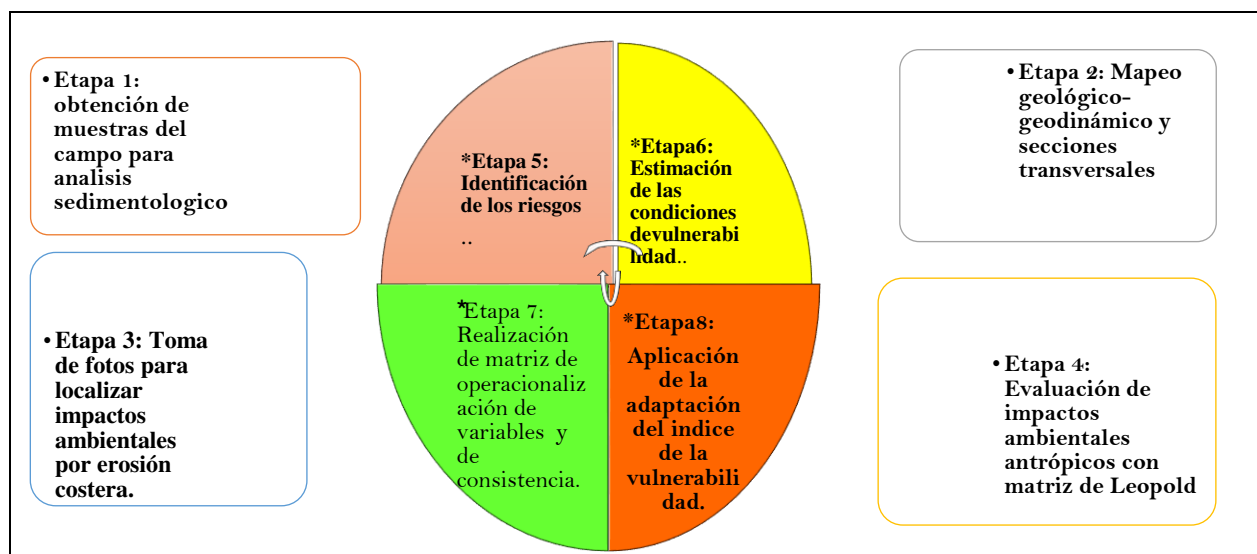
Variables establecidas en la investigación



Nota. Elaboración propia, 2021

Figura 11

Diseño de la investigación siguiendo el proceso metodológico



Nota. Elaboración propia, 2021

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Se tomó como población cuantitativa a las 7 playas del tramo Lurín -Miraflores (Costa Verde) y mediante un análisis estadístico se extrajo la muestra representativa. Al respecto, las playas estudiadas son las siguientes: Lurín, Mamacona, Villa, La Chira, Chorrillos, Barranco y Miraflores que conforman la fuente de información en el desarrollo de la presente investigación.

Estas playas están ubicadas frente al Océano Pacífico Suroriental de América del Sur, Departamento Lima-Perú.

3.2.2. Muestra

El tipo de muestreo es finito, no probabilístico denominado opinático consistente en la elección de una muestra representativa. Asimismo, es de tipo discrecional, intencional estimativo o muestreo por juicio utilizado para seleccionar una muestra por conveniencia del estudio. Por consiguiente, se tomaron del total de 7 playas de la zona, solo 3 de ellas en calidad de muestra de acuerdo a la fórmula estadística del tamaño muestral. Por lo indicado, se procedió a acoplar la información de manera sistematizada y clasificarla por su naturaleza para los fines del estudio.

El cálculo del tamaño muestral se detalla a continuación:

Fórmula:

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)N}{e^2(N-1) + Z^2 p(1-p)} = \frac{7(1.96^2)(0.5)(0.5)}{0.5^2(7-1) + 1.96^2(0.5)(0.5)} = 2.73 \approx 3.$$

Como se puede apreciar se obtuvo un tamaño muestral de 3 playas

Tabla

Elementos de la fórmula del tamaño muestral

<i>Tamaño muestral</i>	
n = tamaño de muestra	3
N = tamaño de la población	7
Z = valor crítico que corresponde a un nivel de confianza del 95%	1,96
p = proporción de individuos que poseen las características de estudio (desconocido), se asume el valor más seguro 0.5 (probabilidad de éxito)	0,5
q = proporción de individuos que no poseen las características de estudio (desconocido), se asume el valor más seguro. (probabilidad de fracaso) 1-p=0.5	1 – p = 0.5
e= error muestral deseado (error permitido)	0,5

Nota. Elaboración propia, 2020

***Método de muestreo**

El método corresponde al muestreo deliberado o por juicio, según el cual se seleccionaron por análisis estadístico 3 de las 7 playas de la población.

***Ámbito espacial y temporal**

Dentro de este ámbito, el área se ubica en el Departamento de Lima, Litoral de Lurín-Miraflores, la cual esta propensa a alterarse por los impactos de los procesos geodinámicos, ambientales y antropogénicos. Por otro lado, la investigación se realizó en el Período 2022-2023.

***Universo a que se refiere la investigación**

Son las zonas propensas a alterarse por los impactos de los procesos geodinámicos, ambientales y antropogénicos en la pérdida de playa del tramo analizado.

***Unidad de análisis**

La unidad de análisis de la investigación corresponde al área visible de playa, en donde se pueden relacionar los diversos aspectos sedimentológicos, los grados de sensibilización de protección ambiental frente a fenómenos geodinámicos, ambientales y antropogénicos. Además, permite comparar las realidades existentes dentro del País y alrededor del mundo en donde se estén tratando este tipo de problemática.

3.3. Operacionalización de Variables

El trabajo de investigación se sostiene en la utilización de dos (02) tipos de variables. Ver Tabla 3. Matriz de la Operacionalización de las Variables y en Anexo A Ver la Tabla de la Matriz de Consistencia.

3.3.1. Variable Independiente (X)

La variable independiente en el presente trabajo de investigación es el proceso Geodinámico (X1) y Antropogénico (acción humana “X2”).

A. Procesos Geodinámicos (X1):

- **Definición Conceptual:** Son fenómenos de procesos geodinámicos endógenos y exógenos (Medina, 1991).

- **Definición Operacional:** Son aquellos que intervienen en los procesos dinámicos de la tierra, como su origen, modalidad, magnitud y frecuencia.

- **Dimensión:** Intensificación de los procesos físicos, grado de vulnerabilidad, retroceso de la línea costera, intensidad de los sismos (tsunamis), dinámica marina.

- **Indicador:** Índice de Vulnerabilidad costera (IVC), nivel de riesgo, determinación de altura de olas, análisis del mapeo geodinámico.

- **Escala de Medición:** Nominal.

B. Procesos Antropogénicos (X2) - Acción Humana:

- **Definición Conceptual:** Los riesgos antropogénicos son los causados por las actividades humanas, aquellos que entran en el campo de la geología ambiental (Servicio Geológico Mexicano [SGM], 2017).

- **Definición Operacional :** Son fenómenos desfavorables sobre la superficie de la tierra que han sido propiciados por el hombre.

-**Dimensión:** Crecimiento poblacional (demográfico), construcción de infraestructura, incremento de actividad comercial y recreacional, perturbación sedimentaria, impacto ambiental, aceleración de efectos de erosión en zonas costeras, transformación en la dinámica de las playas.

- **Indicador:** Analisis del Mapeo geomorfologico de la zona de estudio, grado de contaminación, elevacion del nivel del mar, proceso erosivo.

- **Escala de Medición:** Nominal.

3.3.2. *Variable Dependiente (Y)*

***La pérdida de playas (Y):**

- **Definición Conceptual:** Es la pérdida de franja que delimita la tierra y el mar (Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico [MITECO], 2008). La desaparición de playas se debe al desplazamiento de tierras o a la remoción de sedimentos y rocas, a lo largo de la costa por la acción de la dinámica marina (olas, mareas, corrientes).

- **Definición Operacional :** Son pérdidas de acumulaciones de sedimento, arena, gravilla, y grava, a lo largo de la línea de costa (orilla del mar).

- **Dimensión:** Modificación del ancho de playas, déficit de aportación sedimentaria, variación en el tamaño de grano de las arenas.

- **Indicador:** Cartografía aerofotografica, transporte de sedimentos, análisis sedimentológico (índice de clasificación de sedimentos).

- **Escala de Medición:** Nominal.

Tabla 2

Matriz de la Operacionalización de las variables

VARIABLES (tipos)	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumentos
Independiente (X1) Procesos geodinámicos	Son fenómenos de proceso geodinámicos endógenos y exógenos (MEDINA, 1991)	Son aquellos que intervienen en los procesos dinámicos de la tierra, como en su origen, modalidad, magnitud y frecuencia	Intensificación de los procesos físicos, grado de vulnerabilidad, retroceso de la línea costera, intensidad de los sismos (tsunamis), dinámica marina.	Índice de Vulnerabilidad costera (IVC), Nivel de riesgo, Determinación de altura de olas, análisis del mapeo geodinámico	*Etapa inicial de gabinete. En esta etapa se recopila información, se realiza la toma de muestra in situ para su posterior análisis sedimentológico, usando tablas granulométricas de frecuencia e histograma y tablas de parámetros e índices de clasificación. Asimismo, se utilizó el recurso humano, físico (instrumental) y material, con el fin de definir la situación actual.
Independiente (X2) Procesos Antropogénicos	Los procesos antropogénicos son los causados por las actividades humanas, aquéllos que entran en el campo de la geología ambiental (SGM, 2017)	Son fenómenos desfavorables sobre la superficie de la tierra que han sido propiciados por el hombre.	Crecimiento poblacional (demográfico), construcción de infraestructura, incremento de actividad comercial y recreacional, perturbación sedimentaria, impacto ambiental, aceleración de efectos de erosión en zonas costeras, transformación en la dinámica de las playas	Análisis del Mapeo geomorfológico de la zona de estudio, grado de contaminación, elevación del nivel del mar, proceso erosivo.	Etapa de Cuantificación. Se recopila y analiza la información existente del área de estudio, mapas obtenidos del Google Earth, documentos digitalizados del INGEMMET, CENEPRED, IGP, INDECI y DHN, adquiridos a fin de disponer de un panorama total del ambiente donde se evalúa la investigación.
Dependiente (Y) Pérdida de playas	Es la pérdida de franja que delimita la tierra y el mar (MITECO, 2008)	Son pérdidas de acumulaciones de sedimento, arena, gravilla, y grava, a lo largo de la línea de costa (orilla del mar).	Modificación del ancho de playas, déficit de aportación sedimentaria, variación en el tamaño de grano de las arenas.	Cartografía aerofotográfica, transporte de sedimentos, análisis sedimentológico (índice de clasificación de sedimentos).	Para la evaluación del cálculo de la vulnerabilidad costera ante la erosión en la costa peruana, bajo un escenario de aumento del nivel del mar, se aplica una adaptación del índice de vulnerabilidad costera (IVC).

Nota. Elaboración propia, 2020

3.4. Instrumentos

Los equipos son los que se están empleando comúnmente en estudios oceanográficos y geológicos, los cuales han sido aplicados a otras zonas litorales peruanas y que han brindado buenos resultados. En efecto, los equipos y materiales corresponden a las siguientes características:

Materiales y Equipos

- Mapas topográficos del INGEMMET a escala 1/5000 para cartografiar las zonas potencialmente en peligro tomando en cuenta los procesos geodinámicos tanto naturales como los provocados por las actividades humanas.
- Fotografías aéreas, imágenes de satélite (Lansat, 2000).
- Mapas temáticos: cartas cuadrángulos geológicos de INGEMMET a escala 1/10 000.
- Balanza digital.
- Tamices (método mecánico para granulometría).
- GPS, Cámara fotográfica automática.
- Binoculares estereoscópicos para análisis de sedimentos.
- Computadora Lenovo, impresora, scanner, entre otros.

3.5. Procedimientos

Los procedimientos para la elaboración de la investigación se basaron en un conjunto de actividades interrelacionadas que se desarrolla de la siguiente manera:

- **Etapas iniciales de gabinete**

En esta etapa se recopiló la información bibliográfica relacionado al tema, y también mediante el trabajo de campo se recolectó las muestras de los lugares seleccionados para llevar a cabo el análisis sedimentológico y la caracterización petrográfica. En adición, se procedió a

diagramar la planificación de los recursos humanos, medios físicos (instrumentos) y materiales a utilizar para el desarrollo de la investigación.

- **Etapas de Cuantificación**

Esta etapa se basó en los procedimientos de elaboración de la presente investigación, que consistió en un conjunto de actividades como son la elaboración del mapa geológico-geodinámico a escala 1/5000 y su comparación con los mapas obtenidos de Google Earth, documentos digitalizados del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), Instituto Geofísico del Perú (IGP), Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), con la finalidad de obtener un panorama global de la zona de estudio.

Por otro lado, el análisis sedimentológico y la caracterización petrográfica de las muestras extraídas de las playas, consistió en la utilización de las tablas granulométricas de frecuencia, histogramas y parámetros e índices de clasificación.

En efecto, se recogieron datos y se tomaron fotografías del tramo estudiado, poniendo de manifiesto los impactos ambientales causados por la erosión costera.

El siguiente paso consistió en la evaluación de los impactos ambientales (naturales y antropogénicos) mediante la matriz de Leopold modificada de interacción (causa-efecto).

Para la identificación de riesgos se tomaron como ejemplo el Manual básico para la estimación de riesgos del CENEPRED (2015) y el Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del INDECI (2006), con el fin de realizar la información de base respecto a la identificación de amenazas naturales, el análisis de las condiciones de vulnerabilidad y el riesgo esperado. Asimismo, se realizó la evaluación del cálculo de la vulnerabilidad costera bajo

el escenario de 0,15 y 0,95 dentro del marco de aumento del nivel del mar como producto del cambio climático (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC], 2001).

A su vez, se estableció la matriz de consistencia y operacionalización de variables como un instrumento metodológico que posibilite evaluar el grado de coherencia y conexión lógica entre cada una de las partes principales de la investigación como son el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo, método, diseño de investigación, las dimensiones, los indicadores, la población y muestra del estudio.

Finalmente, se aplicó la adaptación del índice de vulnerabilidad costera (IVC) ante un escenario de proceso erosivo, y que según el estudio propuesto por Rondón y Tavares (2018) sirve como una herramienta adecuada en la correcta gestión del ambiente litoral. En este caso, la investigación está enfocada en un sector en particular (Lurín-Miraflores), el cual se caracterizó en base a las variables físicas (geomorfología, tipo de playa, pendiente y variación de la línea de costa) y las variables socio-económicas (usos del suelo, distancia de las estructuras con el nivel medio del mar y densidad poblacional).

3.6. Análisis de datos

Se utilizó el software cartográfico de sistemas de información geográfica ArcGIS, y AutoCAD que permite obtener el mapa Geodinámico así como el de riesgos, con el objetivo de dar a conocer los diferentes tipos de fenómenos que se encuentran en la zona y su peligrosidad. Por otro lado, se complementó con la elaboración de los perfiles (secciones geológicas), trazando líneas de interés en las estructuras geológicas que se requerían interpretar, basada en la información estratigráfica, estructural y geomorfológica expuesta en el entorno de la línea de sección. Como también el índice de vulnerabilidad costera que se consideró en el mapa de peligros.

Análogamente se utilizó software de procesamiento de datos como el Microsoft Office 2016; dentro del cual se cuenta con herramientas como el Excel, Project, Word, Power Point.

3.6.1. Área de estudio

➤ Ubicación y extensión Lurín – Miraflores

El área de estudio está comprendida entre la zona costera marina de Lurín a Miraflores, se ubica en la provincia de Lima, región Lima y zona centro del litoral peruano del Océano Pacífico Sur-oriental. Sus coordenadas son: 276 713 E, 8 660 000 N y 293564 E, 8 642 000 N; sobre la línea de costa (Ver Figura 12).

El distrito de Lurín fue creado por Ley de la Convención Nacional del 02 de enero de 1857 y colindando con los distritos siguientes: por el Noroeste, Norte y Noreste con los Distritos de Villa El Salvador (Ley No. 23065 del 01 de junio, 1983, Villa María del Triunfo (Ley No. 13796 del 28 de diciembre, 1961 y Pachacamac (Ley del 02 de enero, 1857).

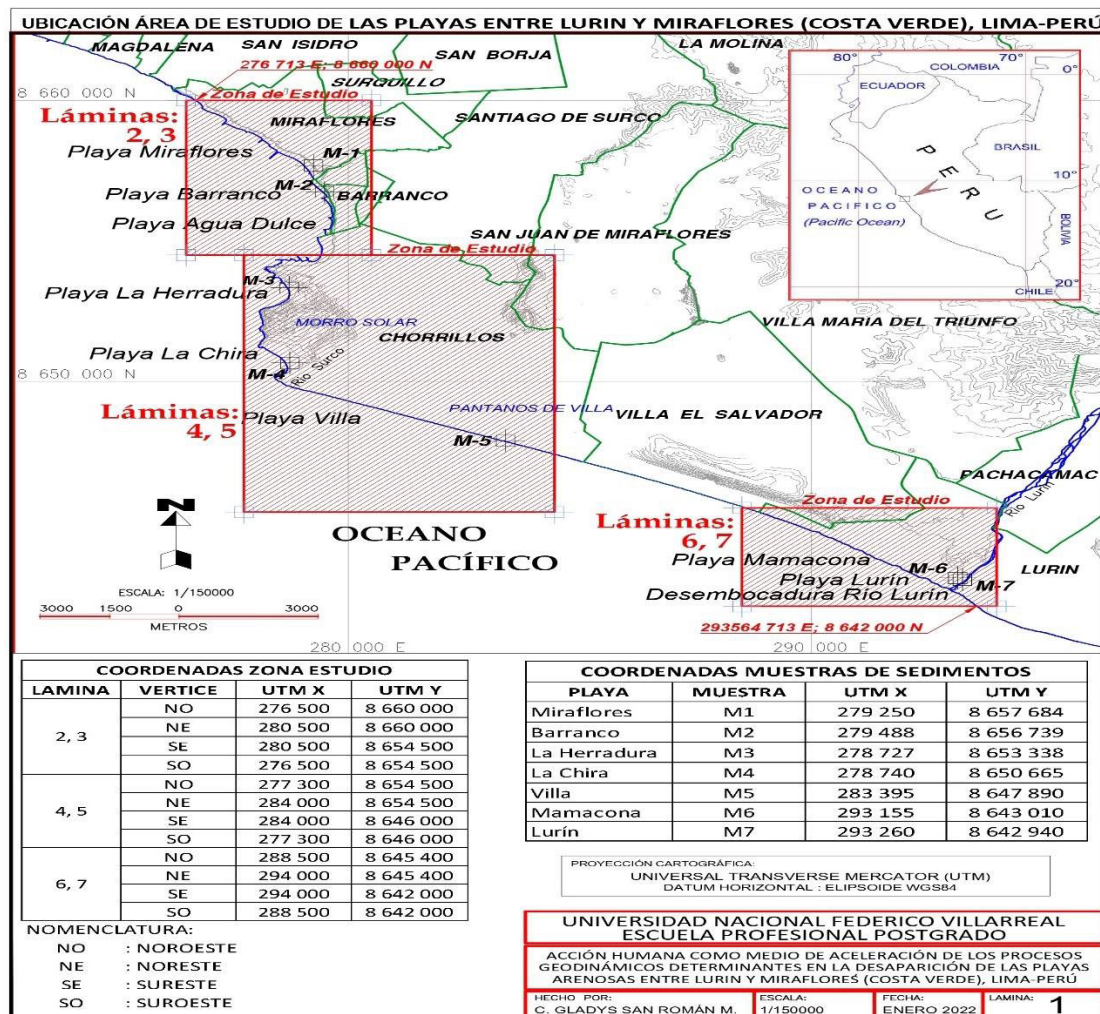
Por el Este, Sureste y Sur, con el Distrito de Punta Hermosa (Ley No. 12095 del 07 de abril, 1954 y Ley No. 2461 del 13 de diciembre, 1986) y por el Suroeste y Oeste con el Mar de Grau en el Océano Pacífico. El distrito tiene una superficie de 20,044.33 Has, que abarca desde el mar hasta los cerros que colindan con los andes. Cuenta con un área urbana existente de 4538.4 Has, área urbanizable de 3878.20 Has y un área no urbanizable de 11,667.7 Has, Ver Fig. 12 (Municipalidad de Lurín, 2019).

El distrito de Miraflores es uno de los 43 distritos de la provincia de Lima que se encuentra ubicado en el departamento de Lima en el Perú situada a orillas del Océano Pacífico en la parte sur de Lima a unos 8.5 kilómetros de la Plaza de Armas y a 79 metros sobre el nivel de mar. Limita por el norte con el distrito de San Isidro (Lima), por el Este con los distritos de distrito de Surquillo y distrito de Santiago de Surco, por el Sur con el distrito de Barranco y por el Oeste

con el Océano Pacífico en la Costa Verde. El distrito, se caracteriza además por contar con una zona urbana de 9.62 kilómetros cuadrados de extensión siendo una de las mayores entre los distritos tradicionales de Lima como La Victoria, Jesús María, San Isidro, Lince, entre otros. Sin embargo, es menor en extensión que la mayoría de los distritos emergentes de la capital. Asimismo, Miraflores cuenta con una población aproximada de 89,060 habitantes (Ver Fig.12) (Municipalidad de Miraflores, 2016).

Figura 12

Ubicación de la zona de estudio



Nota. Tomado de Mapa de Ubicación de la zona de estudio. Elaboración propia, 2020

➤ **Accesibilidad Lurin – Miraflores**

Respecto a la accesibilidad, el **distrito de Lurín** se interrelaciona con los otros distritos de Lima Sur a través de la carretera panamericana sur. Las características particulares del distrito de Lurín, su ubicación estratégica en la Cuenca Baja del Río Lurín, el desarrollo incipiente en el área rural y urbana y sus condicionantes físicas propias, han determinado una estructura vial con múltiples restricciones. Por tanto, Lurín presenta un Sistema Vial relativamente jerarquizado, presentando un nivel bajo de articulación e integración espacial conformada por vías que cumplen funciones diferenciadas (Municipalidad de Lurín, 2019). Por otro lado, las vías de acceso para el **distrito de Miraflores** se dan por las calles de Alameda Ricardo Palma, situada entre el Paseo de la República y el Óvalo de Miraflores, por la bajada de Armendáriz, es una vía de acceso al circuito de playas de la Costa Verde, por la avenida José A. Larco, por la avenida Arequipa, recorre Miraflores a partir de la cuadra 38 (Av. Aramburú) hasta el final en la cuadra 52 (Óvalo), por la calle Lima, por la Alameda de la Avenida Pardo, por la Avenida Óscar Benavides y por último la bajada de Balta (Municipalidad de Miraflores, 2020).

➤ **Clima Lima (Lurín – Miraflores)**

En la provincia de Lima, los veranos son caliente, bochornosos, áridos y nublados. Además, los inviernos son largos, frescos, secos, ventosos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 15 °C a 27 °C y rara vez baja a menos de 14 °C o sube a más de 29 °C.

➤ **Flora Lima (Lurín – Miraflores)**

La flora de Lima está constituida por una gran variedad de hierbas, plantas, arbustos y algunos árboles que crecen en las lomas y en los montes, incluso en las colinas y médanos desérticos. En caso de alejarse del perímetro urbano de Lima, se puede encontrar la totora, carrizo, sacuara, junco, caña brava, sauce, pájaro bobo, faique, chinamono, mito, tara y huarango; y, en las

zonas desérticas, se puede apreciar tillandsias y otras clases de cardos (Municipalidad de Miraflores, 2020).

➤ **Fauna Lima (Lurín – Miraflores)**

La fauna de Lima es diversa tanto dentro como fuera de la ciudad; está conformada por especies marítimas y continentales, terrestres y fluviales. Debido a su ubicación geográfica, en Lima la naturaleza es típica de la costa peruana, árida mayormente, pero bañada por los ríos que descienden de los Andes occidentales (Municipalidad de Miraflores, 2020).

➤ **Hidrología Lima (Lurín – Miraflores)**

Todos los ríos que drenan el territorio limeño pertenecen a la cuenca del Pacífico. Tienen corto recorrido, lechos con fuertes pendientes y gran variación en el volumen de sus aguas. Los principales son, de norte a sur, Fortaleza, Pativilca, Supe, Huaura, Chancay, Chillón, Rímac, Lurín, Mala, Omas y Cañete. En sus riberas y en la del mar se asientan las principales ciudades del departamento, en época de lluvias, los importantes fenómenos morfológicos conocidos como huacos o cuencas torrenciales (sobre todo cuando suceden fenómenos extraordinarios de El Niño), arrastran en su descenso lavas torrenciales denominadas llocllas, de gran poder destructivo. La laguna principal es la de Paucaricocha, ubicada a 4 284 metros sobre el nivel del mar, en el distrito de Tanta, provincia de Yauyos. Pertenece a la cuenca del Pacífico y a la del río Cañete. Además, Lima ofrece diversos balnearios con aguas termales y medicinales, como la laguna de Boza, La Yesera, Chilca, Chinchín y las aguas minerales litinadas de Chancay, Chuquitanta y San Mateo. (Municipalidad de Miraflores, 2020).

➤ **Aspecto biológico**

Dentro del aspecto biológico, el distrito de Lurín ha sufrido la transformación de su entorno natural, de forma que la vegetación original ha sido reemplazada y desplazada a lo largo de cientos

de años. Entre las especies nativas que probablemente caracterizaron a la zona de estudio podemos mencionar algunos árboles como: *Salix chilensis*, *Schinus molle*, *Acacia macracantha*, *Prosopis pallida*, *Caesalpinia spinosa*, arbustos como: *Pluchea chingoyo*, *Tessaria integrifolia*, *Baccharis salicifolia*; herbáceas como: *Cortaderia jubata*, *Cynodon dactylon*, *Gynerium sagittatum*, *Paspalum racemosum*, *Plantago major*, *Ambrosia peruviana*, *Batis marítima*, *Rumex crispus*, *Tillandsia spp.* y algunas cactáceas de los géneros *Cereus*, *Opuntia*, *Armatocereus*, *Browningia*, *Myrsine manglilla*, etc. Las aves están conformadas por las especies: *Zenaida meloda*, *Columbina cruziana*, y *Phygochelidon cyanoleuca*, también *Passer domesticus* (Asociación Peruana de Consultoría Técnica SA [DESSAU], 2017)

Por otro lado, las especies tanto en flora y fauna que se presentan el distrito de Miraflores son el *Myoporum acuminatum*, La campanilla, *Ipomoea purpurea*, *polygonum hydropiperoides* y *Panicum máximum*, *Tillandsia latifolia*, *Tropaeolum majus*, *Lampranthus sp*, *Mimus longicaudatus*, *Coereba flaveola*, *Dives warszewiczi*, *Amazilia amazilia*, *Zenaida auriculata*, *Zenaida meloda*, *Larosterna inca*, *Leucophaeus modestus*, *Larus belcheri*, *Phalacrocorax bouganvilli*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Pelecanus thagus*, *Coragyps atratus*, *Larus belcheri* (Fundación Cayetano Heredia, 2014).

➤ **Aspecto Socioeconómico y Cultural**

De acuerdo a los resultados del Censo 2017-2018, el distrito de Lurín tiene una población de 66,796 habitantes con un 98.65% urbano y un 1.35% rural. La PEA mayor se encuentra dentro del grupo de edades de 30 a 44 años, la cual asciende a 16,597; asimismo, la esperanza de vida al nacer de un vecino de Lurín es de 78.42 años, y en relación a la población con educación secundaria se llega a una cifra del 70.97%, siendo el ingreso familiar per cápita es de S/. 1,476.8 soles en promedio mensual (Instituto Peruano de Economía [IPE], 2019); por otro lado, la dimensión

económica del distrito de Lurín es el uso industrial, además, cuenta con una agricultura orgánica e higiénica, con productos pecuarios y turismo (Municipalidad de Lurín, 2019).

De acuerdo a los resultados del Censo 2017, el distrito de Miraflores tiene una población de 86,798 habitantes con un 100% urbano. La Población Económicamente Activa (PEA) mayor se encuentra dentro del grupo de edades de 30 a 44 años, la cual asciende a 23,241, asimismo, está conformada principalmente por población de los NSE A (30.4%) y NSE B (48.4%), es decir su población corresponde a la clase socio económica media alta. En adición, la esperanza de vida al nacer de un vecino de Lurín es de 80.31 años, con un ingreso familiar per cápita S/.1,925.8 (IPE, 2019); por otro lado, la dimensión económica del distrito de Miraflores se basa en el sector inmobiliario y mercantil; el crecimiento productivo está influenciado por una mayor concentración de actividades comerciales y de servicios. El sector turismo, cuenta con casonas antiguas que por su valor son considerados Patrimonio cultural del país; a su vez, cuenta con el complejo Arqueológico de la Huaca Puellana, el atractivo turístico cultural más importante (Municipalidad de Miraflores, 2016).

3.7. Consideraciones éticas

En la investigación se respetó los aspectos éticos de la propiedad intelectual de los autores, En este sentido, se consideró diversas teorías relacionadas al tema; citándolos de manera apropiada y precisando las fuentes bibliográficas en donde se localiza lo referenciado, como también, se cumplió los análisis sedimentológicos y la cartografía correspondiente.

- **Validación y confiabilidad de instrumentos**

Respecto a la validación y confiabilidad de instrumentos; los equipos a utilizar serán de propiedad del autor y no requieren de ninguna manipulación de muestras experimentales. Además, para la validación de los datos de campo se solicitará el certificado de calibración instrumental.

IV. RESULTADOS

4.1. Unidad de Análisis e Interpretación

La costa de la actualidad es solo una instantánea en el tiempo, los científicos dicen que cuando nos desarrollamos cerca del agua, se interrumpe la capacidad de movimiento de una playa y se detienen los procesos naturales que permiten que la arena se reponga por sí sola.

En efecto, la zona Costa Verde por la creciente complejidad geológica, la relación sociedad-naturaleza, la constante expansión y la acumulación de impactos nocivos sobre el ambiente, se encuentra susceptible a padecer riesgos agravados por los efectos de los fenómenos geodinámicos acelerados por el hombre.

En este punto de la investigación se procede a brindar los resultados de manera regional y local desde el ámbito de la geología marina- ambiental, geomorfología y geodinámica. Del mismo modo, se presenta la interpretación obtenida del análisis sedimentológico, mineralógico, índice de vulnerabilidad, entre otros.

4.1.1. Línea de Base Ambiental Físico

4.1.1.1 Geología Regional de Lurín- Miraflores. La secuencia estratigráfica del distrito Lurín corresponde a las edades del Cretáceo Inferior- superior al Cuaternario reciente.

Formación Salto del Frayle (K-h), (K-m). - Constituida por cuarcitas compactas de color blanco grisáceas a gris parduzcas en bancos medianos a gruesos con buena estratificación cruzada, que evidencian un medio sedimentario litoral. Se intercalan lutitas de color gris azulado a verdosas mostrando estructuras de sobrecarga debido al peso de las capas superiores, que suprayacen de manera concordante a la Formación Herradura. Sus afloramientos destacan en el flanco del cerro Morro Solar formando los acantilados entre las playas de Agua Dulce y La Herradura, donde se encuentra su localidad típica y los acantilados del Salto del Frayle, constituyendo la base de la

secuencia clásica de Chorrillos. Su grosor es de 100 m aproximadamente. Hacia el norte (valle del Chillón) parece encontrarse en el margen occidental del cerro Paredes; sin embargo, al sur de Lima (valle de Lurín) no aflora por lo que se podría inferir su desaparición por lenticularidades (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2015).

➤ **Formación Herradura.** - Descansa concordante sobre la formación Salto del Frayle e infrayace igualmente concordante a la Formación Marcavilca. Se observan niveles sedimentarios de facies similares a los de la Formación Herradura de la localidad típica. De confirmarse esta hipótesis, la Formación Salto del Frayle no se encontraría depositada en el área trabajada. Esta formación es una unidad incompetente dentro del Grupo Morro Solar debido a su litología arcillosa con yeso y cloruro de sodio, probablemente como producto de fenómenos diagenéticos en un medio salino. (Palacios et al., 1992). Se reconoce en esta formación dos miembros con una litología descrita a continuación:

- **Miembro La Virgen.** - Constituido por lutitas grises oscuras a negras en estratificación fina, laminadas, fisibles y carbonosas, conteniendo pirita y nódulos calcáreos achatados, intercalándose areniscas de grano fino grises a amarillentas de composición cuarzosa, conteniendo sales. Su grosor se estima entre 50 y 60 m, encontrándose sus exposiciones típicas en la falda noroeste del cerro Morro Solar, cerca de la estatua de la Virgen.

- **Miembro Herradura.** - Descansa en contacto gradacional sobre el miembro La Virgen, tiene areniscas cuarzosas de color verdosa-amarillenta, siendo laminadas en estratificación delgada en la parte inferior y gruesa en la parte superior. En adición, esta seguido de lutitas gris a negras, intemperizado a marrón rojizo. En la parte superior contiene calizas gris oscuras en estructura pizarrosa que marca el paso a la unidad superior (miembro Morro Solar de la Fm. Marcavilca). Finalmente, su grosor se estima entre 60 y 70 m.

➤ **Formación Marcavilca (Ki-ma).** - Descansa en contacto normal sobre la Formación Herradura y subyace a la Formación Pamplona. Sus afloramientos se extienden desde el Morro Solar en Chorrillos, donde tiene su localidad típica, hasta el norte de Lima (espalda de la UNI) y se prolonga hasta el valle Chillón. Sus miembros se describen a continuación:

- **Miembro Morro Solar.** - Constituye el miembro inferior de la Formación Marcavilca descrito en el lugar donde está el monumento “El soldado desconocido”. En la base de este miembro se tiene un cambio gradual de la facies arcillosa (Formación Herradura) a una facies arenosa (Formación Marcavilca), con intercalaciones de arenisca en bancos delgados de lutitas, pasando de un color oscuro en la parte inferior a rojizos en la parte superior con areniscas cuarzosas hacia el techo que luego pasan a cuarcitas interestratificadas con niveles limoníticos de color gris verdosos. Su grosor se estima en 65 m (Guzmán y Ramos, 2013).

- **Miembro Marcavilca.** - Constituye el miembro medio, caracterizado por las rocas más competentes duras y compactas de todo el grupo. Su litología corresponde a una facies litoral de aguas agitadas por corrientes que han dado lugar a una buena clasificación del grano y a una estratificación cruzada conspicua. La roca predominante es la cuarcita gris blanquecina con cemento silíceo, variando en algunos niveles a rosado violáceo de grano medio a grueso. Se observan en menor proporción lutitas con un color ocre por las oxidaciones ferruginosas (limonita). Su grosor varía entre 100 a 120 m.

- **Miembro La Chira.** - Constituye el miembro superior, formando el techo del grupo en el Morro Solar, su nombre proviene de la playa La Chira donde presenta una buena exposición constituida por areniscas cuarcíticas blancas sacaroideas con estratificación cruzada y areniscas cuarzosas de color chocolate. Su grosor en playa La Chira alcanza de 50 a 60 m. El grosor total para el grupo Morro Solar en el cerro homónimo es de casi 400 m, disminuyendo a 250 m en el

valle del Chillón e igualmente en el valle de Lurín. La edad que se le asigna al Morro Solar es Valanginiano.

➤ **La Formación Pamplona (Hi-pa).** - Comprende edades desde “fines del Valanginiano hasta comienzos del Aptiano; es decir el íntegro de los pisos Hauteriviano-Barremiano. Su grosor total se estima entre 600 y 700 m” (León, 2003).

La Formación Pamplona marca el inicio de una transgresión que alcanza su pleno desarrollo con la Formación Atocongo. Su espesor es considerable y se le puede observar en el flanco oriental del Anticlinal de Lima, en los cerros de la margen izquierda del río Chillón (Comas-Collique) continuando a Repartición, Condevilla, C⁰ El Agustino y C⁰ Cascajal (Monterrico), extendiéndose al Sur por San Juan, Pachacamac y Lurín hasta Lomas Flor de Nieve, Capilla de Lúcumo y estación terrena de Lurín, donde van cerrando una estructura de anticlinorium presente en Lomas de Los Manzanos, el cual sigue al Sinclinal de Pachacamac. Por su carácter muy arcilloso constituye una unidad estratigráfica continua con las calizas de la Formación Atocongo, determinando así un tercer ciclo sedimentario de facies arcillo-calcáreo. Cabe resaltar, que sus facies se mantienen uniformes hasta Punta Hermosa, para perderse debajo de una secuencia volcánica brechoide, que es asignada a la Formación Chilca del Grupo Casma. Por sus características litológicas se comporta como una unidad plástica mostrando pliegues de arrastre y estructura de sobrecarga, microplegamientos y esquistosidad de fracturas, así como micropliegues en chevrón (Tejada, 2016). De acuerdo a su exposición típica en los cerros Pamplona y Cascajal, presenta en la base calizas grisáceas en bancos delgados alternando con lutitas limolíticas amarillo rojizas con niveles tobáceos, margas gris verdosas de disyunción pizarrosa y capitas de yeso (INGEMMET, 2015).

Por otro lado, hacia la parte media se observan calizas gris oscuras en estratificación delgada, las mismas que por oxidación dan coloraciones rojizas, intercaladas con lutitas gris verdosas de disyunción astillosa y margas a veces oscuras con contenido de material carbonoso. En la parte superior continúa la secuencia con similares características apareciendo niveles de chert, los que se manifiestan igualmente en la parte inferior de la Formación Atocongo (Téves et al., 2020).

Entre Santa María del Mar y Pucusana, concordante debajo de la Formación Chilca, se expone una secuencia constituida por un conglomerado en la base, lutitas gris verdosas a amarillentas, calizas marmolizados intercaladas en niveles volcánicos, conteniendo lamelibranquios que evidencian formas del Cretáceo inferior. Además, estos atraviesan la secuencia de diques y sills de composición andesítica solidificando a la caliza (León, 2003). En su estudio: "la Geología de Lima y sus Alrededores" se describe a la secuencia de Pamplona como una serie arcillo-calcárea. Asimismo, esta ha sido reconocida como la Formación Pamplona por la Comisión de Lima del Instituto Geológico del Perú” y publicada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2015).

- **Miembro Pucusana.** - Entre las yeseras de Naplo y Pucusana aflora una secuencia volcánica-elástica de color rojizo verdoso constituida por areniscas grawacas y brechas de material volcánico retrabajado, considerados por Guzmán y Ramos (2013) como equivalente a la Formación Río Grande (Jurásico); sin embargo, teniendo encima una concordante de serie lutácea donde se ha encontrado el amonite *Olcostephanus cf. Asterianus*, se puede inferir que corresponde cronológicamente a la parte superior del Grupo Morro Solar.

- **Formación Atocongo (Ki- at).** - La edad que se le asigna Aptiano-Albiano, su grosor debe alcanzar de 250 a 300 m. se correlaciona con las calizas de la Formación Chilca al Sur

de Lurín y con los afloramientos equivalentes en el sector Noreste de Carabayllo y partes altas de comas siguiendo una franja paralela a la Formación Pamplona y sus equivalentes en Punta Chancay, quebrada Gangay y en el sector andino se le correlaciona con la formación Pariahuanca. En efecto, “las calizas Atocongo se encuentran intruidas por las facies marginales del Batolito costanero constituidos por dioritas e hipabísales (andesitas), aspecto que ha dado lugar a algunos niveles recristalizados y/o marmolizados con venas de calcita como relleno, disseminación de piritita y por alteración manchas de azufre” (INGEMMET, 2015).

En tal sentido, su nombre se debe a las calizas de la localidad de Atocongo en donde se ubican las canteras explotadas por la fábrica de cemento Portland S.A. Por otra parte, como producto de sus afloramientos forma el flanco oriental del anticlinal de Lima (cerro El Agustino, San Francisco, Pamplona, Atocongo) y más al Sur-Este el flanco oriental del anticlinal de Los manzanos, llegando hasta lomas de Lúcumo hasta desaparecer debajo de la Formación Chilca (Grupo Casma). Por otro lado, Lurín también presenta una litología similar donde algunas canteras son explotadas para la fabricación de cemento (INGEMMET, 2015).

- **Depósitos Cuaternarios.** – Los depósitos predominantes son marinos, aluviales y eólicos.
- **Depósitos marinos (Qh-m).** - Son depósitos litorales, caracterizados por materiales clásticos, que son llevados al mar como carga por los ríos y también como resultado de la acción erosiva de las olas, siendo distribuidos por corrientes marinas de deriva y clasificados como depósitos marinos pleistocénicos (los más antiguos) y depósitos marinos recientes (los más modernos).
- **Depósitos marinos pleistocénicos.** - Constituidos por antiguos depósitos de abrasión marina, dentro de ellos se tiene terrazas marinas y zona de marismas.

- **Terrazas marinas.** - Se han formado como resultado de levantamientos de la costa.

En la isla San Lorenzo, Palacios et al. (1992) señala un sistema de “terrazas marinas escalonadas, hasta una altitud de 40 msnm labradas sobre una alternancia de bancos duros y blandos de la secuencia cretácica, conteniendo material conchífero y cantos correspondientes a ttransgresiones marinas anterior al Holoceno.”

En el Cerro Morro Solar en Chorrillos, Tejada (2016) señala la presencia de hasta cuatro niveles de terrazas, que parecen ser plataformas de abrasión marina. Una de ellas se considera la más baja y se encuentra en la Herradura a unos 15 a 25 m.s.n.m, correspondiendo a la superficie sobre la cual se ha construido la carretera en el sector del Salto del Fraile.

Además, más al sur en el cuadrángulo de Lurín también se tienen plataformas de abrasión marina que se extienden entre Punta Cascajal, San Bartolo y Santa María y forman terrazas que tienen un rango de 5 a 15 m.s.n.m. Estas terrazas evidencian un continuo levantamiento del macizo continental durante el Cuaternario. Su reducida exposición probablemente se deba a una significativa destrucción en tiempos recientes o durante su deposición con desarrollo limitado.

- **Depósitos marinos recientes.** - Comprende las acumulaciones de arenas, limos y cantos retrabajados, que son distribuidos por corrientes a lo largo del borde litoral como producto de erosión y disgregación de las rocas de los acantilados, así como de los materiales acarreados por los ríos al océano. Asimismo, Tejada (2016) en su trabajo sobre la geología del Morro Solar, señala que, en La Herradura, después de una braveza del mar ocurrido entre el 26 y 28 de enero de 1946, se generó un proceso de cambio en donde las corrientes marinas al socavarse y luego retirarse dejaron ver cantos rodados en la orilla, que posteriormente sería enterrados por la arena. Este fenómeno demuestra que debajo de las arenas en las playas entre Chorrillos y la Punta se prolonga el cono aluvial del río Rímac, siendo este el más antiguo.

- **Depósitos aluviales (Qp-al).** - Constituidos por materiales acarreados por los ríos que bajan de la vertiente occidental andina y cortan a las rocas terciarias, mesozoicas y Batolito Costanero, tapizando el piso de los valles y depositando una pequeña parte en el trayecto y gran parte a lo largo y ancho de sus abanicos aluviales, dentro de ellos tenemos a los aluviales pleistocénicos (más antiguos) y recientes (Tejada, 2016).

- **Depósitos aluviales pleistocénicos.** - En el área el principal depósito aluvial pleistocénico lo constituye el antiguo cono aluvial del río Rímac, donde se asienta la ciudad de Lima, teniendo su separación interfluvial con el río Lurín debajo de las arenas eólicas entre el cerro Lomo de Corvina, la playa Conchán y el río Chillón (playa de Márquez). La litología de estos depósitos vistos a través de terrazas, cortes y perforaciones comprende conglomerados que contienen cantos de diferentes tipos, rocas intrusivas y volcánicas, gravas subangulosas cuando se trata de depósitos de conos aluviales desérticos debido al poco transporte, arenas con diferente granulometría y en menor proporción limos arcillas. Todos estos materiales se encuentran intercalados formando paquetes de grosores considerables como se puede apreciar en los acantilados de la costa (Palacios et al., 1992).

Los niveles de arena, limo y arcilla se pierden lenticularmente y a veces se interdigitan entre ellos o entre los conglomerados, su espesor es desconocido. Asimismo, estudios geofísicos realizados en Lima han demostrado que tanto el aluvial del Rímac como el del Chillón sobrepasan los 400 m. de grosor. La edad de estos depósitos aún no se conoce; sin embargo, dado su gran volumen es evidente que su deposición viene desde el Pleistoceno, habiendo tenido periodos de rejuvenecimiento de los ríos que han dado lugar a varios niveles de terrazas fluviales. (Téves et al., 2020).

- **Depósitos aluviales recientes.** - Están restringidos a franjas estrechas a ambos márgenes de los ríos, en los vales de Chancay, Chillón, Rímac, Lurín y Chilca. Los materiales son principalmente cantos y gravas subredondeadas con buena selección en algunos casos de matriz arenosa; se los puede considerar como depósitos fluvioaluviales; generalmente ofrecen condiciones desfavorables para la agricultura por ser muy pedregosos.

- **Depósitos eólicos (Qr-e).** - Se encuentran emplazados en casi todas las proximidades de la costa, ingresando a diferentes distancias tierra adentro, siguiendo la topografía local y la dirección preferencial de los vientos. Están acumulados tanto sobre rocas in situ como en llanuras aluviales, pero tienden a alcanzar su mayor grosor en los taludes y en los lugares donde se presentan ligeros desniveles. Se han reconocido dos generaciones de depósitos eólicos de idéntico origen y litología, pero con algunas diferencias en forma y movilidad, siendo estos depósitos los siguientes:

- **Depósitos eólicos pleistocénicos.** – Formados por acumulaciones eólicas antiguas y que en la actualidad conforman lomadas y cerros de arena, como es el caso del cerro “Lomo de Corvina que se extiende hasta la Tablada de Lurín donde se asienta la población de Villa El Salvador, cubierta por otros depósitos eólicos más recientes. En adición, en el cerro Lomo de Corvina al costado de la Panamericana Sur se ha instalado una fábrica de ladrillos que explota este tipo de arenas” (Téves et al., 2020).

- **Depósitos eólicos recientes.** - Formados por las arenas móviles propagadas en la zona de estudio. Estas arenas proceden de las diversas playas del litoral, en su movimiento adoptan variadas formas como mantos, dunas y barjanas.

- **Rocas Intrusivas.** - Las rocas corresponden a cuerpos sub volcánicos de intrusiones tempranas como a cuerpos plutónicos que constituyen el batolito de la costa con algunas intrusiones sub volcánicas menores de emplazamiento posterior. (Palacios et al., 1992).

- **Intrusiones sub volcánicas.** - Se trata de cuerpos hipabísales, emplazados cerca de la superficie en forma de diques, sills. De esta forma, los diques y sills que se observan en el C° Morro Solar cortan a las formaciones Salto del Frayle y La Herradura, y en el C° Cascajal a las formaciones Pamplona y Atocongo que son parte de estas intrusiones sub-volcánicas. Se caracterizan por su composición mayormente andesítica, de coloración verdosa, con pasta micro granular (Leceta, 2009).

4.1.1.2. Geomorfología regional Lurín - Miraflores. La morfología litoral, al igual que en toda la costa, es poco accidentada, las bahías de Huacho, El Callao a Chorrillos son los accidentes más importantes. La parte insular del departamento está representada por las islas San Lorenzo (la más grande y extensa con una altura que alcanza los 300 metros aproximadamente), El Frontón, Huaura, Mazorca, Pescadores, Don Martín, Pachacámac, Corcovado, Chilca y Asia. Según Palacios et al. (1992) señala que los conjuntos geomorfológicos presentes en Lurín son los siguientes:

- **Terraza marina.** Formado por la combinación de dos factores: las variaciones del nivel del mar, y la subsidencia de la costa (procesos tectónicos). Morfológicamente corresponde a una franja costera levemente inclinada hacia el mar y cubierta en general por depósitos marinos o eólicos (Leceta, 2009).

- **Cono, llanura o planicie Aluvial.** Son planas y de ancho variable, comprendida entre el borde litoral y las estribaciones de la cordillera occidental, conformada por una faja angosta del territorio que se dirige en sentido paralelo a la línea costera, adquiriendo el cono y la llanura

aluvial de mayor amplitud por la zona Lurín y presentando una forma más angosta por el lado sur frente a Punta Hermoza y San Bartolo, siendo rellena y cubierta por los materiales acumulados por las quebradas que discurren sus aguas directo al mar.

Los conjuntos geomorfológicos presentes en Miraflores según Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2019) son los siguientes:

- **Planicie Costera y Conos Deyectivos del río Rímac, Abanico Aluvial.** Sobre la cual se asienta las zonas urbanas de Lima Metropolitana y Callao, siendo de origen fluvio-aluvio-eluvial-lagunar-marino, conformando la planicie resultante de los procesos de acumulación fluvio-deltaica y siendo desarrollada por la dinámica del río Rímac con la formación de conos deyección, y quebradas adyacentes como son los de Canto Grande, Jicamarca y la Molina. Finalmente, se resalta también el cono deyección desarrollado en la parte final del río que está constituido por materiales conglomerádicos (cantos rodados y gravas), arenas y arcillas, entre otros (IGP, 2019).
- **Acantilado.** Con inclinación aproximada de 65° a 80° y altura de 60 m a 80 m. respecto al nivel del mar. Constituidos por macizos rocosos (Morro Solar, La Chira) y por depósitos aluviales que vienen y terminan abruptamente frente al mar (sector Costa Verde), perfil longitudinal de forma cóncava entre La Chira y La Punta (IGP, 2019).
- **Cárcavas,** cortan (disectan) perpendicularmente el acantilado de Miraflores con predominio de materiales finos (lentes de arenas y limos).
- **Ambientes Hidromórficos y /o Pantanosos Actuales,** Se destaca los pantanos de Villa, compuestos por lagunas, juncales, turberas, cuencas salitrales y gramadales que se manifiestan de manera temporal de acuerdo a las estaciones climáticas y fenómenos excepcionales de sequías y altas precipitaciones. Se encuentran ocupando depresiones bajas en llanuras y

promontorios de baja altura que conforman las áreas donde la napa freática es superficial y da lugar a lagunas fluctuantes con espejos de agua libre (Guzmán y Ramos, 2013).

