

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Marítima y Ciencias del Mar

Caracterización de las condiciones oceanográficas presentes en la playa de Ballenita - Provincia de Santa Elena, con énfasis en la estructura “El Mirador”, mediante el análisis de procesos costeros dominantes y cambios de perfiles de playa.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Oceanográfico

Presentado por:

David Andrés Moncayo Guzmán

Jeremy Jaime Ger Salvatierra

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a nuestras familias, que fueron el sustento y la motivación a lo largo de nuestra carrera universitaria. A los profesores de la ESPOL quienes impartieron sus conocimientos hacia nosotros con el fin de ser buenos profesionales. Al GAD de Municipal de Santa Elena por darnos la apertura para realizar este proyecto. También va dedicado a todos los Municipios en la franja costera del país que estén interesados en realizar estudios de la morfodinámica de sus playas o alguna obra de ingeniería costera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, sin lugar a duda sin su ayuda no la hubiese realizado. Mi mamá y hermana mis pilares fundamentales, la base de mi vida, sin su guía y ejemplo y ayuda en todo aspecto el camino hubiera sido más difícil, pero hoy estoy aquí y este logro es por y para ustedes.

Jeremy Jaime Ger Salvatierra

Agradezco a Dios, a mi mamá y mis hermanos por acompañarme y apoyarme en todos estos años de estudio. También agradezco a todos los compañeros y amigos que hice en ESPOL y que muy amablemente participaron en este proyecto. A nuestros profesores, MSc. Gina e Ing. Cervantes, sin su apoyo no hubiéramos podido realizar este trabajo. Y a mi papá, que, aunque no esté físicamente, se siente su presencia.

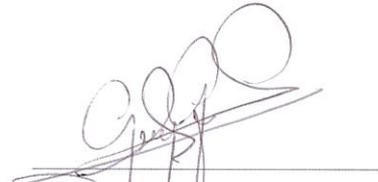
David Andrés Moncayo Guzmán

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *(nombre de los participantes)* y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

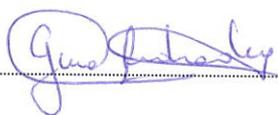


David Andrés
Moncayo Guzmán



Jeremy Jaime Ger
Salvatierra

EVALUADORES



MSc. Gina María Andrade García

PROFESOR DE LA MATERIA



MSc. Edgar Eduardo Cervantes B.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general llevar a cabo un análisis de los procesos costeros y cambios de perfiles en la playa de Ballenita-Provincia de Santa Elena, con énfasis en los alrededores de la estructura denominada “Mirador”; identificando así transformaciones que esta pudiera generar en la playa, permitiendo al Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Elena tomar medidas de mitigación para disminuir los posibles impactos. Este trabajo forma parte del seguimiento entre la interacción oleaje-Mirador y Mirador-playa requerido por el Ministerio de Ambiente al GAD, por lo que este solicitó a ESPOL llevar a cabo dicho requerimiento con el fin de cumplir con lo establecido por el Sistema Único de Manejo Ambiental del Ecuador (SUMA). Se realizaron mediciones en campo y revisión bibliográfica que permitió analizar: características litorales, perfiles y pendientes de playa, transporte de sedimento longshore y perfiles de equilibrio de Dean; a partir del análisis de esta información se determinó tres zonas de energía, donde zona norte de la playa (lugar donde se encuentra el Mirador) se concentra mayor energía con relación al resto de la playa, tales características guardan relación con las tendencias erosivas (predictores de erosión), forma de perfiles y composición granulométrica existente en el área de estudio. Se observó que en el poco tiempo de inaugurado en el Mirador ya se ven afectaciones en los pilotes, por lo que se realizaron entrevistas a profesionales en las áreas de Oceanografía, Ingeniería Civil e Ingeniería en Costas para conocer sus puntos de vista y poder emitir las recomendaciones necesarias para el GAD. No se evidenció que el Mirador haya afectado en gran medida la dinámica natural de la playa; no obstante, se recomienda continuar el monitoreo de la misma, además de llevar a cabo medidas de remediación inmediatas para prolongar la vida útil de la estructura. También se sugirió la construcción de una obra de protección como un enrocado que envuelva el Mirador; sin embargo, esta medida podría alterar considerablemente la dinámica de la playa. Como medida de precaución extrema, vista desde un enfoque ecosistémico, se podría considerar el retiro de la estructura de la zona intermareal.

Palabras Clave: Erosivas, Zona Intermareal, Procesos Oceanográficos, Remediación, Protección.

ABSTRACT

The main objective of this work is to carry out an analysis of the coastal processes and profile changes at the Ballenita beach Provincia of Santa Elena, with emphasis on the surroundings of the structure called "Mirador"; identifying transformations that this could generate on the beach, allowing the Decentralized Autonomous Government of Santa Elena take mitigation measures to reduce possible impacts. This work is part of the follow-up between the wave-Mirador and Mirador-beach interaction required by the Ministry of Environment to the GAD, so this requested ESPOLE to carry out said requirement in order to comply with the provisions of the Unique System Environmental Management of Ecuador (SUMA). Field measurements and bibliographic review were carried out to analyze: coastal characteristics, beach profiles and slopes, longshore sediment transport and Dean equilibrium profiles; Based on the analysis of this information, three energy zones were determined, where the northern area of the beach (where the Mirador is located) concentrates the most energy in relation to the rest of the beach, such characteristics are related to erosive tendencies (predictors of erosion), shape of profiles and granulometric composition existing in the study area. It was observed that in the short time of inauguration in the Mirador already are affected in the piles, so interviews were carried out to professions in the areas of Oceanography, Civil Engineering and Coastal Engineering to know their points of view and be able to emit the necessary recommendations for the GAD. It was not evident that the lookout has greatly affected the natural dynamics of the beach; however, it is recommended to continue monitoring it, in addition to carrying out immediate remediation measures to prolong the useful life of the structure. It was also suggested the construction of a protective work such as a castling that surrounds the Mirador; however, this measure could significantly alter the dynamics of the beach. As an extreme precautionary measure, viewed from an ecosystem approach, the removal of the structure from the intertidal zone could be considered.

Keywords: Erosive, Intertidal Zone, Oceanographic Processes, Remediation, Protection

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
1. Introducción.....	14
1.1 Antecedentes.....	16
1.2 Justificación del proyecto.....	17
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo General	21
1.3.2 Objetivos Específicos	21
1.4 Marco teórico	22
1.4.1 Condiciones Oceanográficas	22
1.4.1.1 Características generales del área de estudio.....	22
1.4.1.2 Mareas.....	23
1.4.1.3 Nivel del mar y cambio climático.....	25
1.4.1.4 Olas	26
1.4.1.5 Vientos.....	32
1.4.1.6 Clasificación de Suelo y Granulometría.....	33
1.4.1.7 Transporte litoral.....	34
1.5 Características geométricas generales de playas	37
1.5.1 Predictores del comportamiento del perfil de playa.....	38
1.5.2 Estado morfodinámico de la playa.	39

1.5.3	Clasificación de playas según su pendiente.....	41
1.5.4	Comportamiento de perfiles de playa.....	42
1.5.4.1	Perfiles de Dean	44
1.5.4.2	Velocidad de caída del sedimento.....	47
1.5.5	Estructuras de protección costera.....	48
1.5.6	Entrevistas	50
2.	Metodología	51
2.1	Revisión bibliográfica.....	51
2.2	Trabajo de campo.....	53
2.2.1	Entrevistas	54
2.2.2	Levantamiento de perfiles de playa.....	55
2.2.2.1	Método de Andrade (2006).....	55
2.2.2.2	Nivelación Topográfica	56
2.2.2.3	Pendientes de playa	57
2.2.2.4	Perfiles de Dean	57
2.2.3	Levantamiento de información oceanográfica.....	58
2.2.3.1	Altura de ola	59
2.2.3.2	Corriente Litoral	59
2.2.3.3	Transporte litoral.....	60
2.2.4	Toma de muestras de arena	60
2.3	Caracterización geomorfológica de la playa	61
2.4	Predictor del comportamiento del perfil de playa.....	62
3.	Resultados	63
3.1	Características Litorales	63
3.1.1	Altura de Olas	63
3.1.2	Periodo.....	66
3.1.3	Corriente Litoral.....	66