- **Colinas, Monte-Islas y Lomas**, son de origen estructural-denudacional, constituidas por rocas sedimentarias-volcánicas que corresponden a los Grupos Puente Piedra y Morro Solar sobre los cuales actúa el proceso erosivo fluvial y marino en las zonas más aledañas al litoral, dando lugar a los macizos residuales rodeados de planicies de acumulación llamados montes islas como se tiene los Cerros del Agustino, el Pino, la Regla, entre otros, (Leceta, 2009).

- **Playa**, acumulaciones transitorias de material fragmentario a lo largo de la línea de la costa. Depósitos que pueden ser removidos o reemplazados por otros materiales de acuerdo al cambio estacional de las mareas (arenas, cantos rodados, entre otros). Los depósitos eólicos constituyen pequeñas dunas o mantos en las pampas y se acumulan a piedemonte y los depósitos fluvioaluviales se localizan en ambas márgenes del río Lurín (Leceta, 2009).

En el distrito de Miraflores las playas están constituidas por cantos rodados provenientes de la cuenca alta del río Rímac y de la dinámica marina. Del mismo modo, en la zona Sur las playas son originadas por sedimentos finos de arenas y canturrales. Además, es común encontrar en la zona la formación de pequeñas terrazas desarrolladas en las zonas de pleamar y el acantilado con alturas entre 0,5 a 1,0 m. En este sentido, se puede observar hasta tres niveles que son indicadores de la actividad marina actual (Guzmán y Ramos, 2013).

- **Estribaciones de las Cordilleras Occidental**, Conformado por los cerros bajos que se elevan por el lado este de Lima Metropolitana formado por los stocks y plutones del Batolito de la Costa con emplazamientos de secuencias con rumbos NW-SE, de tipo sedimentario-cretácico pertenecientes a la Formación Pamplona y Atocongo como son los Cerros de la Molina-Casuarinas y los de Comas-Rímac (INGEMMET, 2015).

4.1.1.3. Geomorfología Local de Lurín- Miraflores En toda el área de la investigación, hay tramos con una geología en particular que los difieren unos de otros; por lo que los fenómenos geodinámicos que los afectan o pudieran afectar, se muestra en el mapa segmentado en tres sectores. Se adjunta el Anexo B con el Mapa geológico – geodinámico de la zona.

El primer sector, comprende el acantilado de la playa de Miraflores-Barranco hasta el club Regatas (Chorrillos) con más de 4 km de largo y alturas entre 40 - 80 m., compuesto por suelos aluviales sueltos de edad cuaternaria, originados por el cono de deyección del río Rímac, compuestos por conglomerados limos, arenas (en canales aluviales) y en algunos sectores aparecen costras de travertinos formados por antiguas derivaciones de agua de los campos de cultivo que fueron poco a poco desapareciendo con el crecimiento urbano de la gran Lima. Este sector tiene claras huellas del accionar geodinámico tanto externo como interno y el antrópico; fenómenos que han producido desprendimientos de suelo debido al oleaje que ha socavado el acantilado hasta la construcción de enrocados (espigones, rompeolas). En efecto, las intensas precipitaciones pluviales han producido el fenómeno de arrastre de finos, debilitando aún más los sedimentos sueltos y produciéndose derrumbes. Como también en la ciudad de Lima desde la antigüedad se han registrado sismos de diferente intensidad que han afectado el acantilado y se han producido derrumbes los cuales han dejado enormes zanjas en toda la extensión costera.

Asimismo, por la actividad antrópica se presentaron derrames de aguas y filtraciones en la parte alta de los acantilados produciendo deslizamientos de suelos de importantes volúmenes que hasta paralizaban las vías de la Costa Verde debido a roturas de cañerías sanitarias de aguas servidas en las construcciones produciendo deslizamientos de suelos de importantes volúmenes que incluso han interrumpido las vías de la Costa Verde.

El segundo sector, comprende desde el Club Regatas hasta la Chira, por más de 6 km. de largo, es un promontorio rocoso que forma un acantilado de gran altura (80 a más de 100 m), consiste en dos elevaciones principales, la menor conocida como el C° La Virgen (donde está el Planetario) y la de mayor altura denominada C° Morro Solar (donde están las antenas de transmisión). Las rocas están compuestas por estratos, de bajo buzamiento hacia el oeste, de secuencias silico-clásticas de edad Cretáceo inferior y que están atravesadas por intrusivos (diques y sills) de edad Terciaria.

En el C° La Virgen aparecen areniscas compactas, limolitas sueltas y en menor medida rocas intrusivas en los diques y sills; y en el C° Morro Solar aparecen areniscas compactas y en menor medida calizas e intrusivos de los diques y sills. Las rocas están muy afectadas por fallas tanto de dirección Este-Oeste como Norte-Sur, y diaclasas que afectan el conjunto de rocas.

Asimismo, la acción del oleaje erosiona el acantilado continuamente, esto se observa en la antigua carretera a la playa La Chira, donde no hay ninguna defensa a manera de enrocados. Además, se observa como los sismos han afectado las paredes de las rocas produciendo derrumbes de diferente volumen, a su vez se han visto afectadas por la presencia de fallas y diaclasas casi verticales que igualmente se pueden apreciar en el cerro La Virgen. Por otro lado, la intervención de la actividad antrópica en Chorrillos donde se hicieron dos carreteras muy probablemente sin ningún estudio técnico una completa desde la Playa La Herradura hasta la Playa La Chira y otra más corta antes de llegar al restaurante Salto del Frayle, ambas obras no fueron culminadas ni se hicieron protecciones de enrocados adecuados y en poco tiempo desaparecieron casi por completo. Hace unos años se intentó hacer una playa de arenas trasportando de otro lugar por medio de camiones y vertiéndola a la Playa La Herradura; pero al poco tiempo las corrientes erosionaron y la playa de arenas desaparecieron. Esta falta de criterio técnico al no considerar el estudio de las

corrientes marinas produjo un gran escándalo político en la gestión de la alcaldesa Sra. Susana Villarán. Las playas, La Herradura y La Chira se encuentran ubicadas al extremo de amplias quebradas por donde podrían discurrir aluviones en caso se produjeran intensas lluvias. En este sentido, no hay que descartar la aparición del fenómeno dado el cambio climático a nivel global.

En el tercer sector: comprende desde La Chira hasta Lurín (pasando la desembocadura del río Lurín, por más de 17 km. de largo y se trata de una planicie costera que corresponde al abanico aluvial del río Lurín dando lugar a una larga playa. En el extremo noroeste de este abanico se ubica la albufera, conocida como “Los Pantanos de Villa” y en el extremo sur se ubica la desembocadura del río Lurín. Este sector, en líneas generales esta menos propenso a los fenómenos geodinámicos que por acción del oleaje contribuyen en el arenamiento de la playa. En efecto, los movimientos sísmicos podrían originar la inundación de la planicie por los Tsunamis, debido a que hasta la fecha no se cuenta con una obra de defensa litoral. Todas estas características geomorfológicas se muestran en resumen en la siguiente Tabla 4:

Tabla 3

Rasgos geomorfológicos de las playas Lurín-Miraflores (Costa Verde)

PLAYAS	RASGOS GEOMORFOLÓGICOS
Playa Lurín (desembocadura - río)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acantilados de suelos, cubiertos por arenas eólicas. ➤ Quebradas y conos aluviales, en gran cantidad. ➤ Llanura aluvial, continua al sur con una planicie costanera más angosta. ➤ Llanuras de inundación. ➤ Promontorios rocosos, en gran cantidad.
Playa Mamacona	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acantilados de suelos, cubiertos por arenas eólicas. ➤ Acantilados rocosos, por conglomerados. ➤ Quebradas, secuencia por la desembocadura del Río Lurín. ➤ Llanuras de inundación. ➤ Promontorios rocosos, poco observables.
Playa Villa	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Llanuras costeras. ➤ Llanuras de inundación.
Playa La Chira	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acantilados rocosos, controlado por rocas. ➤ Conos aluviales, solo se puede observar en el sector de la playa. ➤ Dunas, las cuales están entre los 0 - 6 m de cotas

Playa Chorrillos	➤ Acantilados rocosos, controlado por rocas observable en el extremo sur
Playa Barranco	➤ Acantilados de suelos cubierto por arenas eólicas.
Playa Miraflores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obras de ingeniería como espigones para formar playas. ➤ Acantilados de suelos, material arenoso, de 80 m de espesor. ➤ Zona de riesgo alto, caída de suelos sueltos. ➤ Llanuras de inundación, hay un pequeño cono de deyección.

Nota. Elaboración propia, 2021

4.1.1.4. Características Geodinámica de Lurín – Miraflores. La investigación de la zona Lurín – Miraflores forma parte de la premisa del alto nivel de impacto que ha sufrido el área de Costa Verde a través de los años, aspecto que se determina por la pérdida de playas, contaminación ambiental, disminución de la biodiversidad ecológica y el mayor índice de aparición de los fenómenos geodinámicos críticos en la zona marino-costera. Entre los cuales se identifica al proceso de erosión por el oleaje, disminución de los aportes sedimentarios, desgaste de suelos y la elevación del nivel del mar, entre otros. Desde esta perspectiva es importante resaltar que el origen de estos eventos se ha ido desarrollando de manera natural según el tiempo geológico; sin embargo, en los últimos años se ha podido observar que la actividad humana se ha convertido en un factor preponderante en el incremento de estas manifestaciones.

Por ser el área una zona de riesgo ante los terremotos, en el caso de que fuera azotado por un Tsunami se inundarían las zonas cercanas a la costa hasta la cota topográfica de 5 a 8 m de altura, considerada como límite inundable. En efecto, dentro de esta área todas las playas presentan problemas de erosión y/o sedimentación relacionados a las obras litorales y a la contaminación antrópica (Teves et al., 2020, pp. 01-08).

En consecuencia, los riesgos de los acantilados en la Costa Verde por presentar fuerte pendiente y por efecto de las actividades sísmicas generan también una zona muy inestable propensa a los movimientos de tierra. Por consiguiente, la idea de zonificación tectónica y de

peligro (amenazas) forma parte de una herramienta valiosa y útil para gestiones de planificación territorial, prevención y mitigación de los desastres, que resulta de la interacción de la peligrosidad (P), la vulnerabilidad (V) y la exposición (E), expresado por la ecuación (1):

$$R = P * V * E (1)$$

Donde la exposición del riesgo se puede valorar desde el punto de vista social y económico, calculando el número potencial de víctimas y los bienes sometidos al riesgo (INGEMMET, 2015). En la vulnerabilidad se representa el porcentaje concerniente al total de víctimas expuestas o de la pérdida de los bienes materiales provocados por un determinado suceso, existe además algunas medidas que pueden minimizar los factores como son la gestión, los diseños, el uso de buenos materiales y las adecuadas técnicas.

Dentro de este marco, la erosión y sedimentación en las zonas costeras es un problema que se está incrementando a través de los años por los malos hábitos y actividades humanas que originan implicancias ambientales y socioeconómicas. Por consiguiente, todos los acantilados de la Costa Verde presentan un grado de inestabilidad acentuado y están expuestos a la erosión diferencial de las aguas marinas que ayudadas por la acción eólica y las condiciones del clima del lugar determinan el modelado general de la zona. Asimismo, los derrumbes, la formación de barrancos y superficies de abrasión a lo largo de los acantilados son también el resultado de la dinámica del oleaje, considerando que el socavar la base de los acantilados origina los desprendimientos constantes que ponen en peligro a las zonas de viviendas ubicadas al borde de los acantilados y que a su vez son vulnerables a los efectos de los movimientos sísmicos. En tal sentido, se puede observar que las viviendas en el sector de Chorrillos y Barranco, construidas sin un área de protección pertinente, están propensas a sufrir diversos problemas (DESSAU, 2017). Ante esta situación, se ha elaborado los mapas geológicos-geodinámicos y secciones transversales

con el objetivo de poder identificar las principales amenazas antes los fenomenos naturales del tramo Costa Verde. Se adjunta en el Anexo B los mapas de riesgos y secciones geológicas de la zona.

En relación, en la Tabla 5 se puede apreciar los riesgos desde los diferentes puntos de vista: geológico, litoral, físico y humano relacionado a la vulnerabilidad y los procesos geodinámicos que corresponden a las playas estudiadas.

Tabla 4

Procesos geodinámicos, vulnerabilidad y riesgos entre Lurín y Miraflores (Costa Verde)

PLAYA	PROCESOS GEODINÁMICOS	VULNERABILIDAD	RIESGOS / PELIGROS / AMENAZAS
Lurín	P. Internos y Externos	V. al fenómeno Físico, peligroso e inducido por el hombre	<p>R. Geológico: (rasgos tectónicos de rocas sedimentarias, volcánicas que afloran en parte media y baja del rio, fallas, pliegues, sujetas a movimientos complejos).</p> <p>R. Litoral: (erosión de ribera, sedimentación arenamiento, flujos, y transporte activo).</p> <p>R. Físico: (sismos, inundable recibe el aporte de muchos ríos, quebradas y desbordes, etc).</p> <p>R. Humano: (contaminación, carreteras cercanas a la zona zosterica, viviendas cercanas a las riberas del rio).</p>
Mamacona	P. Internos y Externos	V. al fenómeno Físico, peligroso e inducido por el hombre	<p>R. Geológico: (relieves de compleja expresión, depósitos aluviales cuaternarios, y eólicos de gravedad).</p> <p>R. Litoral: (erosión, sedimentación y transporte activo)</p> <p>R. Físico: (sismo, tsunami, inundable por fenómeno El Niño, La Niña, elevación del nivel del mar)</p> <p>R. Humano: (deterioro de hábitat de la zona costera, contaminación, concentración de poblado costero, avenidas cercanas al litoral).</p>

Villa	P. Internos y Externos	V. al fenómeno Físico, peligroso e inducido por el hombre	<p>R. Geológico: (zona de inundación excepcional, depósitos aluviales, con depresión natural donde las estructuras geológicas permiten el flujo de las aguas del acuífero Rímac Chillón hacia esta zona). Rocas sedimentarias pertenecientes al grupo Morro Solar cubiertos por una capa de arena de origen eólico.</p> <p>R. Litoral: (erosión, colmatación de sedimentación y transporte activo).</p> <p>R. Físico: (inundable por subida del nivel del mar, infiltraciones y afloramiento de las aguas subterráneas que discurren hacia el mar, fenómeno de El Niño, variaciones del nivel freático, humectación excesiva, sismos, etc).</p> <p>R. Humano: (instalación de una Estación Meteorológica y el control, vigilancia y limpieza del área, refugio de vida silvestre).</p>
La Chira	P. Internos y Externos	V. al fenómenos Físico, peligroso y inducido por el hombre	<p>R. Geológico: (acantilado vertical, fallas, diaclasas, desprendimiento de rocas)</p> <p>R. Litoral: (erosión, sedimentación y transporte activo)</p> <p>R. Físico: (afectado por tsunamis)</p> <p>R. Humano: (trocha carrozable)</p>
Chorrillos- La Herradura	P. Internos y Externos	V. al fenómenos Físico, peligroso e inducido por el hombre	<p>R. Geológico: (acantilado vertical, fallas, fracturas, diaclasas, desprendimientos de rocas y suelo).</p> <p>R. Litoral: (erosión, sedimentación y transporte activo)</p> <p>R. Físico: (afectado por sismos, tsunamis, elevación del nivel del mar).</p> <p>R. Humano: (viviendas, malecón, carretera)</p>
Barranco	P. Internos y Externos	V. al fenómenos Físico, peligroso y inducido por el hombre	<p>R. Geológico: (acantilados verticales, presencia de quebradas propensas a deslizamientos de suelos no cohesivos).</p> <p>R. Litoral: (erosión, sedimentación y transporte activo)</p> <p>R. Físico :(inundable por subida del nivel del mar, Fenómeno El niño, La niña)</p> <p>R. Humano: Viviendas al pie de las laderas, enrocados para defensas del litoral, muelle, restaurantes, espigones)</p>

Miraflores	P. Internos y Externos	V. al fenómenos Físico, peligroso e inducido por el hombre	R. Geológico: (acantilado vertical, deslizamientos, desprendimiento de rocas y suelos). R. Litoral: (erosión, sedimentación marina y transporte activo). R. Físico: (inundable, por Fenómeno El niño, La niña, elevación del nivel del mar R. Humano: (viviendas, club, zonas de recreación, espigones, rompeolas, enrocados, defensas litorales)
-------------------	------------------------	--	--

Nota. Leyenda: R= riesgo, V= vulnerabilidad, P= procesos. Elaboración propia, 2021

➤ **Procesos Tectónicos**

El Perú está ubicado en una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, como resultado de la interacción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana y de los reajustes que se producen en la corteza terrestre como consecuencia en la formación por la cordillera Andina, lo que permite clasificar las fuentes sismogénicas en subducción y continentales respectivamente. Las fuerzas naturales interactúan y afectan la corteza terrestre de diversas formas creando paisajes y morfologías características en la superficie del planeta. La idea de que las masas continentales se han separado, juntado y movido hacia diferentes partes del globo forma parte de la Teoría de la Tectónica de Placas, que es la responsable de los sismos y de los procesos orogénicos como también de la expansión del fondo oceánico junto con la teoría de la deriva continental. En adición, estas placas están en constante movimiento de manera divergente, convergente o de deslizamiento horizontal (lateral). En otro aspecto, la mayoría de los límites de las placas se encuentran en el suelo oceánico. Por ejemplo: La Dorsal Meso-Atlántica con una tasa de expansión de 2.5 cm/año = 25 km/millón años, así como el océano Pacífico está contorneado por zonas de subducción, y es conocida como el “anillo de fuego” debido al volcanismo asociado. Por esa razón, la distribución de los continentes afecta el calentamiento y enfriamiento solar al igual que los sistemas de vientos y sistemas climáticos que por la rápida expansión y la actividad volcánica pueden liberar mucho CO₂ hasta llegar a afectar el clima global. Del mismo modo, la

distribución de los continentes afecta a las corrientes oceánicas, donde la tasa de expansión oceánica, el volumen de las dorsales y el nivel del mar e incluso la Hidrósfera puede contribuir al inicio de las “eras de hielo” creando barreras o corredores de migración y originando nuevos nichos ecológicos junto con el traslado de hábitats hacia nuevos climas (INGEMMET, 2015).

4.1.1.5. Geología Marina. La franja costera agrupa las unidades estratigráficas conformadas por el Grupo Morro Solar, las Formaciones Pamplona, Atocongo y Chilca. Así como los depósitos cuaternarios de origen marino, aluvial y eólico que son considerados dentro de la estratificación, compuesta mayormente por materiales clásticos que a su vez son trasladados al mar por la acción de los ríos y también como resultado del trabajo erosivo de las olas distribuidas por las corrientes marinas de deriva. Sin embargo, los depósitos antiguos se encuentran constituyendo las terrazas marinas y zonas de marisma; mientras que los recientes formados por cantos, arenas y limos se extienden a lo largo del borde litoral a manera de estrechas fajas de terreno (30 – 100 m) ubicadas en el tramo de la Costa Verde (Díaz, 2008).

Los depósitos aluviales; están constituidos por materiales acarreados por los ríos que bajan de la vertiente occidental andina y van cortando las rocas terciarias, mesozoicas y los batolitos costeros, donde además una gran parte del depósito se encuentra distribuido a lo largo y ancho de sus abanicos aluviales y el más antiguo forma parte del cono deyectivo del río Lurín. La litología comprende conglomerados, conteniendo cantos, rocas intrusivas y volcánicas, gravas, arenas y en menor proporción limos y arcillas; los depósitos más recientes se restringen a ambos márgenes del río Lurín. Los depósitos eólicos se encuentran emplazados en casi todas las proximidades de la costa, ingresando a diferentes distancias tierra adentro, siguiendo la topografía actual y la dirección preferencial del viento, en algunos casos hasta 13 Km., acumulándose sobre rocas in situ como en las llanuras aluviales. Las acumulaciones eólicas más antiguas, se hallan estabilizadas

conformando lomadas y cerros de arena (Lomo de Corvina, Tablada de Lurín); mientras que las recientes son arenas movibles, procedentes de diversas playas del litoral. De esta manera, en su movimiento adoptan diversas formas como de mantos, dunas y barcanes (INGEMMET, 2015).

En el caso de la Costa Verde el sustrato predominante es la arena, sobre todo en las partes profundas, como también, existen acumulaciones de grava y cantos rodados cerca de las orillas provenientes de los acantilados y más recientemente de los rellenos. Por lo que, la superficie cubierta con sustrato de piedras y gravas puede haber aumentado debido a los desmontes que son arrojados en la orilla. Es preciso señalar que, desde comienzos del siglo XX, la Costa Verde ha sido transformada por acción antrópica, sobre todo en sus ambientes terrestres, de manera que existen pocos ambientes naturales en su ámbito (Fundación Cayetano Heredia, 2014). Los ambientes terrestres que se conservan aún poco modificados en su estructura son el Cerro Marcavilca en los flancos que miran hacia el mar y playa La Chira, aunque se encuentra contaminada, los islotes frente a La Chira y partes de los acantilados en Barranco y Miraflores. En cuanto a los ambientes marinos, la degradación es menos evidente, pero existe sobre uso de recursos naturales, contaminación de las aguas del mar, modificación de las corrientes y sedimentación del fondo original. Sin embargo, se espera que luego de la puesta en marcha de la planta de tratamiento de La Chira en 2015, el mar se logre descontaminar en forma natural, y de esta forma la playa La Chira y sus acantilados recobren sus atractivos geográficos (Fundación Cayetano Heredia, 2014).

Naturalmente la Costa Verde se encuentra dentro del área de influencia marina sujeta a procesos de erosión en su línea costera, transporte y acumulación de sedimentos. A continuación, en la tabla 6 se presenta las principales características Litoral de la Costa Verde.

Tabla 5*Características del Litoral entre Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima*

Playas	Descripción del Lugar
Lurín (desembocadura- rio)	*olas fuertes, terrazas marinas, cantos de calizas, arenas consolidadas, trayectoria sinuosa del rio, etc
Mamacona	*olas fuertes, predominio de arenas, playa sinuosa, cordón litoral a 15 me de la costa, etc,
Villa	*olas suaves, depósitos de arenas, playa recta
La Chira	*olas fuertes, acantilados de rocas y arenas
Playa Chorrillos (La Herradura)	*olas suaves, depósitos arenas de rocas olas moderadas, depósitos de gravillas, playas angostas, acantilados de suelos sueltos
Barranco	*olas moderadas, depósitos de gravillas, playas angostas, acantilados de suelos sueltos
Miraflores	*olas moderadas, depósitos de gravillas, playas angostas, acantilados de suelos sueltos

Nota. Elaboración propia, 2022

➤ ***Particularidades de la línea de costa.***

La zona está en contacto directo entre tierra y agua, denominándose línea de costa (Shoreline), y según la configuración topográfica toman las denominaciones de dorsales de playas (beach ridges) o crestas de antecostas emergidas entre otras variedades (CODRALUX, 2007).

Litológicamente, están conformadas por sedimentos arenosos con presencia de conchas y restos de estas que se encuentran esparcidas a lo largo de las playas, indicando en parte la forma del transporte marino que han sufrido esas arenas. Por ejemplo, la deposición de los sedimentos localizados al norte aportados por medio de la desembocadura del río Rímac en una extensión de varios kilómetros constituyen uno de los depósitos playeros más resaltantes en la costa central del Perú (CODRALUX, 2007).

Por otro lado, se tiene sedimentos finos (limos, arcillas) en suspensión que son transportados hacia el sur y que en algunas ocasiones logra posesionarse en la rada del puerto del Callao, por lo que cada cierto año es necesario realizar el dragado correspondiente (Dirección de Hidrografía y Navegación [DIHIDRO], 2021). Otro ejemplo de importancia respecto al transporte de sedimentos a lo largo de la costa y específicamente a lo ancho de las zonas de rompientes es la que determina el ciclo de las arenas, donde más del 95% de las arenas del fondo marino y las playas son trabajados por los ríos y las corrientes del mar solo se encargan de distribuirlos (US Army Corps of Engineers [USACE], 2012). En la zona de estudio, el río Lurín es el principal aportador de los sedimentos que alimentan las playas que se dirigen al norte de su desembocadura y cierto remanente del río Mala ubicado a casi 40 km se destina al Sur. Por otro lado, estos sedimentos siguen su recorrido por la isla de Pachacamac hasta las playas Conchán que en este último caso el sedimento sale del mar hacia el continente continuando el transporte de forma eólica, donde la evidencia es la presencia de la duna gigante llamada lomo de corvina. Asimismo, Según The *Coastal Engineering* Research Center (CERC, 2012), otro elemento de importancia es la acumulación de las arenas al Sur de punta La Chira, donde se presenta la combinación de terrenos bajos y olas intensas que dieron lugar en un inicio a la formación de marismas y que ahora cuenta con un sistema lagunar denominado como las lagunas de Villa. En efecto, la ciudad de Lima y el Callao han sido construidas sobre depósitos aluviales del pleistoceno aportados por el río Rímac (García, 2012).

➤ **Modificación de la línea costera.**

Esta variación está estrechamente relacionada al concepto de célula litoral, como la unidad básica para entender las fuentes, transporte, pérdidas y acumulación de los sedimentos que afectan la posición de la línea de costa. El balance de sedimentos en la playa depende de otros procesos

naturales, como la variación en la dinámica de las olas, el incremento del nivel del mar, entre otros. Según el autor (García, 2012) debe tomarse en cuenta las mareas, puesto que representan parte importante de la dinámica natural y que afectan a la línea de costa. Las mareas son movimientos periódicos de aumento (marea alta) o descenso (marea baja) del mar causado por la fuerza gravitacional de la luna y el sol sobre el planeta. El ciclo lunar produce mareas semidiurnas, mientras que el ciclo solar conduce a mareas diurnas. Sin embargo, el balance natural de los procesos costeros es afectado muchas veces por las actividades humanas, amplificándolos o acelerándolos. En efecto, debido al contante cambio que sufren las líneas de costa, para conocer si existe un retroceso (debido a erosión), un avance (por deposición de sedimentos) o ninguna variación, es necesario tomar en cuenta el análisis de indicadores que permitan conocer los procesos que se vienen llevando a cabo en la actualidad (Manca et al., 2013).

Existen dos tipos de indicadores, los primeros basados en puntos referenciales en la costa que son fácilmente reconocibles y pueden ser localizados a simple vista, como el límite entre la arena húmeda y seca o la línea de marea alta. El segundo tipo de indicadores describe la posición de la línea costera basado en las posiciones de las mareas, las cuales son medidas por la intersección entre una elevación específica del mar y el perfil de la costa. Según Bocanegra (2017), un indicador del segundo grupo comúnmente utilizado es la elevación promedio del nivel del mar.

➤ **Generalidades del Oleaje**

El oleaje en nuestras costas se genera en aguas profundas por la presión del viento, y se sitúan en áreas entre las latitudes 35° y 40° Sur, mientras que la longitud oeste del centro de generación varía con mayor amplitud; allí es donde se produce la mayor subsidencia atmosférica y consecuentemente divergencia del viento en superficie. La fuente principal de magnitud del oleaje, que viaja grandes distancias con una incidencia que determina la dinámica en las costas del

Perú, es del tipo olas Swell de mar de fondo (DIHIDRO, 2021). Dentro de este marco, es importante contar con la información de la naturaleza y frecuencia de ocurrencia de las olas definidas por su período, altura y dirección, así como tomar en cuenta en las mediciones el proceso que sufre el oleaje frente a las playas, y esto con la finalidad de realizar trabajos de dragados, construcción de obras portuarias y ocupación de un área acuática. Asimismo, se debe tomar un suficiente número de muestras del oleaje durante el día por medio del ológrafo instalado en el área de estudio para determinar los cálculos de altura superficial (Hs) y periodo (Ts), y a la vez utilizar la información estadística del saling directions for south america correspondiente al área de estudio (CODRALUX, 2007). Existen estudios y datos en forma general para la zona costera, que permiten describir el comportamiento del oleaje. Por ejemplo, el Ministerio de Pesquería realizó mediciones de olas en Ventanilla por un período de un año, siendo estos registros importantes debido a que se aplicaron en un área adyacente a la costa central del Perú, de modo que puede servir para caracterizar el efecto del espectro de olas incidentes en áreas de interés (CERC, 2012). En adición, el tipo de olas que se presentan frente a las costas del Perú clasificadas según su origen, son de dos tipos:

***SEA:** Se caracterizan por ser olas originados por los vientos; son cortas de mucha pendiente y superficie muy confusa, por lo tanto, este tipo de olas no corresponde a la zona de estudio.

***SWELL:** Este tipo de oleaje es la fuente principal de las alturas de las olas y su incidencia determina la dinámica de las costas centrales del Perú-, se originan en alta mar y se desplazan por grandes distancias. Ver Tabla 7.

Tabla 6*Distribución de olas Swell*

DISTRIBUCIÓN DE OLAS SWELL					
(10° - 15° SUR)					
Altura (m)	O (%)	SO (%)	S (%)	SE (%)	E (%)
0.3 – 1.8	0.7	9.7	35.4	8.2	---
1.8 – 3.6	0.3	6.7	25.2	6.3	0.4
> 3.6	---	1.0	2.3	0.5	0.3
Total	1.0	17.4	62.9	15.0	0.7

Nota. Adaptado de *Distribución de OLAS SWELL*, por CODRALUX, 2007

- **Frecuencia de las mediciones**

La frecuencia de las mediciones que registran en cada lugar depende de las condiciones locales, por lo general, es necesario medir olas por lo menos una vez al día; sin embargo, debido a que los vientos costeros son variables durante el día, es conveniente hacer mediciones más frecuentes. En la costa del Perú, los vientos se caracterizan por una calma en las mañanas y vientos del mar hacia la costa en las tardes (García, 2012). Por lo tanto, la ola significativa varía en altura continuamente durante todo el año, esta variación es pequeña, pero durante una braveza puede ocurrir una variación grande de manera repentina. Las bravezas son períodos de ocurrencia de olas de tipo "Swell", que en nuestra costa ocurren normalmente por 2 o 6 días continuos y que afectan gran parte del litoral (Dirección de Hidrografía y Navegación [DIHIDRONAV], 2021).

- **Dirección y análisis de olas en playa Lurín, La Chira y Bahía de Miraflores**

De acuerdo a la información de datos estadísticos en la costa central del Perú por (Saling Directions for South América) que está basada en observaciones visuales de barcos mercantes o de oportunidad, se ha determinado que el 62.9% de las olas provienen del Sur y un 17.4 % a 15.0 % del Suroeste y Sureste, pero a medida que se van acercando a la costa por los obstáculos de las islas, puntas y efectos del fondo el oleaje cambia de dirección produciéndose los fenómenos de

difracción y refracción (DIHIDRONAV, 2021). Por otro lado, un análisis del oleaje está basado en la información registrada para Ventanilla y en los datos de las observaciones visuales están enfocados en base a la batimetría obtenida para zonas de interés entre ellas la playa Lurín, bahía de Miraflores, playa La Chira y entre otros (Ramos, 2014). Además, en el caso de la playa larga y recta entre Arica y La Chira, se forman constantemente corrientes de retorno, debido al oleaje que llega casi paralelo a la Costa. En otro aspecto, se tiene que los valores de transporte de sedimentos encontrados son potenciales, que se refiere a la máxima capacidad que tiene el medio para transportar el sedimento y por esta razón el valor real va a depender de que tanto sedimento hay por la zona (fuentes de sedimentos cercanos) (CODRALUX, 2007). Asimismo, se proyectó el oleaje por el método de las ortogonales hasta el tramo de ubicación utilizando los diversos coeficientes de refracción en dirección Sur y Suroeste; y el cambio de profundidad comprendida entre las isobatas de 20 y 30 m que son las olas más dominantes. En relación a lo previo, se obtuvo los valores de la altura de ola en la zona Lurín por medio de la fórmula de CERC (2012) que corresponde a 1,10, 1.18 y 1.42 m de altura de ola significativa a 20, 13 y 05 m de profundidad respectivamente; y de 3.34, 3.57 y 4.31 m para la altura de significancia máxima a 20, 13 y 05 m de profundidad respectivamente. En adición, la ola significativa al proyectarse sobre la rompiente, alcanza una altura de 2.53 m, siendo la profundidad de la rompiente de 2.68 m, y la distancia donde rompe a 100 m de la playa. Por otro lado, la ola máxima al proyectarse sobre la rompiente, alcanza una altura de 4.86 m, siendo la profundidad de la rompiente de 5.25 m, y la distancia donde rompe a 194 m de la playa. Unas de las evaluaciones de oleaje y transporte de sedimentos realizados por encargo de la ampliación de un proyecto y con la finalidad de ver las capacidades del puerto del Callao considero la necesidad de reemplazar los sedimentos del fondo marino dentro del terminal marítimo costero (TMC) por sedimentos más adecuados para la construcción de obras portuarias.

Por lo que el proyecto necesito de sedimentos de procedencia terrestre-marino, satisfaciendo los requerimientos granulométricos, de calidad, cohesión, entre otros. Cabe resaltar, que este proyecto se efectuo durante los meses de setiembre y octubre del año 2007, en 2 etapas, por encargo de CODRALUX S.A., la cual realizó la evaluación de la granulometría de los sedimentos marinos, monitoreo ambiental e investigación de impactos en la bahía del Callao, zona de La Punta, bahía de Miraflores y zona costera comprendida entre playa La Chira y playa San Bartolo. (Ramos, 2014).

Las olas de mayor dominancia son las que se encuentran en dirección Sur y Suroeste, mientras que las olas del Oeste, son de mayor energía, y de muy baja frecuencia. Respecto a las olas del Noroeste se puede indicar que tienen relevancia cuando los sistemas de circulación en el Pacífico Sur se debilitan, logrando ingresar de este modo al área de olas provenientes del Pacífico Norte, que se acrecientan con la presencia del Fenómeno El Niño.

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

$$\mathbf{H = K_r \times K_s \times K_d \times H_o}$$

Donde:

K_r	=	Coefficiente de Refracción
K_s	=	Coefficiente por Cambio de Profundidad
K_d	=	Coefficiente de Difracción
H_o	=	Altura de ola en Aguas Profundas

Dirección Sur:

a) A 20 metros de profundidad

$$\begin{aligned} H &= K_r \times K_s \times K_d \times H_o \\ H &= (0.8771) (0.9805) (1) (3.89) = 3.34 \text{ m} \\ H_s &= (0.8771) (0.9805) (1) (1.28) = 1.10 \text{ m} \end{aligned}$$

a) A 13 metros de profundidad

$$\begin{aligned} H &= K \times K_s \times K_d \times H_o \\ H &= (0.8732) (1.0535) (1) (3.89) = 3.57 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_s = (0.8732) (1.0535) (1) (1.28) = 1.18 \text{ m}$$

c) A 05 metros de profundidad

$$H = K_r \times K_s \times K_d \times H_o$$

$$H = (0.8636) (1.2850) (1) (3.89) = 4.31 \text{ m}$$

$$H_s = (0.8636) (1.2850) (1) (1.28) = 1.42 \text{ m}$$

Dirección Sur oeste

a) A 20 metros de profundidad

$$H = K_r \times K_s \times K_d \times H_o$$

$$H = (0.9759) (0.9805) (1) (3.89) = 3.71 \text{ m}$$

$$H_s = (0.9759) (0.9805) (1) (1.28) = 1.22 \text{ m}$$

b) A 13 metros de profundidad

$$H = K_r \times K_s \times K_d \times H_o$$

$$H = (0.9639) (1.0535) (1) (3.89) = 3.94 \text{ m}$$

$$H_s = (0.9639) (1.0535) (1) (1.28) = 1.29 \text{ m}$$

Cálculo de la altura de Ola en la Rompiente (H_b)

Cálculo de $H'o$

$$H'o / H_o = K_r$$

$$H's / H_s = K_r$$

Donde: $H_s = 1.28$ y $H_o = 3.89$ m

$$K_r = 0.8636$$

$$H'o = K_r \times H_o \text{ y } H's = K_r \times H_s$$

$$H's = 0.8636 \times 1.28 = 1.10 \text{ m}$$

$$H_o = 0.8636 \times 3.89 = 3.35 \text{ m}$$

Se evaluó: $H's / gT^2 = 1.10 / 1920.8 = 0.00058$

$$H'o / gT^2 = 3.35 / 1920.8 = 0.00174$$

Cálculo de la Pendiente (m): $m = 0.027$

Entonces: $H_b / H'o = 1.70$ y $H_b / H's = 1,70$

$$H_b = 1.70 \times 1.49 = 2.53 \text{ m}$$

$$H_b / H's = 1.45$$

$$H_b = 1.45 \times 3.35 = 4.86 \text{ m}$$

Cálculo de la Profundidad de la Ola cuando rompe

$$H_b / gT^2 = 2.53 / 1920.8 = 0.00132$$

$$H_b / gT^2 = 4.86 / 1920.8 = 0.00253$$

$$m = 0.027$$

Se evaluó:

$$d_b / H_b = 1.06$$

$$d_b = 2.53 \times 1.06 = 2.68 \text{ m}$$

$$d_b / H_b = 1.08$$

$$d_b = 4.86 \times 1.08 = 5.25 \text{ m}$$

Distancia a la que rompe la Ola de la Playa

$$\text{La ola rompe a: } 2.68 / 0.027 = 100 \text{ m}$$

$$5.25 / 0.027 = 194 \text{ m}$$

Asimismo, respecto a la dinámica de los sedimentos de fondo dentro de la zona de rompientes de la playa Lurín, la cuantificación del transporte de sedimentos mediante el uso de las fórmulas empíricas resulta poco confiable debido a que existen muchos de ellos elaborados por diferentes investigadores, donde la mayoría llegaron a coincidir en el hecho de que la energía sobre la playa sería la causa preponderante del acarreo litoral. Por lo tanto, usando la fórmula de CERC (2012) se relaciona el transporte con la componente de flujo de la energía sobre la playa y el coeficiente de proporcionalidad obtenido experimentalmente en los modelos limitados y en la naturaleza (CODRALUX, 2007).

$$S = A \times E_a$$

Donde:

$$S = \text{Transporte Litoral (m}^3 / \text{sg / m)}$$

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

$$A = \text{Constante de proporcionalidad} = 0.025$$

$$E_a = E_o \times K_r \times \text{sen} \hat{\theta} \times \text{cos} \hat{\theta}$$

(Cambiando K_r por K_r^2 y E_o por C_o)

$$\text{Por tanto: } S = A \times H_o^2 \times C_o \times K_r^2 \times \text{sen} \hat{\theta} \times \text{cos} \hat{\theta}$$

$$\text{Donde: } K_r = \text{Coeficiente de refracción en la parte exterior de la}$$

- zona de rompiente = 0.8633
- \hat{o} = Ángulo entre la cresta de la ola y la costa = 4°
- H_o = Altura de ola en aguas profundas = 1.28 m
- C_o = Velocidad de la ola en aguas profundas = 18.72 m/seg
- A = Constante de proporcionalidad ha sido calculado por diferentes investigadores, y en este caso corresponde a 0.025 (CERC)

Reemplazando se tiene, para el oleaje del Suroeste:

$$S = (0.025) (1.28)^2 (18.72) (0.8633)^2 (0.0698) (0.9976)$$

Agregando: 365 días del año, 24 horas de cada día y 3600 seg de cada hora se tiene:

$$S = (0.03979) (365) (24) (3600)$$

$$S = 1'254,896 \text{ m}^3/\text{año}$$

Por lo expuesto, el transporte potencial de sedimentos usando la fórmula de CERC, para el área de estudio es de $1'254,896 \text{ m}^3/\text{año}$.

4.2. Transporte de sedimentos

El transporte de sedimentos es uno de los problemas más importantes y delicados de la oceanografía por sus consecuencias y aplicaciones de orden práctico.

En este sentido, el transporte de sedimentos en el medio marino, desde el lugar donde se produce el proceso de erosión hasta donde se depositan por la fuerza del viento, agua y el peso del material transportado, puede realizarse por medio de reptación o rodadura donde los materiales pesados son arrastrados sin ser levantados del suelo debido a que la velocidad de transporte es menor que la velocidad de la corriente y entonces cuando sucede este fenómeno los materiales son desplazados mediante saltos desordenados. También puede darse que cuando las partículas van embebidas en la masa de agua y se transportan a su misma velocidad, estos intervienen en diversos factores como

son la densidad de partículas, volumen, forma, viscosidad del líquido y la turbulencia (DIHIDRONAV, 2021).

- **Sedimentos del fondo marino**

La Dirección de Hidrografía y Navegación (DIHIDRONAV, 2021) a través del Departamento del Medio Ambiente, ha realizado el estudio de caracterización del Fondo Marino Costero entre Lurín y Miraflores, en ella se hace una clasificación textural del sedimento superficial del Fondo Marino. Según esta clasificación, la distribución horizontal de la textura de los sedimentos del fondo marino es: Arena, Limo, Arena gravosa, Arena Limosa, Limo Arenoso, roca, y organismos. Finalmente, el patrón textural del mar en Lima está determinado por la interacción de varios factores medio ambientales, peculiares de esta región, los cuales son formadores de los sedimentos arenosos o fangosos.

- **Dinámica de los sedimentos de fondo fuera de la zona de rompientes**

La dinámica del transporte de sedimentos fuera de la zona de rompientes no es bien conocida. Se tiene información sobre la existencia de barras que se desarrollan por lo general en forma casi paralela a la costa. De este modo, la forma, tamaño, desplazamiento de las barras de arena a lo largo de la costa, acercándose o alejándose de ella, son mecanismos que dependen de un gran número de variables, con un pronóstico que no es bien conocido. Asimismo, se resalta que cada playa y época del año es diferente en función de su gran número de variables y características propias. Dentro de este contexto, el Manual de Ingeniería de costa proporciona una guía adecuada en la aplicación de técnicas y métodos para la solución de los problemas en este tipo de zona (CERC, 2012).

Por otra parte, las olas de rompiente, se extienden hacia el mar desde la línea de costa hasta la profundidad de 5 a 7 metros y es en esta zona donde se producen la mayor cantidad de transporte del sedimento por efecto combinado del oleaje y las corrientes. En este sentido, los ingenieros

costeros con frecuencia se refieren al borde exterior de la zona de rompientes como el límite en el agua profunda de efectos significativos de olas y corrientes.

Desde el punto exterior de la rompiente hacia la playa, las olas y corrientes asociadas son reconocidas como las mayores fuentes de transporte y de resuspensión de sedimentos (USACE, 2012). En relación, la gran velocidad de corte de la capa límite del oleaje, que es del orden de unos cuantos centímetros de espesor, produce grandes niveles de turbulencia y grandes tensiones de corte en el fondo. En contraste con el movimiento inducido por el oleaje, la variación temporal de una corriente ocurre sobre una escala de tiempo mucho mayor. Por lo tanto, aun cuando la corriente no sea del todo estacionaria, la capa límite generada tendrá una mayor escala vertical, del orden de varios metros (DIHIDRONAV, 2021). En consecuencia, la velocidad de corte, en las intensidades turbulentas y las tensiones de corte generadas en el fondo, serán mucho menores para una corriente que para el flujo asociado al oleaje, aun cuando tengan velocidades similares, debido a que existe regiones de aproximadamente 2 a 3 m de profundidad y hasta 20 a 30 m de profundidad. Por lo expuesto, la importancia de las olas y corrientes en los procesos de transporte de sedimentos no son bien entendidas (Ramos, 2014).

Entonces los procesos que rigen la física de la hidromorfología dinámica cerca del fondo, en la zona cercana a la costa (interacción fluido sedimento) estarán dominados por el oleaje, que es el responsable de iniciar el movimiento del sedimento. Asimismo, el transporte por arrastre en el fondo es el modo dominante para flujos lentos y/o granos de arena gruesos (García, 2012). En caso de que el flujo sea más rápido (oleaje alto o corrientes fuertes) el sedimento será puesto en suspensión en la columna de agua y será susceptible de ser transportado a grandes distancias. La base fundamental para predecir el transporte de sedimentos es relacionar la fuerza de fricción ejercida por el fluido, y el

consecuente esfuerzo cortante en el fondo marino para el régimen de transporte de sedimentos. Existen 2 maneras de enfocar la predicción del transporte de sedimentos:

- **Aproximaciones empíricas.** - Emplean la velocidad del fluido y profundidad, así como, toman en cuenta la rugosidad del fondo y tamaño del grano para determinar las relaciones de proporcionalidad sobre una gran variedad de condiciones (Dirección de Hidrografía y Navegación, 2009).
- **Aproximaciones teóricas.** - Utilizan la dinámica del flujo turbulento para determinar directamente valores de proporcionalidad. Sin embargo, la teoría de predicción del flujo turbulento no existe, y el análisis estocástico relacionado con un proceso que involucra una secuencia de observaciones determinadas en forma aleatoria, aunque útil, no puede proporcionar la comprensión de la mecánica del transporte de sedimentos en este ámbito (United States Army Corps of Engineers [USACE], 2012).

En consecuencia, se deben utilizar los experimentos de validación para determinar coeficientes que resulten de asunciones incorporadas en las formulaciones de predicción. La mayor dificultad encontrada tanto en las aproximaciones empíricas como en las aproximaciones teóricas, es la inhabilidad de medir adecuadamente los regímenes de transporte de sedimentos. Por lo que, las fórmulas existentes para predecir los regímenes de transporte de sedimentos muestran grandes discrepancias, aun cuando se aplica a la misma base de datos (USACE, 2012).

Muchas veces, el cálculo del transporte de sedimentos se realiza mediante el uso de una gran cantidad de ecuaciones que están calibradas para condiciones hidrodinámicas muy específicas o que no tienen un fundamento físico real (ecuaciones empíricas). En este sentido, durante las últimas décadas se han tomado grandes cantidades de datos en estudios de transporte de sedimentos a través de investigaciones de campo y laboratorio (CERC, 2012).

Por lo tanto, y debido a que se ha extendido el desarrollo de modelos numéricos para la evaluación del transporte de sedimentos y de evolución del fondo, es necesaria la obtención y análisis de una gran cantidad de datos experimentales. Aunque todos estos datos son de gran ayuda, los procesos físicos en la zona cercana a la costa son de gran complejidad, y la mayoría sólo se comprenden en un sentido cualitativo (DIHIDRONAV, 2021).

4.2.1. Generalidades del transporte de sedimentos

Las corrientes dentro de la zona de rompientes, son normalmente más importantes que las corrientes marinas y consecuentemente tienen una mayor capacidad para transportar sedimentos. Por ello es posible identificar en las costas dos formas de transporte de sedimentos, debido a la acción del oleaje.

a. Transporte de sedimentos normal a la costa debido a olas. El perfil de playa en equilibrio es producto de fuerzas “constructivas” y “destructivas” que actúan sobre los granos de arena y que están ubicadas en la zona de acción de la rompiente de olas. En relación, las fuerzas constructivas se ponen en evidencia si se observa que la playa es más alta en cercanía a los médanos que en proximidad al mar, originando que estas fuerzas actúen contra la gravedad (CERC, 2012). Por el contrario, las fuerzas destructivas se manifiestan al observar una playa luego de una braveza severa caracterizada por la elevación del nivel de mar y las olas de gran tamaño. Durante estas condiciones el sedimento es sacado de la playa, transportado hacia el mar y depositado en forma de una barra característica denominado perfil de playa de “invierno”. En contraposición, en ausencia de bravezas las olas restituyen el material erosionado, haciendo desaparecer la barra y definiendo un perfil más suave denominado perfil de playa de “verano” (USACE, 2012).

Es posible también afirmar que, para un determinado tamaño de granos de arena, en un cierto nivel del mar y clima de olas, existe un único perfil de playa. Así cualquier cambio en los elementos antes citados desencadenaría otro perfil de playa que estaría en equilibrio con el nuevo

escenario, dado que las condiciones oceanográficas que integran las playas dependen fuertemente de la meteorología. En síntesis, las olas generan corrientes en dirección hacia la costa y al mar, que también transportan sedimentos en lo que se denomina como “On-Offshore Sediment Transport” o transporte de sedimentos normal (CERC, 2012).

b. Transporte de sedimentos a lo largo de la costa debido a olas. Las olas se aproximan a la costa luego de transformarse (altura y longitud de onda) en la plataforma interior, y de esta forma rompen transfiriendo gran cantidad de movimiento y energía a la columna de agua. Por otro lado, un cambio en el nivel medio del mar dentro de la zona de rompientes produce la transferencia de cantidad de movimiento donde la sobreelevación o “wave setup” es proporcional a la altura de la ola manifestándose durante las tormentas de manera intensa. (García, 2012). No obstante, el desvanecimiento de energía genera corrientes paralelas a la costa en la medida que las olas rompan formando un ángulo con la línea de costa. Estas corrientes o "Long shore currents" tienden a arrastrar sedimentos en gran cantidad y son responsables de los cambios más importantes de las costas cuando su ciclo natural se ve alterado. Por consiguiente, cuando la turbulencia propia de las olas rompe su circuito se origina el movimiento de los sedimentos finos, desde arenas hasta cantos rodados; de modo que, al alterarse estas acciones por obras marítimas como son los muelles, escolleras, entre otros, se genera cambios en el medio marino y costero (Ramos, 2014).

4.2.2. Evaluación del transporte de sedimentos

Las arenas se forman por la acción erosiva de los ríos, debido al choque y particulación continua de las rocas que son transportadas. En efecto, las arenas llegan al mar siendo estas distribuidas de acuerdo a la dinámica de las corrientes y el oleaje litoral, hasta que se depositan en la costa y luego el viento se encarga de introducirlas hacia el continente, para luego ser reingresadas al mar por la acción del río y el componente eólico (DIHIDRONAV, 2021).

El comportamiento cíclico de las arenas es de gran importancia sobre todo para escoger la mejor ubicación de las infraestructuras en la zona costera. En este sentido, para lograr este objetivo se requiere la formación de playas de egresión o ingresión de arenas, implementación de rompeolas, entre otros. Dentro del ciclo de la dinámica del transporte de sedimentos, se indica que las arenas son desplazadas por el mar o por efecto del oleaje litoral, produciéndose un transporte de modo zigzag, en suspensión o como un tipo de dunas submarinas (Guzmán y Ramos, 2013). En este último caso, el transporte puede ser interrumpido al encontrar en su camino una quebrada submarina, canales, valles, surcos o cañones submarinos, por el cual el sedimento que es transportado se desvía hacia el fondo. Por otro lado, el fenómeno del transporte de sedimentos en el mar se lleva a cabo a lo largo del litoral por medio del cual las partículas sólidas se transportan entre la línea de playa y la zona de rompiente. Asimismo, existe también un transporte mucho menor, que de acuerdo a diferentes autores estaría representando un 10 %, el cual se podría transportar a lo ancho de la zona de rompiente. En ese sentido, el principal objetivo en el estudio del transporte de sedimentos, es predecir si se tendrá una condición de equilibrio o existirá un proceso de erosión o deposición para poder determinar las cantidades involucradas (García, 2012). En efecto, las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje, provocando esfuerzos cortantes sobre los sedimentos sólidos y permitiendo su transporte en suspensión o en el fondo, a distancias más o menos grandes, para luego ser depositadas en zonas tranquilas (García, 2012).

Es importante señalar que el estudio del transporte de sedimentos permite predecir el acarreo litoral (Guzmán y Ramos, 2013). En este contexto, cuando la ola llega con un cierto ángulo de incidencia a la línea de costa se genera una componente longitudinal a la costa y por tanto se produce el transporte de sedimentos a lo largo de la misma. Por lo que, en la costa, y en particular

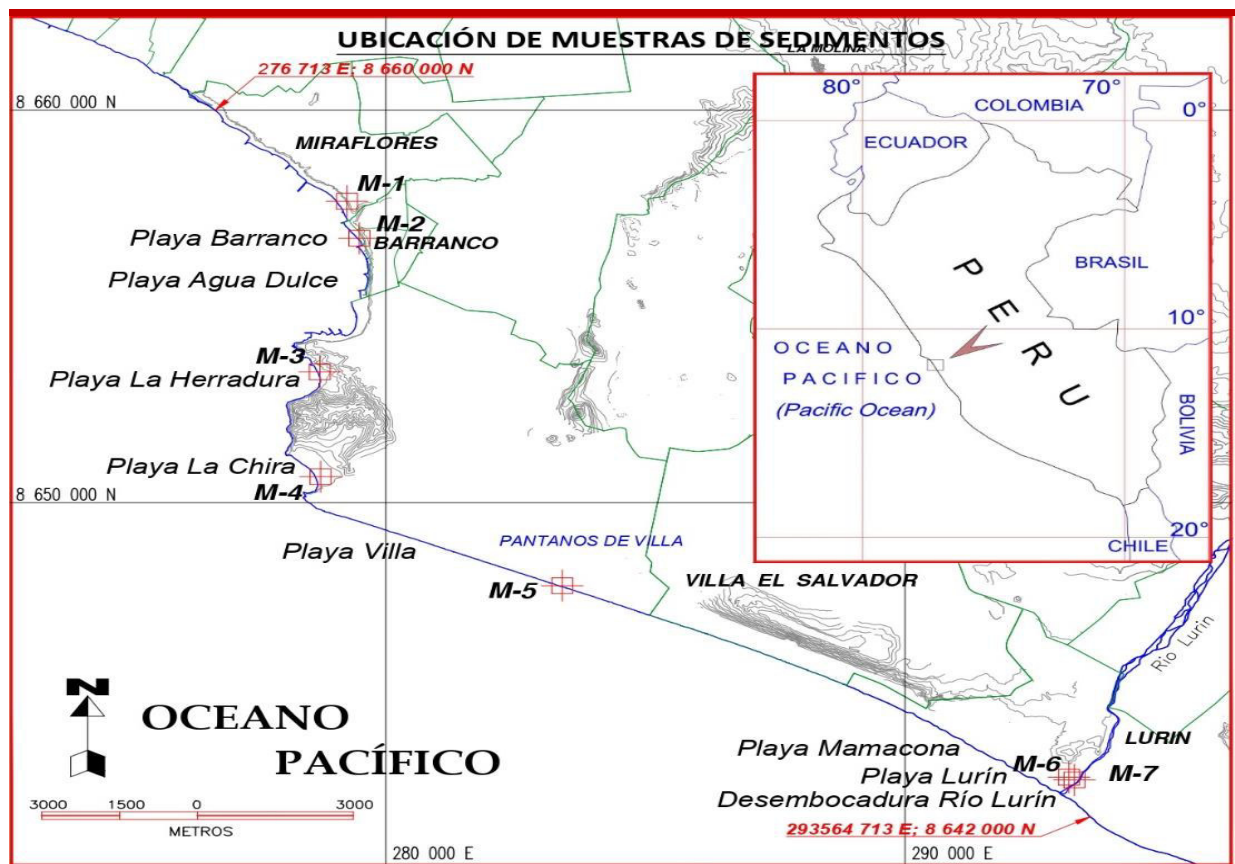
en la bahía de Miraflores, el transporte de sedimentos tiene una dirección hacia el Norte. Esto se puede apreciar en los espigones construidos, donde la acumulación de arena es al lado Sur y la erosión hacia el lado Norte. El transporte litoral se efectúa principalmente por el efecto de la ola al precipitarse sobre la parte alta de la playa; la ola ascendente transporta sedimentos en dirección de la ola y desciende por la línea de máxima pendiente produciendo un transporte en forma de “diente de sierra”. Al respecto, la cuantificación del transporte litoral puede obtenerse por medición directa colocando espigones de prueba que retienen el transporte de sedimentos. Igualmente, en casos de dragado, en problemas de succión, transporte y depositación del material obtenido, se tendría que analizar la condición de equilibrio y si existirá erosión o depositación (Guzmán y Ramos, 2013). Los resultados respecto al transporte de sedimentos muestran cambios importantes respecto a la altura de ola en rotura y la disminución de arenas en el sector de playas Chorrillos, sin embargo, no afecta de la misma manera al sector de Barranco y Miraflores.

4.3. Estudio Sedimentológico de las Playas Estudiadas

El estudio sedimentológico ha consistido básicamente en el análisis granulométrico de las muestras de sedimentos con las coordenadas UTM ubicadas en la Figura 13 y Tabla 8.

Figura 13

Ubicación de las muestras de sedimentos, zona de estudio



Nota. Elaboración propia, 2021

Tabla 7

Posición geográfica (Coordenadas UTM) de las muestras de sedimentos de la zona de estudio

PLAYA	MUESTRA	UTM X	UTM Y
Miraflores	M1	279 250E	8 657 684N
Barranco	M2	279 488E	8 656 739N
Agua Dulce	M3	278 727E	8 653 338N
La Herradura	M4	278738E	8 652 900N
La Chira	M5	278 740E	8 650 665N
Villa	M6	283 095E	8 647 890N
Mamacona	M7	293 155E	8 643 010N
Lurín	M8	293 260E	8 642 940N

Nota. Elaboración propia, 2021

El análisis granulométrico se emplea de forma habitual y es común en la identificación y caracterización de los materiales geológicos para uso de la ingeniería. Considerando que los ensayos se realizan mediante los tamices de diferente numeración, los suelos y las rocas deben

identificarse y clasificarse con una buena descripción de campo y/o laboratorio, fijando el tipo, calidad y cantidad de la muestra. Por otro lado, el tamaño de las partículas de un suelo puede ser muy variado, desde micras hasta bloques de grandes dimensiones. Asimismo, con la herramienta de granulometría se puede medir los granos de una formación sedimentaria (suelos), y de esta forma analizar la composición en porcentaje de los diversos tamaños de agregado en una muestra. Aspecto, que permite clasificar los diámetros de los sedimentos dentro del campo de la geología, sedimentología, mecánica de suelos y arqueología (INGEMMET, 2015). En síntesis, la principal finalidad del campo de la sedimentología es la de facilitar una serie de conocimientos sobre los procesos climático-morfológicos imperantes en el momento en que tuvo lugar la sedimentación, junto con su meteorización, tipo de erosión y la modalidad de transporte que los materiales han logrado experimentar desde la zona de origen hasta su depósito final.

Es preciso señalar que, en el estudio de la fracción arena, el método empleado es el tamizado en seco, mediante una columna de tamices, dispuestos las mallas de manera decreciente, desde los 2 mm en la parte superior hasta los 0.06 mm en la inferior.

Cuando se termina la ejecución del tamizado se procede a pesar los sedimentos retenidos en cada uno de los tamices luego se halla los cálculos de los porcentajes de frecuencia de tamaño y con estos datos se trazan las curvas semilogarítmicas de frecuencias y los histogramas, obteniendo también los distintos parámetros e índices granulométricos imprescindibles para la posterior interpretación de los resultados (INGEMMET, 2015).

Cabe recalcar que las muestras estudiadas se tomaron de las zonas aledañas a las playas seleccionando de (1 a 2) muestras de arenas y (1) de cantos rodados por su extensión y posición. Asimismo, este tipo de muestras pueden considerarse representativas según el grado de exposición, así como de las condiciones energéticas de cada zona. Tomando en cuenta tres aspectos:

*La morfología general de cada una, que informa sobre el grado de desarrollo, completo o incompleto, respecto a un sistema playa-duna típico.

*La distribución granulométrica permite conocer los mecanismos de transporte y la influencia de los diferentes agentes que controlan la sedimentación en las playas.

*El contenido en carbonatos biogénicos que forman la fracción bioclástica de las arenas estudiadas, es además un indicador sensible ante los diferentes aspectos geográficos.

4.3.1. Metodología para el estudio de muestras playeras en el laboratorio

4.3.1.1. Tratamiento de Muestras en el Sector Miraflores - Lurín. En el procedimiento del estudio de arenas se ha considerado los siguientes pasos:

A.- Análisis granulométrico de arenas

B.- Análisis mineralógico de arenas

C.- Análisis por Calcimetría

Metodología

El instrumental del laboratorio utilizado en granulometría son los Tamices, las Tapas, Fondos de los tamices, Balanza, Estufa, y la Tamizadora.

Tamizadora: Elemento mecánico que facilita el tamizado de las muestras, realiza el tamizado de una sola vez. Se coloca la batería de tamices de mayor a menor abertura de malla. Con el movimiento oscilatorio se realiza el tamizado de la muestra.

Figura 14

Imágenes referenciales de instrumentos del laboratorio (mallas, balanza, horno, tamizadora)



Nota. Tomado de Instrumentos de Laboratorio por BALTALAB, 2021([https:// www.baltalab.com/tamizador-analitico-electrico-modelo-ro-tap-rx-29/](https://www.baltalab.com/tamizador-analitico-electrico-modelo-ro-tap-rx-29/))

a. Análisis granulométrico de arenas. El análisis granulométrico se emplea de forma muy habitual, siendo común para la identificación y caracterización de los materiales geológicos en la ingeniería.

Procedimiento experimental

En cada estación de las 7 playas se han recogido 300 gramos de arena en bolsas codificadas, que posteriormente son llevadas al laboratorio de la UNI y de Oceanografía de la FOPCA -UNFV para el respectivo tratamiento que se detalla a continuación:

- Secar las muestras en una estufa ò al aire libre.
- Separar 300 gramos de arena seca por medio de un cuarteo y luego pesar (W).
- Pasar por el tamiz de 0,074 mm ò malla N° 200 con la finalidad de poder separar gravas, arenas gruesas y partículas menores, enseguida lavar para poder eliminar el contenido de limos y arcillas.
- Llevar la muestra lavada nuevamente a la estufa, por un tiempo aproximado de 24 horas.
- Pesar de nuevo la muestra seca (W_o) para ser tamizada.

- Proceder la separación de las distintas fracciones con una columna de tamices, de acuerdo con la escala de Krumbein del año 1934.
- Tomar nota de los pesos retenidos en cada malla ò tamiz terminando así el procedimiento mecánico.
- Con estos pesos se procede a calcular los porcentajes parciales retenidos y los porcentajes acumulados que pasan. Cabe resaltar que los errores del pesado en los tamices no deben ser mayores al 0,1%.

Los resultados obtenidos se expresan en los siguientes diagramas representativos:

❖ **Curvas de frecuencias acumulativas:** Se construye colocando en las ordenadas para cada dimensión de la abertura de la malla, la suma de los residuos de los tamices más finos ò más gruesos.

❖ **Histogramas:** Se coloca en las abscisas los grados sucesivos de escala granulométrica, y en las ordenadas las masas de las fracciones granulométricas correspondientes. Los histogramas son representaciones gráficas simples de la distribución de frecuencias, denominada también pirámide de frecuencia de distribución. Se grafica mediante barras verticales con un área proporcional a la cantidad de material de cada clase. Si el ancho de cada intervalo es igual, la altura de las barras es proporcional a la cantidad de material de cada clase.

❖ **Características de la frecuencia granulométrica:** La comparación entre los histogramas de cada muestra de sedimentos pone de manifiesto las semejanzas y diferencias entre los distintos componentes. En este sentido, Udden en el año 1914 describió en un histograma las características de un sedimento clástico.

- Clase Modal o predominante: Se le considera como el componente principal o máximo.

- Mezclas o Mixturas: Clases menores o subordinadas, se denominan mixturas gruesas o finas según contengan el grado más grueso o más fino del grupo modal.
- Mixturas Proximales: Son las dos clases adyacentes a la clase modal.
- Mixturas Distales: Son las alejadas del máximo.

Máximos Secundarios: Son los grados con menor cantidad de material, pero predominante sobre los vecinos.

➤ **Distribución del histograma:** Se clasifica del siguiente modo:

*Distribución Unimodal: Cuenta con un solo máximo, o un solo agente.

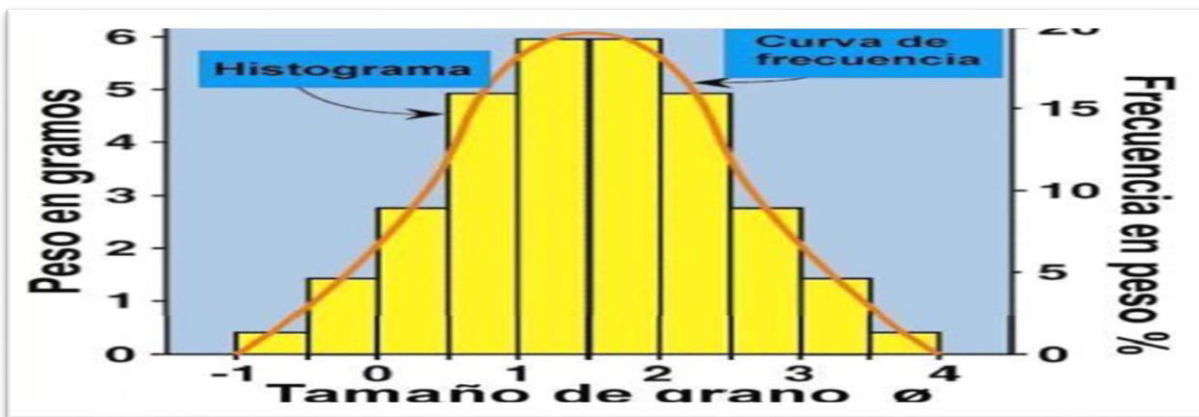
*Distribución Bimodal: Cuenta con dos máximos, son los más comunes, aunque con modas secundarias generalmente pequeñas (2 agentes con capacidades de carga diferente).

*Distribución Polimodal: Cuenta con varios máximos (variación en la energía del medio).

Las diferentes formas de los histogramas (por ejemplo, que contengan pocas o muchas clases, que sean simétricos o no, que predominen mixturas gruesas o finas, etc.), son en parte un reflejo de las condiciones de depositación, y que permiten al geólogo mediante su análisis, efectuar deducciones acerca de la historia geológica del sedimento.

Figura 15

Modelo de Histograma de sedimentos



Nota. Tomado de Granulometría Sedimentología, por Docplayer.es, 2011, (<https://docplayer.es/74373489-Granulometria-sedimentologia-año-2011.html>).

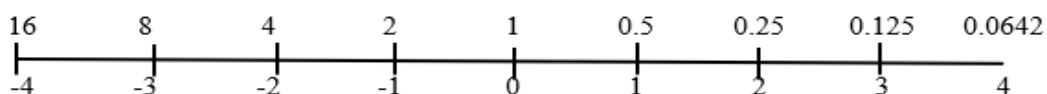
➤ **Curvas de frecuencia:** Se unen los puntos medios de cada columna del histograma con una línea en porcentajes y en las abscisas la doble escala (logarítmica y milimétrica), fundamentadas por las siguientes escalas:

- Escala granulométrica: Por razones de análisis estadístico, mantienen una relación simple entre sí. Es importante resaltar que la diferencia de tamaños es enorme, Por ejemplo, un bloque de un metro de largo es un millón de veces más grande que la arcilla de una micra. En relación a lo indicado, la variación en una escala lineal es inapropiada. Por lo tanto, en el caso de las arenas la escala natural de clasificación geométrica logarítmica se convierte en esencial (donde un milímetro entre bloques es insignificante), porque sirve para la realización de las curvas de frecuencia acumulativa junto con su respectiva interpretación. A continuación, se brinda la siguiente lista de escalas granulométricas según los diferentes autores:

- ✓ Udden (1898) usó razones 2, ½ y después (raíz de 2).
- ✓ Wentworth (1922) basó su escala granulométrica en las mismas razones.
- ✓ Krumbein (1934) propuso la escala PHI (\emptyset).
- ✓ Atterberg (1905) propuso escala geométrica, decimal y cíclica.

Cabe resaltar que Krumbein (1934) propuso la escala PHI (\emptyset), considerando que los límites de las clases de Udden se pueden expresar como una potencia de 2. Por lo tanto, se propuso emplear el logaritmo (en base 2) en lugar del diámetro, con el fin de evitar los números negativos en la categoría de arenas; considerando en los más finos, la multiplicación del logaritmo por (-1).

PHI = $-\log_2$ diámetro (mm).



En este mismo contexto, la obtención y el cálculo de los parámetros e índices de clasificación están dados por el índice de Trask, índice de Simetría, Agudeza de Kurtosis, Índice de Imman, Qdphi de Krumbein, Índice de Reviere, entre otros.

✓ Escala o Límites de Attemberg

El nombre se debe al científico sueco Albert Mauritz Attemberg (1846-1916), los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo.

Tabla 8

Clasificación de Suelos- Attemberg

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg (Sistema Internacional)
< 0,001	Arcilla
< 0,002	
0,005	Limo
0,01	
0,02	
0,05	
0,1	Arena Fina
0,25	
0,2	
0,5	Arena Gruesa
1,0	
2,0	
3,0	Grava Fina
5,0	
10,0	Grava gruesa y Piedras
20,0	
> 20,0	

Nota. Tomado de *Clasificación de Suelos de Attemberg*, por Editor Geoxnet, 2016

✓ Escala Krumbein

La escala de Krumbein (1934) representa cualquier tamaño de grano mediante números enteros en unidades phi. Cada unidad phi es definida como el logaritmo negativo del tamaño de grano, en milímetros, dividido entre el logaritmo de 2:

$$\phi = -\frac{\log X}{\log 2}$$

Donde: X= tamaño de grano en milímetros

✓ Escala de Wentworth

Esta Escala fue adoptada internacionalmente para la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias, aunque existen en uso muchas escalas granulométricas, la de Udden-Wentworth (comúnmente conocida como escala de Wentworth) es la más utilizada en geología. Fue propuesta en 1922 por C. K. Wentworth, basándose en la anterior escala de J. A. Udden, de 1898 (parte de 1 mm y es dividido o multiplicado por 2). Los límites de diámetro de cada clase, se definen según las partículas del tamaño de la arcilla (con diámetro menor de 1/256 mm) a bloques (con diámetro mayor de 256 mm).

• Índices Granulométricos (Parámetros e índices de clasificación):

La granulometría es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de materiales sedimentaria, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica, los cuales son:

○ Índice de Krumbein

Los índices de Krumbein permiten asignar los clastos a las curvas de isoesfericidad.

- Índice de Achatamiento = c/b
- Índice de Elongación = b/a

Para calcular los parámetros Q de Krumbein, se precisa construir previamente una regleta, que emplea la abscisa logarítmica de la curva estableciendo las siguientes correspondencias:

Tabla 9

Graduaciones para el cálculo del parámetro Q

mm	Graduaciones en la regleta
1	0
0,5	1
0,25	2
0,125	3
0,065	4

Nota. Elaboración propia, 2021

Los intervalos entre las unidades se dividen en diez partes iguales. Es decir, entre 0 y 1 habrá diez divisiones y así sucesivamente. El índice numérico Qp de Krumbein corresponde a la semi-distancia, en las abscisas de la curva entre Q1 y Q3, medida con la regleta, el cero se le hace coincidir con Q1.

$$Q_p \text{ de Krumbein} = \frac{\text{distancia } Q_1 - Q_3}{2}$$

- o Índice de Trask (So) / Clasificación de Trask

Indica dispersión-selección según la forma en que se distribuyen los individuos de una población alrededor del valor central. La expresión matemática de la selección es:

Medida gráfica:

$$\text{Según Trask: } S_o = \sqrt{Q_3/Q_1}$$

S_o = Selección (*sorting*)

Q_1 = Valor de los tamaños determinados por la intersección del valor 25% de la curva acumulativa.

Q_2 = Valor de los tamaños determinados por la intersección del valor 75% de la curva acumulativa.

Si $S_o = 1$: Sedimento perfectamente seleccionado

$S_o \leq 2.5$: Sedimento bien seleccionado

$S_o \leq 3$: Sedimento medianamente seleccionado

$S_o \leq 4.5$: Sedimento mal seleccionado

o Índice de Imman

Se denota como sigma, con la desviación típica de INMAN (en mm) y en unidades phi los valores de dispersión más bajos (horizontes limosos y limo-arenoso) y los más altos a niveles detríticos de arena y gravas de la unidad superior.

Desviación Standard:

$$\text{Std: } \delta_1 = \frac{(\Phi_{84} - \Phi_5)}{4} + \frac{(\Phi_{95} - \Phi_5)}{6.6}$$

Si Std:	≥ 0.35	= muy bien seleccionado
	0.35 a 0.50	= bien seleccionado
	0.50 a 1	= moderadamente seleccionado
	1.00 a 2.00	= pobremente seleccionado
	2.00 a 4.00	= muy pobremente
	>4.00	= extremadamente mal seleccionado

El Índice de Inman indica el grado de selección granulométrica, siendo la más baja cuando los mayores intervalos de grado estén involucrados en la distribución (a mayor valor de desvío peor selección). También refleja el tipo de agente de transporte (medida del grado de fluidez o viscosidad) y su capacidad seleccionadora.

○ Índice de Asimetría

Es una medida independiente de la selección e indica predominio de una población con respecto a la otra. La asimetría es un parámetro que relaciona la separación de los extremos (colas) de la población con la media. De esta forma existen dos tipos de asimetría según exista un exceso de partículas gruesas (asimetría negativa) o finas (asimetría positiva). Medida gráfica: cálculo de la simetría = S_k (sesgo).

$$Ska = \frac{(Q_1 + Q_3 - 2Md)}{2}$$

$$Sk = \frac{\sqrt{Q_1 * Q_3}}{Md^2}$$

Dónde: Ska = asimetría aritmética, si $Ska = 0$, su simetría es perfecta.

Sk = asimetría geométrica, si $Sk = 1$, su simetría es perfecta.

Md = mediana

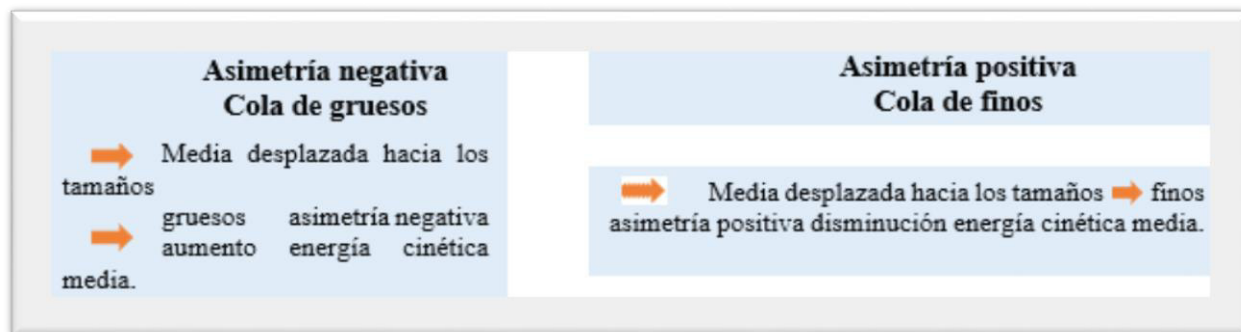
Q_3 = Valor de los tamaños determinados por la intersección del valor 25% de la curva;

Q_1 = Valor de los tamaños determinados por la intersección del valor 75% de la curva acumulativa.

Desde el punto de vista geológico, la asimetría de una curva de frecuencia es un indicio de la contaminación de un sedimento por otro. Así, las muestras fuertemente asimétricas son el resultado de la mezcla de ambientes sedimentarios. El estudio del grado y sentido de asimetría de una curva de frecuencia permite inferir qué tipo de granulometría es la dominante y cuál es la subordinada en un determinado sedimento.

Figura 16

Grado de asimetría de una curva de frecuencia



Nota. Elaboración propia, 2021

- Índice de Kurtosis (agudeza de Kurtosis)

Es la comparación entre la dispersión de la parte central y los extremos en la curva de frecuencia.

Curtosis gráfica:

$$Ka = \frac{Q3 - Q1}{2(P10 - P90)}$$

Donde, P90 = valor granulométrico correspondiente al porcentaje 90

P10 = valor granulométrico correspondiente al porcentaje 10

Q3 = valor de los s tamaños determinados por la intersección del valor 25% de la curva

Q1 = valor de los tamaños determinados por la intersección del valor 75% de la curva

acumulativa. Con base en la forma de la curva de frecuencia, se puede clasificar en

Platicúrtica, cuando el sedimento está muy disperso (mal seleccionado), normal o

Mesocúrtica, cuando el sedimento está poco disperso (bien seleccionado) y leptocúrtica,

cundo el sedimento está (poco disperso).

Donde: $K < 0.67$ = Muy Platicúrtica

$0.67 - 0.90$ = Platicúrtica

$0.90 - 1.11$ = Mesocúrtica

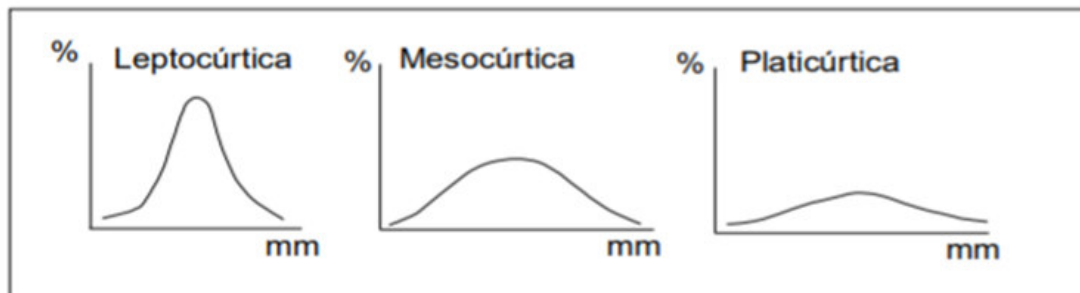
$1.11 - 1.50$ = Leptocúrtica

1.50 – 3.00 = Muy Leptocúrtica

> 3.00 = Extremadamente Leptocúrtica.

Figura 17

Modelos de Curvas de Frecuencias



Nota. Elaboración propia, 2020

4.4. Resultados sedimentológicos de las muestras de Miraflores a Lurín

La Granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria o de suelos, esto implica su origen, sus propiedades mecánicas; para ellos se requiere de una escala granulométrica que es una herramienta en los campos de la geología, sedimentología, mecánica de suelos y arqueología. Una escala granulométrica también nos sirve para clasificar los diámetros de los sedimentos (INGEMMET, 2015).

Por consiguiente, la granulometría, es la composición en porcentaje de los diversos tamaños de agregado en una muestra, donde esta proporción indica una cifra que representa en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices y que se utiliza de manera óptima para este tipo de medición (Toirac, 2012). A continuación, se detalla los resultados de la granulometría de sedimentos, curvas de frecuencia acumulada, histogramas, cálculo de parámetros e índices de clasificación de las muestras estudiadas.

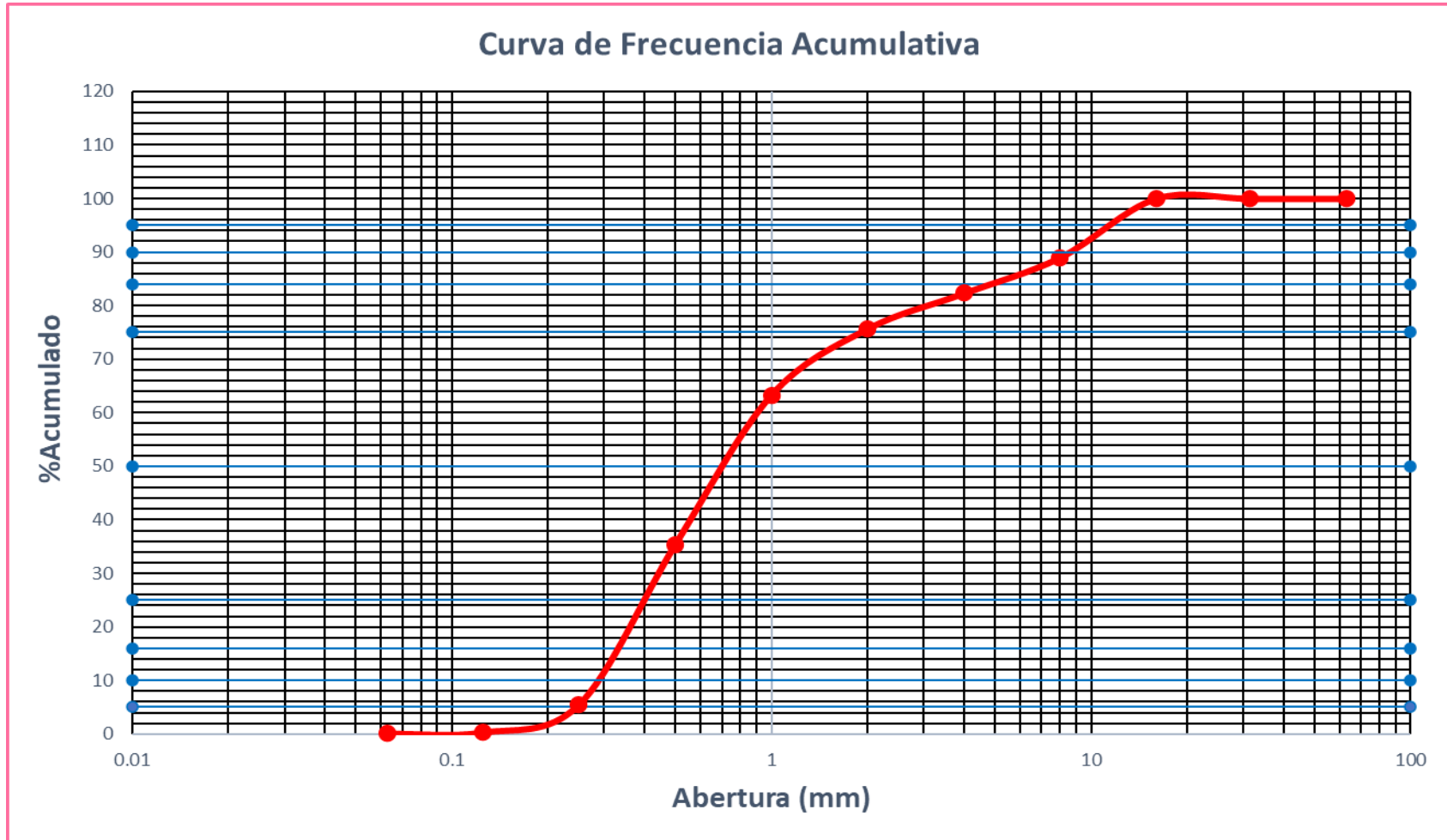
Tabla 10*Playa 1. Miraflores, Valores para obtener la curva granulométrica*

Muestra 1: Miraflores			Fecha de muestreo: 30/10/2021		Peso muestra seca (g): 2161.42				
Profundidad (m): 1.50			Fecha de análisis: 10/11/2021						
			Ubicación: 18L	Este: 279250	Norte: 8657684				
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Peso retenido (g)	% Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado	% Frecuencia Acumulada	Acumulado Retenido	
2 ½ “	63	-6	0	0	100	100	0	0	
1 ¼ “	31.5	-5	0	0	100	100	0	0	
5/8 “	16	-4	238.3	11.03	88.974	100	11.026	238.3	
5/16 “	8	-3	144.1	6.67	82.307	88.974	17.693	382.4	
N° 5	4	-2	143.5	6.64	75.668	82.307	24.332	525.9	
N° 10	2	-1	267.5	12.38	63.292	75.668	36.708	793.42	
N° 18	1	0	604.33	27.96	35.332	63.292	64.668	1397.75	
N° 35	0.5	1	645.25	29.85	5.479	35.332	94.521	2043	
N° 60	0.25	2	111.44	5.16	0.323	5.479	99.677	2154.44	
N° 120	0.125	3	4.86	0.22	0.098	0.323	99.902	2159.3	
N° 230	0.063	4	1.77	0.08	0.016	0.098	99.984	2161.07	
Fondo		> 4	0.35	0.02	0	0.016	100	2161.42	
	Σ		2161.42	100					

Nota. Elaboración propia, 2020.

Figura 18

Curva de Frecuencia Acumulativa de la muestra Miraflores



Nota. Gráfico de la Curva de Frecuencia Acumulativa muestra de Miraflores. Elaboración propia, 2020.

Tabla 11*Tabulación de muestra Miraflores*

Abertura (mm)	Acumulado (%)
63	100
31.5	100
16	100
8	88.97
4	82.31
2	75.67
1	63.29
0.5	35.33
0.25	5.48
0.125	0.32
0.063	0.1

Nota. Elaboración propia, 2020**Figura 19***Clasificación por diferentes autores de la Playa Miraflores*

Según C. K. Wentworth		
1 mm	Arena gruesa	0.5 mm
Según Attemberg		
2 mm	Arena Gruesa	0.5 mm
Según N. M. Strakhov		
10 mm	Gravas	1 mm
Según la escala geológica Internacional		
2 mm	Arenita	1/16 mm

Nota. Elaboración propia, 2020

Tabla 12*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos playa Miraflores*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	°1
Md	0.72
Q1	0.42
Q3	1.98
P16	0.35
P84	4.99
P5	0.26
P10	0.29
P90	8.89
P95	10.32
Índice de Trask	2.171240593
Índice de Simetría	0.874532975
Kurtosis	2.642917192
Índice de Imman	2.684242424
Qdphi de Krumbein	0.78

Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Resultado de la muestra Miraflores**

Índice de Trask:

$1.00 < 2.171 \leq 2.5 \rightarrow$ Sedimento bien Seleccionada

De acuerdo con el Índice de Trask (So) el resultado de 2.171 que se obtuvo es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica la forma en que se distribuyen los individuos de una población alrededor del valor central.

Índice de Simetría

$0.30 < 0.875 < 1.00 \rightarrow$ Asimetría muy positiva (Alto exceso de finos)

De acuerdo con el Índice de Simetría el resultado de 0.875 que se obtuvo significa que predominan los sedimentos gruesos con moderado exceso de finos subordinado.

Kurtosis

$1.50 < 2.643 < 3.00 \rightarrow$ Muy leptocúrtica

Según el Índice de Agudeza el resultado 2.643 que se obtuvo con base en la forma de la curva de frecuencia se clasifica en muy leptocúrtica. Esto indica que el sedimento se encuentra concentrado.

Tabla 13

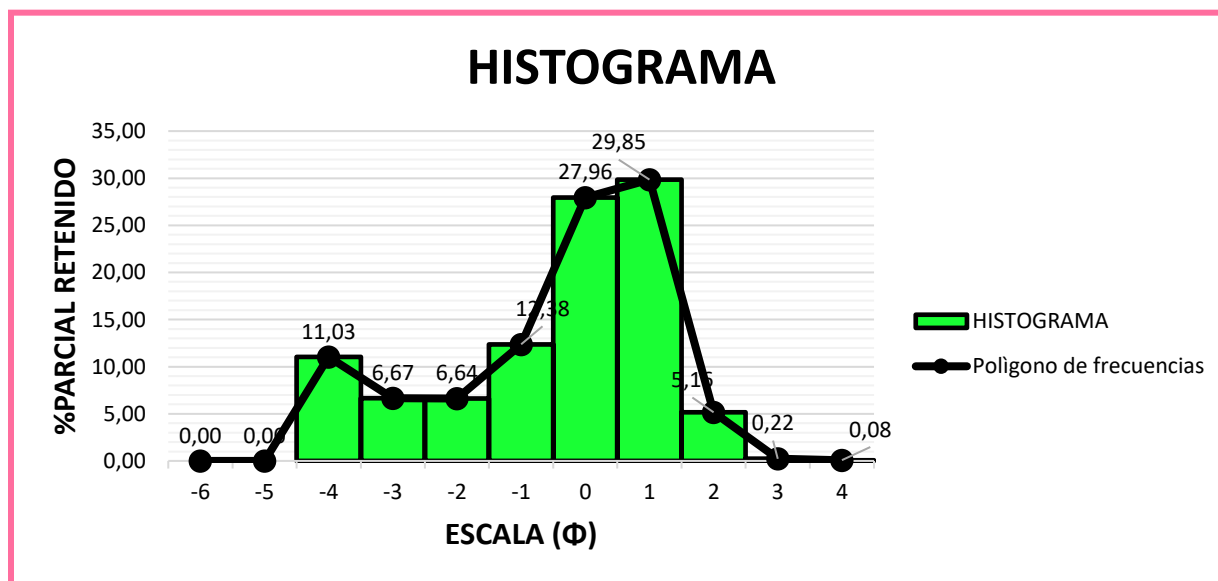
Histograma de frecuencia muestra Miraflores

Escala (Φ)	% Parcial retenido
-6	0
-5	0
-4	11.03
-3	6.67
-2	6.64
-1	12.38
0	27.96
1	29.85
2	5.16
3	0.22
4	0.08
>4	0.02

Nota. Elaboración Propia, 2020

Figura 20

Histograma de la muestra Miraflores



Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación del Histograma de la muestra Miraflores**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma bimodal debido a que se observa 2 modas (Principal y secundario) que representan las mayores concentraciones de sedimentos cuando las aberturas de mallas son -1 y 1 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de arena de playa y también grava de playa con predominancia de mezclas finas.

Tabla 14

Cálculos en base a parámetros (muestra Miraflores)

Parámetros	Muestra Miraflores
P5	0.26
P16	0.35
Q1	0.42
Md	0.72
Q3	1.98
P84	4.99
P95	10.32
Md²	0.5184
Q1 * Q3	0.8316
Q3 - Q1	1.56
P90 - P10	8.6
So	2.171240593
Sk	0.874532975
K	2.642917192
I	2.684242424
Qd \emptyset	0.78
(Q1) -1	-0.58
Q3/Q1	4.714285714
(Md) -1	-0.28
(P5) -1	-0.74
P95/P5	39.69230769
2(P90 - P10)	17.2
(2(P90 - P10))-1	16.2

Nota. Elaboración Propia, 2020

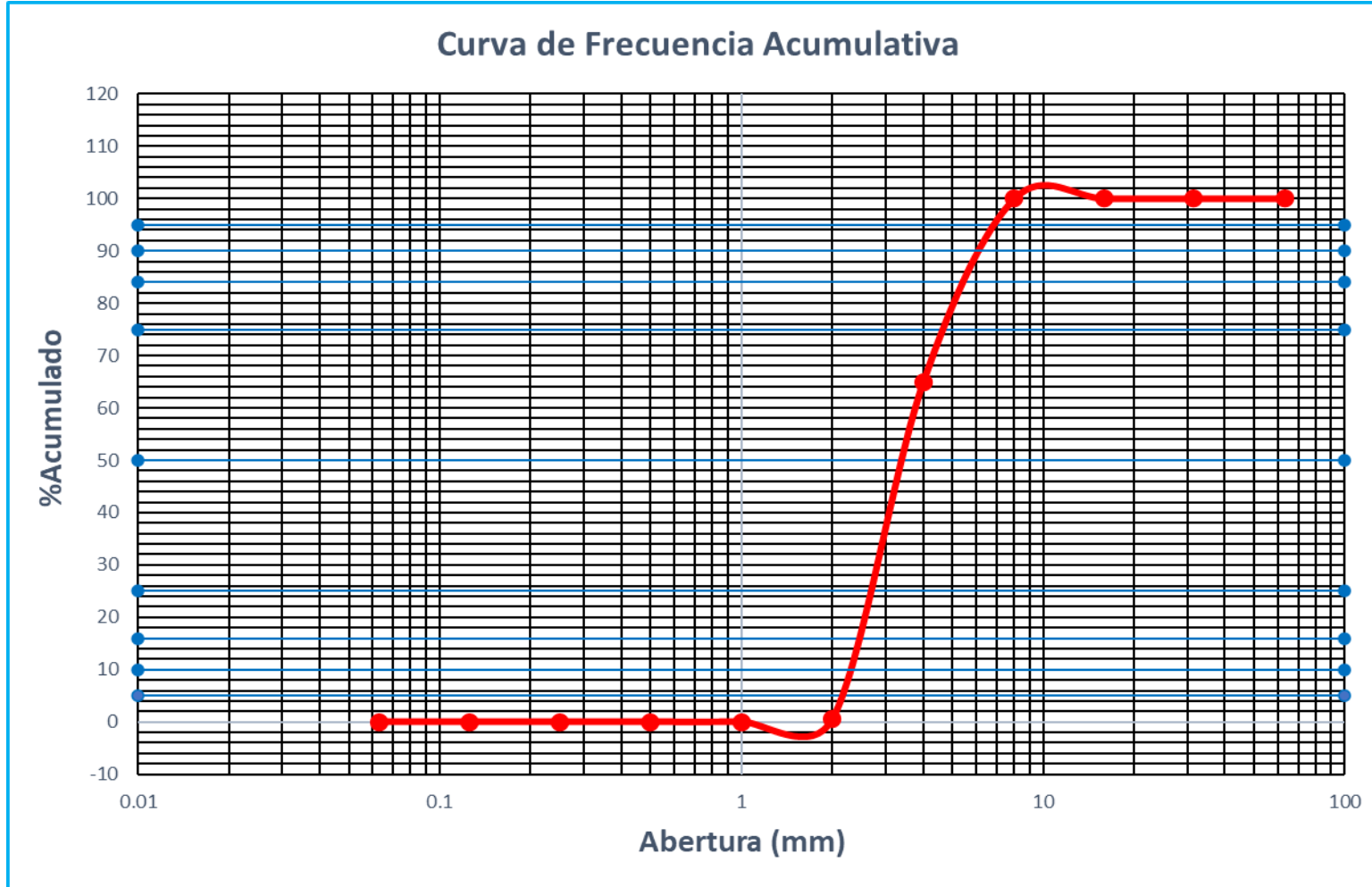
Tabla 15*Playa 2. Barranco, Valores para obtener la curva granulométrica*

Muestra: Barranco			Fecha de muestreo: 30/10/2021		Peso muestra seca (g): 1894.54				
Profundidad (m): 1.0			Fecha de análisis: 10/11/2021						
			Ubicación: 18L	Este: 279488	Norte: 8656739				
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Peso retenido (g)	% Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado	% Frecuencia Acumulado	Acumulado Retenido	
2 ½ "	63	-6	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0	
1 ¼ "	31.5	-5	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0	
5/8 "	16	-4	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0	
5/16 "	8	-3	663.1	35.00	64.997	100.000	35.003	663.1	
Nº 5	4	-2	1220.9	64.45	0.552	64.997	99.448	1884.1	
Nº 10	2	-1	10.26	0.54	0.011	0.552	99.989	1894.340	
Nº 18	1	0	0.2	0.01	0.000	0.011	100.000	1894.540	
Nº 35	0.5	1	0	0.00	0.000	0.000	100.000	1894.540	
Nº 60	0.25	2	0	0.00	0.000	0.000	100.000	1894.540	
Nº 120	0.125	3	0	0.00	0.000	0.000	100.000	1894.540	
Nº 230	0.063	4	0	0.00	0.000	0.000	100.000	1894.540	
Fondo		>4	0	0.00	0.000	0.000	100.000	1894.540	
Σ			1894.540	100.00					

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 21

Curva de Frecuencia Acumulativa de la muestra Barranco



Nota. En la curva granulométrica se ubicará los valores de los cuartiles y percentiles. Elaboración Propia, 2020

Tabla 16*Tabulación de muestra Barranco*

Abertura (mm)	% Acumulado
63	100
31.5	100
16	100
8	100
4	65
2	0.55
1	0.01
0.5	0
0.25	0
0.125	0
0.063	0

Nota. Elaboración propia, 2020**Figura 22***Clasificación por diferentes autores de la Playa Barranco*

Según C.K. Wentworth		
64 mm	Gravas	4 mm
Según Attemberg		
2 mm	Arena gruesa	0.5 mm
Según N. M. Strakhov		
10 mm	Gravas	1 mm
Según la escala geológica Internacional		
>2 mm	Ruditas	2 mm

Nota. Elaboración propia, 2020

Tabla 17*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos Playa Barranco*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	2
Md	3.48
Q1	2.82
Q3	4.86
P16	2.58
P84	5.58
P5	2.14
P10	2.35
P90	5.98
P95	6.99
Índice de Trask	1.31278492
Índice de Simetría	0.42371134
Kurtosis	0.974365156
Índice de Imman	1.484848485
Qdphi de Krumbein	1.02

Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación de la Muestra Barranco**

Índice de Trask:

$1.00 < 1.313 \leq 2.5 \rightarrow$ Sedimento bien Seleccionada

De acuerdo con el Índice de Trask (So) el resultado de 1.313 que se obtuvo es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica la forma en que se distribuyen los individuos de una población alrededor del valor central.

Índice de Simetría:

$0.30 < 0.424 < 1.00 \rightarrow$ Asimetría muy positiva (Alto exceso de finos).

De acuerdo con el Índice de Simetría el resultado de 0.424 que se obtuvo significa que predominan los sedimentos gruesos con moderado exceso de finos subordinados.

Kurtosis:

$0.90 < 0.974 < 1.11 \rightarrow$ Mesocúrtica

Según el Índice de Agudeza el resultado 0.974 que se obtuvo en base a la forma de la curva de frecuencia se clasifica en Mesocúrtica. Esto indica que tiene una distribución normal. (Concentración media).

Índice de Imman:

$1.00 < 1.485 < 2.00 \rightarrow$ Pobrementemente seleccionada

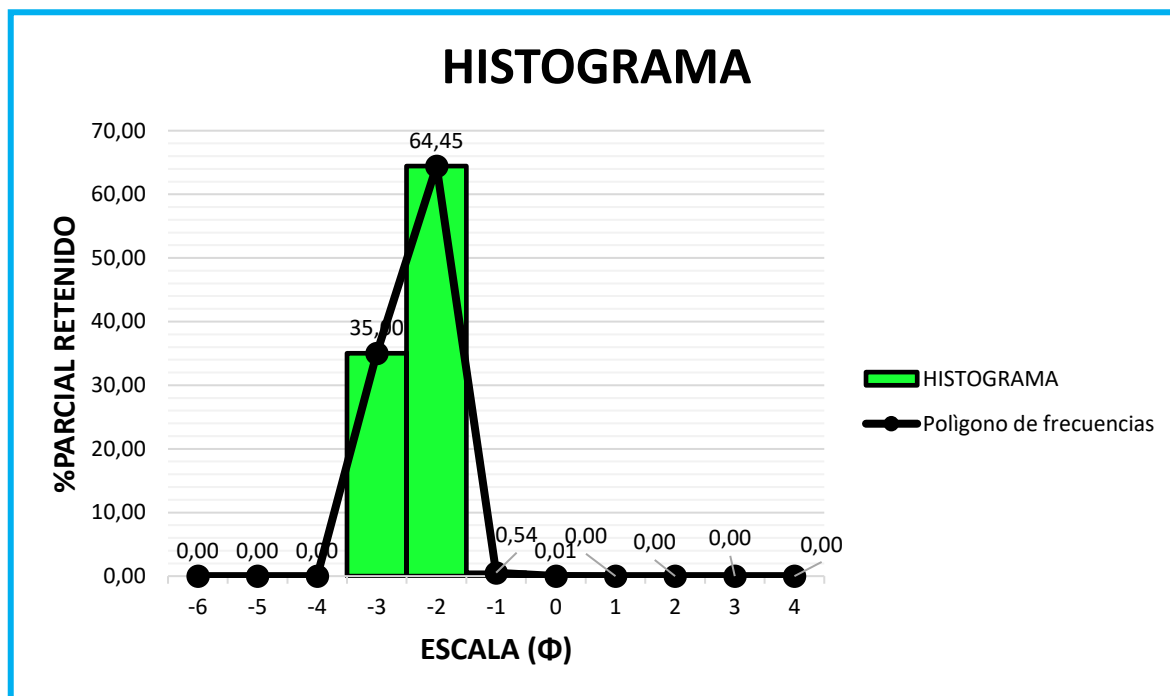
Según el Índice de Imman el resultado es 1.485 que se obtuvo en base a la forma de la curva de frecuencia se clasifica como pobrementemente seleccionada, lo que indica que hay una baja concentración de sedimentos.

Tabla 18

Histograma de frecuencia muestra Barranco

Escala (Φ)	% Parcial retenido
-6	0
-5	0
-4	0
-3	35
-2	64,45
-1	0,54
0	0,01
1	0
2	0
3	0
4	0
>4	0

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 23*Histograma de la Muestra Barranco**Nota.* Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación del histograma de la muestra Barranco**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma unimodal debido a que se observa una única moda (Valor máximo) que representa la mayor concentración de sedimentos cuando la abertura de malla es -2 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de la grava de playa con predominancia de mezclas gruesas.