3.1.4	Tipo de Olas.....	67
3.2	Pendientes de Playa.....	68
3.3	Estado Morfodinámico de la playa.....	74
3.4	Predicor del comportamiento del perfil de playa.....	75
3.5	Perfiles de Dean.....	76
3.6	Variación de sedimento.....	83
3.7	Transporte Litoral.....	91
3.8	Entrevistas a Profesionales.....	98
4.	Análisis de resultados.....	104
4.1	Características de litorales.....	104
4.2	Entrevistas.....	107
4.3	Discusión Mirador - Playa.....	108
5.	Conclusiones Y RECOMENDACIONES.....	111
5.1	Conclusiones.....	111
5.2	Recomendaciones.....	114
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	115
7.	Anexos.....	122
7.1	Pasos a considerar previo a la construcción de cualquier obra en la zona de playa:	122
7.2	Script de descarga de datos de WAVEWATCH III con Matlab.....	123
7.3	Planilla para la toma de datos de Características Litorales.....	125

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAO	Food and Agriculture Organization
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
MHWS	Media de las mareas máximas de Sicigia
MLWS	Media de las mareas mínimas de Sicigia
MLW	Media de todas las bajamares
MHW	Media de todas las pleamares
NMM	Nivel medio del mar
NEC	Norma Ecuatoriana de Construcción
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SUMA	Sistema Único de Manejo Ambiental
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
IGM	Instituto Geográfico Militar
CERC	Coastal Engineering Research Center
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ENSO	El Niño Oscilación del Sur
PLANDETUR	Plan Estratégico de Desarrollo de Turismo Sostenible del Ecuador

SIMBOLOGÍA

gr gramo

Kg Kilogramo

m Metro

m³ Metro cúbico

s Segundo

N/s Newton por segundo (unidad de fuerza por tiempo)

J/m² o kg.m²/s² Joules por metro cuadrado

m/s Metros por segundo

kg/m³ Kilogramos por metro cúbico (unidad de masa por volumen)

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.- Implantación General del Malecón de Ballenita [González, 2018]	18
Ilustración 2.- Localización general de Ballenita, Provincia de Santa Elena [Autoría Propia]	22
Ilustración 3.- Rango de marea semidiurna estación La Libertad, referenciada al M.L.W.S [INOCAR,2018]	23
Ilustración 4.- Configuración de la Tierra, la luna y el sol responsable de (a y b) las mareas de sicigia y (c y d) las mareas de cuadratura [NASA, 2005].	24
Ilustración 5.- Fases de marea mensual para Cuadratura y Sicigia (pleamar y bajamar) de la estación de la Libertad [INOCAR,2018]	25
Ilustración 6.- Anomalía del nivel medio del mar [Autoría propia]	26
Ilustración 7.- Distribución del Oleaje en la costa ecuatoriana [Vera, Lucero, & Mindiola, 2009].....	28
Ilustración 8.- Estaciones para medición de características litorales [Sánchez, 2011]	29
Ilustración 9.- Tipo de Ola rompiente [U S Army Corps Of Engineers, 2002]	31
Ilustración 10.- Ola de retorno, para varios años [Sánchez, 2011]	32
Ilustración 11.- Criterios de Clasificación de Suelos según SUCS (Matus Lazo & Blanco Rodríguez, 2015)	34
Ilustración 12.- Características del perfil de playa adimensional $h/h_b = (x/w)^m$ para varios valores m [Dean, 1977]	45
Ilustración 13.- Relación de A con d_{50} y la velocidad de caída de grano [Kraus, 1998]	47
Ilustración 14.- Correlación de CD contra Número de Reynolds (Santibón & González, 2012).....	48
Ilustración 15.- Esquema metodológico del proyecto, comparado con la metodología Desing Thinking [Autoría Propia]	51
Ilustración 16.- Mapa de estaciones oceanográficas (puntos rojos) y de perfiles de playa (líneas negras) definidas para monitoreo. [Autoría Propia]	53
Ilustración 17.- Método de Medición de Perfiles de playa (Andrade & Ferreira, 2006)	56