Tabla 19*Cálculos en base a parámetros (muestra Barranco)*

Parámetros	Muestra Barranco
P5	2.14
P16	2.58
Q1	2.82
Md	3.48
Q3	4.86
P84	5.58
P95	6.99
Md²	12.1104
Q1 * Q3	13.7052
Q3 - Q1	2.04
P90 - P10	3.63
So	1.312784923
Sk	0.42371134
K	0.974365156
I	1.484848485
Qd ø	1.02
(Q1) -1	1.82
Q3/Q1	1.723404255
(Md) -1	2.48
(P5) -1	1.14
P95/P5	3.26635514
2(P90 - P10)	7.26
(2(P90 - P10))-1	6.26

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 20

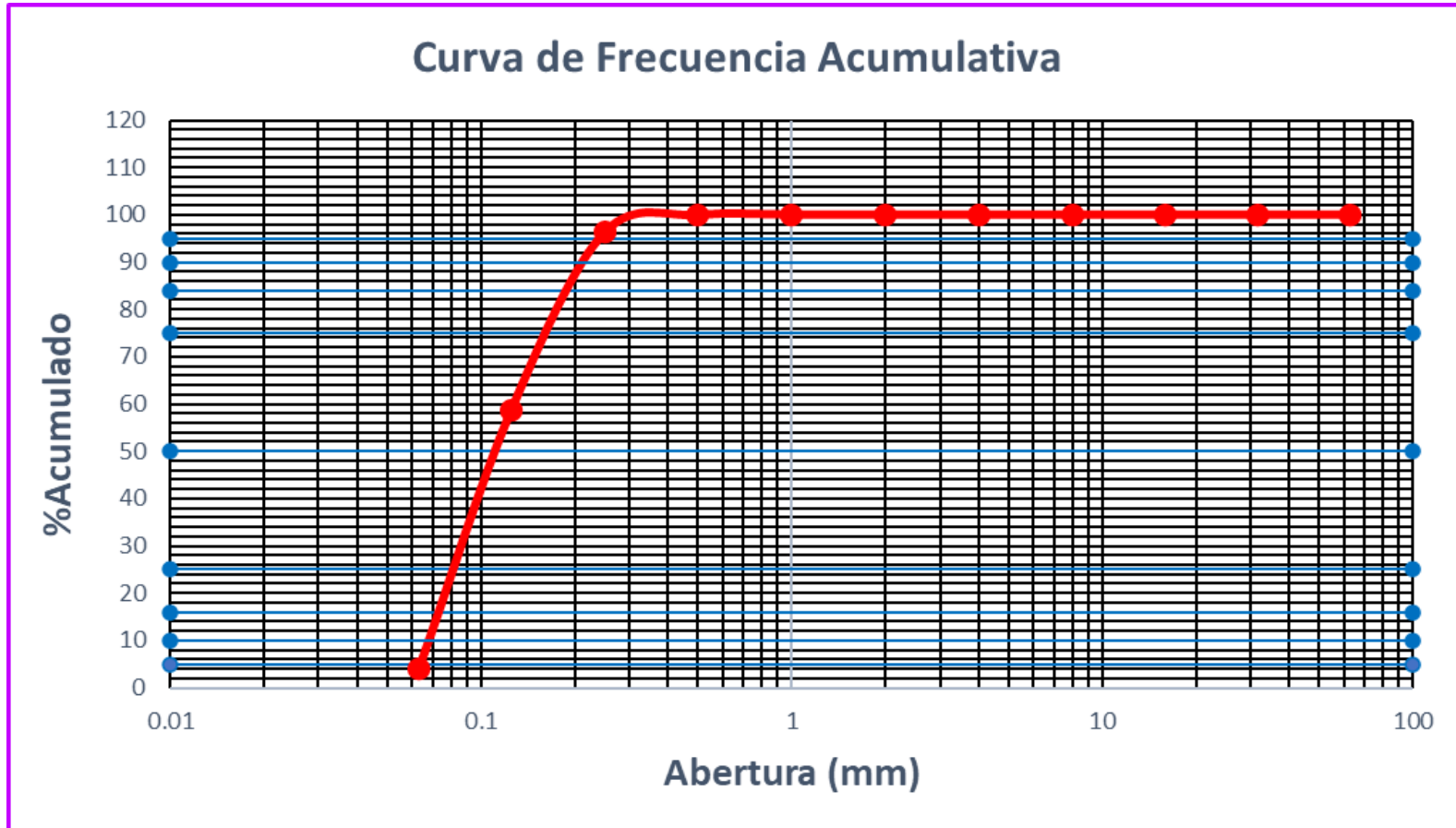
Playa 3. Agua Dulce- Chorrillos, datos granulométricos de Chorrillos obtenidos de las muestras según el tamaño de malla

Muestra: Playa Agua Dulce-Chorrillos			Fecha de muestreo: 30/10/2021		Peso muestra seca (g): 310.25				
Profundidad (m): 0.50			Fecha de análisis: 10/11/2021		Norte: 8 653 338N				
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Ubicación: 18L	Este: 279250			% Frecuencia Acumulado	Acumulado Retenido	
			Peso retenido (g)	% Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado			
2 ½ "	63	-6	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0	
1 ¼ "	31.5	-5	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0	
5/8 "	16	-4	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0	
5/16 "	8	-3	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0	
N° 5	4	-2	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0	
N° 10	2	-1	0.13	0.02	99.979	100.000	0.02	0.130	
N° 18	1	0	0.37	0.06	99.918	99.979	0.08	0.500	
N° 35	0.5	1	22.36	3.66	96.254	99.918	3.75	22.860	
N° 60	0.25	2	229.01	37.53	58.726	96.254	41.27	251.870	
N° 120	0.125	3	333.38	54.63	4.095	58.726	95.90	585.250	
N° 230	0.063	4	24.88	4.08	0.018	4.095	99.98	610.130	
	Fondo	> 4	0.11	0.02	0.000	0.018	100.00	610.240	
		Σ	610.240	100.00					

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 24

Curva de Frecuencia acumulativa de playa Agua Dulce (Chorrillos)



Nota. Gráfico de la Curva de Frecuencia Acumulativa muestra de Playa Agua Dulce- Chorrillos. Elaboración Propia, 2020

Tabla 21*Tabulación de muestra playa Agua Dulce (Chorrillos)*

Abertura (mm)	% Acumulado
63	100
31.5	100
16	100
8	100
4	100
2	100
1	99.98
0.5	99.92
0.25	96.25
0.125	58.73
0.063	4.1

Nota. Elaboración propia, 2020**Figura 25***Clasificación por diferentes autores de la Playa Agua Dulce (Chorrillos)*

Según C.K. Wentworth		
0.25 mm	Arena Fina	0.125 mm
Según Attemberg		
0.2	Arena Fina	0.05
Según N. M. Strakhov		
1 mm	Arenas	0.1 mm
Según la escala geológica Internacional		
2 mm	Arenitas	1/16 mm

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 22*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos Playa Agua Dulce (Chorrillos)*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	3
Md	0.12
Q1	0.081
Q3	0.17
P16	0.073
P84	0.19
P5	0.064
P10	0.068
P90	0.215
P95	0.245
Índice de Trask	1.448711646
Índice de Simetría	0.288898333
Kurtosis	0.833448683
Índice de Imman	0.056674242
Qdphi de Krumbein	0.0445

Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación de la muestra Agua Dulce-Chorrillos**

Índice de Trask:
 $1.00 < 1.449 \leq 2.5 \rightarrow$ Sedimento bien Seleccionada

De acuerdo con el Índice de Trask (So) el resultado de 1.449 que se obtuvo es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica que los clastos se distribuyen cerca del valor central (Moda principal).

Índice de Simetría
 $0.10 < 0.289 < 0.30 \rightarrow$ Asimetría positiva (Moderado exceso de finos)

De acuerdo con el Índice de Simetría el resultado de 0.289 que se obtuvo significa que predominan los sedimentos gruesos con presencia moderada de finos subordinados.

Kurtosis

$0.67 < 0.833 < 0.90 \rightarrow$ Platicúrtica

Según el Índice de Agudeza el resultado 0.833 que se obtuvo con base en la forma de la curva de frecuencia se clasifica en Platicúrtica. Esto indica que el sedimento se encuentra disperso (Baja concentración).

Tabla 23

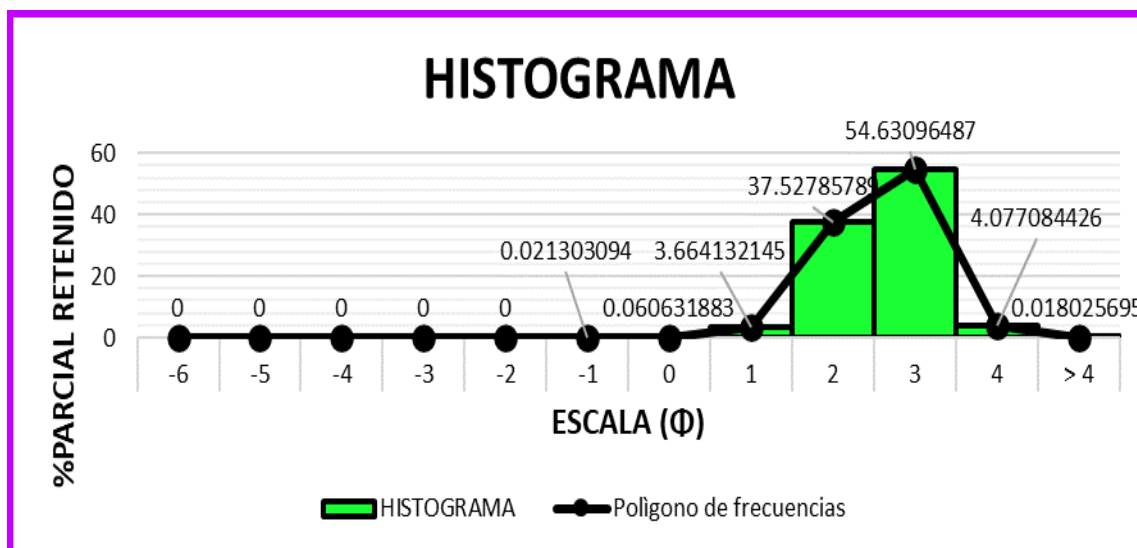
Histograma de frecuencia muestra Playa Agua Dulce-Chorrillos

Escala (Φ)	% Parcial Retenido
-6	0
-5	0
-4	0
-3	0
-2	0
-1	0.02
0	0.06
1	3.66
2	37.53
3	54.63
4	4.08
> 4	0.02

Nota. Elaboración Propia, 2020

Figura 26

Histograma de la muestra Agua Dulce - Chorrillos



Nota. Elaboración propia, 2020

- **Interpretación del Histograma de la muestra Agua Dulce - Chorrillos**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma unimodal debido a que se observa una única moda (Valor máximo) que representa la mayor concentración de sedimentos cuando la abertura de malla es 3 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de arena de playa con predominancia de mezclas gruesas.

Tabla 24

Cálculos en base a parámetros muestra playa Agua Dulce (Chorrillos)

Parámetros	Muestra Playa Agua Dulce-Chorrillos
P5	0.064
P16	0.073
Q1	0.081
Md	0.12
Q3	0.17
P84	0.19
P95	0.245
Md²	0.0144
Q1 * Q3	0.01377
Q3 - Q1	0.089
P90 - P10	0.147
So	1.448711646
Sk	0.288898333
K	0.83348683
I	0.056674242
Qd ϕ	0.0445
(Q1) -1	-0.919
Q3/Q1	2.098765432
(Md) -1	-0.88
(P5) -1	-0.936
P95/P5	3.828125
2(P90 - P10)	0.294
(2(P90 - P10))-1	-1

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 25

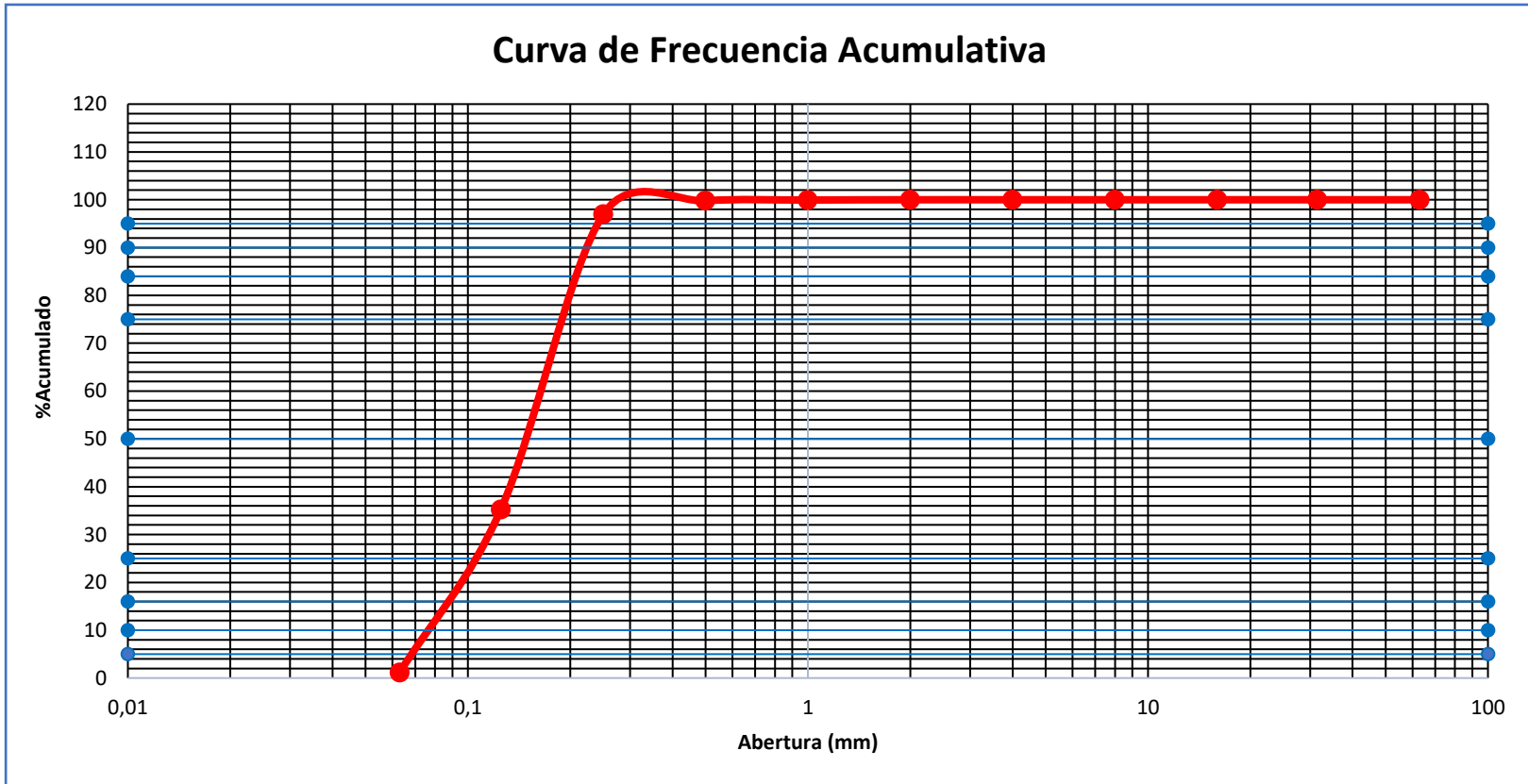
Playa 4. La Herradura – Chorrillos, datos granulométricos obtenidos de las muestras según el tamaño de malla

Muestra: La Herradura-Chorrillos			Fecha de muestreo: 30/10/2021		Peso muestra seca (g): 598.75			
Profundidad (m): 0.80			Fecha de análisis: 10/11/2021					
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Ubicación: 18L		Este: 279402E	Norte: 8654900N		
			Peso retenido (g)	% Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado	% Frecuencia Acumulada	Acumulado Retenido
2 ½ "	63	-6	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0
1 ¼ "	31.5	-5	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
5/8 "	16	-4	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
5/16 "	8	-3	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
N° 5	4	-2	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
N° 10	2	-1	0.34	0.06	100.000	100.000	0.057	0.340
N° 18	1	0	1.02	0.17	99.943	99.943	0.227	1.360
N° 35	0.5	1	17.04	2.85	99.773	99.773	3.073	18.400
N° 60	0.25	2	369.44	61.70	96.927	96.927	64.775	387.840
N° 120	0.125	3	203.96	34.06	35.225	35.225	98.839	591.800
N° 230	0.063	4	6.85	1.14	1.161	1.161	99.983	598.650
Fondo		> 4	0.1	0.02	0.017	0.017	100.000	598.750
	Σ		598.750	100.00				

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 27

Curva de frecuencia acumulativa de la muestra La Herradura - Chorrillos



Nota. Gráfico de la Curva de Frecuencia Acumulativa muestra de La Herradura-Chorrillos. Elaboración Propia, 2020

Tabla 26*Tabulación de muestra La Herradura (Chorrillos)*

Abertura (mm)	% Acumulado
63	100
31.5	100
16	100
8	100
4	100
2	100
1	99.94
0.5	99.77
0.25	96.93
0.125	35.23
0.063	1.16

Nota. Elaboración propia, 2020**Figura 28***Clasificación por diferentes autores de la Playa La Herradura (Chorrillos)*

Según C.K. Wentworth		
0.5 mm	Arena mediana	0.25 mm
Según Attemberg		
0.2	Arena Fina	0.05
Según N. M. Strakhov		
1 mm	Arenas	0.1 mm
Según la escala geológica Internacional		
2 mm	Arenitas	1/16 mm

Nota. Elaboración propia, 2020

Tabla 27*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos playa La Herradura - Chorrillos*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	4
Md	0.178
Q1	0.123
Q3	0.194
P16	0.089
P84	0.23
P5	0.069
P10	0.078
P90	0.246
P95	0.275
Índice de Trask	1.256
Índice de Simetría	-0.160331887
Kurtosis	1.189101824
Índice de Imman	0.066462121
Qdphi de Krumbein	0.0355

Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación de la muestra La Herradura - Chorrillos**

Índice de Trask:

$1.00 < 1.256 \leq 2.5 \rightarrow$ Sedimento bien Seleccionada

De acuerdo con el Índice de Trask (So) el resultado de 1.256 que se obtuvo es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica la forma en que se distribuyen los individuos de una población alrededor del valor central.

Índice de Simetría

$-0.30 < -0.160 < -0.10 \rightarrow$ Asimetría negativa (Moderado exceso de gruesos)

De acuerdo con el Índice Simetría (So) el resultado de 1.256 que se obtuvo es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica.

Kurtosis

$$1.11 < 1.189 < 1.50 \rightarrow \text{Leptocúrtica}$$

Según el Índice de Agudeza el resultado 1.189 que se obtuvo con base en la forma de la curva de frecuencia se clasifica en Leptocúrtica. Esto indica que el sedimento se encuentra concentrado.

Índice de Imman

$$0.066 \leq 0.359 \rightarrow \text{Muy bien Seleccionada}$$

De acuerdo con el Índice de Inman (Std) el resultado de 0.066 que se obtuvo está muy bien seleccionado, esto quiere decir que los valores de distribución de los clastos están muy bien distribuidos.

Tabla 28

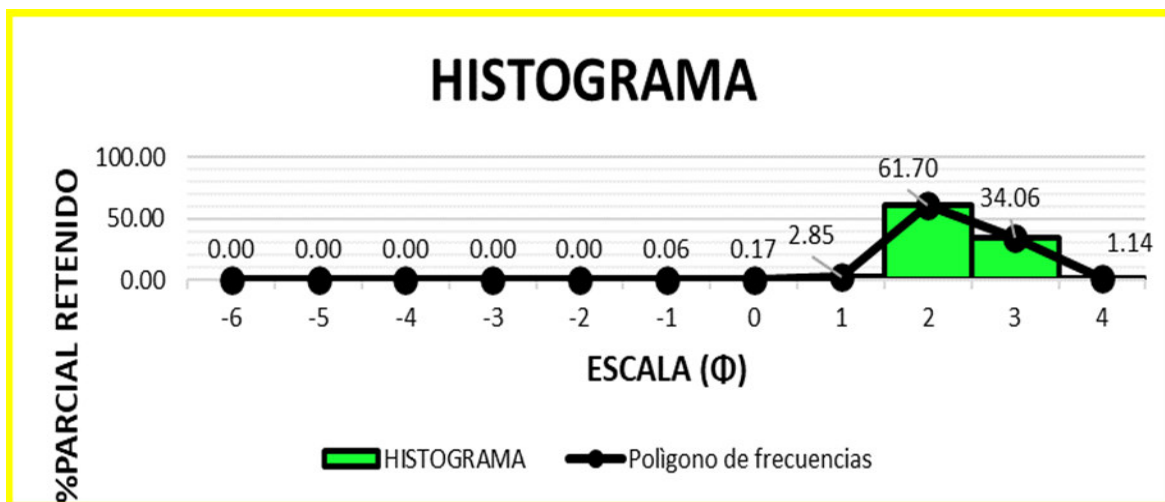
Histograma de frecuencia muestra La Herradura (Chorrillos)

Escala (Φ)	% Parcial Retenido
-6	0
-5	0
-4	0
-3	0
-2	0
-1	0.06
0	0.17
1	2.85
2	61.7
3	34.06
4	1.14
> 4	0.02

Nota. Elaboración Propia, 2020

Figura 29

Histograma de la muestra La Herradura – Chorrillos



Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación de la muestra La Herradura - Chorrillos**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma unimodal debido a que se observa una única moda (Valor máximo) que representa la mayor concentración de sedimentos cuando la abertura de malla es 2 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de arena de playa con predominancia de mezclas gruesas.

Tabla 29*Cálculos en base a parámetros (muestra La Herradura-Chorrillos)*

Parámetros	Muestra La Herradura-Chorrillos
P5	0.069
P16	0.089
Q1	0
Md	0.178
Q3	0.194
P84	0.23
P95	0.275
Md²	0.031684
Q1 * Q3	0
Q3 - Q1	0.194
P90 - P10	0.168
So	1.255880477
Sk	-0.160331887
K	1.189101824
I	0.066462121
Qd ø	0.0355
(Q1) -1	-1
Q3/Q1	1.577235772
(Md) -1	-0.822
(P5) -1	-0.931
P95/P5	3.985507246
2(P90 - P10)	0.336
(2(P90 - P10))-1	-0.664

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 30

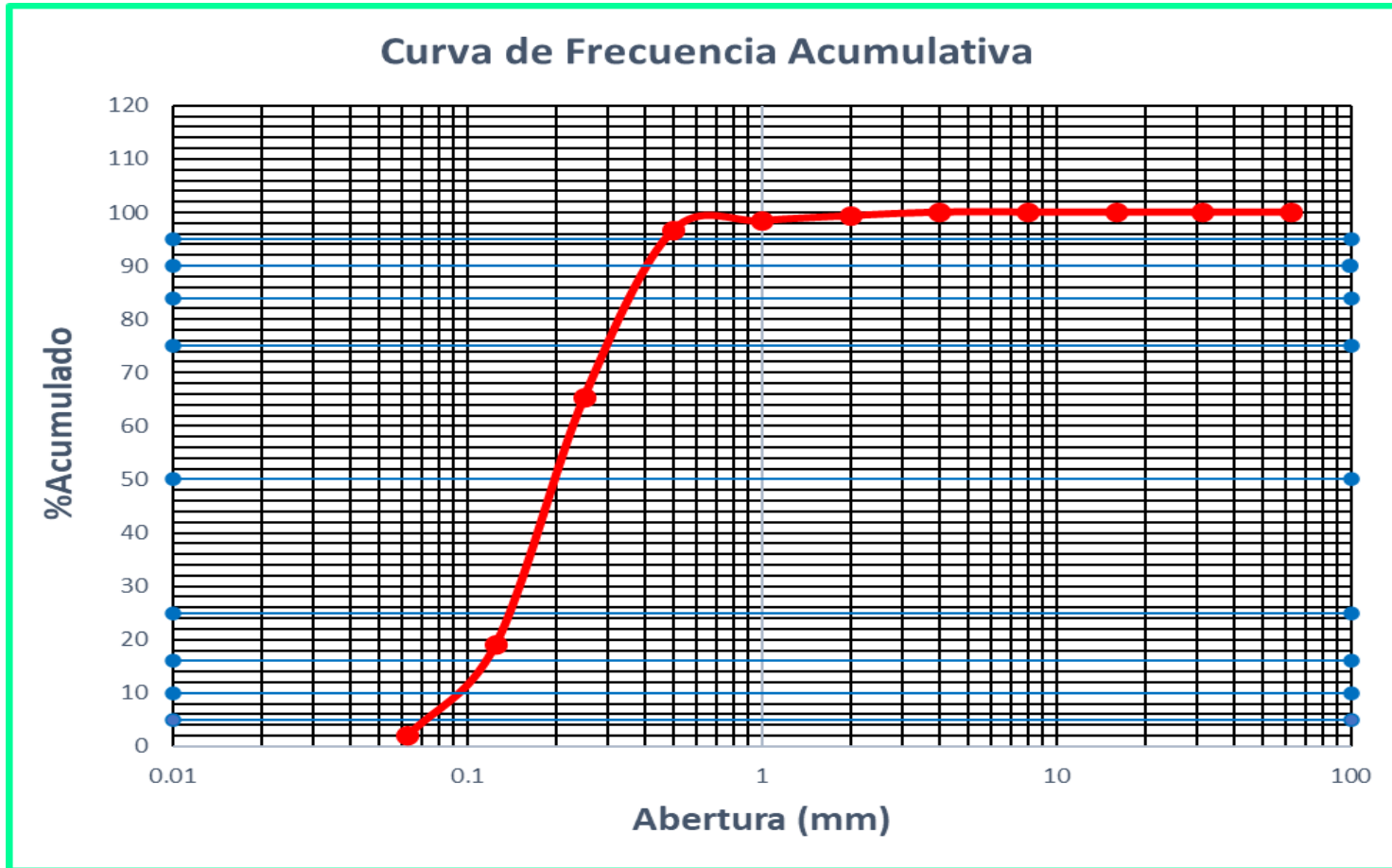
Playa 5. La Chira, datos granulométricos de la muestra según el tamaño de malla

Muestra: La Chira			Fecha de muestreo: 30/10/2021		Peso muestra seca (g): 619.11			
Profundidad (m): 1.50			Fecha de análisis: 10/11/2021					
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Ubicación: 18L		Este: 278740E	Norte: 8650665N	% Frecuencia Acumulado	Acumulado Retenido
			Peso retenido (g)	% Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado		
2 ½ "	63	-6	0.0	0.00	100.000	100.00	0.00	0.0
1 ¼ "	31.5	-5	0.0	0.00	100.000	100.00	0.000	0.0
5/8 "	16	-4	0.0	0.00	100.000	100.00	0.000	0.0
5/16 "	8	-3	0.0	0.00	100.000	100.00	0.000	0.0
N° 5	4	-2	4.6	0.68	99.319	100.00	0.681	4.6
N° 10	2	-1	6.36	0.94	98.380	99.32	1.620	10.970
N° 18	1	0	12.5	1.85	96.533	98.38	3.467	23.470
N° 35	0.5	1	211.57	31.25	65.282	96.53	34.718	235.040
N° 60	0.25	2	313.38	46.29	18.993	65.28	81.007	548.420
N° 120	0.125	3	114.66	16.94	2.056	18.993	97.944	663.080
N° 230	0.063	4	11.94	1.76	0.292	2.056	99.708	675.020
Fondo		> 4	1.98	0.29	0.000	0.292	100.000	677.000
	Σ		677.000	100.00				

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 30

Curva de frecuencia acumulativa de playa La Chira



Nota. Gráfico de la Curva de Frecuencia Acumulativa muestra La Chira. Elaboración Propia, 2020

Tabla 31*Tabulación de muestra La Chira*

Abertura (mm)	% Acumulado
63	100
31.5	100
16	100
8	100
4	100
2	99.32
1	98.38
0.5	96.53
0.25	65.28
0.125	18.99
0.063	2.06

Nota. Elaboración propia, 2020**Figura 31***Clasificación por diferentes autores de la Playa La Chira*

Según C.K. Wentworth		
0.5 mm	Arena mediana	0.25 mm
Según Attemberg		
2	Arena Gruesa	0.5
Según N. M. Strakhov		
1 mm	Arenas	0.1 mm
Según la escala geológica Internacional		
2 mm	Arenitas	1/16 mm

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 32*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos playa La Chira*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	5
Md	0.2
Q1	0.15
Q3	0.3
P16	0.129
P84	0.36
P5	0.0725
P10	0.095
P90	0.409
P95	0.478
Índice de Trask	1.414213562
Índice de Simetría	0.378214059
Kurtosis	1.107923497
Índice de Imman	0.119189394
Qdphi de Krumbein	0.075

Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación de la muestra La Chira**

Índice de Trask:

$$1.00 < 1.414 \leq 2.5 \rightarrow \text{Sedimento bien Seleccionada}$$

De acuerdo con el Índice de Trask (So), el valor que se obtuvo de 1.414 es de un sedimento bien seleccionado. Este resultado nos indica que los clastos se distribuyen cerca del valor central (Moda principal).

Índice de Simetría

$0.30 < 0.378 < 1.00 \rightarrow$ Asimetría muy positiva (Alto exceso de finos)

De acuerdo al Índice de Simetría el resultado de 0.378 que se obtuvo significa que predominan los sedimentos gruesos con un alto exceso de finos subordinados.

Kurtosis

$0.90 < 1.108 < 1.11 \rightarrow$ Mesocúrtica

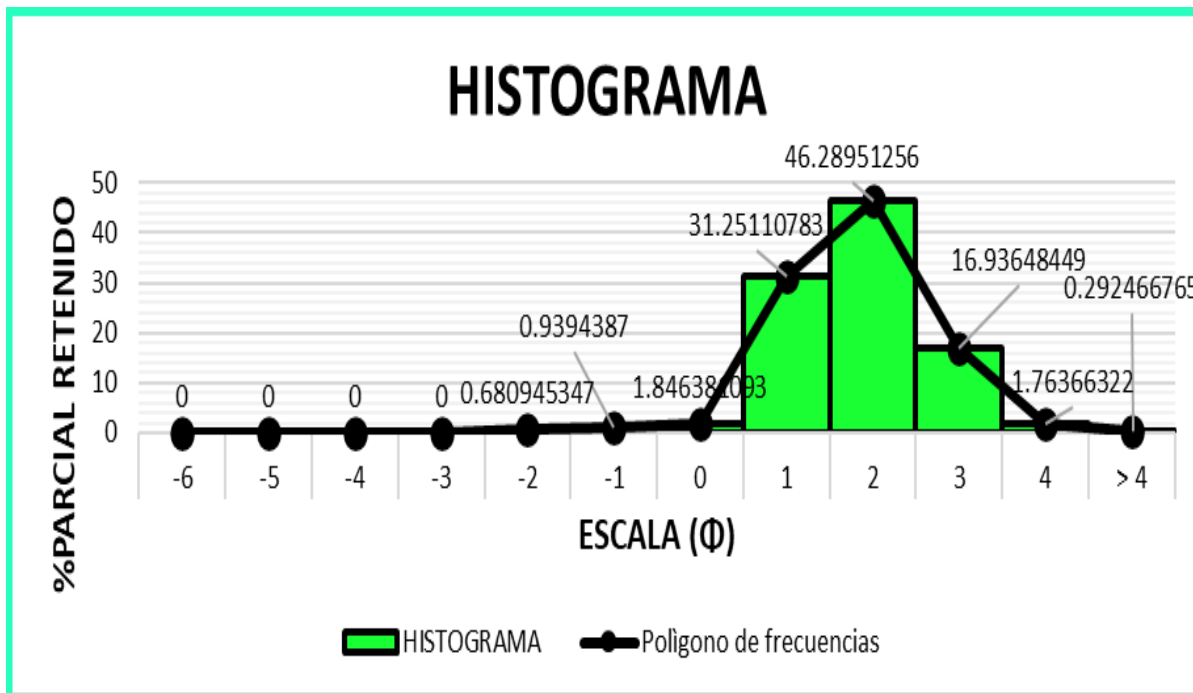
Según el Índice de Agudeza el resultado 1.108 que se obtuvo en base a la forma de la curva de frecuencia se clasifica en Mesocúrtica. Esto indica que tiene una distribución normal (Concentración media).

Tabla 33

Histograma de frecuencia muestra La Chira

Escala (Φ)	% Parcial Retenido
-6	0
-5	0
-4	0
-3	0
-2	0.68
-1	0.94
0	1.85
1	31.25
2	46.29
3	16.94
4	1.76
> 4	0.29

Nota. Elaboración Propia, 2020

Figura 32*Histograma de la muestra La Chira*

Nota. Elaboración propia, 2020

- **Interpretación del Histograma de la muestra La Chira**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma unimodal debido a que se observa una única moda (Valor máximo) que representa la mayor concentración de sedimentos cuando la abertura de malla es 2 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de arena de playa con predominancia de mezclas gruesas.

Tabla 34

Cálculos en base a los parámetros de la muestra de sedimento playa La Chira

Parámetros	Muestra Chorrillos
P5	0.0725
P16	0.129
Q1	0.15
Md	0.2
Q3	0.3
P84	0.36
P95	0.478
Md²	0.04
Q1 * Q3	0.045
Q3 - Q1	0.15
P90 - P10	0.314
So	1.414213562
Sk	0.378214059
K	1.107923497
I	0.119189394
Qd ø	0.075
(Q1) -1	-0.85
Q3/Q1	2
(Md) -1	-0.8
(P5) -1	-0.9275
P95/P5	6.593103448
2(P90 - P10)	0.628
(2(P90 - P10))-1	-1

Nota. Elaboración propia, 2020

Tabla 35

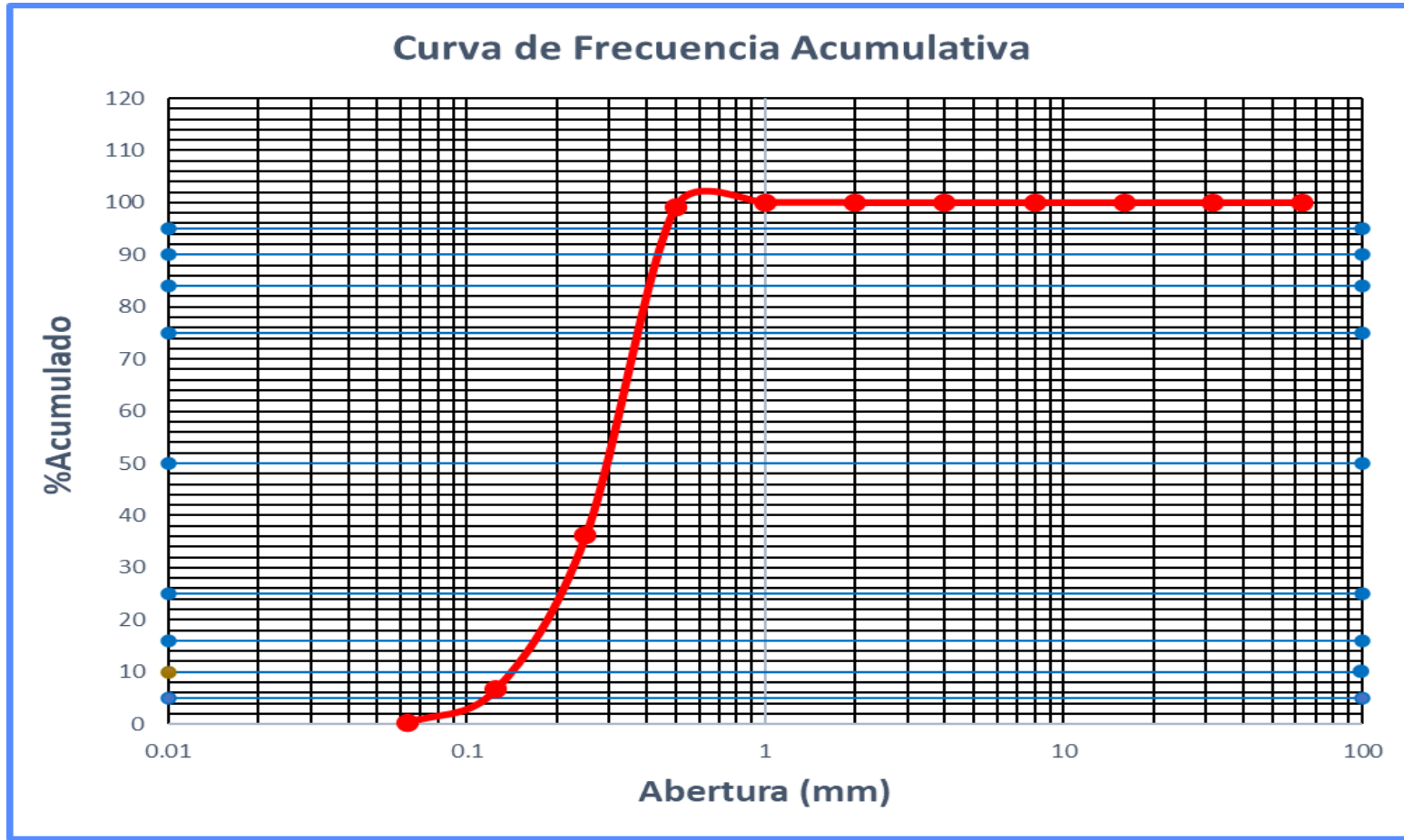
Playa 6. Villa, datos granulométricos de la muestra según el tamaño de malla

Muestra: Villa			Fecha de muestreo: 30/10/2021		Peso muestra seca (g): 566.22			
Profundidad (m): 0.50			Fecha de análisis: 10/11/2021					
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Ubicación: 18L		Este: 283095E	Norte: 8647890N		
			Peso retenido (g)	% Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado	% Frecuencia Acumulada	Acumulado Retenido
2 ½ "	63	-6	0.0	0.00	100.000	100.000	0.00	0.0
1 ¼ "	31.5	-5	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
5/8 "	16	-4	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
5/16 "	8	-3	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
N° 5	4	-2	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.0
N° 10	2	-1	0.0	0.00	100.000	100.000	0.000	0.000
N° 18	1	0	4.57	0.81	99.193	100.000	0.807	4.570
N° 35	0.5	1	356.28	62.92	36.269	99.193	63.731	360.850
N° 60	0.25	2	167.39	29.56	6.706	36.269	93.294	528.240
N° 120	0.125	3	36.48	6.44	0.263	6.706	99.737	564.720
N° 230	0.063	4	1.45	0.26	0.007	0.263	99.993	566.170
	Fondo	> 4	0.04	0.01	0.000	0.007	100.000	566.210
		Σ	566.210	100.00				

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 33

Curva de Frecuencia acumulativa Playa Villa



Nota. Gráfico de la Curva de Frecuencia Acumulativa muestra Villa. Elaboración Propia, 2020

Tabla 36

Tabulación de muestra playa Villa

Abertura (mm)	% Acumulado
63	100
31.5	100
16	100
8	100
4	100
2	100
1	100
0.5	99.19
0.25	36.27
0.125	6.71
0.063	0.26

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 34

Clasificación por diferentes autores de la Playa Villa

Según C.K. Wentworth		
1 mm	Arena gruesa	0.5 mm
Según Attemberg		
2	Arena Gruesa	0.5
Según N. M. Strakhov		
1 mm	Arenas	0.1 mm
Según la escala geológica Internacional		
2 mm	Arenitas	1/16 mm

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 37*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos Playa Villa*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	6
Md	0.295
Q1	0.22
Q3	0.37
P16	0.172
P84	0.41
P5	0.129
P10	0.15
P90	0.435
P95	0.471
Índice de Trask	1.296849329
Índice de Simetría	-0.00218684
Kurtosis	0.93442623
Índice de Imman	0.111318182
Qdphi de Krumbein	0.075

Nota. Elaboración Propia, 2020

- ***Interpretación de la muestra Villa***

Índice de Trask:

$1.00 < 1.297 \leq 2.5 \rightarrow$ Sedimento bien Seleccionada

De acuerdo con el Índice de Trask (So) el resultado de 1.297 que se obtuvo es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica que los clastos se distribuyen cerca del valor central (Moda principal).

Índice de Simetría

$-0.10 < -0.002 < 0.10 \rightarrow$ Casi asimétrico

De acuerdo con el Índice de Simetría, el resultado de -0.002 que se obtuvo significa que predominan tanto sedimentos gruesos, como sedimentos finos.

Kurtosis

$0.90 < 0.934 < 1.11 \rightarrow$ Mesocúrtica

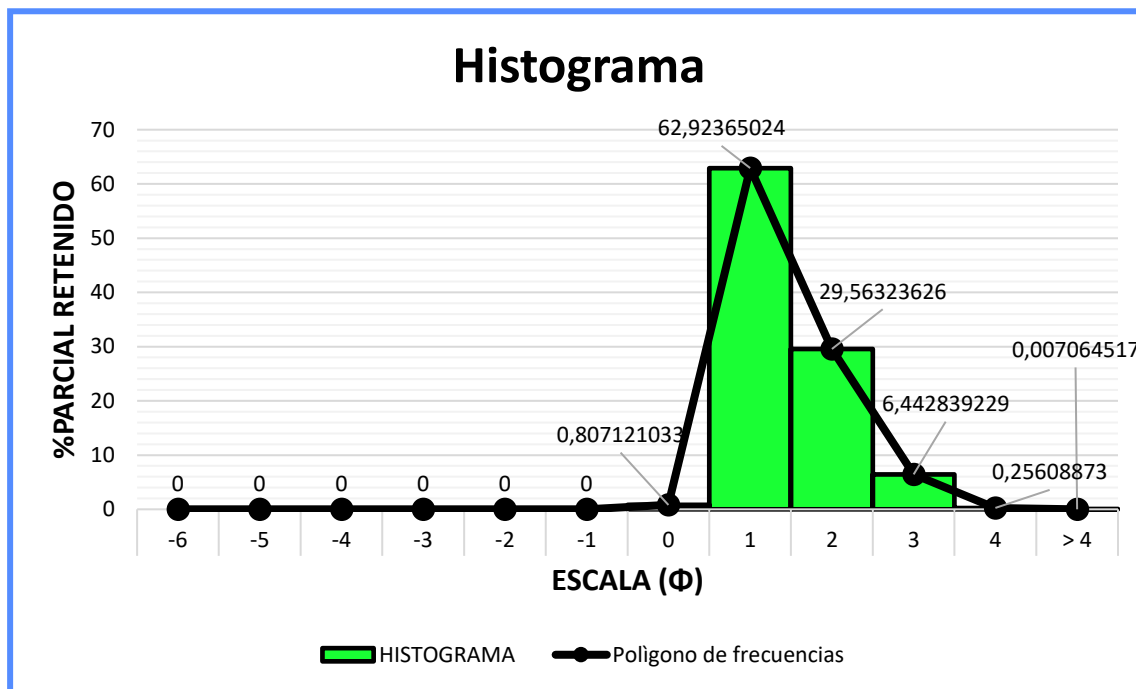
Según el Índice de Agudeza el resultado 0.934 que se obtuvo en base a la forma de la curva de frecuencia se clasifica en Mesocúrtica. Esto indica que tiene una distribución normal (Concentración media).

Tabla 38

Histograma de frecuencia de la muestra Villa

Escala (Φ)	% Parcial Retenido
-6	0
-5	0
-4	0
-3	0
-2	0
-1	0
0	0.81
1	62.92
2	29.56
3	6.44
4	0.26
>4	0.01

Nota. Elaboración Propia, 2020

Figura 35*Histograma de la muestra Villa**Nota.* Elaboración propia, 2020

- **Interpretación del Histograma de la muestra Villa**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma unimodal debido a que se observa una única moda (Valor máximo) que representa la mayor concentración de sedimentos cuando la abertura de malla es 1 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de arena de playa con predominancia de mezclas finas.

Tabla 39*Cálculos en base a los parámetros (muestra Playa Villa)*

Parámetros	Muestra Villa
P5	0.129
P16	0.172
Q1	0.22
Md	0.295
Q3	0.37
P84	0.41
P95	0.471
Md²	0.087025
Q1 * Q3	0.0814
Q3 - Q1	0.15
P90 - P10	0.285
So	1.296849329
Sk	-0.00218684
K	0.93442623
I	0.111318182
Qd ø	0.075
(Q1) -1	-0.78
Q3/Q1	1.681818182
(Md) -1	-0.705
(P5) -1	-0.871
P95/P5	3.651162791
2(P90 - P10)	0.57
(2(P90 - P10))-1	-1

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 40

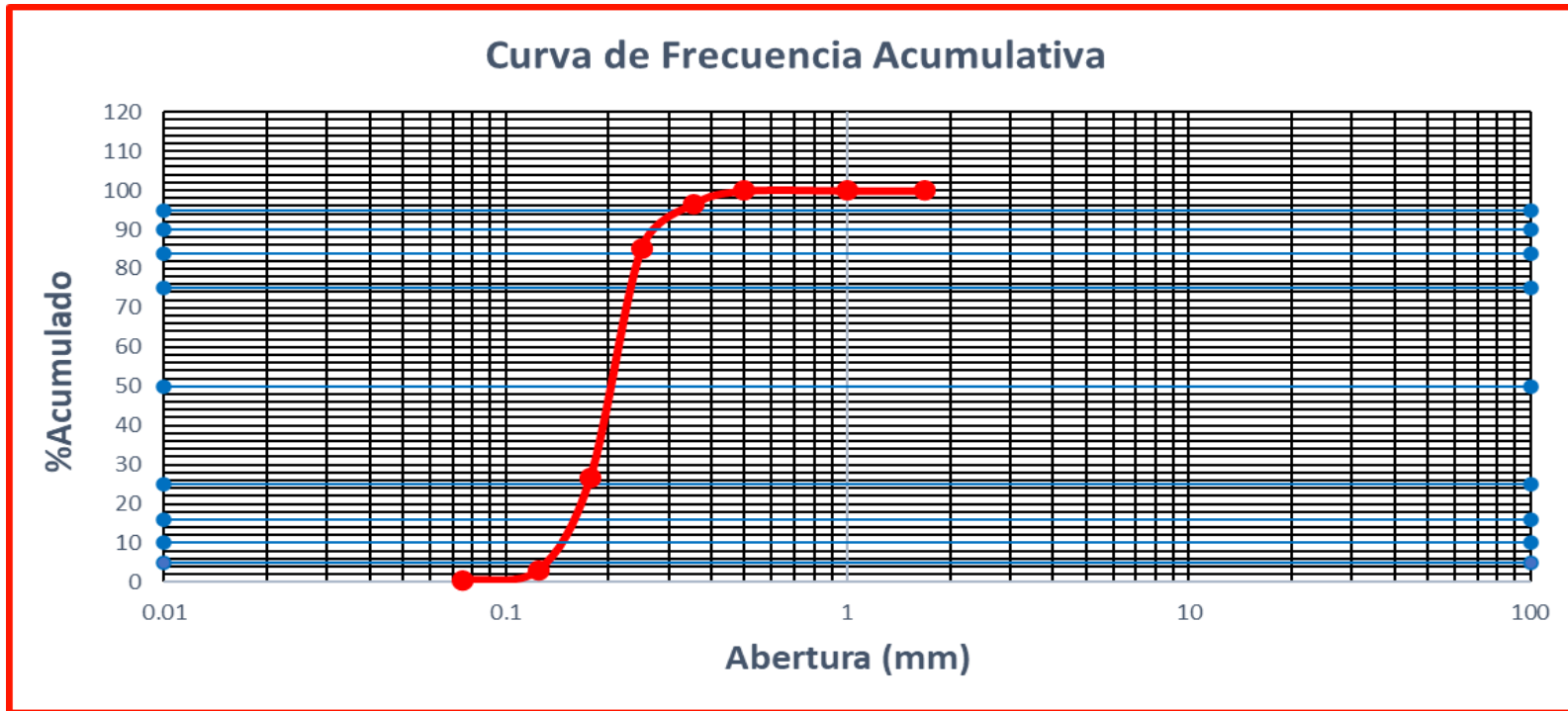
Playa 7. Mamacona, datos granulométricos de las muestras según el tamaño de malla

Muestra: Mamacona Profundidad (m): 1.50			Fecha de muestreo: 30/10/2021 Fecha de análisis: 10/11/2021		Peso muestra seca (g): 139.8322				
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Ubicación: 18L	Este: 293155E	Norte: 8643010N				
			Peso retenido (g)	% Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado	% Frecuencia Acumulado	Acumulado Retenido	
N° 12	1.680	-0.75	0.0	0.000	100.000	100.00	0.000	0.000	
N° 18	1.000	0.00	0.1	0.073	99.927	100.00	0.073	0.103	
N° 35	0.500	1.00	4.7	3.332	96.595	99.93	3.405	4.762	
N° 45	0.354	1.50	15.8	11.294	85.300	96.59	14.700	20.555	
N° 60	0.250	2.00	82.0	58.651	26.649	85.30	73.351	102.568	
N° 80	0.177	2.50	32.9725	23.580	3.069	26.65	96.931	135.540	
N° 120	0.125	3.00	3.745	2.678	0.391	3.07	99.609	139.285	
N° 200	0.075	3.74	0.1048	0.075	0.316	0.39	99.684	139.390	
	Fondo	> 3.74	0.4421	0.316	0.000	0.32	100.000	139.832	
		Σ	139.832	100.00					

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 36

Curva de frecuencia acumulativa Playa Mamacona



Nota. Gráfico de la Curva de Frecuencia Acumulativa muestra de Mamacona. Elaboración Propia, 2020

Tabla 41*Tabulación de muestra Playa Mamacona*

Abertura (mm)	% Acumulado
1.68	100
1	100
0.5	99.93
0.354	96.59
0.25	85.3
0.177	26.65
0.125	3.07
0.075	0.39

Nota. Elaboración propia, 2020**Figura 37***Clasificación por diferentes autores de la Playa Mamacona*

Según C.K. Wentworth		
0.5 mm	Arena mediana	0.25 mm
Según Attemberg		
0.2	Arena Fina	0.05
Según N. M. Strakhov		
1 mm	Arenas	0.1 mm
Según la escala geológica Internacional		
2 mm	Arenitas	1/16 mm

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 42*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos Playa Mamacona*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	7
Md	0.205
Q1	0.18
Q3	0.23
P16	0.16
P84	0.25
P5	0.14
P10	0.155
P90	0.27
P95	0.32
Índice de Trask	1.130388331
Índice de Simetría	0.138888889
Kurtosis	1.475409836
Índice de Imman	0.049772727
Qdphi de Krumbein	0.025

Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación de la muestra Mamacona**

Índice de Trask:

$1.00 < 1.130 \leq 2.5 \rightarrow$ Sedimento bien Seleccionada

De acuerdo con el Índice de Trask (So) el resultado que se obtuvo de 1.130 es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica la forma en que se distribuyen los individuos de una población alrededor del valor central (Moda principal).

Índice de Simetría

$0.10 < 0.139 < 0.30 \rightarrow$ Asimetría positiva (Moderado exceso de finos)

De acuerdo con el Índice de Simetría, el resultado que se obtuvo de 0.139 significa que predominan los sedimentos gruesos con moderado exceso de finos subordinados.