Ilustración 18.- Método de medición de Perfiles por Nivel Topográfico (Villamandos, 2014).....	57
Ilustración 19.- Referencia para toma de muestras de arena en la playa	61
Ilustración 20.- Frecuencias de altura de olas de todas las observaciones realizadas [Autoría propia]	64
Ilustración 21.- Altura de olas promedio en sicigia vs horas de medición	64
Ilustración 22.- Altura de olas promedio en cuadratura vs horas de medición	65
Ilustración 23.- Periodo de olas promedio en todas las estaciones	66
Ilustración 24.- Velocidad de corriente litoral media por estación	67
Ilustración 25.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P00	70
Ilustración 26.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P01	70
Ilustración 27.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil PMI	71
Ilustración 28.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P02	71
Ilustración 29.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P03	72
Ilustración 30.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P04	72
Ilustración 31.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P05	73
Ilustración 32.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P06	73
Ilustración 33.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P00 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	76
Ilustración 34.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P01 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	77
Ilustración 35.- Perfiles de Equilibrio de Dean de PMI para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	77
Ilustración 36.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P02 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	78
Ilustración 37.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P03 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	79
Ilustración 38.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P04 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	79
Ilustración 39.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P05 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	80

Ilustración 40.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P06 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho).....	81
Ilustración 41.- Perfiles Promedio de Dean y de las transectas medidas correspondientes a sicigia	82
Ilustración 42.- Perfiles Promedio de Dean y de las transectas medidas correspondientes a cuadratura	83
Ilustración 43.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P00.....	84
Ilustración 44.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P01.....	85
Ilustración 45.- Variación temporal y transversal del D_{50} en el perfil PMI.....	85
Ilustración 46.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P02.....	86
Ilustración 47.- Variación temporal y transversal del D_{50} en el perfil P03.....	86
Ilustración 48.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P04.....	87
Ilustración 49.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P05.....	88
Ilustración 50.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P06.....	89
Ilustración 51.- Variación temporal del D_{50} medio en todos los perfiles	90
Ilustración 52.- Promedio de D_{50} de cada perfil	90
Ilustración 53.- Representación de procesos erosivos/acrecivos para sicigia con el modelo SBAS.....	93
Ilustración 54.- Representación de procesos erosivos/acrecivos para cuadratura con el modelo SBAS.....	94
Ilustración 55.- Representación de procesos erosivos/acrecivos para Q_s promedio mediante el modelo SBAS	95
Ilustración 56.- Representación de procesos erosivos/acrecivos con Q_s estimados por (Sanchez, 2011b) mediante el modelo SBAS.....	97
Ilustración 57.- Fotos de afectaciones en la base del Mirador	98
Ilustración 58.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 1	99
Ilustración 59.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 2	100
Ilustración 60.- Foto: Usuarios del Malecón subidas en las bases del Mirador.....	101
Ilustración 61.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 3	101
Ilustración 62.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 4	102
Ilustración 63.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 5	103
Ilustración 64.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 6	103