Kurtosis

$$1.11 < 1.475 < 1.50 \rightarrow \text{Leptocúrtica}$$

Según el Índice de Agudeza el resultado que se obtuvo de 1.475, con base en la forma de la curva de frecuencia, se clasifica en leptocúrtica. Esto indica que el sedimento se encuentra concentrado.

Tabla 43

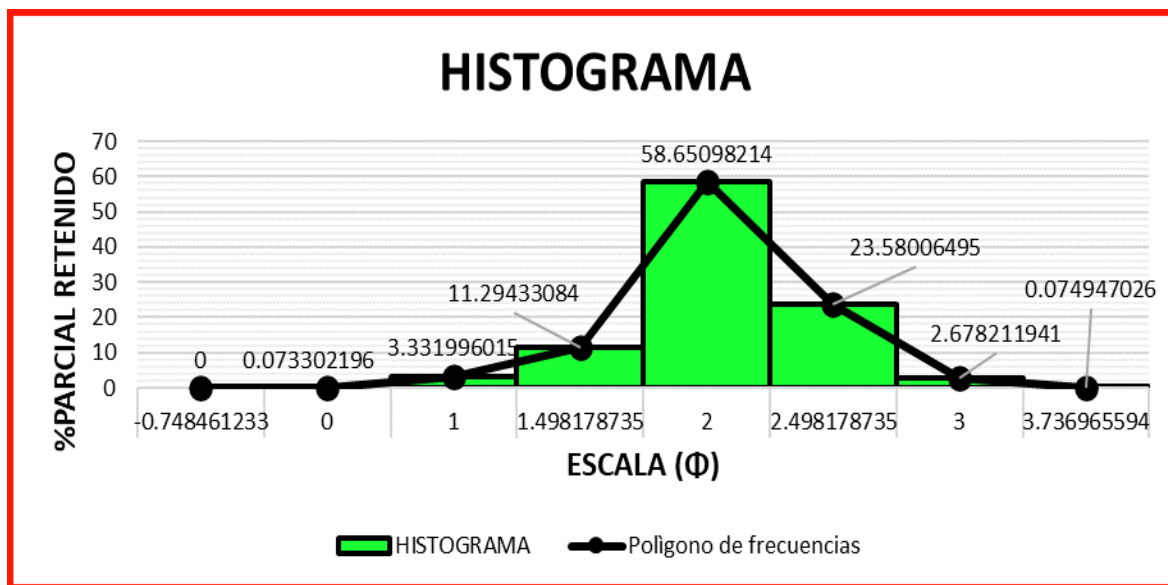
Histograma de frecuencia muestra Playa Mamacona

Escala (Φ)	% Parcial Retenido
-0.75	0
0	0.073
1	3.332
1.5	11.294
2	58.651
2.5	23.58
3	2.678
3.74	0.075

Nota. Elaboración Propia, 2020

Figura 38

Histograma de la muestra Playa Mamacona



Nota. Elaboración propia, 2020

- **Interpretación del Histograma de la muestra Mamacona**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma unimodal debido a que se observa una única moda (Valor máximo) que representa la mayor concentración de sedimentos cuando la abertura de malla es 2 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de arena de playa con predominancia de mezclas finas.

Tabla 44

Cálculos en base a los parámetros de la muestra Playa Mamacona

Parámetros	Muestra Mamacona
P5	0.14
P16	0.16
Q1	0.18
Md	0.205
Q3	0.23
P84	0.25
P95	0.32
Md²	0.042025
Q1 * Q3	0.0414
Q3 - Q1	0.05
P90 - P10	0.115
So	1.130388331
Sk	0.138888889
K	1.475409836
I	0.049772727
Qd ϕ	0.025
(Q1) -1	-0.82
Q3/Q1	1.277777778
(Md) -1	-0.795
(P5) -1	-0.86
P95/P5	2.285714286
2(P90 - P10)	0.23
(2(P90 - P10))-1	-1

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 45

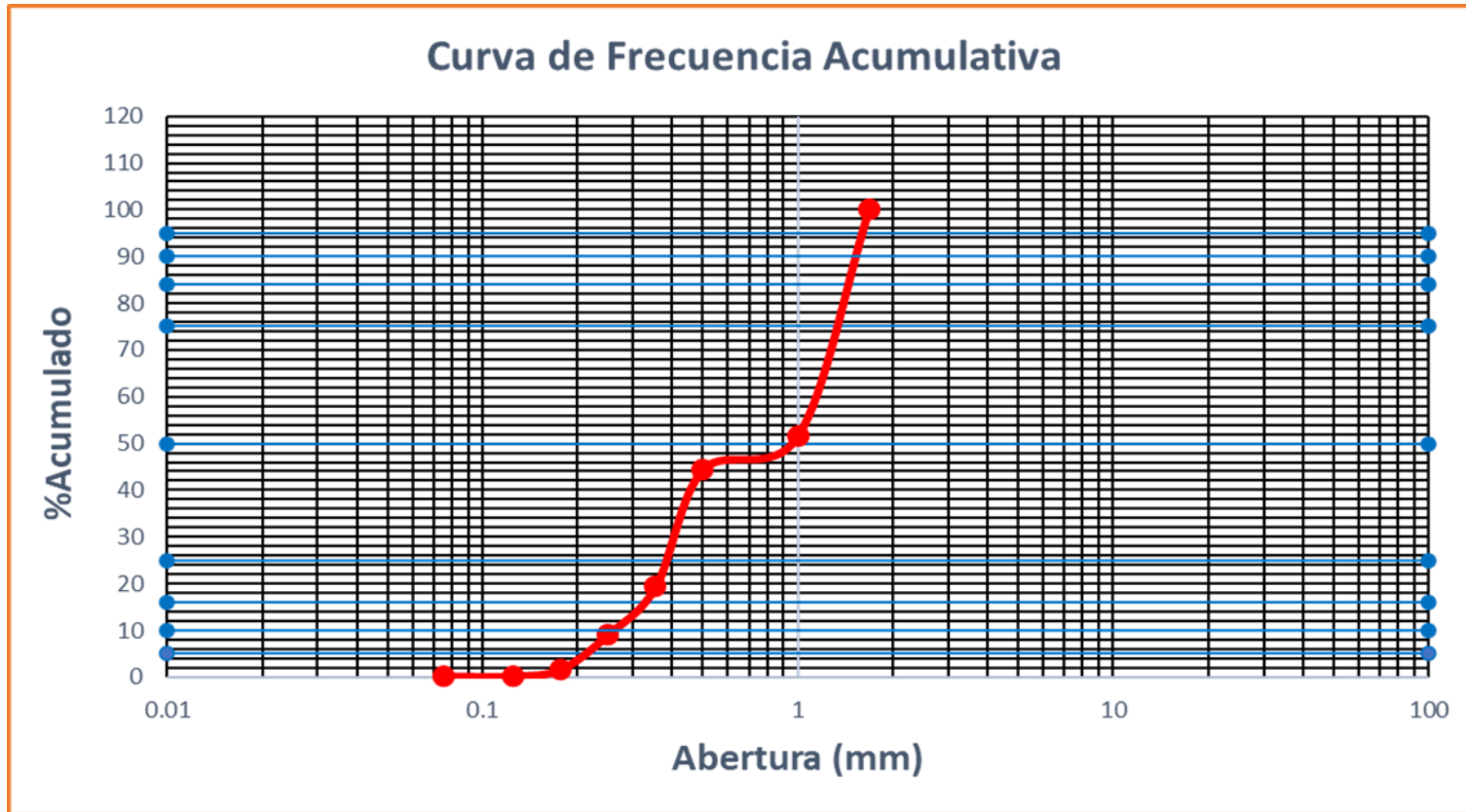
Playa 8. Lurín (desembocadura del río), Datos granulométricos de las muestras según el tamaño de malla

Muestra: Lurín (desembocadura río)			Fecha de muestreo: 30/10/2021			Peso muestra seca (g): 147.061		
Profundidad (m): 0.50			Fecha de análisis: 10/11/2021					
			Ubicación: 18L		Este: 293260E		Norte: 8642940N	
Tamiz	Abertura (mm)	Escala (φ)	Peso retenido (g)	% Parcial Retenido	% Parcial Pasante	% Acumulado	% Frecuencia Acumulada	Acumulado Retenido
N° 12	1.68	-6	71.3141	48.49	51.507	100	48.49	71.3
N° 18	1	-5	10.5319	7.16	44.345	51.507	55.655	81.8
N° 35	0.5	-4	36.7902	25.02	19.328	44.345	80.672	118.6
N° 45	0.354	-3	15.1546	10.31	9.023	19.328	90.977	133.8
N° 60	0.25	-2	10.9424	7.44	1.583	9.023	98.417	144.7
N° 80	0.177	-1	2.1198	1.44	0.141	1.583	99.859	146.853
N° 120	0.125	0	0.0533	0.04	0.105	0.141	99.895	146.906
N° 200	0.075	1	0.1367	0.09	0.012	0.105	99.988	147.043
<200	< 0.075	2	0.0175	0.01	0	0.012	100	147.061
			147.061	100				

Nota. Elaboración propia, 2020

Figura 39

Curva de frecuencia acumulativa de la muestra Lurín (desembocadura - río)



Nota. Gráfico de la Curva de Frecuencia Acumulativa muestra de Lurín. Elaboración Propia, 2020

Tabla 46*Tabulación de muestra Lurín (desembocadura - rio)*

Abertura (mm)	% Acumulado
1.68	100
1	51.51
0.5	44.35
0.354	19.33
0.25	9.02
0.177	1.58
0.125	0.14
0.075	0.1

Nota. Elaboración propia, 2020**Figura 40***Clasificación por diferentes autores de la muestra Lurín (desembocadura - rio)*

Según C.K. Wentworth		
64 mm	Gravas	4 mm
Según Attemberg		
0.2	Arena Fina	0.05
Según N. M. Strakhov		
1 mm	Arenas	0.1 mm
Según la escala geológica Internacional		
2 mm	Arenitas	1/16 mm

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 47*Parámetros e índices de clasificación de sedimentos Playa Lurín (desembocadura-río)*

Parámetros e índices de clasificación	
Muestra	8
Md	0.98
Q1	0.385
Q3	1.52
P16	0.32
P84	1.58
P5	0.18
P10	0.25
P90	1.64
P95	1.7
Índice de Trask	1.986970545
Índice de Simetría	-0.050125313
Kurtosis	0.548855348
Índice de Imman	0.54530303
Qdphi de Krumbein	0.5675

Nota. Elaboración Propia, 2020

- **Interpretación de la muestra Lurín (desembocadura- río)**

Índice de Trask:

$$1.00 < 1.987 \leq 2.5 \rightarrow \text{Sedimento bien Seleccionada}$$

De acuerdo con el Índice de Trask (So) el resultado de 1.987 que se obtuvo es un sedimento bien seleccionado, este resultado indica la forma en que se distribuyen los individuos de una población alrededor del valor central.

Índice de Simetría

$$-0.10 < -0.050 < 0.10 \rightarrow \text{Simétrica}$$

De acuerdo al Índice de Simetría el resultado de -0.050 que se obtuvo significa que predominan tanto sedimentos gruesos, como sedimentos finos.

Kurtosis

$0.549 < 0.67 \rightarrow$ Muy Platicúrtica

Según el Índice de Agudeza el resultado 0.549 que se obtuvo con base en la forma de la curva de frecuencia se clasifica en muy Platicúrtica. Esto indica que el sedimento está muy disperso. (baja concentración)

Índice de Imman

$0.50 < 0.545 \leq 1.00 \rightarrow$ Moderadamente Seleccionada

De acuerdo con el rango en el que varía los clastos obtenidos en el histograma de la muestra, se concluye que pertenece al ambiente sedimentario procedente de playas marinas.

Tabla 48

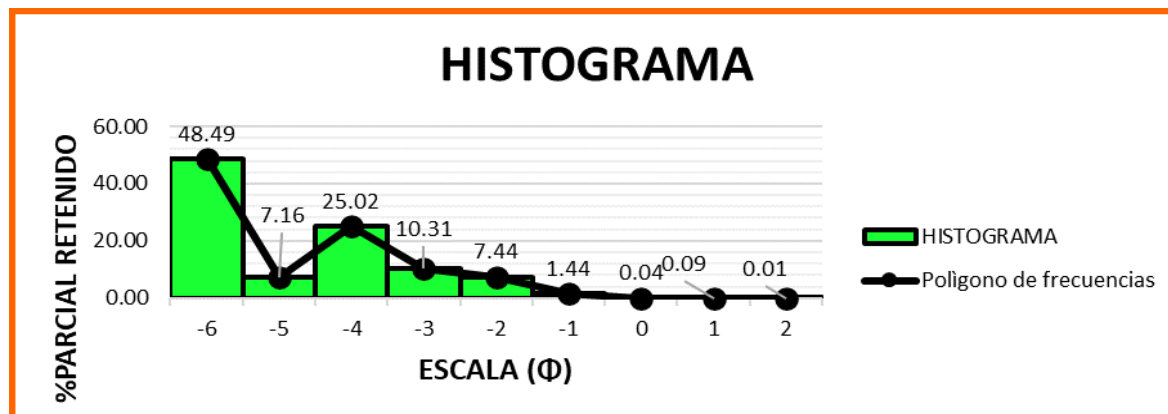
Histograma de frecuencia de la muestra Lurín (desembocadura – río)

Abertura (mm)	% Parcial Retenido
-6	48.49
-5	7.16
-4	25.02
-3	10.31
-2	7.44
-1	1.44
0	0.04
1	0.09
2	0.01

Nota. Elaboración Propia, 2020

Figura 41

Histograma de la muestra Lurín (desembocadura-río)



Nota. Elaboración propia, 2020

- **Interpretación del histograma de Lurín (desembocadura- río)**

Según la distribución que se observa en el histograma, se concluye que tiene forma bimodal debido a que se observa 2 modas (Principal y secundario) que representan las mayores concentraciones de sedimentos cuando las aberturas de mallas son -6 y -4 en escala (Φ). Además, por la forma que tiene el Histograma, se deduce que la historia geológica del sedimento procede de arena fluvial con predominancia de mezclas finas.

Tabla 49

Cálculos en base a parámetros de la muestra Lurín (desembocadura-río)

Parámetros	Muestra Lurín
P5	0.18
P16	0.32
Q1	1.52
Md	0.98
Q3	0.385
P84	1.58
P95	1.7
Md ²	0.9604
Q1 * Q3	0.5852
Q3 - Q1	-1.135
P90 - P10	1.39
So	1.986970545
Sk	-0.050125313
K	0.548855348
I	0.54530303
Qd ϕ	0.5675
(Q1) -1	0.52
Q3/Q1	0.253289474
(Md) -1	-0.02
(P5) -1	-0.82
P95/P5	9.444444444
2(P90 - P10)	2.78
(2(P90 - P10))-1	1.78

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 50*Resultados finales sedimentológicos (parámetros e índices de clasificación)*

PARÁMETROS E ÍNDICES DE CLASIFICACIÓN															
Playas	Muestra	Md	Q1	Q3	P16	P84	P5	P10	P90	P95	Índice de Trask	Índice de Simetría	Índice de Kurtosis	Índice de Imman	Qdphi de Krumbein
Miraflores	1	0.72	0.42	1.98	0.35	4.99	0.26	0.29	8.89	10.32	2.171240593	0.874533	2.64291719	2.68424242	0.78
Barranco	2	3.48	2.82	4.86	2.58	5.58	2.14	2.35	5.98	6.99	1.312784923	0.4237113	0.97436516	1.48484849	1.02
Agua Dulce	3	0.178	0	0.194	0.089	0.23	0.069	0.078	0.246	0.275	1.255880477	-0.1603319	1.18910182	0.06646212	0.0355
P. Villa	4	0.31	0.38	0.23	0.186	0.42	0.12	0.154	0.45	0.5	1.285369174	-0.0299145	1.03825137	0.11607576	0.075
P. Lurín	5	0.98	1.52	0.385	0.32	1.58	0.18	0.25	1.64	1.7	1.986970545	-0.0501253	0.54885535	0.54530303	0.5675
Herradura	6	0.2	0.15	0.3	0.129	0.36	0.0725	0.095	0.409	0.478	1.414213562	0.3782141	1.1079235	0.11918939	0.075
La Chira	7	0.295	0.22	0.37	0.172	0.41	0.129	0.15	0.435	0.471	1.296849329	-0.0021868	0.93442623	0.11131818	0.075
Mamacona	9	0.205	0.18	0.23	0.16	0.25	0.14	0.155	0.27	0.32	1.130388331	0.1388889	1.47540984	0.04977273	0.025

Nota. Elaboración propia, 2021

B. Análisis Mineralógico de Arenas

La mineralogía y el cálculo de porcentajes se hacen con la ayuda del microscopio y las mallas que contienen la mayor cantidad de muestra.

Procedimiento:

- 1.- Se deja secar las muestras al aire libre.
- 2.- Se filtran por medio de los cedazos de malla de 0,2 mm de espesor para separar la arena gruesa y gravas de la arena fina y partículas menores.
- 3.- El cálculo de porcentaje se hizo por simple conteo sobre 100 g observados microscópicamente y el resultado del análisis es la descripción líneas abajo.

C. Análisis por Calcimetría

El análisis de Calcimetría consiste en determinar el porcentaje de Ca CO_3 , cuyo método usado es el tratamiento con HCL por vía húmeda donde la diferencia de pesos se expresa en porcentajes y la volumétrica con el calcímetro de Bernard para determinar el volumen de CO_2 desalojado.

Procedimiento:

- 1.- Se pesa la muestra (W_1) 10 gr aproximado.
- 2.- Se ataca la muestra pesada con HCl (70%) para eliminar los carbonatos.
- 3.- Se lava la muestra con agua, varias veces hasta que quede limpia la arena.
- 4.- Se secan en el horno y se vuelve a pesar (W_2).

La diferencia de los pesos ($W_1 - W_2$) da el peso de carbonatos disueltos y eliminados con el HCl y el agua respectivamente. Luego esta diferencia se expresa en porcentajes.

➤ **Descripción de las muestras:**

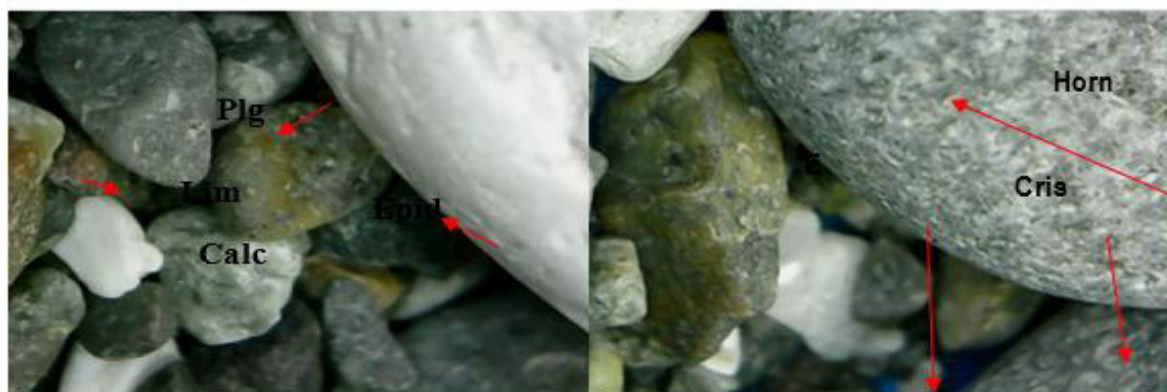
a. Playa Miraflores (M-1). La muestra de gravas >1” presenta además arenas calcáreas y gravas con ferromagnesianos volcánicas andesíticas, cuarcitas con trazas de sulfuros de Fe (pirita).

La forma de los granos que va de subredondeadas a redondeadas en los componentes andesíticos que constituyen el 20%, los oscuros con ferromagnesianos el 30% y los cuarzosos 40%. En adición, se tiene partículas de cuarzo o silíceo con epidotas, crisocola en trazas y con patinas de óxidos de Fe (limonitas). Asimismo, existe rocas volcánicas de textura porfirítica andesítico y con poco feldespatos, hornblendas y plagioclasas. Ver Figura 42.

- **Calcimetría:** La presencia de carbonatos en 3 %.

Figura 42

Minerales en Sedimentos de Playa Miraflores



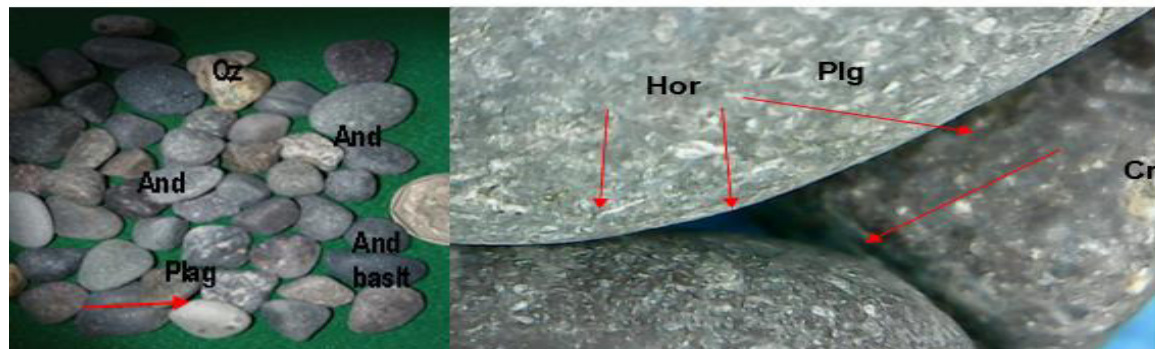
Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocola, Plg = plagioclase, Lim = limonit, Horn = hornblenda, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py Pirita. Elaboración propia, 2022.

b. Playa Barranco (M-2). La muestra de gravas >5mm presenta rocas volcánicas andesíticas, cuarcitas con trazas de sulfuros de Fe (pirita) y las formas de los granos que va de redondeadas a subredondeadas. Los componentes claros constituyen el 10% y los oscuros 65%, con pocos cuarzos lechosos y patinas de óxidos de Fe (limonitas). Además, predominan las partículas de roca volcánicas porfiríticas andesíticos levemente epidotizadas, teniendo intrusivos dioríticos y granodioritas con fenos de feldespatos, ferromagnesianos, hornblendas, plagioclasas trazas de sulfuros de Fe (pirita) y restos de conchas. Ver Figura 43.

- **Calcimetría:** La presencia de carbonatos en trazas 2 %.

Figura 43

Minerales en Sedimentos de Playa Barranco



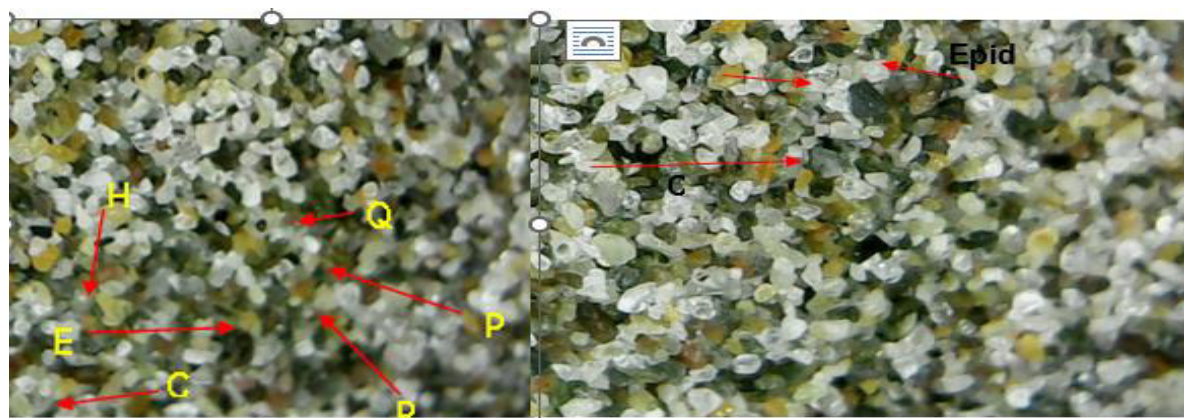
Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocolla, Plg = plagioclase, Lim = limonita, Horn = hornblende, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py =Pirita. Elaboración propia, 2022.

c. Playa Agua Dulce - Chorrillos (M-3). La forma de los granos de esta muestra va de angulosas a subangulosas y como componentes predominan los cuarzos, partículas de roca volcánicas andesíticas verdosas con partículas epidotizadas junto a óxidos de Fe (limonitas), partículas de vidrio volcánico, escasos cuarzos lechosos, feldespatos hidratados levemente caolinizados, partículas libres de hornblenda y ferromagnesianos. Ver Figura 44.

- **Calcimetría:** La presencia de carbonatos se reduce del 1 al 2 %

Figura 44

Minerales en Sedimentos de Playa Agua Dulce- Chorrillos



Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocolla, Plg = plagioclase, Lim = limonita, Horn=hornblende, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py =Pirita. Elaboración propia, 2022.

d. Playa La Herradura - Chorrillos (M - 4). La muestra de arena fina presenta rocas volcánicas andesíticas, cuarcitas con trazas de sulfuros de Fe (pirita) y formas de los granos que van de angulosas a subangulosas. Además, los componentes claros constituyen el 65% y los oscuros ferromagnesianos 10 %, amarillentos 20%, cuarzos lechosos y hialinos con patinas de óxidos de Fe (limonitas). Asimismo, existen partículas de roca volcánicas porfíricas andesíticos levemente epidotizadas, con pocos feldespatos, ferromagnesianos, hornblendas, plagioclasas, trazas de sulfuros de Fe (pirita) y restos de conchas. Ver Figura 45

- **Calcimetría:** La presencia de carbonatos en 25%.

Figura 45

Minerales en sedimentos de Playa La Herradura (Chorrillos)



Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocola, Plg = plagioclase, Lim = limonita, Horn = hornblenda, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py =Pirita. Elaboración propia, 2022.

e. Playa La Chira (M – 5). La muestra presenta formas en los granos que van de angulosas a subangulosas donde los componentes claros constituyen el 30%, los negros 40%, amarillentos 15% y el resto lo componen los cuarzos lechosos con patinas de óxidos de Fe (limonitas), partículas de rocas volcánicas andesíticos verdosas levemente epidotizadas, escasos feldespatos hidratados, partículas libres de hornblenda, ferromagnesianos y plagioclasas. Ver Figura 46.

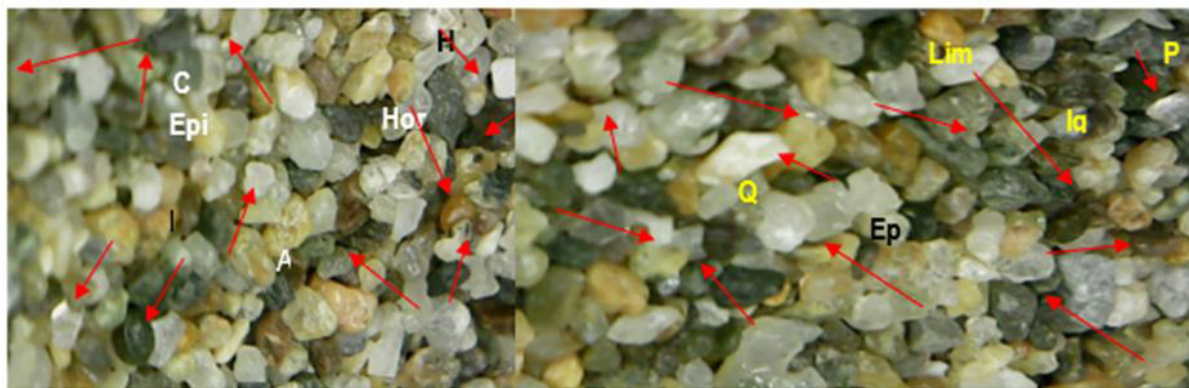
- **Calcimetría:** No existe la presencia de carbonatos en trazas.

Figura 46*Minerales en Sedimentos de Playa La Chira*

Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocola, Plg = plagioclasa, Lim = limonita, Horn = horblenda, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py =Pirita. Elaboración propia, 2022.

f. Playa Villa (M – 6). La muestra presenta formas en los granos que van de subangulosas a angulosas donde los componentes claros constituyen el 40% y los oscuros el 20%, amarillentos 10% y el resto lo componen los cuarzos lechosos, hialinos con patinas de óxidos de Fe (limonitas), partículas de roca volcánicas porfirítica andesíticos verdosas algunas levemente epidotizadas, escasos feldespatos hidratados, ferromagnesianos y plagioclasas. Ver Figura 47.

- **Calcimetría:** La presencia de carbonatos en trazas de un 3%.

Figura 47*Minerales en sedimentos de Playa Villa*

Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocola, Plg = plagioclasa, Lim = limonita, Horn horblenda, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py =Pirita. Elaboración propia, 2022.

g. Playa Mamacona (M – 7). La muestra presenta formas en los granos que van de angulosas a subangulosas donde los componentes claros constituyen el 60% y los oscuros el 30% y amarillentos 10%. Asimismo, se encuentran cuarzos, feldespatos, en menor proporción ferromagnesianos, patinas de óxidos de Fe (limonitas), partículas de rocas volcánicas porfiríticas andesíticas levemente epidotizadas, con pocas trazas de sulfuros de Fe (pirita) y crisocola. Ver Figura 48.

- **Calcimetría:** La presencia de carbonatos en trazas 11%.

Figura 48

Minerales en sedimentos de playa Mamacona



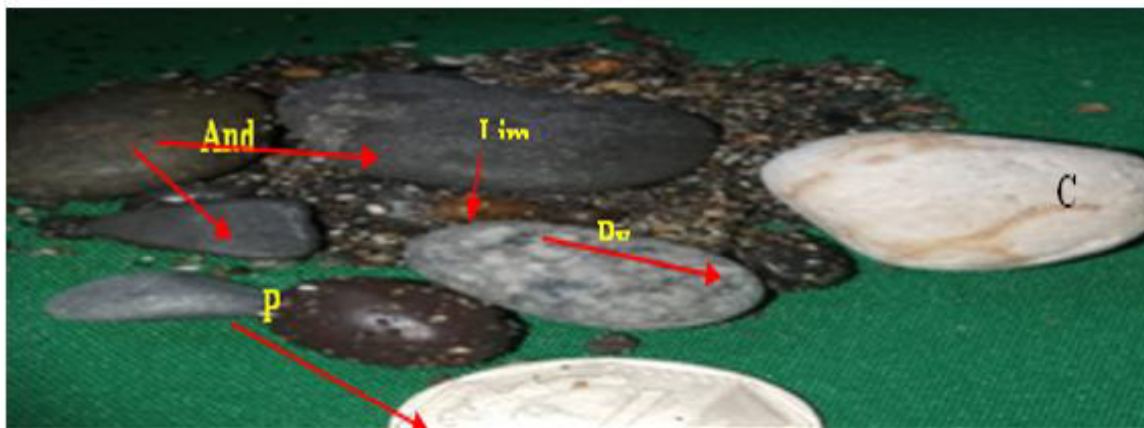
Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocola, Plg = plagioclasa, Lim = limonita, Horn = horblenda, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py =Pirita. Elaboración propia, 2022.

h. Playa Lurín desembocadura – río (M – 8). La muestra presenta formas en los granos que van de redondeadas, aplanadas y angulosas a subangulosas donde los componentes mineralógicos son de arenas gruesas por el aporte del río. Además, presentan cuarzos y carbonatos y en menor proporción ferromagnesianos. Finalmente, los tamaños mayores contienen fragmentos líticos claros en un 70 %, oscuros 20 % y otros 10%. Ver Figura 49.

- **Calcimetría:** La presencia de carbonatos en trazas 7 %.

Figura 49

Minerales en sedimentos de Playa Lurín (desembocadura del río)



Nota. Leyenda: Epid = epidota, Criso = crisocola, Plg = plagioclasa, Lim = limonita, Horn = horblenda, Calc = calcita, Qz = cuarzo, And = andesita, Basalt = basalto, Py =Pirita. Elaboración propia, 2022.

4.5. Geología Ambiental

Los principales efectos de contaminación están dados por el río Lurín, el cual deposita sus aguas en la zona investigada. Es importante resaltar, que el río Lurín es una de las principales fuentes de agua para las provincias de Huarochirí y Lima, sin embargo, se ha visto alterado por la contaminación originado por desechos domésticos, desmontes, desembocadura de desagües, actividades extractivas, pérdida de la biodiversidad de sus riveras, entre otros, que están llevando poco a poco a la pérdida de este río y la biodiversidad que lo rodea. Dentro de este marco, se puede indicar que la descarga de las aguas sin tratamiento en el río Lurín empezó en el año 2007, originado graves consecuencias entre ellas se tiene la desaparición de la pesca artesanal de camarones en la playa Mamacona. Igualmente, el estado de contaminación del río Lurín afecto a las playas del sur desembocando parte de los desagües en la playa La Chira. En adición, en el año 2009 se tuvo el riesgo agrícola en las 8 mil Has del terreno eriazo de la cuenca del río Lurín debido a que no se concluyó el Proyecto de Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado de la Zona Sur de Lima Metropolitana (Proyecto MESIAS) presentado por Sedapal, que tenia el objetivo de

descontaminar las playas del Sur de Lima a través de un tratamiento de aguas servidas y derivando parte de los desagües que desembocan en la Chira a las Plantas de tratamiento construidas en las Pampas de San Bartolo.

Dentro de este contexto, los diversos trabajos de investigación coinciden con que las aguas costeras y playas del litoral peruano se encuentran en estado de contaminación. En el país las descargas domésticas y mineras son las que ocasionan mayor contaminación en las aguas receptoras, la primera por el volumen de sus vertimientos, y la minería por el tipo de vertimiento de sustancias tóxicas al mar (Vélez et al., 2022).

Respecto a la parte Geológica Ambiental de la cuenca del río Lurín, el INGEMMET ha inventariado 130 flujos (122 flujos de detritos, 4 flujos de lodo y 4 avalanchas), 67 caídas de rocas, 35 derrumbes, 16 inundaciones fluviales, 20 procesos de erosión fluvial, 33 procesos de erosión de ladera y 10 deslizamientos. En menor cantidad se han inventariado: 1 proceso de reptación, 11 arenamientos y 14 movimientos complejos. En total se tiene registrados 337 fenómenos. De acuerdo a este inventario se obtuvo la estadística resumida, en la cual se establece que en la cuenca del río Lurín existe una mayor frecuencia de flujos y caídas con 39% y 30% respectivamente (INGEMMET, 2003).

* Zonas críticas: Las zonas consideradas como críticas muestran una serie de peligros geológicos y geohidrológicos, que pueden causar grandes desastres y alto grado de vulnerabilidad. Por consiguiente, se deben realizar planes o políticas nacionales, regionales y locales referentes a prevención y acción ante desastres. En este sentido, en la cuenca del río Lurín se han identificado un total de 37 zonas críticas por peligros de este tipo. Asimismo, en la provincia de Lima se identificaron 21 zonas críticas que corresponden a los distritos de Chorrillos, Villa El Salvador, Lurín, Villa María del Triunfo, Cieneguilla y Pachacámac donde un alto porcentaje de ellas tienen

problemas de flujos y caídas de rocas. Igualmente, en la provincia de Huarochirí se han evidenciado 16 zonas críticas por esta clase de peligros, correspondiendo a los distritos de Cuenca, Antioquia, Santiago de Tuna, San Andrés de Tupicocha, San Damián, Lahuaytambo y Langa, los cuales tienen problemas en la generación de flujos (caídas de rocas, deslizamientos y/o erosiones) (INGEMMET, 2003).

* Medidas de mitigación estructural para la reducción del riesgo de desastre: Se brinda las medidas generales para el tratamiento de zonas con peligros geológicos y geohidrológicos divididos según el tipo de proceso:

° En zonas con caídas: Se puede aplicar acciones correctivas sobre taludes que tienen pendientes más fuertes que las necesarias para su estabilización. A continuación, se muestran algunas de las soluciones empleadas para la corrección y tratamiento de zonas:

- Corrección por modificación de la geometría del talud, que consiste en estabilizar el ángulo del talud de acuerdo al tipo de corte, escalonamiento en terrazas, entre otros.

- Corrección por drenaje, se considera dos tipos de medida como son el drenaje superficial por medio de zanjas y drenaje profundo que tiene como objetivo deprimir el nivel freático del afloramiento.

° Para zonas de deslizamientos: En lugares propensos a deslizamiento se brinda las siguientes medidas preventivas.

- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal (pastos, malezas y arbustos) con el fin de estabilizar el terreno. De la misma forma, al seleccionar los árboles se debe analizar las características de las raíces, el tipo de suelo y las alturas que alcanzarán en contraste con la pendiente y características de los terrenos a estabilizar. Igualmente, es necesario

que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel (INGEMMET, 2003).

Por otro lado, en zonas susceptibles a deslizamientos donde el proceso este iniciado y el riesgo de rotura del talud es alto. Se puede aplicar una serie de medidas correctivas, destinadas a impedir el movimiento del talud (caída):

- Realizar estudios geotécnicos de evaluación del estado del deslizamiento que incorpora el modelamiento del comportamiento del terreno para determinar las medidas correctivas adecuadas.

- Rectificación de la pendiente del talud, con el objetivo de lograr una pendiente menor a la existente, y por consiguiente proporcionar una mayor estabilidad al conjunto.

- Afianzar el pie de los taludes, se deben diseñar muros drenantes con la instalación de gaviones o escolleras permeables que permitan incrementar su peso y de esta manera beneficiar su drenaje. Es esencial que estos muros tengan un drenaje adecuado, con el objetivo de evitar que la acumulación de agua incremente su carga hidráulica.

° Para flujos de detritos o de lodo (Huaycos): Se enfoca en quebradas de régimen temporal donde se producen huaycos periódicos y excepcionales, los cuales pueden alcanzar grandes extensiones y pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos. En adición, con el fin de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es importante aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzar el cauce principal de los lechos aluviales secos, en el caso que los materiales sean de buenas características geotécnicas, retirar los bloques rocosos en el lecho y seleccionar los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales

artesanales, En adición, considerar que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia como es el caso del Fenómeno El Niño.

- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas con el objetivo de estabilizar los lechos.

- Las obras de infraestructuras que atraviesan los cauces secos deben construirse con diseños que consideren las máximas crecidas registradas, permitiendo de este modo el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, con el fin de evitar obstrucciones y represamientos violentos.

- Con el objetivo de controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes (cursos de quebradas), que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, se debe construir presas transversales de sedimentación escalonada reduciendo el transporte de sedimentos gruesos.

- Para inundaciones y erosión fluvial: con el objetivo de disminuir los daños por inundaciones en la zona investigada, se debe realizar las siguientes medidas:

- Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas alledañas. En este sentido, se debe construir espigones laterales, enrocados o gaviones para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y de este modo poder limpiarlo.

- Finalmente, se debe proteger las terrazas en los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones, con el fin de disminuir el proceso de arranque y desestabilización (INGEMMET, 2003).

4.5.1. Problemática Ambiental

Los problemas ambientales que afectan en el tramo de Lurín – Miraflores son causados por factores naturales y/o antrópicos. Respecto a los peligros originados por la actividad inducida por el hombre en la zona Lurín, se deben principalmente a la contaminación ambiental originadas por la actividad industrial no autorizada, la construcción civil (canteras de piedra caliza para la fábrica de cemento), vías sin pavimento en aéreas periféricas de núcleos de vivienda del distrito, paso de vehículos pesados y públicos. Además, existen otros tipos de problemas ambientales como es el uso excesivo de pesticidas, la quema de vegetación y rastrojos, la expansión urbana de manera caótica, entre otros. En efecto, en la matriz de incidencias de procesos ambientales elaborado por Ayala, Cabrera y Quispe (2007), “se señala que las unidades ambientales del tramo Chorrillos-Lurín son las que presentan mayores problemas ambientales, destacando la invasión urbana a la franja ribereña, pérdida del libre acceso a las playas, contaminación del agua de mar, vertimientos líquidos de aguas servidas, carencia de áreas verdes, pérdida de áreas de recreación, desaparición de especies litorales y pérdida de paisajes naturales”(Ayala et al., 2007).

De igual forma, entre los fenómenos naturales que pueden afectar a la Costa Verde se encuentran los sismos, Fenómeno El Niño, inundación, deslizamiento, licuación de suelos, erosión, tsunamis, información de DIHIDRONAV (2021) y los provocados por la actividad humana como son la contaminación por residuos sólidos, mineralógicos, descarga de materiales de construcción, entre otros. De acuerdo a la información histórica y los resultados de estudios geotécnicos, hidrológicos, y de mapeo geodinámico in situ se ha podido identificar peligros y amenazas de grado Bajo a Alto. Por lo indicado, la creciente complejidad entre las relaciones sociedad-naturaleza, debida a la constante expansión de los centros urbanos y la acumulación de efectos nocivos sobre el ambiente, han agravado los efectos de los fenómenos naturales en ciertas áreas y

por consiguiente han originado consecuencias graves sobre la población residente en la zona. En efecto, la evaluación del riesgo a fenómenos naturales se presenta como una herramienta asociada al manejo costero, destinada a identificar áreas susceptibles de padecer problemas ambientales particulares que necesitan especial atención. Por consiguiente, la identificación de zonas vulnerables surge a partir de la elaboración de los mapas de riesgo, donde la interpretación incrementa la posibilidad de reducir el riesgo, al permitir la implementación de medidas de prevención y/o mitigaciones diferenciales de acuerdo con las necesidades de cada sector (Cutter et al., 2003; Birkmann, 2007). En este sentido, constituye una herramienta óptima para promover espacios de intercambio institucional e interdisciplinario al facilitar la participación de los actores sociales en el proceso de gestión del riesgo. Mayormente, los estudios sobre riesgo en áreas costeras están relacionados principalmente con fenómenos como el cambio climático, temporales de oleaje, ondas de tormenta o inundaciones, ascenso del nivel mar y con la erosión (Boruff et al., 2005). De acuerdo a lo expresado, la vulnerabilidad se enfoca en determinar grado de daño que puedan sufrir estas zonas, ante la ocurrencia de un proceso geodinámico de origen natural, aspecto que determina como la naturaleza de la vulnerabilidad varía según las amenazas o peligros existentes. Visto de esta forma, la evaluación de la vulnerabilidad del área de estudio ante fenómenos de origen geológico y climático, se enfoca en analizar la capacidad de respuesta frente los diferentes escenarios de aparición de los fenómenos geológicos, determinando las áreas y puntos más vulnerables en caso de producirse procesos en el interior de la tierra (sismo-terremotos, tsunamis-maremotos, entre otros), en superficie de la tierra (erosión fluvial, erosión eólica y derrumbes) e hidrometeorológicos-oceanográficos (inundaciones, Fenómeno El Niño, fuertes vientos, oleaje anómalo). Asimismo, también existen los peligros por procesos de origen antropogénico (contaminación ambiental y socavamiento de estructuras portuarias entre otros).

Dentro de este marco, se puede indicar que para el desarrollo de un proceso de evaluación de vulnerabilidad en una zona como Lurín, es imperativo entender el concepto de riesgo como el resultado de la relación del peligro o amenaza y la vulnerabilidad, y éste puede ser expresado en términos de los daños o pérdidas esperadas ante la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada y según las condiciones que presenta el área de estudio. Por lo expuesto, la determinación de los niveles de vulnerabilidad en la franja litoral de Lurín ha generado un impacto Medio. En otro aspecto, el desarrollo y evaluación de un modelo secuencial permitirá la generación del mapa de riesgo y vulnerabilidad en la costa en relación a los procesos antrópicos. En este sentido parece obvia la necesidad de desarrollar sistemas eficaces de seguimiento (monitoring) de la evolución de nuestro litoral. A partir de estos resultados se podría modelar la evolución temporal de la línea costera y la dinámica de la erosión-acreción en la franja litoral. Estos peligros se han consolidados en las siguientes Tablas 52 y 53.

Tabla 51

Peligros por origen natural

Origen natural	Distrito	
	Miraflores	Lurín
Sismos		
Tsunamis		
Deslizamientos		
Huaycos		
Derrumbes		
Inundaciones		

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 52

Análisis de peligros litoral, Lurín-Miraflores

Origen de los Peligros	Tipos de Peligros
Por procesos en el interior de la tierra y asociados	Sismos - terremotos Tsunamis-maremotos
Por procesos en superficie de la tierra (movimientos de masa)	Erosión fluvial, eólica Derrumbes
Por procesos hidrometereológicos y oceanográficos	Inundaciones (Fenómeno El Niño, etc) Fuentes vientos Oleajes anómalos
Por procesos de origen antropogénico.	Contaminación ambiental Socavamiento de estructuras portuarias y otros

Nota. Elaboración propia, 2020

De la tabla se infiere que la probabilidad de ocurrencia de sismos constituye la principal amenaza en los distritos de Lurín y Miraflores, sobre todo en las zonas con suelos sueltos, y con aguas superficiales. No es posible saber cuándo ocurrirá un gran sismo; por lo que, los sismos de gran magnitud pueden producir tsunamis que afectarían a la población que habita a lo largo del litoral y a pocos metros de altura sobre el nivel del mar entre 0 a 6 m, en especial a las poblaciones ubicadas cerca de las desembocaduras de los ríos (IGP, 2019). En este marco, según la Municipalidad de Lurín (2019) los principales peligros de origen natural son los siguientes:

- **Sismicidad.** Tradicionalmente, la sismicidad ha sido considerada como la distribución geográfica de los focos sísmicos y de sus efectos destructores en la superficie (Universidad Nacional de Ingeniería [UNI], 2013). En tal sentido, los estudios de sismicidad se han extendido considerablemente con la incorporación de diversos parámetros de los terremotos y su distribución en el espacio y el tiempo, así como su correlación con las características fisiográficas y geológicas de cada región. Las zonas de mayor susceptibilidad a los peligros geológicos están asociadas a rocas sedimentarias (Grupo Morro Solar y Formación Pamplona), donde los peligros más frecuentes en orden de ocurrencia podrían agruparse en: Áreas sujetas a desprendimientos, deslizamientos, movimientos complejos, flujos, arenamientos, inundaciones y erosión de ribera.

- **Tsunamis.** El origen de este Peligro es natural causados por terremotos, disturbio impulsivo en el océano, deslizamientos de tierra submarina o de la línea de la costa, erupciones volcánicas y explosiones (UNI, 2013).

Los más frecuentes de generación de tsunamis, son los sismos mayores de 7,5° en la escala de Richter. Cuando se genera un tsunami se propaga en todas las direcciones. La velocidad de propagación está en relación con la profundidad del mar. Por ejemplo, un tsunami que atraviesa una parte del océano donde la profundidad es de 4000 m, tendrá una velocidad de 720 km/h. Asimismo, los tsunamis son de gran longitud (cientos de kilómetros) factor que no los hace visualmente observables desde embarcaciones o aviones. De esta forma, se propagan a gran velocidad y a cientos de km. /hora. Sus períodos de tiempo entre el paso de dos olas sucesivas son de 15 a 60 minutos. En consecuencia, para que un sismo genere un tsunami, es necesario que el epicentro del sismo, o una parte mayoritaria de su área de ruptura, este bajo el lecho marino y a una profundidad menor a 60 Km. (sismo superficial). Igualmente, es requerido que el evento ocurra en una zona de hundimiento de borde de placas tectónicas, es decir que la falla tenga movimiento vertical y no sea solamente de desgarre con movimiento lateral. Cabe resaltar, que en el Perú el último tsunami de carácter destructivo se presentó el 23 de junio del año 2001, frente a las costas de Camaná, destruyendo casi por completo el balneario de La Punta, con más de mil viviendas destruidas, 28 muertos y más de 65 desaparecidos (UNI, 2013).

- **Inundaciones.** Se genera por el incremento del caudal del Rio, y en el caso de estudio es producido por las lluvias alto andinas del Rio Lurín, afectando asentamientos humanos y terrenos agrícolas ubicados en el borde ribereño como Julio C Tello, Huerto Villena e inclusive el poblado de Pachacámac.

- **Fenómeno El Niño.** Es la aparición de aguas anormalmente cálidas a lo largo de las costas de Ecuador y Perú, hasta el sur de Lima (12°S), durante la cual la anomalía de la temperatura superficial del mar excede una desviación estándar, ocurriendo por lo menos cuatro meses consecutivos en tres o más de cinco estaciones costeras como son Talara, Chicama, Chimbote, I. Dn. Martín y Callao (Tolmos et al 2011).

En nuestro país, “El Fenómeno El Niño” es un evento que se caracteriza, entre varios elementos físicos y atmosféricos, por el calentamiento de las aguas del mar frente a las costas del Perú y por los cambios climáticos que genera a nivel regional y global. Es frente a esta situación que el “Fenómeno El Niño” – bautizado así por su cercanía a la Navidad es una de las manifestaciones de mayor variabilidad climática (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2017).

En relación, El Niño es conocido desde que civilizaciones preincas como los Moche y los Nazca se asentaron en las costas del Perú antiguo. En este sentido, la geomorfología, los estudios de sedimentos y la paleontología señalan que el Fenómeno El Niño ocurre por lo menos desde hace 40,000 años. Además, estas investigaciones arqueológicas demuestran que cambios drásticos del clima afectaron la costa central del Perú (Cultura Lima, aproximadamente 400 d.C.).

La situación resultó ser especialmente dramática para la nación Moche en la costa norte del Perú (200 – 700 d.C.). Por otra parte, durante el siglo XX y hasta antes de la aparición del El Niño extraordinario de 1997/98, ocurrieron previamente unos 25 episodios de este fenómeno con diferente intensidad. En tal sentido, las referencias bibliográficas indican que los eventos El Niño de 1891 y 1925, fueron eventos de intensidad comparable a los de 1982/83 y 1997/98. Finalmente, en lo respecta al siglo XXI, de acuerdo al índice ONI (Oceanic Niño Index) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), se han presentado cuatro episodios El Niño en el

Pacífico central, siendo 2 de intensidad débil (años 2004/05 y 2006/07) y dos de intensidad moderada (años 2002/03 y 2009/10) (SENAMHI, 2014), Ver Figuras 50 y 51.

Figura 50

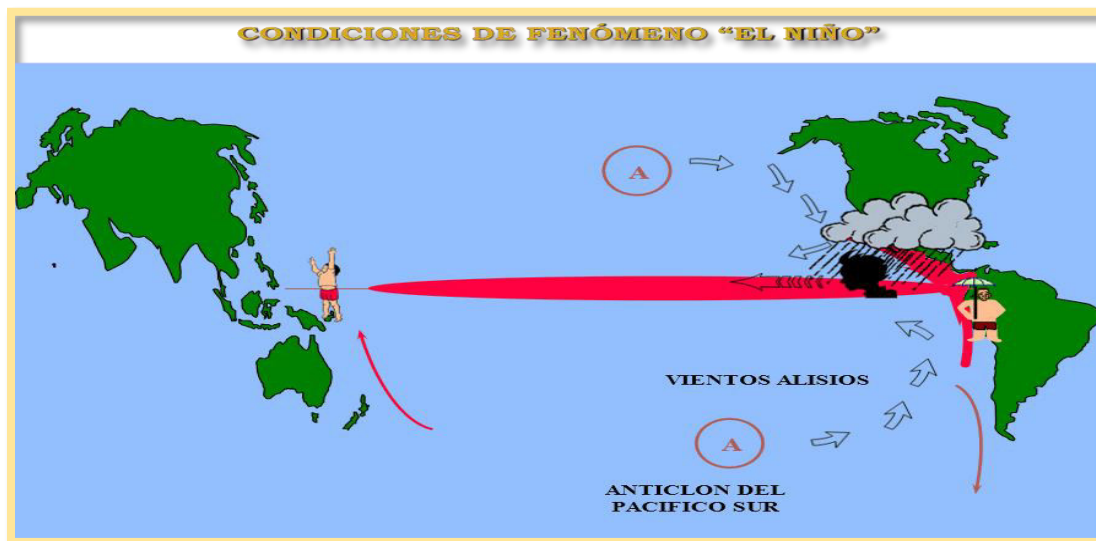
Fenómeno de El Niño bajo Condiciones Normales



Nota. Tomado de *Fenómeno de El Niño*, por Comité Multisectorial [ENFEN], 2015

Figura 51

Condiciones de Fenómeno El Niño



Nota. Tomado de *Fenómeno de El Niño*, por Comité Multisectorial [ENFEN], 2015

- **Huaycos.** Se forman en las partes altas de las quebradas de la cuenca del Río Lurín, siendo las quebradas propensas a caídas de Huaycos: La Capilla, Tanquire Chamacna, Margen

derecho del Rio Canchahura, Vílchez y Cánovas, las mismas que producirán desastres, pérdidas humanas y materiales si no se toman acciones de seguridad Física.

- ***Derrumbes.*** Se originan por los movimientos telúricos, deslizamientos y lluvias en las laderas, quebradas y pie de monte en la zona Pampa de Lurín, específicamente en el Cerro Pucara, y en las quebradas Portillo y Lúcumo.

- ***Erosión por arenas eólicas.*** Se generan por la acumulación de granos de arena que erosiona el viento, lo que provoca el asentamiento diferencial del suelo, siendo no adecuadas para la cimentación de edificaciones. Se ubican en las Pampas y en la Tablada de Lurín.

Por otro lado, en cuanto los peligros originados por la actividad antropogénica, cabe señalar principalmente lo siguiente: La contaminación ambiental en el distrito de Lurín, se debe a los procesos de las actividades antrópicas, en especial las originadas por la actividad industrial no autorizada, las cuales impactan directamente sobre el medio ambiente, a su vez, la contaminación del aire en el distrito, se viene dando por las partículas en suspensión causados por la industria de la construcción (canteras de piedra caliza para la fábrica de cemento), vías sin pavimento en aéreas periféricas de núcleos de vivienda del distrito, paso de vehículos pesados y públicos, la erosión de arenas eólicas (Fundación Cayetano Heredia, 2014). Además, existen otros tipos de problemas ambientales, como son la depredación, uso excesivo de pesticidas, quema de vegetación y rastrojos, expansión urbana de manera caótica, contaminación atmosférica provocada por chancherías y fábricas, junto con la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. A continuación, se detalla los principales focos de contaminación.

- ***La contaminación del aire en el distrito.*** Se viene dando por las partículas en suspensión causados principalmente por las actividades industriales, desechos domésticos, desmontes, desembocadura de los desagües, negocios de la zona, parque automotor, quema de

carbón, la erosión de arenas eólicas, entre otros, factores que ubican a Lurín como el primer distrito en un nivel elevado de polvo atmosférico sedimentable, lo cual provoca en la población elevados índices de infecciones respiratorias (Fundación Cayetano Heredia, 2014).

- ***La contaminación del suelo y subsuelo en el distrito.*** Se produce por el vertimiento de desagües al suelo, en especial por la actividad industrial y habitacional, y por el uso indebido de letrinas. Otro factor importante son los depósitos de basura tanto en el área agrícola como en la zona urbana, las cuales no solo afectan la productividad del suelo, sino también producen en la población problemas de intoxicación y enfermedades dérmicas.

- ***La contaminación del agua.*** Se origina por la ubicación de granjas cercanas a los cuerpos de agua, utilización de insumos químicos en la agricultura, vertimiento de aguas servidas y desechos sólidos por habitantes aledaños a las acequias, riberas, desembocadura del Río Lurín y en el borde costero; las cuales no solo degradan el paisaje, sino que deterioran el medio natural y producen enfermedades en la población. Por otro lado, la Fundación Cayetano Heredia (2014) señala que la problemática ambiental en el distrito de Miraflores se centraliza en tres puntos importantes, como se detalla a continuación.

- ***Vertimientos líquidos.*** El mayor problema de contaminación ha sido el vertimiento de aguas servidas sin tratamiento en una ciudad con un alto índice poblacional. A lo largo del tiempo hubo un aumento de la carga de emisión de aguas servidas, primero por las acequias o ríos, y luego por el sistema de alcantarillado que parcialmente vertía las aguas a la Bahía de Lima. En 1963 se construyó el colector La Chira que tiene caudales de hasta 8 m³/seg. El otro emisor grande era el colector costanero en San Miguel. Uno más pequeño era el de la Playa Tres Picos en Miraflores que mostraba un desfogue a mitad del acantilado y una salida a nivel de la playa.

○ *Desechos sólidos.* Históricamente existían botaderos en Magdalena (en el lugar donde está el Estadio Chambochumbi) y en Chorrillos, sin tener referencias sobre cuántos de estos residuos finalmente llegaban al mar, incluso en algunas partes de la zona de Miraflores se veían botaderos informales y aún en la actualidad, específicamente en La Perla, se utiliza la Costa Verde como botadero de residuos domésticos. Por lo que, la falta de protección a la erosión en esta parte del litoral, que según la Dirección de Hidrología y Navegación es la más vulnerable a los oleajes, origina que constantemente durante oleajes anómalos se vaya erosionando el relleno. Esto ocasiona tres diferentes problemas: Aumento del nivel del fondo cambiando la batimetría hasta en 2 metros frente a las playas de Miraflores, San Isidro, Magdalena y San Miguel (Dirección de Hidrografía y Navegación [DIHIDRONAV], 2009), colmatación del fondo rocoso por efecto de los sedimentos con efectos detrimentales sobre los recursos hidrobiológicos de fondos rocosos junto con la suspensión de sedimentos finos que enturbian el agua y posiblemente tengan efectos sobre la biología de especies hidrobiológicas, y finalmente la pérdida de biodiversidad debido a la incorporación de material de construcción en las orillas y desechos plásticos al mar.

○ *Aumento de la afluencia de público.* Respecto a la zona Costa Verde, se puede indicar que el aumento del uso de los diferentes ambientes es consecuencia de las tendencias de urbanización y el aumento de la superficie accesible en la parte baja, pero también es consecuencia de las malas políticas expresas o tácitas de las diferentes autoridades. Se puede indicar que antes del siglo XIX, el uso de esta zona era únicamente para la extracción de recursos naturales, pesca, colección de mariscos y algunos otros recursos de menor importancia. Sin embargo, la creación de las Bajadas en Chorrillos primero y luego en Barranco y Miraflores marcaron el comienzo del uso recreativo, primero confinando la estrecha construcción de los Baños y la berma adyacente, pero gradualmente ampliando el rango conforme se habilitaban nuevas playas. Por ejemplo, los

practicantes de surf en toda la Costa Verde probablemente se encuentren dentro de un rango de visitas que está entre los 500 a 1000 personas por semana, incluso en invierno.

En otro aspecto, dentro de los procesos ambientales en el tramo estudiado se detectó la invasión urbana a la franja ribereña, pérdida del libre acceso a algunas de las playas, contaminación del agua de mar, playas y ríos, carencia de áreas verdes, pérdida de áreas de recreación, desaparición de especies litorales y pérdida de paisajes naturales. En tal sentido, entre los fenómenos naturales que pueden afectar a la Costa Verde estarían los peligros de sismos, inundación, deslizamiento, licuación de suelos, erosión, tsunamis y los provocados por la actividad humana mediante la contaminación de residuos sólidos, desechos domésticos, emisión de Co₂, entre otros. Por otra parte, es importante resaltar que de acuerdo a la información histórica y a los resultados de estudios geotécnicos, hidrológicos, y de mapeo geodinámico in situ se pueden identificar los principales peligros y amenazas según el nivel de riesgo para la zona estudiada.

En este sentido, los resultados de las investigaciones previas se convierten en la línea base para el desarrollo y aplicación de la tecnología necesaria, con el fin de obtener un panorama amplio de lo que está ocurriendo en la costa. En este sentido, parece obvia la necesidad de desarrollar sistemas eficaces de seguimiento (monitoring) de la evolución de nuestro litoral. Del mismo modo, resta la implementación de estos sistemas de monitoreo como una metodología continua de soporte a la toma de decisiones dentro de una política de Gestión Integrada de Áreas Costeras (GIAC).

En efecto, a partir de estos resultados se podría modelar la evolución temporal de la línea costera y la dinámica de la erosión-acreción en la franja litoral. Asimismo, el desarrollo y evaluación de un modelo estocástico secuencial, permitirá la generación de mapas de riesgo y vulnerabilidad de la costa en relación a los procesos antrópicos. (Dirección de Hidrografía y Navegación [DIHIDRONAV], 2009). En relación a lo indicado, la evaluación del riesgo se

presenta como una herramienta adecuada para la gestión del medio costero, orientada a identificar áreas susceptibles de sufrir daños ambientales. Cabe resaltar que estas áreas surgen a partir de la elaboración del mapa de riesgo, donde una óptima interpretación permite la implementación de medidas de prevención y/o mitigaciones diferenciales de acuerdo con las necesidades de cada área (Cutter et al., 2003). Asimismo, este tipo de estudio constituyen una herramienta valiosa para promover espacios de intercambio institucional e interdisciplinario al facilitar la participación de los actores sociales en el proceso de gestión del riesgo.

Es importante resaltar que los análisis sobre riesgo en áreas costeras están relacionados principalmente con el cambio climático, con temporales de oleaje y ondas de tormenta o inundaciones, con el ascenso del nivel mar y con la erosión (Birkmann, 2007). Dentro de este contexto, se puede agregar que el origen del concepto riesgo surgió a partir de la reunión de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en la cual se unificaron los conceptos y visiones del tema (Boruff et al., 2005), con el objetivo de proponer la siguiente ecuación para su evaluación:

$$R_t = E. R_s = E. H. V$$

Donde R_t es el riesgo total, E son los elementos en riesgo, R_s es el riesgo específico, H la peligrosidad (P) (hazard en inglés) y V la vulnerabilidad. En el año 1993, Cardona propuso incluir los elementos en riesgo en el concepto de vulnerabilidad dado que un elemento es vulnerable solo si está expuesto a un peligro latente (Boruff et al., 2005). De esta manera, se modificó la ecuación original y planteó la siguiente expresión:

$$R = H \times V$$

4.6. Análisis de Vulnerabilidad Costera, Peligros de Origen Natural y Antropogénico del Área de estudio Lurín a Miraflores

4.6.1. Análisis de la Vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad costera por el calentamiento global y el subsecuente incremento del nivel del mar considera las bravesas (oleaje de temporal), la erosión de playas e infraestructura turística y en el aspecto biológico se enfoca en la sustitución de especies como ocurrió en el Fenómeno El Niño del periodo 1972-1973, originando la casi desaparición de la anchoveta que es considerado el mayor recurso pesquero del Perú y del mundo. Asimismo, se estudia las fuertes lluvias, los desbordes de ríos e inundaciones de las ciudades, los movimientos en masa como deslizamientos y huaycos que pueden originar serios problemas en el país. Por lo tanto, se ha considerado la subida del nivel del mar tomando en cuenta el escenario 1 de 0,15 m y el escenario 2 de 0.95 m para los próximos 100 años (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC], 2001). En el caso de la Bahía de Miraflores-Lima, que es una de las áreas potencialmente inundables con 22,47 Km², llegaría a elevarse de 2,81 a 3,61 m., con pérdidas de playas que alcanzarían la cifra de \$118'500,000 (Téves et al., 2020). Por consiguiente, en base a las medidas de adaptación se recomendaría la protección de esta zona de playa y respecto a las infraestructuras existentes que están ubicadas en áreas propensas a riesgo, se propone la reubicación y el traslado respectivo. Ver Tabla 54, 55,56

Tabla 53

Escenario estimado en el Perú por el aumento del nivel del Mar (Country Studies Program-Element III)

Places	Actual condition (m)	Scenary 1 (0,15 m)	Scenary 2 (0,95m)
Lima -Perú			
*Miraflores Bay			
Ordinary Condition	1,24	1,39	2,19
Extreme Event	2,66	2,81	3,61

Nota. Adaptado de *1st International Congress on Climate Change and its Impacts*, por Manay, 2017.

Tabla 54

Retroceso de la línea de costa en el año 2100 para lugares vulnerables en el Perú

Lugares	Nivel del mar por olas de tormenta (m)	Terreno inundable debido a la elevación del nivel del mar en 0,95 m (km ²)
Lima *Bahía de Miraflores	3,61	14,42

Nota. Adaptado de *1st International Congress on Climate Change and its Impacts*, por Manay, 2017.

Tabla 55

Costos de reposición de terrenos inundables e infraestructura existente, medidas de adaptación

Localidad	Playas e infraestructura existente	Pérdidas (u\$\$)	Medidas de adaptación	Costo (u\$\$)
Lima	* Obras litorales, viviendas, clubes, plantas pesqueras e industriales.	168 000 000	Traslado	50,000,000
	* Playas	118 500 000	Reposición	118,250,000

Nota. Adaptado de *1st International Congress on Climate Change and its Impacts*, por Manay, 2017.

4.6.2. Nivel de vulnerabilidad y riesgo geológico en área de estudio

La evaluación de los niveles de riesgo se obtiene de manera conjunta al relacionar el nivel de peligro expresado en un escala de 0 a 5 de acuerdo al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2008), donde (A) Tsunami, (B) Licuación de suelos, (C) Sismo y (D) Inundación, y según la evaluación de campo, se otorgó los valores de 1, 2 y 4; por otra parte, para calcular el impacto expresado en un factor de vulnerabilidad que va de un rango de 0 a 1, la cantidad se determina de los porcentajes de evaluación del manual básico para la estimación del riesgo (INDICE, 2006), del cual se promedia entre el rango de 26% al 50%, equivalente a la cantidad de 0.38 (Tabla 58). En este sentido, se puede observar que la concurrencia de la zona de mayor

peligro con la ponderación 1.14 (Tabla 59), resulta de la multiplicación del grado de impacto y el factor de vulnerabilidad llegando a concluir que la zona de Lurín es de nivel de vulnerabilidad o riesgo Medio, Ver Tablas 57 y 58.

Tabla 56

Nivel de vulnerabilidad Lurín

SECTOR IDENTIFICADO	FACTOR DE VULNERABILIDAD			IMPACTO TOTAL		NIVEL DE VULNERABILIDAD
	A	B	C	A+B+C		
				(1) *	(2) **	
ZONA DE PLAYA LURIN	1	2	4	7	0.38	MEDIO

*(1) Impacto Total

< 0.83 - 1.0> VULNERABILIDAD MUY ALTA

*(2) Impacto expresado en una escala 0 a 1

<0.61– 0.82> VULNERABILIDAD ALTA

<0.41 – 0.60> VULNERABILIDAD MEDIA

Nota. Elaboración Propia, 2020

Tabla 57

Riesgo geológico Lurín

SECTOR IDENTIFICADO		PELIGRO	FACTOR DE VULNERABILIDAD	RIESGO	
				PONDERACIÓN	NIVELES
				B	C
ZONA DE PLAYA LURÍN	A*	3	0.38	1.14	MEDIO

A* Zona de proceso geológico

RIESGO MUY ALTO + >4.1

RIESGO ALTO <2.1 a 4>

RIESGO MEDIO DE <1 a2.0>

Elaboración Propia, 2020

Nota.

Paulatinamente, para el área de Miraflores, la estimación de riesgo expresado en un escala de 0 a 5 de acuerdo al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2008), donde (A) Tsunami,

(B) Licuación de suelos, (C) Sismo y (D) Inundación, se valoró de la siguiente manera 2, 2, 2 y 1. Por otra parte, respecto a la evaluación de campo para determinar el impacto expresado en un factor de vulnerabilidad que va de un rango de 0 a 1, la cantidad se determina del porcentaje de evaluación del manual básico para la estimación del riesgo (INDECI, 2006), del cual se toma como referencia el rango de 26% - 50%, equivalente a 0.38 (Tabla 60). En efecto, se puede observar que la concurrencia de la zona de mayor peligro tiene la ponderación de 1.52 (Tabla 61), resultando de la multiplicación del grado de impacto y el factor de vulnerabilidad, llegando a concluir que la zona de Miraflores es de nivel de vulnerabilidad o riesgo Medio. Ver Tablas 59 y 60.

Tabla 58*Nivel de vulnerabilidad Miraflores*

SECTOR IDENTIFICADO	FACTOR DE VULNERABILIDAD				IMPACTO TOTAL		NIVEL DE VULNERABILIDAD
					A + B + C		
	A	B	C	D	(1) *	(2) **	
ZONA DE PLAYA MIRAFLORES	2	2	2	1	7	0.38	MEDIA
*(1) Impacto Total					< 0.83 - 1.0> VULNERABILIDAD MUY ALTA		
*(2) Impacto expresado en una escala 0 a 1					<0.61– 0.82> VULNERABILIDAD ALTA		
					<0.41 – 0.60> VULNERABILIDAD MEDIA		

Nota. Elaboración propia, 2020

Tabla 59*Riesgo geológico Miraflores*

SECTOR IDENTIFICADO	PELIGRO	FACTOR DE VULNERABILIDAD	RIESGO PONDERACIÓN	NIVELES
	A*B	C	A*B*C	1
ZONA DE PLAYA MIRAFLORES	4	0.38	1.52	MEDIO
A*Zona de proceso geológico			RIESGO MUY ALTO + >4.1	
			RIESGO ALTO <2.1 a 4>	
			RIESGO MEDIO DE <1 a 2.0>	

Nota. Elaboración propia, 2021

Al mismo tiempo, considerando las bases de investigación de los autores Aguilar (2015) y Tejada (2018), se tomó en cuenta el detalle de las variables y la categoría del índice de vulnerabilidad costera. Así como en base a Rondón y Tavares (2018) se comparó las categorías del índice de vulnerabilidad costera físico y socioeconómico entre las zonas de Lurín y Miraflores (costa verde) respectivamente (Ver Tablas 61, 62, 63 y 64).

Tabla 60

Variables del Índice de vulnerabilidad costera

Variables	Miraflores	Lurín
Variables físicas		
Pendiente de la playa (°)	2	5
Altura media de la ola (m)	2	1
Geomorfología/geología	2	4
Variabilidad de la línea a costa (m/año)	4	1
Variables socio-económicas		
Distancia de las estructuras con el nivel medio de marea(m)	5	2
Densidad poblacional (Hab /km ²)	5	1
Uso de suelo	2	2
Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC)	15.11	3,38
IVC socio-económico	4.08	1.15
IVC físico	2.83	2.24
Clasificación	MEDIO	BAJO

Nota. Adaptado de Aguilar (2015) y Tejada (2018)

Tabla 61

Categoría del índice de vulnerabilidad costera (IVC)

Baja	Moderado	Alto	Muy alto
< 11.067	11.067 - 15.490	15.491 - 26.193	> 26.193

Nota. Tomado de Tejada, 2018

Tabla 62

Categoría del índice de vulnerabilidad costera (IVC) - físico

Baja	Media	Alta
-------------	--------------	-------------

4 a 6	7 a 9	10 a 12
-------	-------	---------

Nota. Tomado de Rondón y Tavares, 2018

Tabla 63

Categorías del índice de vulnerabilidad costera (IVC) – Socio-económico

Baja	Media	Alta
3 a 5	6 y 7	8 y 9

Nota. Tomado de Rondón y Tavares, 2018

Otro de los componentes que debe tomarse en cuenta es la pendiente de playa que en el caso de Miraflores es de baja a moderada. En este sentido, al tener un ángulo mayor de 4°, la altura de las olas es menor dando una baja vulnerabilidad; además, en términos de la geomorfología la Bahía de Miraflores por presentar acantilados reduce su vulnerabilidad.

En síntesis, el índice de vulnerabilidad costera permite la comparación espacial con las características de la realidad, aspecto que lleva a una mejor comprensión de los diferentes sectores de la zona costera, ayudando así al diseño de planes de gestión o mitigación a partir de las vulnerabilidades socioeconómica o física.

Dentro de este marco, se tiene que la variabilidad de la costa tiene una mayor incidencia en la erosión de la playa. En este sentido, teniendo en consideración la investigación de Tejada (2018), se concluye que el índice de vulnerabilidad costera de la zona Miraflores presenta una valoración de 15,11, encontrándose dentro del rango de 11,067 – 15,490, el cual representa una categoría Moderada.

En este contexto, según Rondón y Tavares (2018) el cálculo del índice de las variables físicas (pendiente de playa, altura media de la ola, geomorfología/geología y la variabilidad de la línea de costa) determina que Miraflores tiene un valor resultante de 2.83 por debajo del rango establecido de 4 a 6, el cual se clasifica como sin categoría.

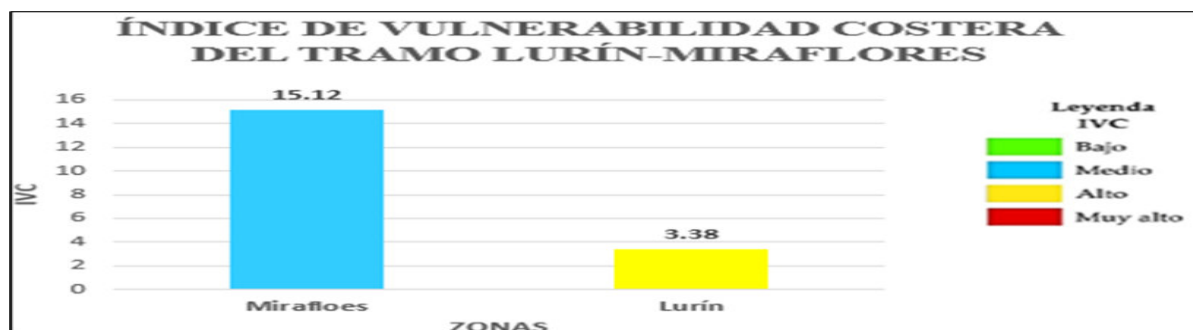
Asimismo, el índice de las variables socio-económicas (distancia de las estructuras con el nivel medio de marea, densidad poblacional y uso de suelo) brinda para Miraflores un valor de 4.08 encontrándose en el rango de 3 a 5 (según la Tabla 64), el cual se clasifica como de categoría Baja.

Por otra parte, la zona Lurín presenta una moderada a alta vulnerabilidad, considerando factores como el rango de la pendiente que varía de 0° a 5° , donde en este caso la unidad estudiada muestra una pendiente baja de $1,8^{\circ}$, por tratarse de uso de suelo de terrenos agrícolas y otros que corresponden a playas de arena, pertenecientes a llanuras marino-aluviales y en muchos casos a terrazas de muy poca altura con sedimentos no consolidados. En cuanto a la unidad denominada línea de costa se obtuvo un valor de 0.09 m/año, el cual se considera más estable y menos vulnerable. Asimismo, se halló que la unidad de densidad poblacional espacial es muy baja. En este contexto, se determinó que el Índice de Vulnerabilidad Costera de la zona Lurín presenta una valoración de 3.38 y se clasifica como de categoría Baja.

Por otra parte, el índice de vulnerabilidad costero socio-económico de Lurín expone una valoración de 1,15, encontrándose por debajo del rango de 3 a 5, el cual se clasifica como Sin Categoría. Análogamente, el índice de las variables físicas (pendiente de playa, altura media de la ola, geomorfología/geología, y la variabilidad de la línea de costa) según la valoración y los cálculos obtuvo un valor de 2.24 que por debajo del rango establecido de 4 a 6, el cual se clasifica como sin categoría. A continuación, se brinda la figura 52 con el índice de vulnerabilidad costera.

Figura 52

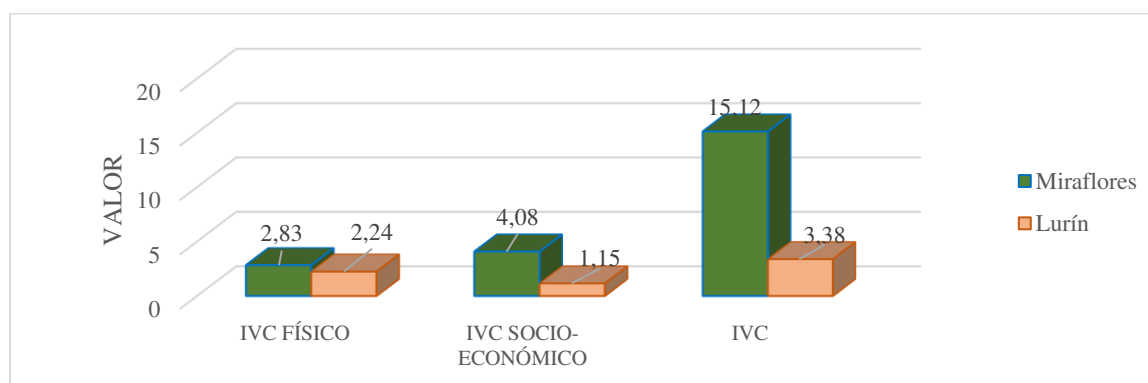
Índice de vulnerabilidad costera del tramo Lurín -Miraflores



Nota. Elaboración propia, 2021

Figura 53

Índice de vulnerabilidad costera (IVC Físico, IVC Socio-económico)



Nota. Elaboración Propia, 2022

Finalmente, para la evaluación de impactos se utilizó la matriz de Leopold modificada en el componente de origen natural y antropogénico; en este sentido, este método cualitativo permitió evaluar el impacto ambiental y los impactos ambientales físicos y socioeconómicos generados por la erosión costera. En la zona investigada se presentó este fenómeno entre las playas Lurín y Miraflores con una Magnitud Moderada. Por lo expuesto, los impactos ambientales negativos más significantes en el ámbito físico vienen a ser la erosión costera, que según la evaluación realizada origino un valor resultante de 59 para la zona próxima al litoral Miraflores, y para la zona de Lurín una valoración de 57, aspecto que permite determinar que el Impacto de la erosión costera en estas 2 zonas es Moderado (Ver Tablas 65, 66,67 y 68).

Tabla 64*Matriz de Leopold modificada de impactos físicos-socioeconómicos, Miraflores*

COMPONENTES AMBIENTALES			Actividad natural			Actividad Antropogénico		
			Inundación	Precipitación temporal	Mareas	Retroceso de línea costera	Agregado de desmonte	Infraestructura
Medio Físico	ATMOSFERA	Calidad del aire	-1	-1	-2	-2	-2	-2
	AGUA	Calidad del agua	-1	-1	-2	-2	-1	-1
		Erosión	-3	-1	-2	-2	-1	-1
	SUELO	Cubierta vegetal	-1	1	-2	-2	-2	-1
		Relieve	-1	-1	-2	-2	-1	-2
Medio Biológico	ECOSISTEMA	Flora	-2	2	-2	-1		
		Fauna			1			
Medio socio-económico	ASPECTO DE INTERÉS HUMANO	Paisaje	-1	-1	-1	-1	-1	-1
		Residuos Sólidos	-2	-1	-2			-2
SUMATORIAS ARITMÉTICAS			-12	-3	-14	-12	-9	-10
SUMATORIAS TOTAL			-59					

Nota. Elaboración propia, 2020**Tabla 65***Valoración de impacto*

Escala de impacto	Impacto débil	1	Grado de impacto	Beneficioso	+
	Impacto moderado	2			
	Impacto fuerte	3		Perjudicial	-

Nota. Tomado de Rondón y Tavares, 2018

Tabla 66*Matriz de Leopold modificada de impactos físicos-socioeconómicos, Lurín*

COMPONENTES AMBIENTALES			Actividad natural			Actividad Antropogénica		
			Inundación	Precipitación temporal	Mareas	Retroceso de línea costera	Agregado de desmonte	Infraestructura
Medio Físico	ATMÓSFERA	Calidad del aire	-1	-1	-1	-3	-2	-1
	AGUA	Calidad del agua	-1	-1	-2	-2	-4	-1
		Erosión	-2	-1	-2	-3	-3	-1
	SUELO	Cubierta vegetal	-1	1	-1	-2	-3	-1
		Relieve	-1	-1	-1	-3	-3	-1
Medio Biológico	ECOSISTEMA	Flora	1	2	1	1		
		Fauna			1	-1		
Medio socio-económico	ASPECTO DE INTERES HUMANO	Paisaje	-1	-1	-1	-1	-1	-1
		Residuos sólidos	-2	-1	-2			-2
SUMATORIAS ARITMÉTICAS			-8	-3	-8	-14	-16	-8
SUMATORIAS TOTAL			-57					

Nota. Elaboración Propia, 2020**Tabla 67***Significancia del impacto ambiental*

Impacto	Rango (Positivo o Negativo)
Grave	60 - 75
Moderado	30 - 59
Leve	16 - 29
No significa	1-15

Nota. Tomado de Newmont, 2020

4.7. Interpretación de los Resultados

Cabe resaltar que en Lima existen zonas que presentan núcleos de actividad comercial y turística como es el caso del distrito de Miraflores, que cuenta con el complejo turístico Larcomar, la bajada Balta (Bajada Baños de Miraflores) y su tradicional club denominado Waikiki.

Por otro lado, en Barranco se tiene la bajada Baños de Barranco, que es muy atractivo a nivel de la metrópolis. Por otra parte, en Chorrillos se continúan desarrollando actividades importantes como es la pesca artesanal en el muelle Los Pescadores que además cuenta con su propio mercado y es fuente de suministros para los Restaurantes de la zona; asimismo, este lugar acoge a clubes prestigiosos como es el caso de “Regatas Lima”. En adición, en este sector se pueden encontrar las playas La Herradura y La Chira, que permiten actividades acuáticas estructurantes como son la caza submarina, pesca y surf, originando un beneficio en el lugar por tratarse de actividades tradicionales que se desarrollan durante todo el año. En adición se tiene la depuradora de aguas residuales La Chira, construida y operada por ACCIONA en colaboración con la compañía peruana Graña y Montero, que supone una radical mejora de la calidad de vida en Lima, contribuyendo a la regeneración ambiental, económica y social de la zona.

Dentro de este marco, nace la importancia del transporte de sedimentos a lo largo de la costa y específicamente a lo ancho de la zona de rompiente, que la que determina el ciclo de arena. En este sentido, más del 95 % de las arenas que vemos en el fondo del mar y playas son aportadas por los ríos, y sólo las corrientes marinas determinan su distribución en el mar.

En la zona de estudio, el río Lurín es la principal fuente de sedimentos que alimentan las playas hacia el norte de su desembocadura y con un cierto remanente del río Mala, ubicado a aproximadamente 40 km hacia el sur. Este tipo de sedimento sufre varios cambios en su recorrido, inicialmente se deposita a la sombra de la isla Pachacamac e islotes vecinos y luego la parte remanente sigue su recorrido hasta la playa Conchán, que de acuerdo a sus características es una

playa de regresión, donde el sedimento sale del mar hacia el continente y continua el transporte en forma eólica. Evidencias de esta regresión es la gigantesca duna denominada Lomo de Corvina que actualmente se encuentra casi estacionaria. Adicionalmente, como elemento importante, podemos señalar la acumulación de arena al sur de la Punta La Chira, que es una barrera que permitió la formación inicial de marismas y origino un sistema lagunar muy importante, que es denominado, las Lagunas de Villa. Por otro lado, las ciudades de Lima y el Callao han sido construidas sobre los aluviones aportados por el río Rímac, que antes fue una depresión, y ahora ha configurado un potente apilamiento relleno por gravas, arenas y arcillas. En adición, el grosor mayor de este depósito aluvial del Pleistoceno, según el mapa de Morfología del substrato rocoso de la Gran Lima (Arce, 1990) y en base a la información sísmica y perfiles eléctricos, es de 400-600 metros, siendo el espesor promedio de 200-300 m. Sobre la información de los pozos para aguas subterráneas, se tiene registrado que el más profundo es el que se perforó en el Hospital Daniel Alcides Carrión de 210 m. Igualmente, el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) ha realizado pozos más profundos durante los últimos años. En otro aspecto, el río Rímac ha desplazado progresivamente su lecho mayor hacia el norte, hasta estabilizarse en su posición actual. Es importante resaltar que, este río tuvo una salida por Villa, luego en Chorrillos, Quebrada de Armendáriz, Miraflores, San Miguel hasta llegar hasta la parte norte del puerto del Callao. Del mismo modo, el cono aluvial, que se prolongaba unas 15-20 millas mar adentro al producirse el Post glacial, permitió el derretimiento de los hielos y la elevación del nivel del mar, erosionando el cono y formando los acantilados. De esta manera se produjo el retroceso y el modelado de la ribera que se puede apreciar en la actualidad. En 1966 el oleaje en marea alta golpeaba la base de los acantilados al norte de la quebrada de Armendáriz. De esta forma la construcción de espigones permitió el crecimiento de las playas arenosas. A comienzos de este siglo, se construyó el camino que va desde la playa La Herradura hasta La Chira, haciendo cortes

en los acantilados y arrojando los materiales removidos hacia el mar. Aspecto que originó una barrera limitante en la alimentación de las arenas que venían de la parte Sur, aportando a la playa La Herradura como a otras de la Costa Verde y de esta forma creando un desvío que llega a las Islas El Frontón y San Lorenzo. En la zona litoral, los aportes de arenas de tamaño mediano y fino son procedentes de las descargas del río Lurín y en menor grado del río Mala, y cuando traen caudales mayores principalmente entre los meses de diciembre a abril, el transporte de sedimentos se logra incrementar. En los eventos cálidos de El Fenómeno El Niño, las avenidas excepcionales de los ríos arrastran volúmenes muy importantes de sedimentos, los cuales son transportados en dirección norte por la acción de las olas y corrientes marinas que a su vez son distribuidas en las playas norteñas y en el fondo marino adyacente al litoral. En el cuadro de parámetros sedimentológicos de las playas entre Lurín y Miraflores se observa que en la desembocadura del río Lurín y Naplo, las arenas son frecuentemente de tamaño mediano y localmente gruesas por la presencia de conchuelas. Al norte de la desembocadura del río Lurín las arenas son medias hasta Punta La Chira; y entre las playas La Herradura y Barranco las arenas son finas.

Por otro lado, los resultados respecto al transporte de sedimentos muestran cambios importantes respecto a la altura de ola en rotura y la disminución de arenas en el sector de playas Chorrillos, no afectando de esta manera al sector de Barranco y Miraflores.

La visión de la Costa Verde en el futuro debería ser el convertirse en un espacio que otorgue los mejores beneficios de manera integral y sostenible a través del tiempo a los pobladores de la zona, veraneantes y turistas, Ver Tabla 69.

Tabla 68*Parámetros Sedimentológicos de las playas entre Lurín y Miraflores*

N°	Muestra	Tipo de sedimento	Mediana (mm)	Indice Trask
M-1	Playa Miraflores	Arenas medianas, gruesas	0.72	2.17
M-2	Playa Barranco	Arenas medianas	0.2	1.31
M-3A	Playa Agua Dulce (Chorrillos)	Arenas finas	0.18	1.15
M-3B	Playa La Herradura (Chorrillos)	Arenas finas	0.2	1.41
M-4	Playa La Chira	Arenas medianas	0.22	1.29
M-5	Playa Villa	Arenas medianas, finas	0.18	1.26
M-6	Playa Mamacona	Arenas medianas	0.19	1.13
M-7	Desembocadura del río Lurín	Arenas, medianas, gruesas	0.85	1.9

Nota. Elaboración Propia, 2022

La Desembocadura del Río Lurín contiene arenas gruesas siendo la mediana granulométrica de 0,85 mm y el índice de Trask de ($S_o=1,90$), lo cual indica una clasificación regular. La mineralogía de arenas presenta en gran porcentaje cuarzos y carbonatos, en menor proporción ferromagnesianos, entre otros; y en los de mayor tamaño hay contenido de fragmentos líticos.

Por otro lado, la playa Mamacona tiene arenas de media a fina siendo la mediana granulométrica de 0,18 mm y el índice de Trask de ($S_o=1,13$), lo que indica una clasificación muy buena por ser una playa abierta al oleaje marino. En adición, la mineralogía de arenas presenta cuarzo y feldespatos predominantes, y en menor proporción ferromagnesianos y otros. En el trabajo Coastal Studies for the Bahía de Miraflores para la Corporación de Desarrollo del Callao, hoy Gobierno Regional, realiza estimaciones del volumen de sedimentos transportados entre la playa de Villa y Miraflores (Instituto del Mar del Perú [IMARPE], 2012).

Por otra parte, la playa de Villa al Sur de Punta La Chira, es una playa abierta que abastece de arenas al sistema de la bahía de Miraflores. Asimismo, La zona entre Punta La Chira y Punta Chorrillos, y el tramo desde la Punta a la Las Cascadas, están constituidas por playas arenosas. Del

mismo modo, la zona entre playa Piedritas a Malecón La Marina es una transición de playas arenosas al sur y de cantos rodados al norte.

La zona entre el Malecón La Marina y La Punta está constituida de cantos rodados. Sin embargo, unos años después, por la construcción de espigones en Barranco y Miraflores, y principalmente por el Fenómeno El Niño de 1998, estas playas se cubrieron de arenas.

En el presente siglo se realizó la construcción de otro camino entre las playas La Herradura y Miraflores. Por esta razón han vuelto a tener gravas y cantos rodados, excepto la playa de Aguadulce (Chorrillos) que solo mantiene arenas de poca anchura.

Según IMARPE (2012) considerando el rango de incertidumbres en algunas variables se ha estimado un promedio de transporte de sedimentos entre Punta La Chira y playa Las Cascadas de $150,000 \text{ m}^3/\text{año}$.

En la comparación de fotos aéreas tomadas en los años 1943, 1957, 1967 y 1971 se estima una deposición de sedimentos aproximada de $60,000 \text{ m}^3/\text{año}$ retenidas en los espigones. Este valor se basa en los $25,000 \text{ m}^3/\text{año}$ desarrollado en playa seca y los $35,000 \text{ m}^3/\text{año}$ de deposición de sedimentos asumida debajo del nivel del mar. También se presenta resultados computacionales de la deriva litoral potencial con valores entre $200,000$ y $900,000 \text{ m}^3/\text{año}$.

4.8. Contrastación de Hipótesis

La comprobación de hipótesis se desarrolló en base al planeamiento de las bases del marco teórico y conceptual junto con el desarrollo y operatividad de las etapas del diseño de investigación, aspecto que se incluyó en la solución de las hipótesis planteadas. Por otro lado, tomando en cuenta las zonas propensas a sufrir alguna perturbación debido a los impactos que causan los fenómenos geodinámicos, antrópicos y ambientales, se consideró el factor de la dinámica marina litoral, aspecto que reveló que en algunos de los tramos de las playas

correspondientes a la Costa Verde, donde concurren veraneantes, pobladores y turistas, estaban siendo afectadas por la obstrucción de los escombros tirados al mar producto de la construcción del camino realizado entre La Herradura y La Chira, lo cual estaba desviando la alimentación del aporte de sedimentos procedente del río Lurín, originando un cambio en la dirección de este material arenoso hacia la isla San Lorenzo. En este sentido, se podría decir que este caso es más un aspecto local que estructural y por esta razón se dedujo que con una gestión adecuada es posible controlar con eficacia, y en plazos razonables los efectos negativos sobre las playas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión Resultados de Costa Verde

El río Lurín abastece de arenas al litoral de la Costa Verde habiendo sido este transporte interrumpido por los desmontes que corresponden a los cortes realizados a los acantilados destinados para la construcción de la carretera de La Herradura a La Chira. La vulnerabilidad asociada a cada proceso costero, calcula la evaluación de la vulnerabilidad integrada de los impactos de erosión, la vulnerabilidad integrada de los impactos de inundación y la vulnerabilidad global al efecto de todos ellos. En este sentido, se obtiene el conocimiento del tipo de impacto dominante en cada tramo (erosión o inundación), así como la identificación a nivel global de zonas que requieren mayores recursos para la gestión de daños (daño integral) (Merlotto et al., 2017). Esta aseveración es correcta debido a que en los resultados obtenidos de la investigación se determinaron los índices de vulnerabilidad ayudando así al diseño de planes de manejo, mitigación y medidas de adaptación ante los factores de riesgo geodinámico en la zona. Asimismo, según Tejada (2016) se señala que no se debe descartar la posibilidad de informar a la población sobre los resultados de cada índice de vulnerabilidad costera (IVC) debido a que esto permitirá contrarrestar los niveles de vulnerabilidad física y socioeconómica.

Según Zújar et al. (2009) a mayor resultado de vulnerabilidad costera menor será el valor de la pendiente y esto se debe a que los procesos erosivos de las olas se incrementan en los primeros metros de la costa. En el caso de Miraflores es clasificado como de nivel bajo y en cambio Lurín presenta un nivel muy alto. En función a la variable distancia a la infraestructura, que corresponde a la medida que otros autores llaman ancho de playa o proximidad a la costa (Ros, 2014). Este criterio representa de mejor manera el área de influencia de ciertos impactos en la costa (Cruz et al., 2014). Por consiguiente, esto permite gestionar, manejar o mitigar los impactos que puedan

generarse en una tendencia erosiva a la playa, como es el caso de Lurín que según la investigación obtuvo el resultado de menor vulnerabilidad por su distanciamiento a la costa. Respecto a la variable geomorfológica, según Zújar et al., (2009) se considera que está directamente relacionada al soporte geológico y a la erosión costera en donde predominan los acantilados y afloramientos rocosos, los cuales originan una menor vulnerabilidad; en cambio, las playas extensas y poco elevadas presentan alta vulnerabilidad. En efecto, los resultados aseveran lo señalado por los autores, en el caso de Lurín, se presenta una alta vulnerabilidad y para Miraflores una baja vulnerabilidad.

En el área de estudio, además de la agudización de los principales conflictos ambientales como los derivados de los usos del suelo, y otras actividades críticas, existe además una vulnerabilidad de rango Medio-Alto ante los fenómenos de origen geodinámico-climático y geológico-climático, siendo los más importantes los sismos, los tsunamis y las consecuencias del cambio climático, Autoridad del Proyecto Costa Verde [APCV], 2010).

En el llamado Cinturón de Fuego Circun-Pacífico, se encuentran ubicadas la ciudad de Lima y el Callao, donde se manifiesta más del 80% de los sismos que afectan a nuestro planeta y a grandes sectores de la orilla de la cuenca del Pacífico que son zonas de subducción, los cuales en los últimos 40 años han experimentado sismos muy severos, como son los ocurridos en los años de 1966, 1970 y 1974 (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET], 2015).

Asimismo, el sismo más fuerte ocurrió el 03 octubre de 1974 para el centro de Lima que tuvo una magnitud de 7.6, duración de 95 seg., aceleración máxima del orden de 0.22 g (Kuroiwa, 2002). De acuerdo a los datos históricos y a los resultados de estudios geotécnicos, hidrológicos y de mapeo geodinámico in situ, se ha podido identificar peligros y amenazas de grado alto a bajo. Dentro de este marco, se tiene que las 7 playas de Lurín a Miraflores presentan una secuencia rocosa de naturaleza intrusiva-sedimentaria atravesada por diques volcánicos, con cubierta

cuaternaria constituido por depósitos coluviales, aluviales, eólicos y marinos. Asimismo, la morfología está restringida por la dinámica marina, los procesos de intemperismo y erosión que pasan en este tipo de ambiente; y que han permitido distinguir hasta 3 unidades geomorfológicas: las zonas de colinas, conformadas principalmente por afloramientos rocosos, las zonas de terrazas aluviales o aluvio-coluviales que corresponden a una planicie sub-horizontal y a la terraza marina adyacente al borde litoral. En ese sentido, existe aún la necesidad de profundizar estudios sobre la vulnerabilidad de la franja ante los fenómenos naturales y antrópicos (tecnológico); así como de las consecuencias futuras del cambio climático. Del mismo modo, se requiere implementar un sistema de administración de la Zona Costera Marina a fin de asegurar su uso y labor racional. En efecto, la disminución progresiva del tamaño de las arenas entre la desembocadura del río Lurín y las playas de La Herradura hacia Barranco y Miraflores evidencian que las arenas de las playas de la Costa Verde proceden de los aportes del río Lurín hacia el mar. Además, el estudio mineralógico de arenas indica el origen de rocas ígneas intrusivas con cuarzos, feldespatos y ferromagnesianos. Por otro lado, los volúmenes de sedimentos procedentes del Sur que aportan a la Costa Verde ya no ocurren en la actualidad por la obstrucción de los desmontes arrojados al mar procedentes de los cortes de los acantilados originados por la construcción del camino desde la playa La Herradura a la playa La Chira. Por lo tanto, la dinámica del transporte de sedimentos, en especial en zonas costeras o litorales, tiene un comportamiento cíclico respecto a las arenas, las cuales se forman por la acción erosiva de los ríos, debido al choque y particulación continua de las rocas que son transportadas. En este sentido, cuando las arenas llegan al mar, son distribuidas de acuerdo a la dinámica de las corrientes y el oleaje litoral, siendo depositado en la costa por el mar y luego introducida hacia el continente por la acción eólica, siendo nuevamente retornada hacia al mar por medio de la acción del río y el viento. Este comportamiento de las arenas reviste una gran importancia sobre todo para escoger la mejor ubicación de las infraestructuras en costa; por consiguiente, se debe

considerar en este tipo de análisis factores como son la formación de playas, erosión antropogénica al cortar el acceso de los sedimentos, playas de egresión o ingresión de arenas, entre otros. Dentro del ciclo del transporte de sedimentos, se puede agregar que cuando este se desplaza por el mar lo puede hacer por efecto del oleaje litoral, produciéndose un transporte a manera de zigzag, en suspensión y en forma de dunas submarinas. Principalmente en este último caso, el transporte puede ser interrumpido al encontrar en su camino con una quebrada submarina, valles, canales, surcos o cañones submarinos, por el cual el sedimento que es transportado se desvía hacia el fondo. Por otra parte, en el litoral vecino a Lima, entre Lurín y Chancay se determinó lo siguiente: La playa de Conchán en su parte Norte, es una playa arenosa que se conoce como de ingresión, porque el viento dinámico resultante en el zócalo continente lleva las arenas del cerro Lomo de Corvina, al igual que el aporte que origina el río Lurín hacia el Norte. Estas corrientes llevan las arenas a las playas La Chira y La Herradura, en donde como resultado del remanso que forman las puntas del mismo nombre, las depositan en cantidad decreciente hacia el Norte, hasta que sólo queda un remanente playero que hoy se aprovecha con espigones transversales de atajo para formar las playas del Regatas y Agua Dulce en Chorrillos. En adición, más al Norte de la bahía de Miraflores, se origina la retención de arenas por medio de espigones construidos en costa, que permiten al material volverse prácticamente nulo en la zona Norte de la bahía. El resto de arena transportado principalmente por la parte exterior, es llevado en dirección a la isla San Lorenzo, en donde se acumula en sus playas siguiendo sólo un residual y que al juntarse con las que llevan los ríos Rímac y Chillón, forman así las importantes acumulaciones playeras de Ventanilla y Playa Grande. Por otra parte, estas playas de egresión extraen la arena que luego es secada por acción del Sol en bajamar y transportada por acción eólica hacia el continente formando dunas o barcanas. Asimismo, estas playas de egresión son generalmente playas tendidas de poca pendiente y de arena dura, caso contrario a las de ingresión que son de arena blanda y regularmente de fuerte declive. Dentro de este marco, las dunas o barcanas después de un recorrido

ascendente y descendente terminan en potentes acumulaciones en las faldas de los cerros de Piedras Gordas, Canarios y Pasamayo. De esta zona vuelven al mar principalmente en forma eólica hasta la misma playa de Ancón. En relación, se puede afirmar que los sedimentos finos, de grano menor que las arenas, no pueden existir en las playas sino en cantidades insignificantes, porque la dimensión de sus partículas y movilidad del agua producen su suspensión y sólo se depositan donde las corrientes de fondo tienen poca intensidad. Además, los ríos que llevan al mar cantos rodados, grava, gravilla y arena gruesa depositan generalmente estos sólidos al Norte de su desembocadura, siguiendo el normal curso de la corriente. Cabe resaltar que las playas al Norte de los ríos Rímac y Chillón son ejemplo de este proceso (Soto, 2018).

En este sentido, en el área de estudio, los sedimentos aportados principalmente por el río Lurín son en su mayoría transportados hacia el Norte en forma progresiva, observándose depósitos de sedimentos importantes en el área, aunque en ciertos momentos el transporte se produce hacia el Sur y Suroeste principalmente. Una evidencia de este hecho es el seno que se ha formado como consecuencia de la sombra de las islas Pachacamac, ocasionando un ensanchamiento de playa. Se ha observado que la zona investigada ha variado significativamente en sus playas a través del tiempo. En este sentido, en la antigüedad el transporte de sedimentos era mayor, debido al aporte de los caudales de los ríos; sin embargo, con el actual crecimiento poblacional y las construcciones de infraestructuras se ha interferido en la libre circulación eólica del sedimento. En relación, según el autor Leceta (2009) la disminución de los caudales de ríos se debe al mayor uso de sus aguas río arriba (aumento de áreas cultivables, entre otros). Adicionalmente, se puede agregar, que las obras para la construcción de la carretera entre las playas La Herradura y La Chira en los años 90, ha causado el desarenamiento y pérdida de anchura del perfil de playa, lo que significa que en la franja de la costa comprendida entre ambas playas se están quedando atrapados los sedimentos,

por el efecto del cambio de pendiente causada por las rocas utilizadas en la construcción, que ha interrumpido el libre pase de los materiales.