Ilustración 65.- Zonificación de secciones energéticas, en la playa de Ballenita, según la altura de ola recibida y pendientes.....	105
Ilustración 66: Diseño del marco referencial para una obra costera exitosa, incorporando costo, tolerancia al riesgo, uso, ubicación, materiales y resistencia a los peligros reformado de (FEMA c, 2011).....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de niveles de marea para la estación La Libertad [Sánchez, 2014].....	25
Tabla 2: Alturas de Ola registradas en fase de Sicigia y Cuadratura en 4 estaciones distribuidas en la Playa de Ballenita [Sánchez, 2011].....	29
Tabla 3: Rangos de altura de Ola para estaciones seca y húmeda en La Libertad [Vera, Lucero, & Mindiola, 2009].....	30
Tabla 4: Ángulos de arribo de ola a la Playa de Ballenita [Sánchez, 2011].....	30
Tabla 5.- Direcciones y Magnitudes [km/h] de Vientos La Libertad (Vera, 2000a)	33
Tabla 6: Clasificación de playa según su morfodinámica [Defeo & Celentano, 2006]	40
Tabla 7: Valores de A según Moore 1982 tomado de [U S Army Corps Of Engineers, 2002].....	46
Tabla 8: número de participantes para entrevistas según distintos autores [Escobar, Francy, & Bonilla-Jimenez, 2017]	50
Tabla 9: Referencias guías del proyecto [Autoría Propia].....	52
Tabla 10: Coordenadas de perfiles de playa, usando como base el estudio de [Sánchez, 2011].....	55
Tabla 11: Coordenadas de estaciones oceanográficas, usando como base el estudio de [Sánchez, 2011].....	59
Tabla 12.- Dirección del oleaje promedio incidente, alineación y αb en cada estación	63
Tabla 13.- Promedio de altura de olas [cm] observadas para sicigia y cuadratura por estación	65
Tabla 14.- Velocidades de corriente litoral [m/s] promedio por estación para sicigia y cuadratura.....	66
Tabla 15.- Tipo de olas predominantes por estación en cuadratura	67
Tabla 16.- Tipo de olas predominantes por estación en sicigia	68
Tabla 17.- Clasificación de pendientes según (Pike, 2018)	68
Tabla 18.- Pendientes de perfiles medidos para cuadratura y sicigia según la clasificación de (Pike, 2018)	69

Tabla 19: Ángulos de pendiente de playa (β) promedio de la playa de Ballenita, indicandp el estado morfodinámico de la playa según (Defeo & Celentano, 2006). Naranja: Reflectiva, Amarillo: Intermedia, Verde: intermedia con tendencias disipativas.	74
Tabla 20.- Parámetro de Dean para sicigia y cuadratura por estaciones y su perfil más próximo correspondiente (S: sicigia, C:cuadratura)	75
Tabla 21.- Número de Dean como predictor del comportamiento del perfil de playa (S: sicigia, C: cuadratura)	75
Tabla 22.- Datos generales para Transporte Litoral por Komar	91
Tabla 23.- Resultados de cálculo de Energía de oleaje (E_b), velocidad orbital máxima (u_m), razón de transporte del peso sumergido (I_s) y Transporte Litoral (Q_s) para sicigia y cuadratura (Método de Komar)	92
Tabla 24.- Resultados de transporte litoral Q_s [$m^3/año$] para sicigia y cuadratura.....	93
Tabla 25.- Transporte Litoral promedio [$m^3/año$].....	94
Tabla 26.- Volumen transportado entre estaciones	95
Tabla 27.- Transporte Litoral Q_s (Sanchez, 2011)	96
Tabla 28.- Transporte Litoral bruto promedio y en fases de sicigia y cuadratura (Método de Galvin)	97

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

A partir de los 90, se dio un incremento poblacional en las zonas costeras, no solo de Ecuador sino también del mundo; tal aumento ha promovido el desarrollo de ciudades con infraestructuras expuestas al mar (FEMA a, 2011).

Las obras construidas en zonas costeras están sujetas a peligros naturales, los cuales se pueden dividir en cuatro categorías generales: inundaciones (incluidas las olas), erosión, fuertes vientos, terremotos. Para la construcción de estructuras en ecosistemas marinos, aptas para resistir los peligros ya mencionados, se requiere fundamentalmente la comprensión de la dinámica de la playa; para una adecuada planificación, ubicación y diseño de la obra (FEMA b, 2011). Esto a su vez también requiere de una evaluación precisa de la vulnerabilidad y de las amenazas, ya que si no se analizan correctamente se podría tener graves consecuencias.

Por todo lo ya mencionado, se tiene el interés de evaluar y comprender las zonas costeras del país, específicamente en Ballenita, Provincia de Santa Elena; dado que se ha identificado una estructura expuesta al oleaje, la cual es concurrida por turistas. El presente trabajo pretende analizar procesos costeros dominantes y cambios en perfiles de dicha playa, haciendo énfasis alrededor de la estructura denominada "Mirador"; identificando cambios hidromorfológicos que sirvan de sustento al GAD al tomar medidas de mitigación ante posibles impactos.