Respecto a la playa La Herradura, esta se encuentra en una situación de desarenamiento como resultado del corte del flujo que causó la construcción de la carretera entre La Chira y La Herradura. Por lo indicado, no se conoce el plazo en el cual el sedimento pasará libre nuevamente; sin embargo, se considera que la implementación de un sistema by-pass entre ambas playas puede permitir la recuperación de la playa La Herradura y el incremento del volumen de sedimentos que ingresa en la bahía Miraflores.

De acuerdo a lo analizado y la información obtenida en la zona de estudio, podemos destacar lo siguiente: El transporte de sedimento a lo largo de las costas se produce principalmente a lo ancho de la zona de rompiente, debido al ángulo de incidencia del oleaje sobre la costa que origina una corriente litoral y por otro lado a la rotura de la ola que pone en suspensión al sedimento, siendo esta la forma en que el sedimento se traslada eficientemente y a grandes distancias. Sin embargo, existe también un transporte longitudinal de sedimentos muy importante, como consecuencia de los oleajes de braveza de mar que retiran el sedimento y erosionan la playa, que inmediatamente trasladan el material y lo ubican atrás de la zona de rompiente, formando una barrera dinámica que disminuye la energía de la ola y actúa como una defensa contra la misma erosión. Se puede agregar que el movimiento descrito es también debido a la puesta en suspensión del sedimento principalmente por acción de fricción del oleaje (capa límite); y por efecto de las corrientes de retorno que arrastran el sedimento incluso más atrás de la zona de rompiente. Ante esta situación, las corrientes longitudinales fluyen desde posiciones de grandes alturas de olas, hacia puntos de menor altura, donde la corriente converge, girando en dirección al mar en forma de corrientes de retorno, y que son una de las causas de que eventualmente se encuentren bancos de arena entre los primeros 50 m de profundidad.

En adición, el sedimento que es trasladado o transportado a lo largo de la costa, lo hace principalmente en la zona de rompiente, muy pegado a la costa (aproximadamente el 90 % se traslada en esta zona); y el material restante lo hace atrás de la zona de rompiente, y en forma cada vez menor a medida que se aleja de la costa, debido principalmente al oleaje que gradualmente a mayores profundidades tiene una menor influencia en relación a la suspensión los sedimentos, y por lo tanto, disminuye la probabilidad de su transporte por las corrientes (Monge, 2021).

Como se señaló previamente, el sedimento tiene un ciclo de transporte, en donde ingresa al mar por el aporte del río y el proceso eólico. En el caso de las costas del Perú, principalmente en el norte; los sedimentos pueden salir del circuito, como consecuencia de encontrarse en el mar canales, surcos y cañones submarinos, donde el material ingresa y se va a mayores profundidades (Merlotto et al.,2017).

Por lo expuesto, las playas del Norte son principalmente de egresión, es decir, que una parte del sedimento que inicialmente llega por los ríos Mala y principalmente por el río Lurín (eventualmente en forma eólica) es regresado al continente. Asimismo, el oleaje incidente llega en forma normal, por lo que el transporte litoral se vuelve restringido y el longitudinal prevalece, debido a la frecuente formación de corrientes de retorno, aspecto que le brinda a las playas una característica de forma sinuosa, con la formación de senos o medias lunas.

Es importante resaltar, que la bahía de Miraflores tiene un potencial calculado de transporte de sedimentos de 150,000 m³ al año aproximadamente (Grández, 2010). Se comenzó a formar cuando la desembocadura del río Rímac se trasladó desde La Chira hacia la bahía del Callao, es decir como consecuencia de la pérdida del aporte de sedimentos que mantenía en equilibrio las playas más al norte; sin embargo, recién cuando se ganó terreno al mar y se construyó espigones a lo largo de estas costas, se pudo frenar parcialmente la erosión de la bahía (Kokot et al., 2004).

Por lo tanto, en la bahía de Miraflores predomina una mayor tasa de erosión que de sedimentación. De acuerdo a lo analizado, se determina que el material que ingresa desde el sur a la bahía, lo hace principalmente por el ancho de la zona de rompiente y en forma eólica a profundidades mayores de 30 m, lo cual no tiene relevancia en la alimentación de las playas al norte de la zona de estudio; resaltando que en la punta La Chira existen sistemas y afloramientos rocosos que evitan que el material entre en suspensión, y se dificulte su traslado hacia el norte, y por esta razón, se deriva hacia aguas más profundas, entre los canales y quebradas formados por los sistemas rocosos (saliendo del circuito). Por lo expuesto, alrededor del 0.5 % del sedimento podría trasladarse por esta zona, ingresando hacia el fondo del mar por medio de los surcos, canales o quebradas existentes en el mar adyacente a punta La Chira. Aspecto que origina un transporte muy lento, como consecuencia de su forma de grano relativamente grueso y a la poca significancia de fricción con el fondo.

En síntesis, se dificulta la suspensión y el posterior traslado de este tipo sedimento durante los oleajes normales, debido a la poca intensidad de las corrientes de fondo, no sólo en la zona de estudio sino también a lo largo de toda la costa del Perú, por lo que se estima poca relevancia para el sistema de extracción de sedimento (Leceta, 2009). Dentro de este contexto, el presente trabajo busca construir un Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) que permita conocer y comparar la situación de las diferentes zonas costeras de Lima que incluye a la Bahía de Miraflores y la zona litoral de Chorrillos, estudiadas previamente por Grández (2010). Además, conociendo el posible impacto físico y la adaptación de las poblaciones que residen cerca de la línea de costa, se podrá estimar y comparar la vulnerabilidad a la que se enfrentan. En efecto, se puede agregar que la vulnerabilidad no es estática, y cambia dependiendo de la conducta de los seres humanos y de acuerdo a las condiciones naturales. Según Boruff et al. (2005) el IVC se puede considerar un indicador estático de las condiciones de la zona de estudio en un momento específico en el tiempo,

en lugar de una representación de un fenómeno versátil. Por consiguiente, la evaluación de la vulnerabilidad costera (IVC) asume una perspectiva antropogénica, pero no toma en consideración las condiciones ecológicas necesarias para considerar una sostenibilidad completa de la zona costera. Por ejemplo, la protección a través de las infraestructuras puede reducir el grado de erosión e inundaciones, constituyéndose como un factor de reducción de la vulnerabilidad para la población (Pérez, 2019). Finalmente, después del estudio realizado a las muestras, podemos resaltar la importancia de los diferentes parámetros estadísticos empleados en la investigación, que ha permitido entender cómo se distribuyen los elementos (sedimento), la selección de los materiales, la clasificación según el tipo de partícula, la forma en que se presentan los granos de sedimento, el tamaño del grano, la dirección del transporte, el lugar en donde se concentran con mayor presencia y como se dispersan los sedimentos en función de los índices establecidos. En efecto, esta investigación nos permite tener una visión amplia de la influencia que existe entre la actividad humana y los cambios que se manifiestan dentro del medio físico Costero. Finalmente, se espera lograr implementar una Línea base de conocimiento científico con un enfoque Geotécnico, Geodinámico y Antrópico.

VI. CONCLUSIONES

- Respecto al primer objetivo se concluye que el nivel de vulnerabilidad de Lurín y Miraflores se categorizan en el nivel **MEDIO** debido a que se encuentran dentro del rango de $< 0,41 - 0,60 >$, asimismo, el valor de riesgo fue de 1,14 y 1 respectivamente, el cual se encuentra en el rango de $< 1 - 2,0 >$ categorizado como riesgo **MEDIO**.
- El índice de vulnerabilidad costera de Miraflores presenta una valoración de 15,12, a su vez, su IVC físico es de 2,82 y el IVC socio-económico de 4,08; por tanto, el IVC resultante se encuentra en el rango 11,067 – 15,490 categorizado como **MODERADA**, asimismo, el índice de vulnerabilidad costera de Lurín presenta una valoración de 3,38, a su vez, su IVC físico es de 2,24 y el IVC socio-económico de 1,15; por tanto, el IVC resultante se encuentra en el rango $< 11,067$ categorizado como **BAJO**.
- Del mismo modo se concluye que la vulnerabilidad ante los fenómenos de origen geológico y climático del tramo de Lurín-Miraflores es de rango **MEDIO**, por lo que se requiere tomar medidas de prevención de carácter estructural y no estructural para mitigar o reducir los efectos ocasionados por los fenómenos naturales.
- En la evaluación de impactos mediante la aplicación de la matriz de Leopold, se tiene que el componente natural-antropogénico obtuvo una valoración de 59 en Miraflores y 57 en Lurín respectivamente, lo que significa que tienen un **IMPACTO MODERADO** originado por la erosión costera.
- Debido a los resultados se armó una clasificación de vulnerabilidad que permite representar una escala de valor de muy baja (1) a muy alta (5). La clasificación mostró que todas las áreas estudiadas cuentan con una vulnerabilidad general de baja o muy baja, sin embargo, estos

resultados han sido promediados obteniendo un rango de vulnerabilidad moderada en la bahía de Miraflores y muy alta; en la zona de playas de chorrillos.

- El mapa de riesgo obtenido para la zona estudiada ha permitido la identificación de áreas con diversos grados de riesgo derivados de la desigual manifestación en el espacio de la peligrosidad y de la vulnerabilidad. Estos resultados determinaron sectores en los cuales debe reducirse el riesgo y favorecer el diseño y la implementación de medidas y estrategias de prevención y/o mitigación diferencial de acuerdo con las necesidades de cada área.
- En conclusión, los resultados del índice de vulnerabilidad costera (IVC) aplicado en esta investigación mostraron que Chorrillos cuenta con la mayor vulnerabilidad socioeconómica mientras que la bahía de Miraflores obtuvo el puntaje de menos vulnerable, aunque en alguna de sus variables por la corta distancia de la infraestructura con la línea de costa y la alta densidad poblacional en el distrito se mostró un alto puntaje tendiendo a ser más vulnerable.
- Según los resultados se concluye que existe un uso inadecuado y no planificado de la zona Costa Verde impacta sobre el recurso playa, elevando su vulnerabilidad a la erosión costera e influyendo en aspectos ambientales, ecológicas y socioeconómicas.
- Respecto al segundo objetivo se concluye que la actividad humana en la zona costera de la Gran Lima es el principal factor en el desarrollo de los fenómenos geodinámicos que han dado lugar a la disminución del área de playas arenosas de la Costa Verde, Lima. En este sentido, la construcción de la carretera del año 1990 en el tramo de La Herradura a La Chira es un factor determinante en el cambio de dirección Sur Norte de las arenas provenientes del río Lurín y su resultante pérdida de playas ocasionada por el arrojado de los desmontes y gravas arrojadas al mar, donde hasta el momento no se tiene establecido una fecha en la cual el sedimento lograra su libre tránsito.

- Respecto al transporte de sedimentos, se concluye que las arenas desembocadas por el río Lurín, son trasladadas en dirección norte hacia la Costa Verde debido al oleaje y a las corrientes litorales, determinado por las variaciones granulométricas que muestran una disminución en el tamaño de las arenas, de gruesas a medias en la desembocadura del río y arenas finas en las playas La Chira, La Herradura, Chorrillos y Barranco.
- La Bahía de Miraflores de la Costa Verde, se encuentra afectada por los procesos geodinámicos marinos de acumulación, transporte de sedimentos y formación de playas por el tramo de Miraflores a Chorrillos y por la erosión del litoral en la zona de San Miguel a La Perla.
- En la Bahía de Miraflores las máximas alturas de olas se presentan en la zona norte de los distritos de San Miguel y Magdalena, mientras que en los distritos ubicados en el centro de la bahía San Isidro y Miraflores presentan alturas de olas medias que permiten el desarrollo de deportes acuáticos, mientras que en los distritos de Chorrillos y Barranco las alturas de olas son bajas por encontrarse más protegidas.
- En conclusión, la actual línea costera ha sido el resultado de los fenómenos geodinámicos, medioambientales y antropogénicos, aspecto que ha originado la disminución en la anchura de las playas, pérdida de arenas, modificación de la dinámica litoral, desaparición de especies naturales, pérdida de escenarios naturales, formación de nuevos procesos erosivos y de sedimentación. Dentro de este marco, el proceso de ganar terreno al mar realizado por las actividades antropogénicas ha modificado la dinámica del transporte de los sedimentos y ha alterado el hábitat de las especies bentónicas.
- Como resultado de investigaciones de campo se concluye que las áreas donde los sedimentos marinos tienen las mejores condiciones para servir de base para las obras portuarias

proyectadas en el Terminal Marítimo Callao (TMC) son las que se ubican frente a las playas de La Chira, Conchán y San Bartolo.

- Respecto a las muestras estudiadas se concluye que poseen estructuras muy semejantes entre sí, de esta forma los sedimentos se concentran con mayor frecuencia entre los tamices que tienen tamaños de malla de 2mm a 0.125 mm, lo que indica que el sedimento es de naturaleza arenosa.
- Finalmente, se concluye que el borde costero está siendo azotado por los fenómenos de origen natural y acelerados por la acción antrópica que mediante la ocupación de los espacios próximos al mar, ha incrementado exponencialmente los daños y lo ha convertido en un espacio de alto riesgo. En este sentido, los sectores más críticos de la Costa Verde deberían ser considerados como áreas intangibles.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar la investigación dentro del proceso de toma de decisiones de las políticas públicas con el objetivo de resolver la problemática actual que azota al País como es la silenciosa pérdida de playas arenosas en la zona Costa Verde. En este sentido se requiere que el presente estudio, que es pionero en el ámbito del estudio antropogénico-geo ambiental, forme parte activa del enfoque de análisis aplicado por los decisores públicos.
- Se recomienda que la investigación sea establecida como un insumo válido para la regulación y aplicación de leyes enfocadas en el marco geo-ambiental. De esta manera se logrará una mejor gestión de políticas públicas respecto al actual escenario de riesgo en el borde costero (Costa Verde).
- Se recomienda la operación de dragado para eliminar la obstrucción producida por los desmontes arrojados al mar en el tramo de La Herradura a La Chira, con la finalidad de resolver el problema de la falta de aporte de arenas.
- Se recomienda evaluar periódicamente la batimetría de las playas para evitar los problemas de sedimentación y de otros materiales que pueden estar obstaculizando la dinámica marina.
- Se recomienda recuperar las playas de arenas de Barranco y Miraflores, por ser un ambiente seminatural importante. Además, debe hacerse un análisis del costo-beneficio para la creación de nuevas playas desde San Isidro a San Miguel y de esta forma poder considerar los posibles impactos sobre el fondo marino y las especies bentónicas.
- Se recomienda implementar un sistema de prevención de riesgos naturales, suministrando medidas correctivas y de rehabilitación para la restitución de los ecosistemas marinos dañados, así como fijar procedimientos y establecer mecanismos para la mejora de la calidad de los servicios que ofrecen las playas.

- Se recomienda priorizar las políticas orientadas a la adaptación y reducción de vulnerabilidades y en segundo plano a los planes enfocados en la mitigación.
- Se recomienda seguir desarrollando investigaciones en relación a la peligrosidad geológica del litoral peruano, la valoración de los riesgos, la cartografía, la caracterización de los procesos geológicos y geotécnicos.
- Se recomienda el uso de la herramienta del índice de vulnerabilidad costera (IVC) con el fin de analizar de manera óptima la situación actual de toda la zona playera dentro del escenario peruano.
- Se recomienda seguir impulsando proyectos dentro de esta línea de estudio, con la finalidad de poder ampliar los resultados obtenidos y de esta manera lograr impulsar los planes de gestión de riesgos, de adaptación al cambio y de ordenamiento litoral en el país.
- Finalmente, se recomienda no exceder la dimensión máxima actual que consiste en 250 metros de relleno de material con el objetivo de poder evitar una modificación excesiva de la línea costera.

VIII. REFERENCIAS

- Aguilar Lynch, M. (2015). *Propuesta de un índice de vulnerabilidad costera aplicado a tres sectores de la región Lima*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6789>
- Aparicio, J. (2017). *Análisis de la vulnerabilidad costera del valle de Cañete, Lima, Perú*. [Tesis de grado]. Pontificia Universidad Católica del Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9223/ramirez_gaston_aparicio_analisis_de_la_vulnerabilidad_costera_del_valle_de_ca%c3%91ete.pdf?sequence=6&isallowed=y
- Asociación Peruana de Consultoría Técnica SA. (2017). *Evaluación Ambiental Preliminar del Proyecto “Nueva Línea de Transmisión 60 kV Alto Pradera – Lurín*. DESSAU. https://www.munlima.gob.pe/images/descargas/gobierno-abierto/transparencia/mml/info-adicional/estudios-ambientales/2017/08._EVAP_Linea_de_transmision_Alto_Pradera_Lurin.pdf
- Asoni, S., Satvrou, A., Lawrence, J., y Preene, J. (2018). *Erosion of the chalk coastal cliffs at Birling Gap*, Sussex, UK. Correlation L. between rate of coastal retreat, geotechnical rocks properties and precipitation, ICE Publishing. <https://doi.org/10.1680/eiccf.64072.361>
- Asociación Peruana de Consultoría Técnica SA. (2017). *Evaluación Ambiental Preliminar del Proyecto “Nueva Línea de Transmisión 60 kV Alto Pradera – Lurín*. DESSAU. https://www.munlima.gob.pe/images/descargas/gobierno-abierto/transparencia/mml/info-adicional/estudios-ambientales/2017/08._EVAP_Linea_de_transmision_Alto_Pradera_Lurin.pdf

- Athanasίου, P., van Dongeren, A., Giardino, A., Voudaskas, M., Ranasinghe R., y Kwadijk, J. (2020). *Uncertainties in projections of sandy beach erosion due to sea level rise: an analysis at the European scale*. *Sci Rep* 10, 11895 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68576-0>
- Autoridad del Proyectos de la Costa Verde. (2010). *Plan Maestro de Desarrollo de la Costa Verde 2010*, Lima. APCVPERÚ.GOB.PE <https://apcvperu.gob.pe/plan-maestro-1995-2010/>
- Ayala, M., Cabrera, C., y Quispe, J. (2007). Conflictos de uso del suelo y zonas ambientalmente críticas en la zona costera-marina de Lima metropolitana. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, pp. 98-108. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v10i20.500>
- Barbosa, N., Taquez, D., Santos, O., Neto, O., y Scudelari, A. (2020). The Effect of Basal Erosion on Sea Cliff Stability. *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), pp. 362-366.
- Baltalab, C. (2021). *Tamizador Análítico Eléctrico Modelo RO-TAP RX-29. Instrumentos de laboratorio*. ([https:// www.baltalab.com/tamizador-analitico-electrico-modelo-ro-tap-rx-29/](https://www.baltalab.com/tamizador-analitico-electrico-modelo-ro-tap-rx-29/))
- Benavente, J., Del Río, L., Anfuso, G., Gracia, F., y Reyes, J. (2002). Utility of Morphodynamic Characterization in the Prediction of Beach Damage by Storms. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, 36, pp.56- 64. https://www.researchgate.net/publication/259563738_Utility_of_Morphodynamic_Characterisation_in_the_Prediction_of_Beach_Damage_by_Storms.

- Boretto, M., Rouzaut, S., Cioccale, M., y Benítez, Y. (2018). Dinámica costera y antropización en playas uruguayas. Un análisis integrado para su conservación. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 25(3), pp. 291-306.
<https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2018.3.865>
- Boruff, B., Emrich, C., y Cutter, S. (2005). Erosion Hazard Vulnerability of Us Coastal Counties. *Journal of Coastal Research*, 21(5), pp. 932–942.
<http://www.jstor.org/stable/4299493>
- Bocanegra, C. (2016). Impacto del dragado de sedimentos del puerto de Salaverry en el ecosistema marino litoral. *Revista Interdisciplinaria ECI Perú*, 13(2), 62-66.
<https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2016.0009/>
- Bocanegra, G. (2017). *Centro de Investigación y Educación Ambiental en los humedales de Ventanilla - Callao*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe>.
- Bocanegra, C., Veneros, B., y Culquichón, Z. (2021). *Impactos Ambientales en la Tira Litoral de la Costa por Acción Antrópica en la Ciudad de Trujillo, Perú*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/investigacion-academica/anexo-1/27495515>
- Cárdenas, G. (2020). *Evaluación del impacto social y ambiental generada por la erosión costera en la comunidad de Tierra Bomba, Cartagena – Bolívar*. RIDUM.
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/4053>
- Carrera, M. (2020). *Morfodinámica costera de la bahía de Acapulco. Un análisis espacio-temporal*. (Tesis Postgrado) Universidad Autónoma del Estado de México.
http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110091/Tesis_Maestr%C3%ADa_DF_GB_18Oct2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Coastal Engineering Research Center (2012). *Coastal Engineering Manual Part III: Coastal Sediment*. Published by Military bookshop.Co.UK, United States. The official United States Army Corps of Engineers Manual Coastal Hidraulics Laboratory Publication en 1110-2-1100.<https://es.scribd.com/book/486486139/Coastal-Engineering-Manual-Overview-And-Coastal-Hydrodynamics>

Comité Multisectorial encargado del Fenómeno El Niño. (2015). *Estudio Nacional del Fenómeno del Niño*. Sigrid. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/1870>.

CODRALUX S.A Sucursal Del PERÚ. (2007). *Sucursal del Perú*. Compuempresa. <https://compuempresa.com/info/codralux-sa-sucursal-del-peru-20514523135>

Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres. (2009). *Estrategia Andina para la Prevención y Atención de Desastres*. (Decisión número 713). Consejo Andino de ministros de Relaciones exteriores. Secretaría General de la Comunidad Andina. <https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/2017522151956ESTRATEGIA%20ANDINA.pdf>

Córdova, L., y Buccino, M. (2020). Malecón Tradicional de la Habana. parte IV: Estudio de rompeolas para reducir el rebase promedio del oleaje. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 41(3), pp. 68-82. <https://www.semanticscholar.org/paper/Experimental-campaign-on-the-overtopping-of-the-L%C3%B3pez-Salerno/75f4aecbe15ae8df4c2aa6e71594a7e0b857a4f9>

Cruz, Mendoza, y Silva. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad de las costas mexicanas. XIII Congreso Nacional de Hidráulica*. México, Jalisco. Decreto supremo que modifica el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la

- Construcción y Demolición, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2013-vivienda.
<https://es.scribd.com/document/390133418/LibroResumenesAMHFINALXXIII-pdf>
- Cutter, S., Bryan J., Boruff, W., y Shirley, L. (2003). *Vulnerabilidad social a los peligros ambientales*. Revista trimestral de ciencias sociales, pp. 529-539.
<http://dx.doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Dean, R., y Dalrymple, R. (2001). *Procesos Costeros con Aplicaciones de Ingeniería*. Cambridge University Press.
<https://www.cambridge.org/core/books/coastal-processes-with-engineering-applications/AF6951F85F0E2D42D734B86CDD7F9469>
- Del Río, L., Benavente, J., Gracia, F.J. y Chica, J.A. (2015). Riesgos de erosión en la costa de Cádiz: gestión actual y perspectivas futuras. *Geo-Temas*, 15, pp.149-152.
- Díaz, J. (2008). *Estabilización del talud de la costa verde en la zona del distrito de Magdalena* (Tesis de pregrado). Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/7119>
- Dirección de Hidrografía y Navegación. (2009). *Avisos a los Navegantes -Zona Centro-Bahía Miraflores*. En coordenada:(wgs-84) lat. 12°10'00" s; long. 077°08'00" w 2.-
 simbología k-28, carta n° 1 carta náutica afectada. DIHIDRONAV – 2236 1ra. ed. nov. 2009, Rev. 05/05/98. <https://www.dhn.mil.pe/Archivos/navegacion/avilonas/2009/07-2009.pdf>
- Editor, G. (2016). *Escala Granulométrica de Udden-Wentworth*. Geología publicaciones.
<https://post.geoxnet.com/escala-granulometrica-de-udden-wentworth/>
- Fernández, J. (2017). *Análisis y propuesta metodológica para el cálculo de tasas de erosión y otros indicadores costeros en un sector de la costa andaluza*. Obtenido de:
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/75397/TFG%20Jes%C3%BAs%20Fern%C3%A1ndez%2C%20Tasas%20de%20erosi%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Fundación Cayetano Heredia. (2014). *Identificación de ecosistemas y servicios ecosistémicos dentro del ámbito de la costa verde – proceso de selección N° 002-2014-MML-APCV-GA/AA*. APCV Perú. https://www.apcvperu.gob.pe/files/estudios/Ecosistemas_2.pdf
- García, M. (2012). *Transporte Longitudinal de Sedimentos. Principios de Ingeniería de Costas*. Slideshare. <http://www.slideshare.net/mgarcianaranjo/principios-deingeniera-de-costas>
- García V, Gonzales I, Sanchez S, Orozco R, Huerto M, y Cervantes C. (2014). *Monitoreo del ambiente marino costero en el litoral costero de la Región Ancash. Abril 2014. Informe*. Interno del Instituto del Mar Perú- IMARPE. http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index2.php?id_seccion=I017105000000000000000000
- Gómez, B. (2019). *Morfodinámica Costera DE LA Bahía DE Acapulco. Un Análisis Espacio-Temporal*. Universidad Autónoma del Estado de México. http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110091/Tesis_Maestr%C3%ADa_DFGB_18Oct2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Grández, M. (2010). *Estudio de la variabilidad de línea de costa: La Chira, Villa, La Encantada de Villa, Cocotero, Country Club Villa, Venecia, Club Lobo de Mar, Barlovento, Conchán y Mamacona. Lima, Perú 1936-2008*. (Tesis de licenciatura) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/184480/librobicentenario_iop2art05.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Granulometría. (2011). Docplayer. <https://docplayer.es/74373489-Granulometria-sedimentologia-a%C3%B1o-2011.html>
- Guerrera, F., Martín, M., Tramontana, M., Nimon, B., y Essotina Kpémoua, K. (2021). *Shoreline changes and coastal erosion: The case study of the coast of togo (bight of benin, west*

- africa margin*). *Geosciences (Switzerland)* 11(2), 1-21. <https://www.mdpi.com/2076-3263/11/2/40>
- GuntHamburg, H. (2020). *Ingeniería Hidráulica*. <https://www.gunt.de/es/productos/hidraulica-para-ingenieros-civiles/ingenieria-hidraulica/glct-1:pa-150:ca-704>
- Guzmán, E., y Ramos, C. (2013). *Estudio de la dinámica costera en la bahía de Miraflores. Informes Técnicos o Investigaciones*. Dirección de Hidrografía y Navegación – Departamento de Oceanografía – División de Modelamiento Numérico. <http://hdl.handle.net/1834/9800>
- Huppert, K. L., Perron, J., y Ashton, A. (2020). The influence of wave power on bedrock sea-cliff erosion in the Hawaiian Islands. *Geology*, 48(5), pp. 499-503. https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/rest/items/item_5001223_4/component/file_5007697/content
- Imam Baig, M., Ahmad, I., Tayyab, M., y Rahman, A. (2020). Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4), pp. 361- 376. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1815839>
- Instituto del Mar del Perú. (2012). *Contaminación sobre el ecosistema marino del Callao en abril y setiembre 2012*. Informe Progresivo N° 103. R. Orozco; S. Castillo; E. Fernández; C. Fierro; O. Moron; J. Solis; G. Flores. Callao. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1060>
- Instituto Geofísico del Perú. (2019). *Informe de la evaluación de peligros geofísicos en el distrito de Miraflores*. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//6715_informe-de-la-evaluacion-de-peligros-geofisicos-en-el-distrito-de-miraflores.pdf
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2003). *Estudio de Riesgos Geológicos del Perú franja N° 3*. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Estudio Geodinámico de la Cuenca del

- Río Lurín. Serie “C” Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N°14c. 92 p. 373. 20 figs., 17 mapas.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2015). *Escala Granulométrica de Udden-Wentworth*. Geología-publicaciones.<https://post.geoxnet.com/escala-granulometrica-de-udden-wentworth/>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. INDECI, Lima-Perú.
http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2008). *Compendio Estadístico del SINADECI, principales emergencias ocurridas en el Perú durante los últimos 10 años*. Direcciones Regionales y Subregionales de Defensa Civil, Dirección Nacional de Operaciones del INDECI. Oficina de Estadística y Telemática del INDECI.
- Instituto Nacional de Defensa Civil, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Cooperación y acción social. (2013). *Estimación del Riesgo, Gestión del Riesgo de Desastres y Peligros. Chosica-Huachipa, Perú*. p.307.
<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2531/doc2531.htm>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Características de la Población 2018*.https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1539/cap01.pdf
- Kuroiwa, J. (2002). *Reducción de desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza*. Repositorio institucional para el intercambio de información. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3297>

- Kokot, R., Codignotto, J., y Elissondo, M. (2004). Vulnerabilidad al ascenso del Nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Asociación Geológica Barcelona*, 59(3), 477-487. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222004000300012
- Leceta, F. (2009). *Análisis de variabilidad temporal de la línea de costa mediante la aplicación de métodos de teledetección y Sistemas de Información Geográfica: Bahía De Miraflores, Perú 1936-2005*. (Tesis de licenciatura) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9351>
- León, W., y De la Cruz, O. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala (26-j), Lurín (25-j)*. Memoria descriptiva. Perú: INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2121>
- Letortu, P., Costa, S., Maquaire, O. y Delacourt, C. (2015). Retreat rates, modalities and agents responsible for erosion along the coastal chalk cliffs of Upper Normandy: The contribution of terrestrial laser scanning. *Geomorphology*, 245, 3-14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X15002615>
- Manay, R. (2017). *1st International Congress on Climate Change and its Impacts*. CONCYTEC. https://www.linkedin.com/pulse/i-international-congress-climate-change-its-impacts-roger-manay/?trk=public_profile_article_view
- Manca, E., Pascucci, V., Deluca, M., Cossu, A., y Andreucci, S. (2013). *Shoreline evolution related to coastal development of a managed beach in Alghero, Sardinia, Italy*. *ocean y coastal management*, 12(1). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201500197334>
- Merlotto, A., Bértola, G. y Isla, F. (2017). Riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 26, 37-72. <https://www.redalyc.org/pdf/3832/383254667003.pdf>

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Decreto Supremo N° 019-2016-VIVIENDA, Aprobar la “Guía de Opciones Tecnológicas para Sistemas de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y Saneamiento en el Ámbito Rural”, la cual en Anexo forma parte integrante de la presente Resolución.* Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/12701-173-2016->
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2022). *Decreto Supremo N° 002-2022-Vivienda, Reglamento de gestión y manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición.* República del Perú. [https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/3310632-002-2022-vivienda.](https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/3310632-002-2022-vivienda)
- Ministerio del medio ambiente. (2017). *Directrices Sobre Actuaciones En Playas.* Ministerio de Medio Ambiente. https://www.miteco.gob.es/es/costas/publicaciones/directrices_sobre_playas_tcm30-161257.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Caracterización de la erosión costera en el turismo del distrito de Huanchaco año 2018.* Facultad de Ciencias Empresariales. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27526/martinez_al.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2008). *Definición conceptual de La pérdida de playas.* Ministerio Para La Transición Ecológica y El Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/>
- Municipalidad de Lurín. (2019). *Esquema del plan de gobierno distrital de Lurín 2019–2022.* Sistema Integrado de declaración jurada. <https://declara.jne.gob.pe/assets/plangobierno/fileplangobierno/5512.pdf>

- Municipalidad de Miraflores. (2016). *Plan urbano distrital de Miraflores 2016-2026*. Miraflores.Gob.Pe.<http://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/10299-25442-capitulosiyii.pdf>
- Municipalidad de Miraflores. (2020). *Calles del distrito de Miraflores*. Miraflores.Gob.Pe. <https://www.miraflores.gob.pe/la-ciudad/calles/>
- Moromisato, D. (2018). *Análisis de la gestión de los residuos de construcción y demolición en proyectos comerciales*. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3178/moromisato-sonandiana-beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Monge, Y. (2021). *Evaluación de vulnerabilidad y riesgos de desastres en los acantilados de la Costa Verde, Lima-2021*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo.]. Repositorio Institucional-UCV. [https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81871#:~:text=Por%20otro%20lado%2C%20la%20vulnerabilidad,tecnol%C3%B3gico%20\(67%2C18%25\)](https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81871#:~:text=Por%20otro%20lado%2C%20la%20vulnerabilidad,tecnol%C3%B3gico%20(67%2C18%25)).
- Nassar, K., Mahmud, W., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., y Negm, A. (2018). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), 81-95. <https://www.intechopen.com/chapters/81021>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Informe del Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Objetivo 14, Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible*. Crónica ONU 12 de agosto de 2015, <https://www.un.org/es/conferences/environment/newyork2015>
- Padilla, L. (2020). *Evaluación de los procesos que controlan la progradación de la barrera costera de las playas del Parque Nacional Natural Tayrona*. Corporación Universidad de la Costa.

<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/7125/Evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20procesos%20que%20controlan%20la%20progradaci%C3%B3n%20de%20la%20barrera%20costera%20de%20las%20playas%20del%20Parque%20Nacional%20Natural%20Tayrona.pdf?sequence=1>

Palacios, O., Caldas, J., y Vela, Ch. (1992). Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, pp.43-163. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/163>

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. (2001). *Directrices Técnicas del IPCC para evaluar impactos del Cambio Climático y las Estrategias de Adaptación*. (Editado y traducido por la Organización Meteorológica Mundial).

https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/cambioclimático/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Patsch, K., y Griggs, G. (2008). Un presupuesto de arena para la celda litoral de Santa Bárbara, California. *Marine Geology*, 252: 50-61.

<https://scholarworks.calstate.edu/downloads/k930c307z>

Pérez, L. (2019). *Pérdida del valor del suelo producida por erosión costera y su impacto en el desarrollo de proyectos inmobiliarios en el borde costero del distrito de Víctor Larco*.

(Tesis Postgrado, Universidad Privada Antenor Orrego).

https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4828/1/rep_maest_inge_luis.perez_perdida.valor.suelo_datos.pdf

Prieto, A., Ojeda, J., Rodríguez, S., Gracia, F., y Del Río Rodríguez, L. (2012). *Procesos erosivos (tasas de erosión) en los deltas mediterráneos andaluces: herramientas de análisis espacial (DSAS) y evolución temporal (servicios OGC)*. en XV Congreso

- Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC, 19–21.
<https://idus.us.es/handle/11441/89962>
- Ramos, C. (2014). *Simulación Numérica de la Modificación de las olas en la Bahía de Miraflores*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico de fluidos. [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/6373>
- Roig Munar, F., Martín Prieto, J., Rodríguez Pérez, A., Pons, G., Gelabert, B., y Mir Gual, M. (2012). Risk assessment of beach-dune system erosion: Management impacts on the Balearic Islands. *Journal of Coastal Research*, 28(6), 1488-1499.
<https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-11-00187.1>
- Rondón, G., y Tavares, C. (2018). Adaptación de un índice de vulnerabilidad costera - IVC para el litoral peruano: un estudio de caso. *Espacio y Desarrollo*, (31), 33-57.
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/20176>
- Ros, M. (2014). *Zonificación de la costa noroccidental del Mediterráneo para la evaluación de los riesgos asociados al cambio climático*. (Tesina). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, Departamento de Ingeniería hidráulica, Marítima y Ambiental.
<http://hdl.handle.net/2099.1/22976>
- Rosendahl, L., Balstrøm, T., Halsnæs, K., Nicholls, R., Linham, M., Spensley, J. (2016). *Managing climate change hazards in Coastal areas: The Coastal Hazard Wheel decision-support system*. Coastalhazardwheel.org. <https://www.coastalhazardwheel.org/media/1217/main-manual-coastal-hazard-wheel.pdf>
- Ruiz, J., Flores, Z., y Fragosó, L. (2020). *Estabilidad de rompeolas emergidos bajo la acción del oleaje irregular*. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Adolfo López

- Mateos (Zacatenco), Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México,
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382020000100030
- San Román, C. (2011). *Evaluación de la Vulnerabilidad y Riesgos Geoambientales en las Zonas Costeras entre Pucusana y Lurín por elevación del nivel del mar debido al Calentamiento Global*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Sanó, M., Jiménez, J., Medina, R., Stanica, A., Sanchez Arcilla, A., y Trumbic, I. (2011). The role of coastal setbacks in the context of coastal erosion and climate change. *Ocean & Coastal Management*, 54, pp. 943- 950.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096456911100086X>
- Soto, R. (2018). Dunas y procesos costeros en una isla tropical caribeña amenazada por erosión, actividades humanas y aumento del nivel del mar. *Caribbean Studies*, 46(2), 57-77.
<http://dx.doi.org/10.1353/crb.2018.0023>
- Stronkhorst, J., Levering, A., Hendriksen, G., Rangel Buitrago, N., y Appelquist, L. (2018). Regional coastal erosion assessment based on global open access data: a case study for Colombia. *J. Coast. Conserv.* 22, 787–798. <http://doi.org/10.1007/s11852-018-0609-x>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2014). *El Fenómeno El Niño en el Perú*.
Minam.gob.pe.https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Dossier-El-Ni%C3%B1o-Final_web.pdf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2017). *Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú*. Senamhi.gob.pe.
http://idesep.senamhi.gob.pe/portaledesep/files/tematica/atlas/erosi%C3%B3n_de_suelo/Atlas_Erosion_Suelos_por_Regiones_Hidrologicas_Peru.pdf

Servicio Geológico Mexicano. (2017). Geología ambiental. Sgm.gob.pe.

<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Geologia-ambiental.html>

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA]. (2019). *Cieneguilla: Denuncian que río Lurín se ha convertido en botadero de desmonte y basura*. SPDA Actualidad Ambiental.

<https://www.actualidadambiental.pe/cieneguilla-denuncian-que-rio-lurin-se-ha-convertido-en-botadero-de-desmonte-y-basura/>

Tarbuck, E., y Lutgens, F. (2013). *Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física*.

(8va ed.). Pearson Educación. <http://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>

Tejada, R. (2016). *Análisis de la vulnerabilidad costera frente a un posible aumento del nivel del mar: sector costero Lurín-Pucusana (provincia de Lima)*. [Tesis de pregrado] Pontificia

Universidad Católica del Perú). <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8657>

Tejada, R. (2018). *Sectores costeros más vulnerables entre Lurín y Pucusana ante un posible*

aumento del nivel del mar como consecuencia del cambio climático: Adaptación y aplicación del índice de vulnerabilidad costera de Gornitz. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/20178>

Teves, N., San Román, C., y Laos, G. (2020). Vulnerabilidad costera en el Perú y el

calentamiento global. Sea level rise by global warming and coastal vulnerability in Peru.

Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 113, pp. 01-08.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Sea-Level-Rise-along-the-Lima-Coastal-Zone%2C-Per%C3%BA%2C-a-Teves>

[Laos/668592f85a18cd43be0b7d599d3f08622aa92c5d](https://www.semanticscholar.org/paper/Sea-Level-Rise-along-the-Lima-Coastal-Zone%2C-Per%C3%BA%2C-a-Teves/Laos/668592f85a18cd43be0b7d599d3f08622aa92c5d)

- Tomazin, N., Re, M., García, P., Blindelli, L., Gerbec, M., Haspert, C., Haspert, F., y Peralta, L. (2020). *Caracterización de la Dinámica Litoral en la Costa Marítima Bonaerense*. Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería - Universidad de la República (IMFIA-FING-UdelaR, Uruguay).
https://www.ina.gov.ar/lha/pdf/INA-IMFIA_Informe_D5.2_FINAL.pdf
- Toirac, J. (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(3). <https://revistas.intec.edu.do/index.php/ciso/article/view/935/html>
- Tolmos, A., Lacambra, S., Tsuneki, H., Quijandria, G., Ludeña, C., Grunwaldt, A., y Fernández Baca, J. (2011). *Perú: Gestión del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático: Marco de la preparación de la Estrategia 2012-2016* del BID en Perú. División de Cambio Climático y Sostenibilidad. Banco Interamericano de Desarrollo – BID. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Per%C3%BA-Gesti%C3%B3n-del-riesgo-de-desastres-y-adaptaci%C3%B3n-al-cambio-clim%C3%A1tico-Marco-de-la-preparaci%C3%B3n-de-la-estrategia-2012-2016-del-BID-en-Per%C3%BA.pdf>
- Uribe, C., Herrera, L., y Cantera, K. (2020). Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos del Área Marina Protegida Uramba. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 49 (Supl. 1), pp. 95-118.
<https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2020.49.SuplEsp.1055>
- United States Army Corps of Engineers. (2012). *Coastal Engineering Manual (CEM)*. Scientific Research An Academic Research.

[https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3127549](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3127549)

Velarde, R. (2020). *Niveles de contaminación y recuperación ambiental, de la playa Márquez, distrito y provincia del Callao – 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.

<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/4462/VELARDE%20VALLEJO%20CARLOS%20ANDRES%20%20TITULO%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vélez, A., Luque, N. y Vélchez, D. (2022). Residuos sólidos de la cuenca del río Lurín, Lima, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)* 9 (2), pp. 81 – 92.

<http://dx.doi.org/10.22386/ca.v9i2.342>

Villalba, V., Cepeda, E. Rodríguez, O., y Moreno, D. (2018). *Evaluación de los beneficios, económicos y ambientales para la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá*: [Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Civil. Especialización en Gerencia de Obras]. <https://hdl.handle.net/10983/22403>

Violante, R., Cavallotto, J., Bozzano, G., y Spoltore, D. (2017). Sedimentación marina profunda en el margen continental argentino: revisión y estado del conocimiento. *Latín American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 24(1), 7-29.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-49792017000100002

Zújar, J., Álvarez, J., Cajaraville, D. y Jurado, P. (2009). El uso de las TIG para el cálculo del índice de vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España). *GeoFocus*, (9), 83-100. <http://hdl.handle.net/11441/43876>

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Tabla

Matriz de Consistencia

Matriz de Consistencia				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Identificación de Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera la acción humana influye en la aceleración de los procesos geodinámicos determinantes en la desaparición de las playas arenosas entre el tramo Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima-Perú?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la influencia de la acción humana en la aceleración de los procesos geodinámicos que derivan en la desaparición de las playas arenosas entre Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima-Perú.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La acción humana influye en la aceleración de los procesos geodinámicos determinantes en la desaparición de las playas arenosas entre Lurín y Miraflores (Costa Verde), Lima-Perú.</p>	<p>*Variable Independiente:</p> <p>-Procesos Geodinámicos -Acción Humana</p> <p>*Variable Dependiente:</p> <p>-Pérdida de Playa</p>	<p>Diseño:</p> <p>No experimental-Corte Transversal</p> <p>Tipo:</p> <p>Descriptivo y analítico</p> <p>Nivel:</p> <p>Correlacional</p> <p>Población:</p> <p>Playas del Tramo Lurín- Bahía de Miraflores</p> <p>Muestra:</p> <p>Tres (03) playas</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>*¿Cómo la vulnerabilidad por pérdida de playas entre el tramo Lurín-Miraflores es afectada por los impactos geodinámicos acelerados por la acción humana?</p> <p>* ¿De qué manera la pérdida de playas arenosas en la Costa Verde es alterada por los residuos de desmontes y gravas arrojadas al mar?</p> <p>* ¿De qué manera el transporte de sedimentos impacta en el recorrido de las arenas desde su origen hasta la Costa Verde?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>* Determinar la vulnerabilidad por pérdida de playas de la zona Lurín – Miraflores ante los impactos generados por los procesos geodinámicos y antrópicos.</p> <p>* Determinar de qué manera los residuos de desmontes y gravas arrojadas al mar influyen en la pérdida de playas arenosas en la Costa Verde.</p> <p>* Identificar de qué manera el transporte de sedimentos impacta en el recorrido de las arenas desde su origen hasta la Costa Verde.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>* La vulnerabilidad por pérdida de playas en el tramo Lurín – Miraflores, es afectada por los impactos geodinámicos y antropogénicos.</p> <p>* La acción humana altera la pérdida de playas por los desmontes y gravas arrojadas al mar.</p> <p>* El transporte de sedimentos impacta en el recorrido de las arenas desde su origen hasta la Costa Verde.</p>		

Nota. Elaboración propia, 2020

Anexo B. Población censada por INEI (Lurín-Miraflores)

Tabla

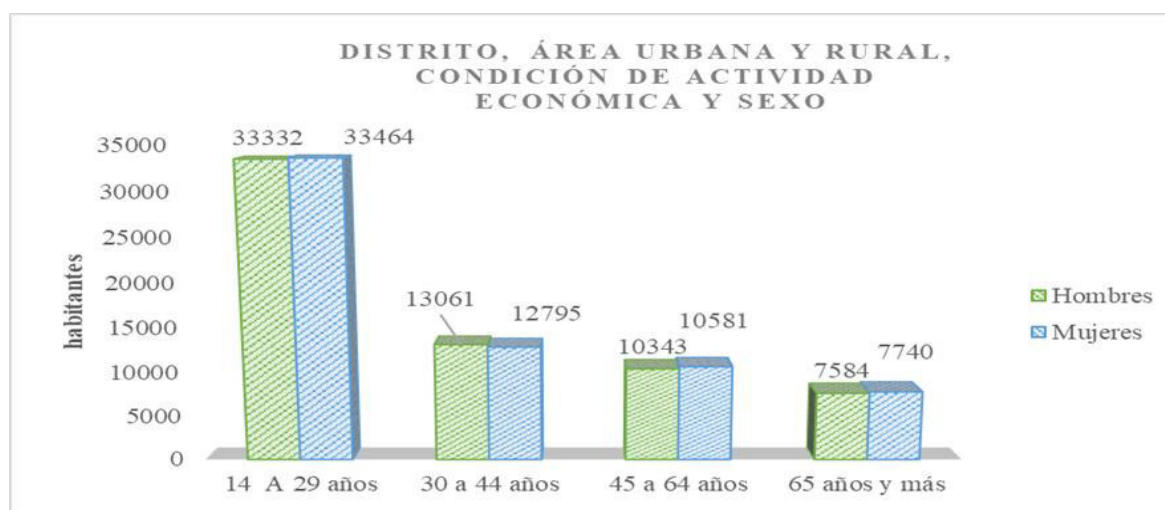
Población censada de 14 y más años de edad, por grupos de edad, según distrito, área urbana y rural, condición de actividad económica y sexo (Lurín)

Distrito, área urbana y rural, condición de actividad económica y sexo	Grupos de Edades				
	Total	14 a 29 años	30 a 44 años	45 a 64 años	65 y más años
Distrito Lurín	66796	25856	20924	15324	4692
Hombres	33332	13061	10343	7584	2344
Mujeres	33464	12795	10581	7740	2348
PEA	44367	14631	16597	11564	1575
NO PEA	22429	11225	4327	3760	3117
Urbana	65891	25492	20630	15156	4613
PEA	43828	14445	16388	11452	1543
NO PEA	22063	11047	4242	3704	3070
Rural	905	364	294	168	79
PEA	539	186	209	112	32
NO PEA	366	178	85	56	47

Nota. Tomado de Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018

Figura

Cantidad de habitantes por sexo (Lurín)



Nota. Adaptado de INEI, 2018

Tabla

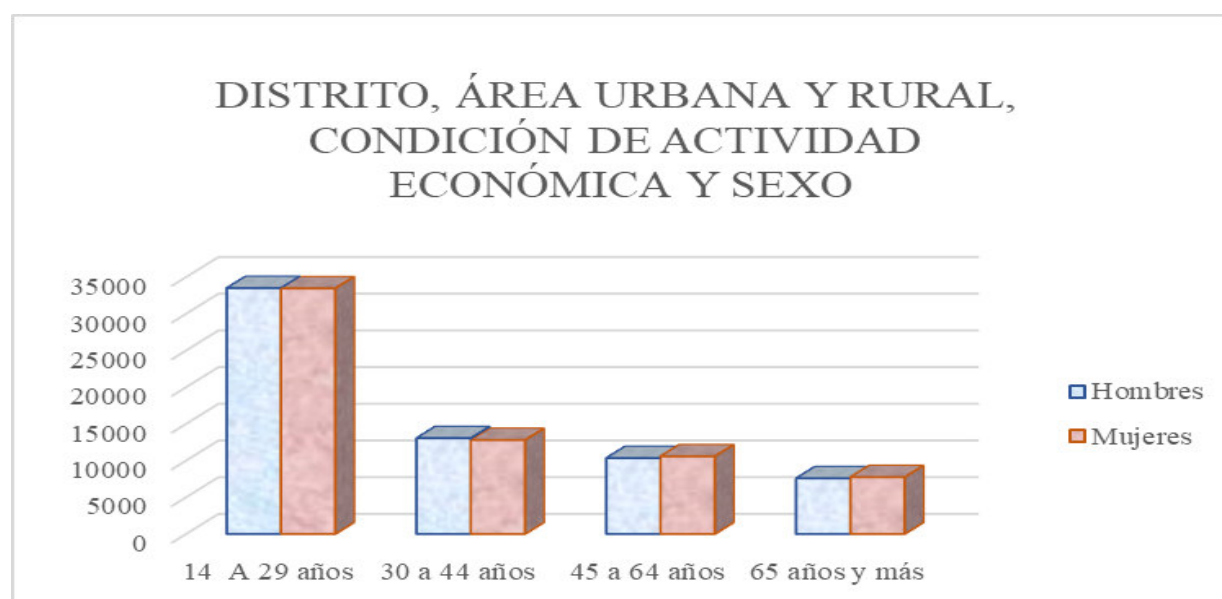
Población censada de 14 y más años de edad, por grupos de edad, según distrito, área urbana y rural, condición de actividad económica y sexo (Miraflores)

Distrito, área urbana y rural, condición de actividad económica y sexo	GRUPOS DE EDADES				
	TOTAL	14 a 29 años	30 a 44 años	45 a 64 años	65 y más años
Distrito Miraflores	86798	18525	26237	24832	17204
Hombres	38811	8669	12317	11185	6640
Mujeres	47987	9856	13920	13647	10564
PEA	57871	10324	23241	19658	4648
NO PEA	28927	8201	2996	5174	12556

Nota. Adaptado de INEI, 2018

Figura

Cantidad de habitantes por sexo Miraflores



Nota. Tomado de INEI, 2018

Anexo C. Fotos de las Playas Lurín-Bahía Miraflores (Costa Verde)



FOTO No 1 (Mirando al Norte). Derrumbe de suelos sueltos en Magdalena. Nótese el gran volumen de material acumulado al pie del acantilado e interrumpiendo el tránsito vehicular. Véase también la distancia a la línea de costa y la gran área ganada al mar.



FOTO No 2 (Mirando al Noreste). Obras civiles de mitigación y reconstrucción del talud derrumbado.

Playa Miraflores



FOTO No 3 (Mirando al Norte). Al centro de la foto, el CC Larco Mar. En el acantilado se pueden apreciar las denominadas **cárcavas**, o entradas en formas de “cuchara”: indicativos de antiguos derrumbes de suelos. Nótese, además la línea de costa y el ancho del terreno ganado al mar y por donde está la autopista “La Costanera”.



FOTO No 4 (Mirando al NE). Límite de Miraflores con Barranco en la Quebrada de Armendáriz, que es un antiguo cauce por donde desembocaba un ramal del río Rímac. Véase la franja de terreno ganado al mar, por donde está la autopista “La Costanera”

Playa Barranco



Foto No 5 (Mirando al Norte). Derrumbe de suelos sueltos; nótese el gran volumen desplazado al pie del acantilado y que ha interrumpido el tránsito en la autopista “La Costanera”. Véanse las cárcavas y también el área ganada al mar.



Foto No 6 (Mirando al Sureste). El mismo derrumbe de la foto anterior. Ver las cárcavas y el área ganada al mar.

Playa La Chira



Foto No 9 (Mirando al Sur). Talud de corte en estratos sueltos de limolitas de la formación La Herradura. Notar la inclinación de los estratos a favor del talud y la condición de probable caída del tipo planar.

Playa La Herradura



Foto No 11 (Mirando al Sur). Véase el talud de corte casi vertical, conformado por estratos de limolitas sueltas y que se acumulan en la base. Potencial caído de rocas del tipo planar



Foto No 13 (Mirando al Sur). Antigua cantera de gravas (suelos sueltos), frente a la Playa La Herradura. Es un sector que puede ser removido con facilidad con agua. Al fondo las antenas de comunicación en el promontorio Morro.



Foto No 14 (Mirando al Sur). Se señalan dos quebradas principales donde hay entradas del Mar son potenciales zonas de erosión en caso de una subida del nivel del mar.

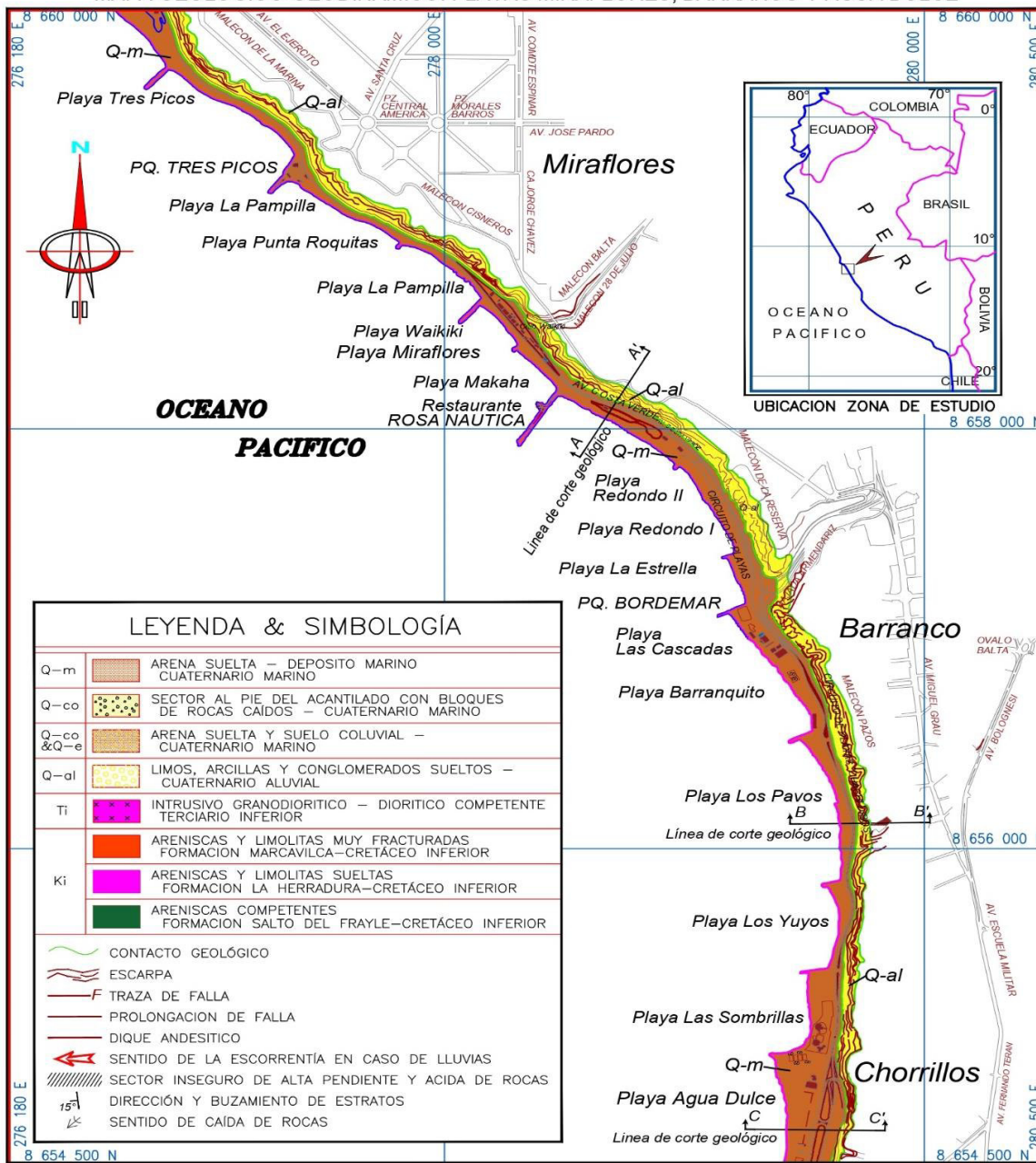


Foto No 15 (Mirando al Sur). Acantilado del cerro Marcavilca. Al pie de talud, por la orilla, se ubica la trocha (antigua carretera) a la playa La Chira. Nótese en la base del acantilado, la acción erosiva del mar y los estratos de areniscas del miembro Marcavilca, buzando hacia el oeste. Las flechas señalan los sectores con caídas de rocas permanentes; en el lado izquierdo se aprecian quebradas cubiertas por arena eólica.

Anexo D. Planos geológicos-geodinámicos, mapa de riesgos y secciones geológicas

- Plano geológico-geodinámico playa Miraflores, Barranco y Agua Dulce
- Mapa de Riesgos playa Miraflores, Agua Dulce
- Secciones geológicas AA´_BB´_CC´_DD´
- ❖ Plano geológico -geodinámico playas La Herradura, La Chira y Villa
- ❖ Mapa de Riesgos playa La Herradura, La Chira y Villa
- ❖ Secciones geológicas EE´_FF´_GG´_HH´_II´
- Plano geológico-geodinámico playas Mamacona y Lurín.
- Mapa de Riesgos playa Mamacona y Lurín
- Secciones geológicas playas JJ´_KK´

MAPA GEOLÓGICO-GEODINÁMICO: PLAYAS MIRAFLORES, BARRANCO Y AGUA DULCE

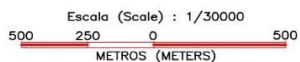


LEYENDA & SIMBOLOGÍA	
Q-m	ARENA SUELTA – DEPOSITO MARINO CUATERNARIO MARINO
Q-co	SECTOR AL PIE DEL ACANTILADO CON BLOQUES DE ROCAS CAÍDOS – CUATERNARIO MARINO
Q-co & Q-e	ARENA SUELTA Y SUELO COLUVIAL – CUATERNARIO MARINO
Q-al	LIMOS, ARCILLAS Y CONGLOMERADOS SUELTOS – CUATERNARIO ALUVIAL
Ti	INTRUSIVO GRANODIORITICO – DIORITICO COMPETENTE TERCARIO INFERIOR
Ki	ARENISCAS Y LIMOLITAS MUY FRACTURADAS FORMACION MARCAVILCA–CRETÁCEO INFERIOR
	ARENISCAS Y LIMOLITAS SUELTAS FORMACION LA HERRADURA–CRETÁCEO INFERIOR
	ARENISCAS COMPETENTES FORMACION SALTO DEL FRAYLE–CRETÁCEO INFERIOR
	CONTACTO GEOLÓGICO
	ESCARPA
	TRAZA DE FALLA
	PROLONGACION DE FALLA
	DIQUE ANDESITICO
	SENTIDO DE LA ESCORRENTÍA EN CASO DE LLUVIAS
	SECTOR INSEGURO DE ALTA PENDIENTE Y ACIDA DE ROCAS
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS
	SENTIDO DE CAÍDA DE ROCAS

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA (CARTOGRAPHIC PROJECTION):
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM)

DATUM VERTICAL : NIVEL MEDIO DEL MAR
(VERTICAL DATUM: MEAN SEA LEVEL)

DATUM HORIZONTAL : ELIPSOIDE WGS84
(HORIZONTAL DATUM: SPHEROID WGS84)

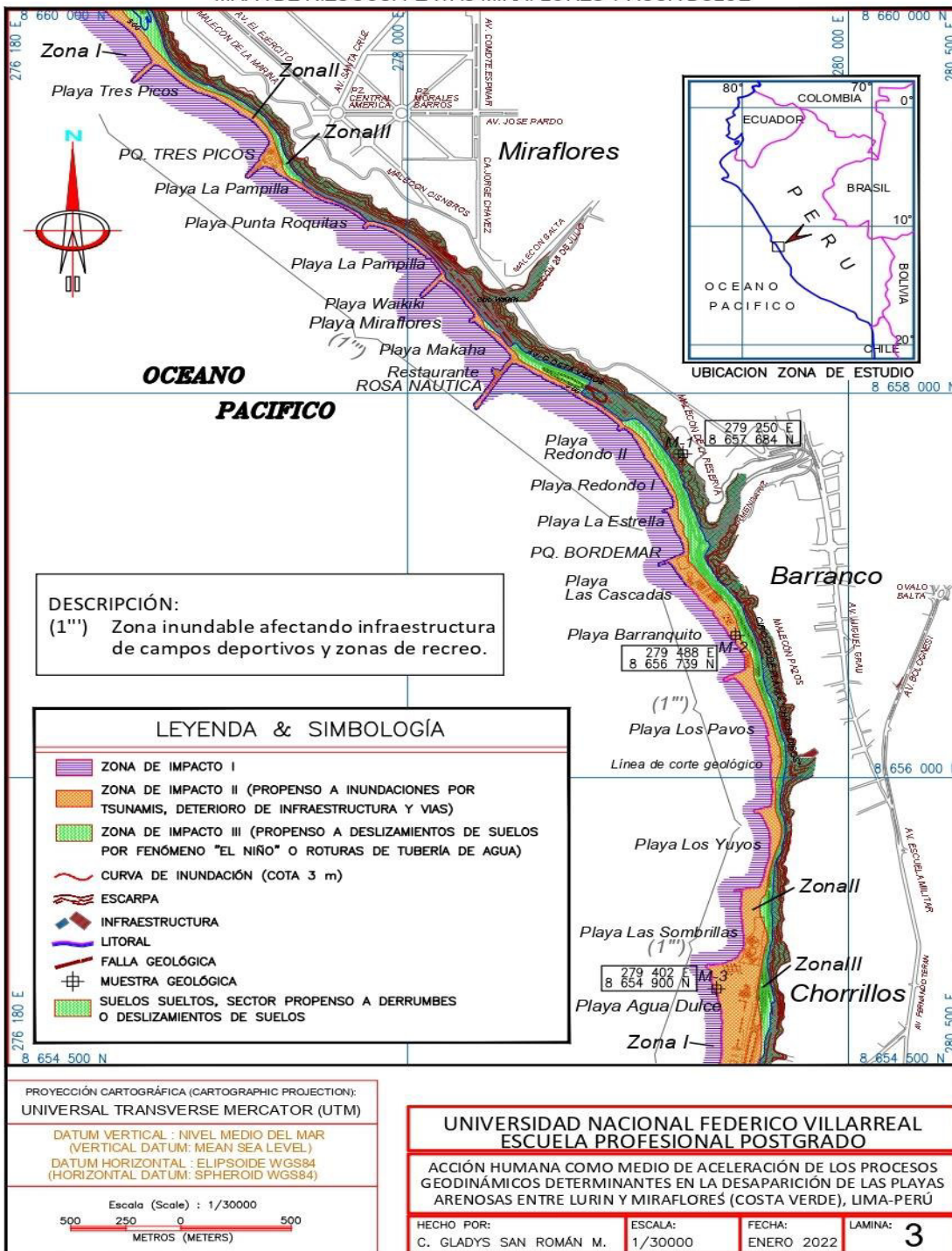


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
ESCUELA PROFESIONAL POSTGRADO

ACCIÓN HUMANA COMO MEDIO DE ACCELERACIÓN DE LOS PROCESOS GEODINÁMICOS DETERMINANTES EN LA DESAPARICIÓN DE LAS PLAYAS ARENOSAS ENTRE LURIN Y MIRAFLORES (COSTA VERDE), LIMA-PERÚ

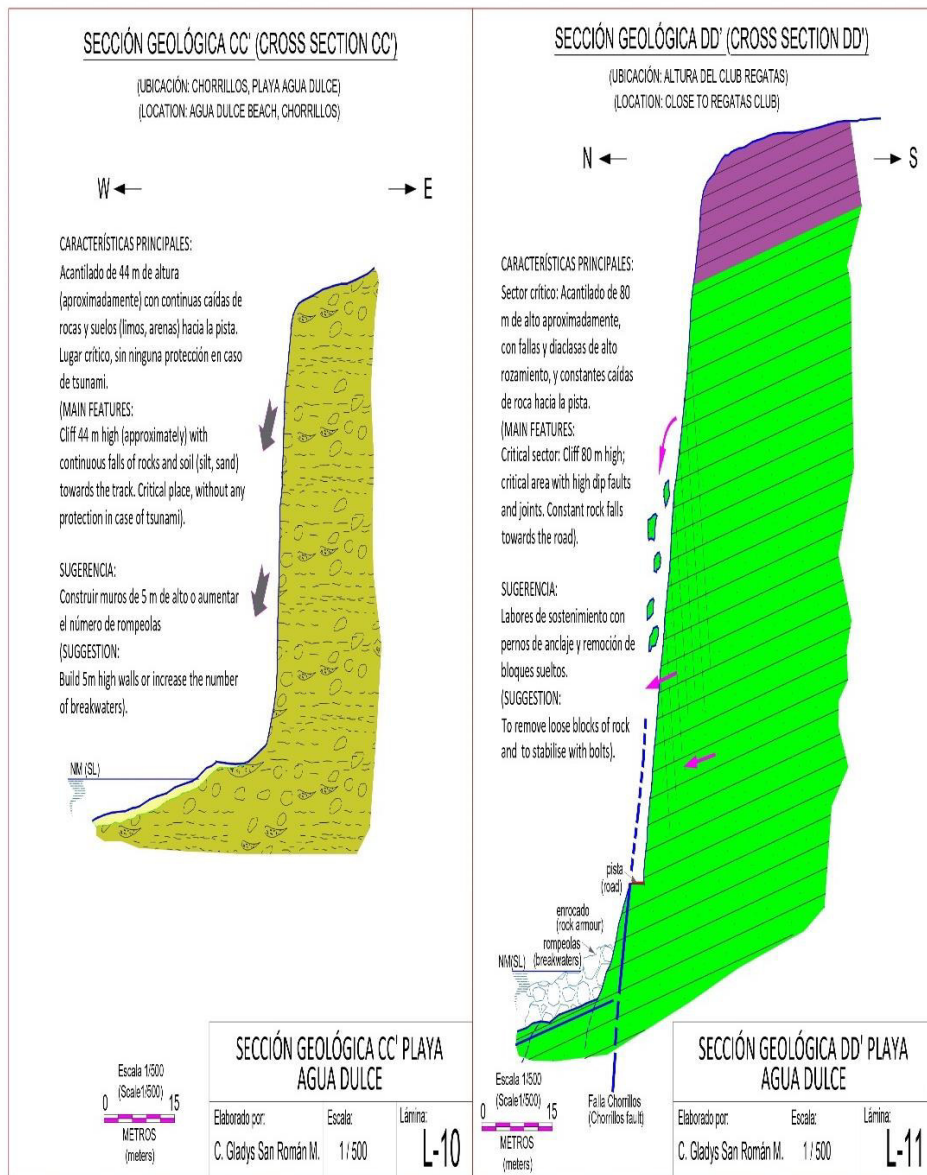
HECHO POR: C. GLADYS SAN ROMÁN M.	ESCALA: 1/30000	FECHA: ENERO 2022	LAMINA: 2
--------------------------------------	--------------------	----------------------	---------------------

MAPA DE RIESGOS: PLAYAS MIRAFLORES Y AGUA DULCE



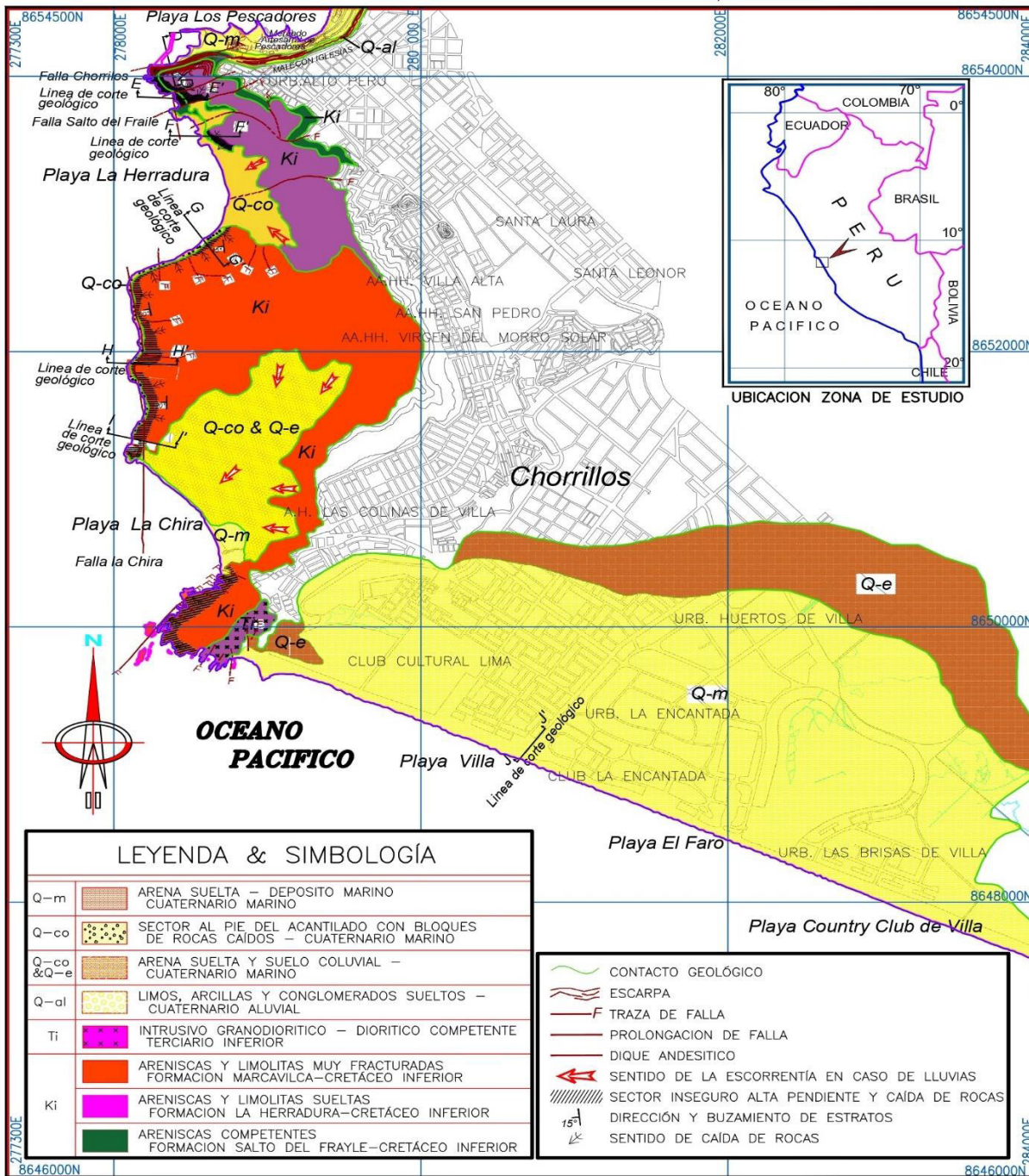


Leyenda siguiente: Arena Suelta; Suelos sueltos: Conglomerados, limos, arenas; ↘ Caída de suelos.



Leyenda siguiente: Arena Suelta; Suelos sueltos: Conglomerados, limos, arenas; Posición de Estratos; Caída de suelos.
 Caída de rocas tipo volcadura; Caída de rocas tipo planar

MAPA GEOLÓGICO-GEODINÁMICO: PLAYAS LA HERRADURA, LA CHIRA Y VILLA



LEYENDA & SIMBOLOGÍA

Q-m		ARENA SUELTA – DEPOSITO MARINO CUATERNARIO MARINO
Q-co		SECTOR AL PIE DEL ACANTILADO CON BLOQUES DE ROCAS CAÍDOS – CUATERNARIO MARINO
Q-co & Q-e		ARENA SUELTA Y SUELO COLUVIAL – CUATERNARIO MARINO
Q-dl		LIMOS, ARCILLAS Y CONGLOMERADOS SUELTOS – CUATERNARIO ALUVIAL
Ti		INTRUSIVO GRANODIORITICO – DIORITICO COMPETENTE TERCARIO INFERIOR
Ki		ARENISCAS Y LIMOLITAS MUY FRACTURADAS FORMACION MARCAVILCA–CRETÁCEO INFERIOR
		ARENISCAS Y LIMOLITAS SUELTAS FORMACION LA HERRADURA–CRETÁCEO INFERIOR
		ARENISCAS COMPETENTES FORMACION SALTO DEL FRAYLE–CRETÁCEO INFERIOR

	CONTACTO GEOLÓGICO
	ESCARPA
	TRAZA DE FALLA
	PROLONGACION DE FALLA
	DIQUE ANDESITICO
	SENTIDO DE LA ESCORRENTÍA EN CASO DE LLUVIAS
	SECTOR INSEGURO ALTA PENDIENTE Y CAIDA DE ROCAS
	DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS
	SENTIDO DE CAÍDA DE ROCAS

PROYECCIÓN CARTOGRAFICA (CARTOGRAPHIC PROJECTION):
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM)

DATUM VERTICAL : NIVEL MEDIO DEL MAR (VERTICAL DATUM: MEAN SEA LEVEL)
DATUM HORIZONTAL : ELIPSOIDE WGS84 (HORIZONTAL DATUM: SPHEROID WGS84)

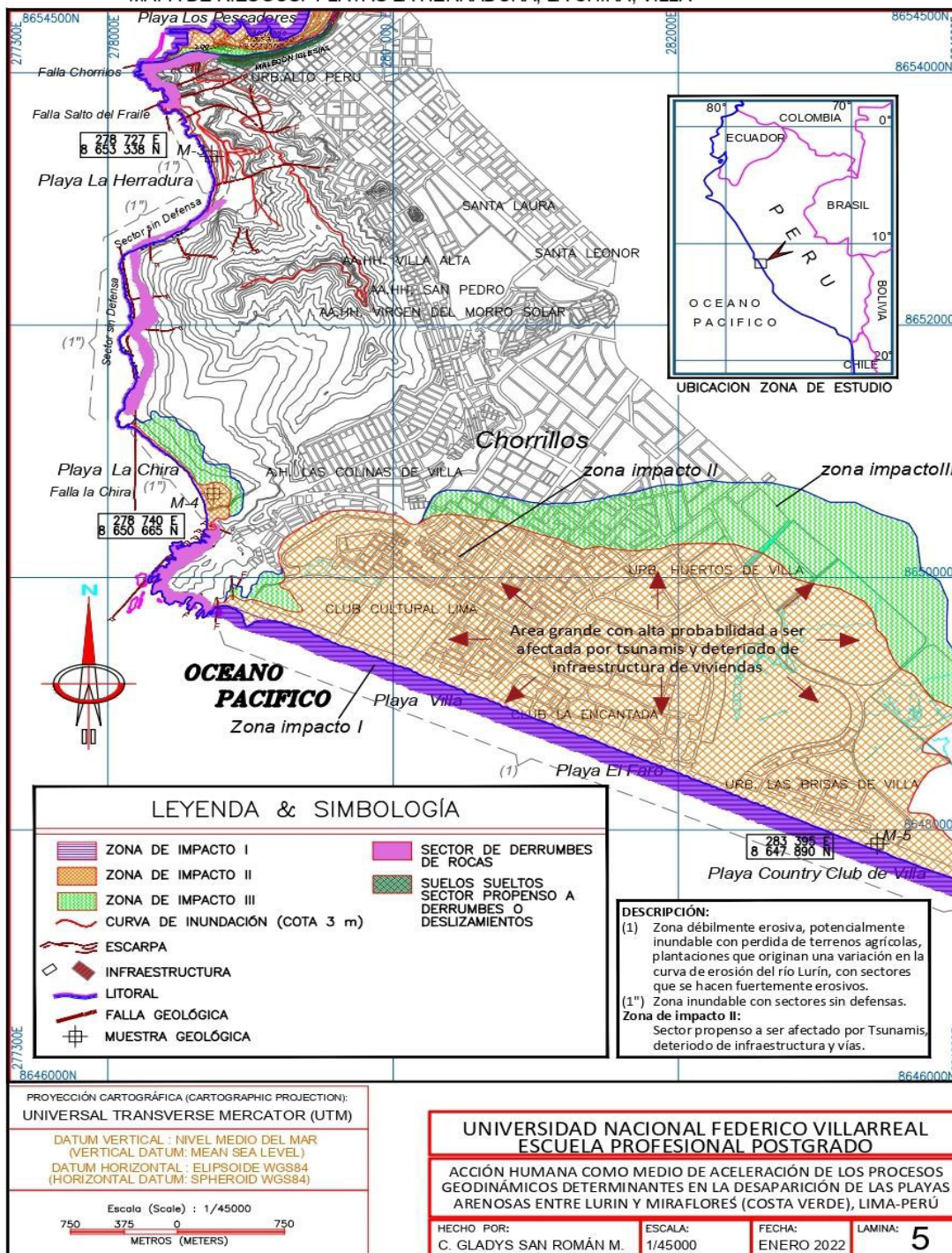
Escala (Scale) : 1/45000
750 375 0 750
METROS (METERS)

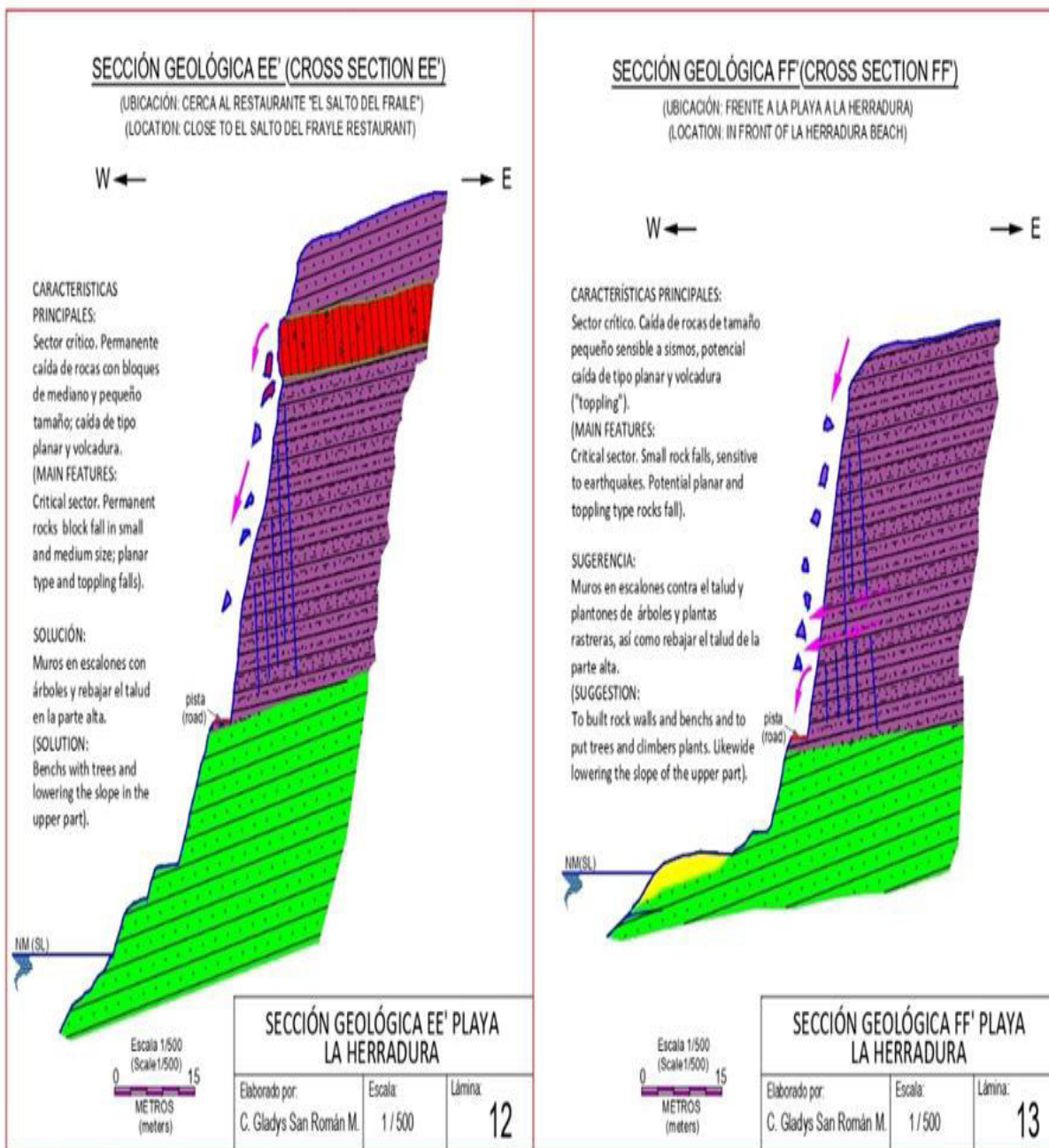
**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
ESCUELA PROFESIONAL POSTGRADO**

ACCIÓN HUMANA COMO MEDIO DE ACELERACIÓN DE LOS PROCESOS GEODINÁMICOS DETERMINANTES EN LA DESAPARICIÓN DE LAS PLAYAS ARENOSAS ENTRE LURIN Y MIRAFLORES (COSTA VERDE), LIMA-PERÚ

HECHO POR: C. GLADYS SAN ROMÁN M.	ESCALA: 1/45000	FECHA: ENERO 2022	LAMINA: 4
--------------------------------------	--------------------	----------------------	---------------------

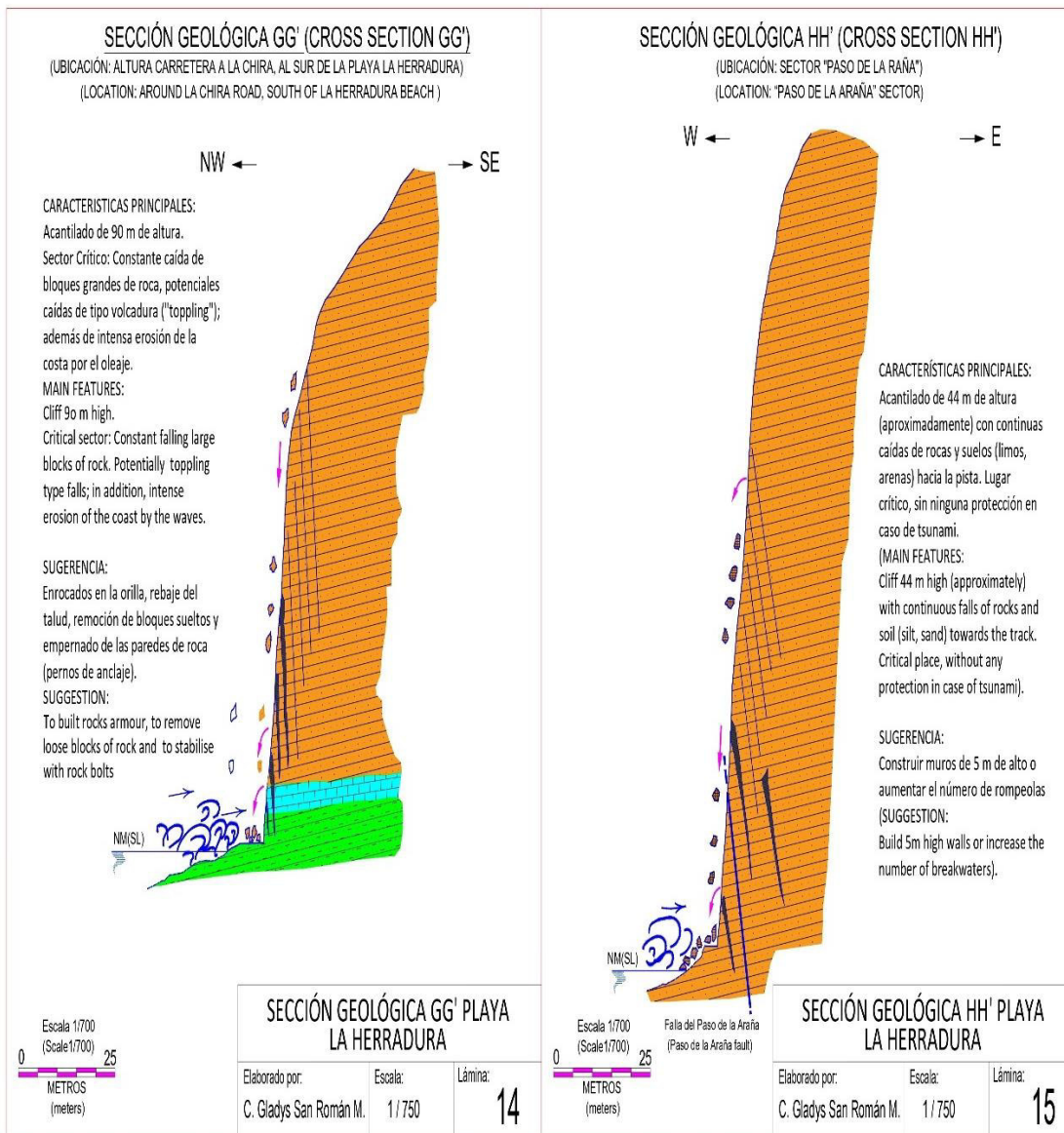
MAPA DE RIESGOS: PLAYAS LA HERRADURA, LA CHIRA, VILLA





Leyenda siguiente: Diaclasas de alto buzamiento, Caída de rocas tipo volcadura; Caída de rocas tipo planar; Arena;

Intrusivo andesítico fracturado; Limolitas sueltas (formación La Herradura); Areniscas competentes (formación Salto del Frayle).



Leyenda siguiente: Diaclasas de alto buzamiento; Caída de rocas tipo volcadura; Caída de rocas tipo planar; Erosión marina constante; Grietas abiertas;

Areniscas muy fracturadas (Formación Marcavilca); Calizas compactas (Formación La Herradura); Limonitas sueltas (Formación La Herradura)

SECCIÓN GEOLÓGICA II' (CROSS SECTION II')

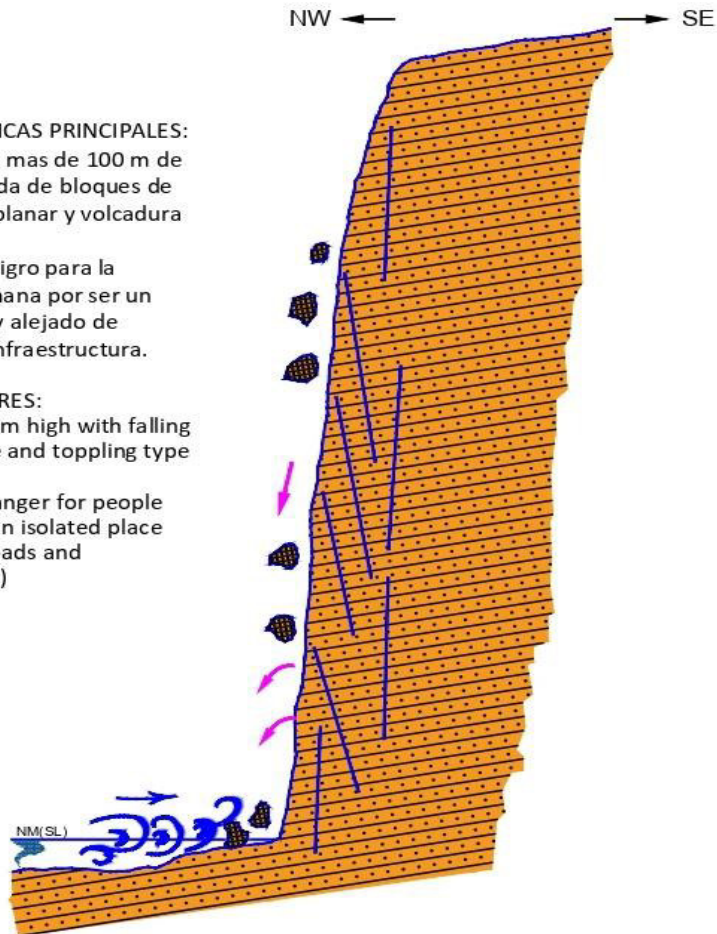
(UBICACIÓN: SECTOR ACANTILADOS LA CHIRA)
(LOCATION: LA CHIRA CLIFF SECTOR)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Acantilado de mas de 100 m de altura con caída de bloques de roca del tipo planar y volcadura ("toppling");
No reviste peligro para la actividad humana por ser un lugar aislado y alejado de carreteras e infraestructura.

(MAIN FEATURES:

Cliff over 100 m high with falling of planar type and toppling type rock falls.
There is no danger for people because it is an isolated place away from roads and infrastructure)



SECCIÓN GEOLÓGICA I' PLAYA LA CHIRA

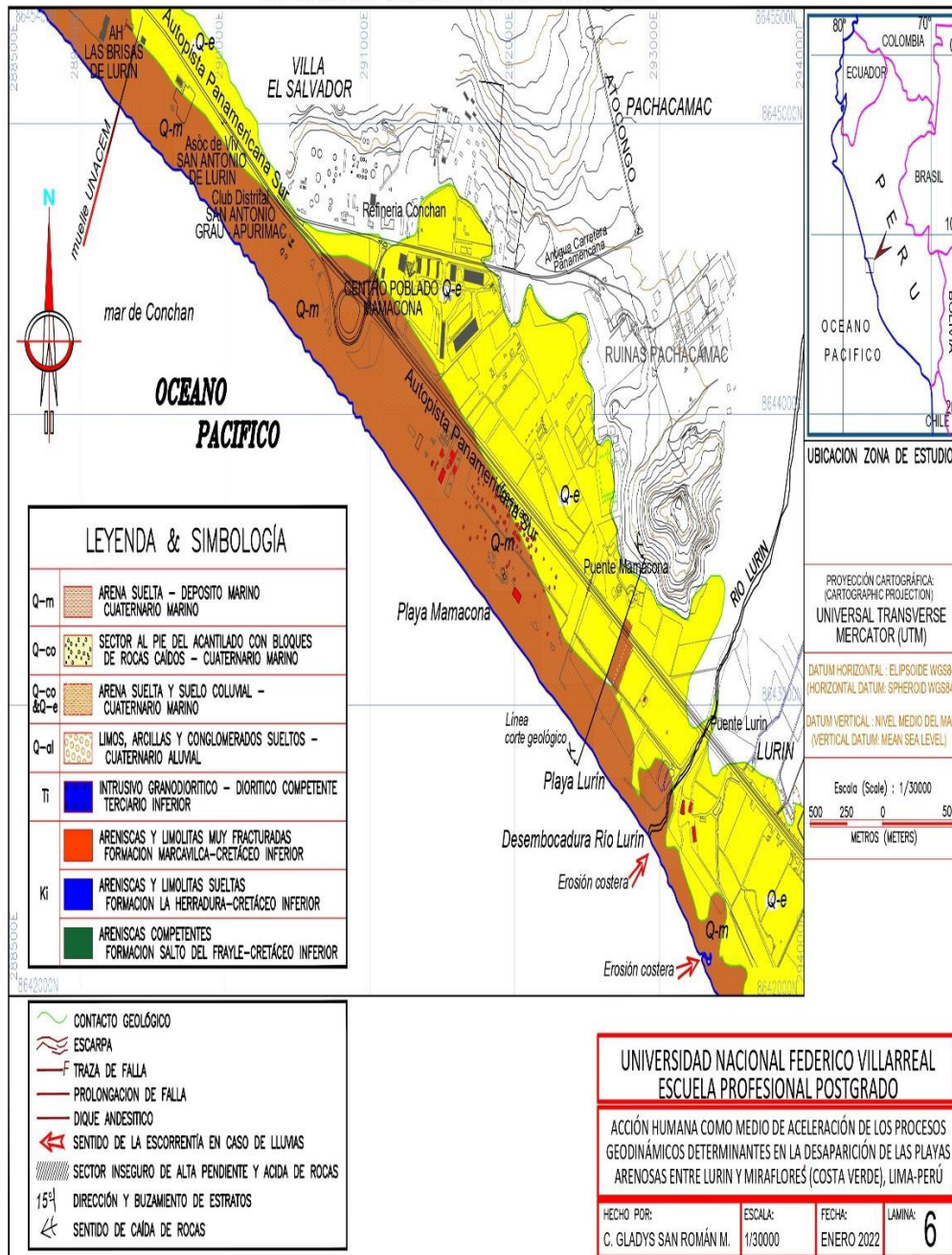
Elaborado por:
C. Gladys San Román M.

Escala:
1 / 625

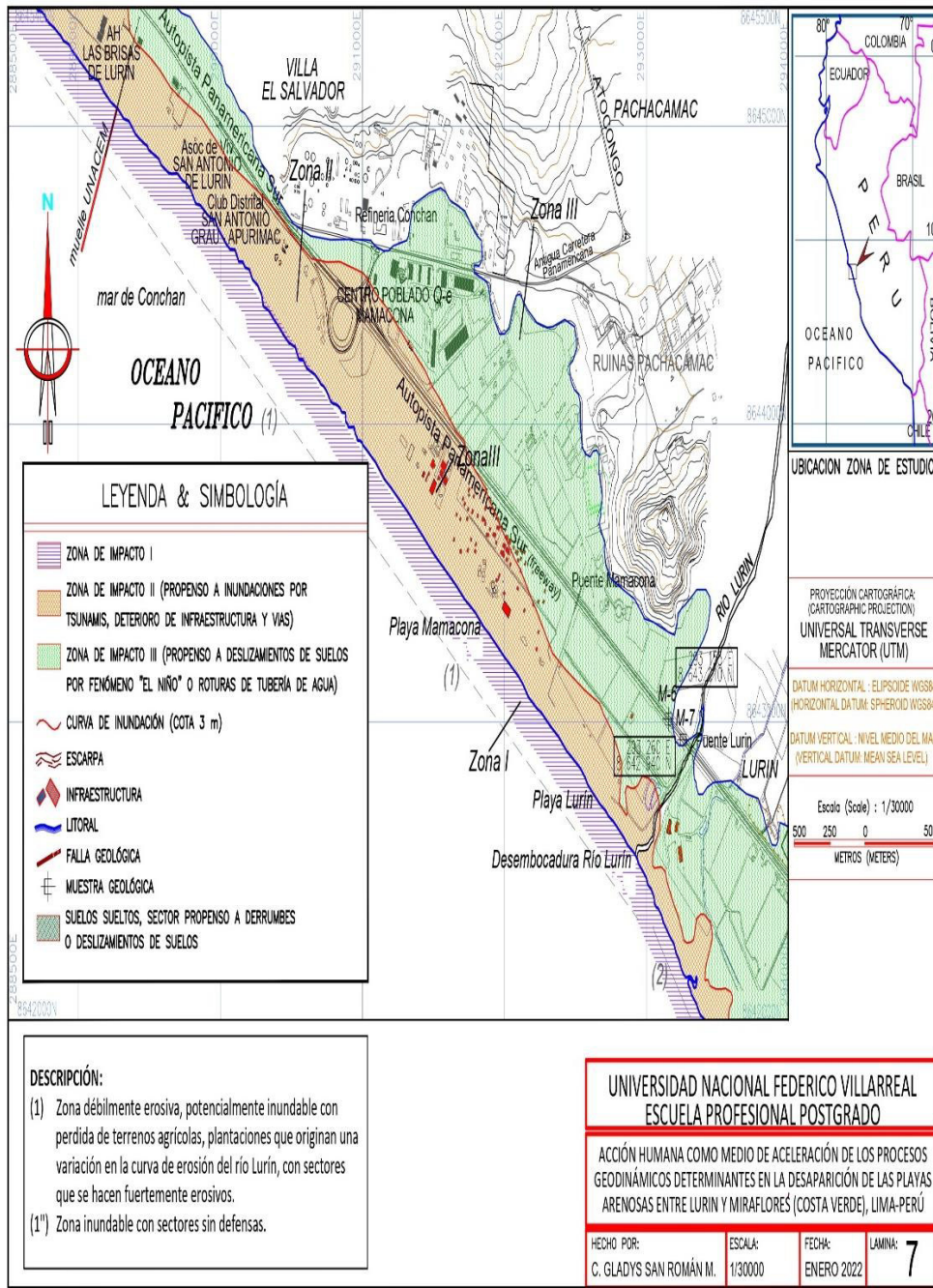
Lámina:
16

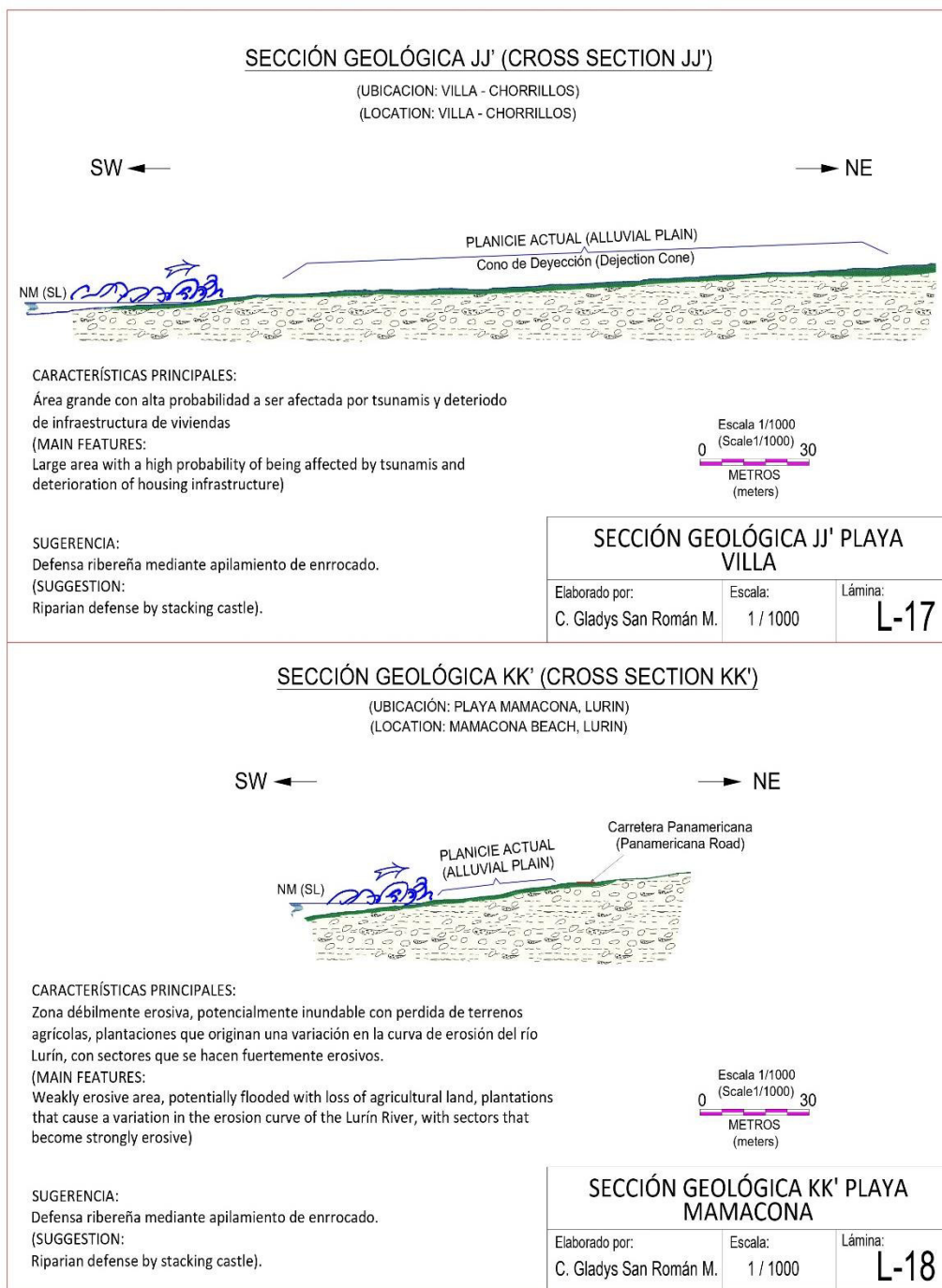
Leyenda siguiente: Erosión marina constante; Areniscas muy fracturadas (Formación Marcavilca); Caída de rocas tipo volcadura; Diaclasas de alto buzamiento;

MAPA GEOLÓGICO-GEODINÁMICO: PLAYAS MAMAONA Y LURIN



MAPA DE RIESGOS: PLAYAS MAMAONA Y LURIN





Leyenda siguiente: Erosión marina constante; Probables Tsunamis; Arena suelta; Suelos sueltos: Conglomerados, limos y arena