Para el presente proyecto se contó con la información de estudios en el área de interés realizados anteriormente por: Sanchez en el año 2011 y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Elena en el 2014, además de fuentes externas relacionadas a oceanografía, orientadas a la metodología del documento. Sánchez en su estudio desarrolló información técnica sobre el área de oceanografía física y climatología para la realización de estudios de Ingeniería de Costas, que le permitió: analizar las condiciones oceanográficas del sitio de implantación del proyecto y desarrollar un diseño de Ingeniería en Ballenita. Por otro lado, el municipio de Santa Elena brindó la información básica de estudios financiados para la playa de Ballenita, de los que se

destacan: estudios de suelos y diseños estructurales del nuevo malecón desarrollados por la consultora C.P.R. asociados C.LTDA.

En el presente trabajo nos basamos en la metodología de Design Thinking (Diseña pensando) del Instituto de diseño de Standford, que tiene como objetivo llevar un proceso holístico para la resolución de problemas; mismo que se basa en 5 pasos: empatía, definición del problema, generación de ideas o soluciones, prototipar soluciones y finalmente evaluar (Plattner, 2013).

El primer paso se realizó con los beneficiarios directos de esta propuesta, el GAD de Santa Elena y lugareños del sector de estudio, esto permitió conocer lo que sucedía en el lugar y explorar sus expectativas; también ayudó a definir el problema " Escasa información sobre el comportamiento de la playa de Ballenita, y más aun de su interacción con elementos ajenos a la naturaleza marina (El Mirador) ". La principal causa identificada, que da origen a este problema, se debe a que este tipo de información no se genera por parte de las autoridades competentes, posiblemente por falta de interés o desconocimiento sobre cómo hacerlo.

Para el tercer paso de generación de ideas, se tomó como referencia los resultados obtenidos en el transcurso del proyecto en lo que refiere a características litorales, por otro lado, también se generaron soluciones acerca del estado de El Mirador basadas en encuestas a ingenieros: civiles, costeros y oceanógrafos expertos en estas áreas. En el cuarto paso, se identificó el grado de factibilidad de las soluciones expuestas en función de los resultados obtenidos. Finalmente, la evaluación permitió la retroalimentación y opiniones de las soluciones planteadas.

1.1 Antecedentes

Ballenita es un balneario ubicado en la Península de Santa Elena, provincia de Santa Elena. Se encuentra aproximadamente a 130 Km de Guayaquil y a 20 minutos de Salinas. Cuenta con una población aproximada de 1050 habitantes que por lo general se dedican a la pesca, turismo, comercio de comidas típicas o guardianía de casas que solo se usan durante la temporada de playa o fines de semana según (Yagual Solano, 2015). También, es un potencial turístico en la franja costera del país, con una extensa playa de aproximadamente 1 km de longitud, bordeada por un acantilado natural que, junto a la antigua Glorieta proporcionaban una gran vista hacia el mar, la cual era muy concurrida por los turistas.

Con el paso de los años, sumado al insuficiente mantenimiento y el descuido de los usuarios, la Glorieta se fue deteriorando a tal punto que disminuyó considerablemente la concurrencia de turistas (Peña Juárez, 2015) e incluso poniendo en riesgo a quienes accedían a la misma, perdiendo el agrado de sus visitantes.

Dentro de los desafíos del GAD Municipal de Santa Elena, se menciona repotenciar y desarrollar la actividad turística en la parroquia de Ballenita; y como parte de los objetivos estratégicos de PLANDETUR 2020 (Ministerio de Turismo, 2007), se busca fomentar el turismo sostenible como eje en la economía ecuatoriana; mejorando la calidad de vida de la población y el bienestar de los turistas. Por tal motivo, el GAD consideró la construcción del nuevo malecón.

El Malecón de Ballenita fue inaugurado en agosto del 2018, y está ubicado a lo largo del área donde antiguamente se encontraba la Glorieta. Tiene una longitud de 200 m en zona de playa y una superficie aproximada de 12,778 m². También cuenta con una pasarela que conecta el malecón a un mirador con una altura de 16 metros sobre el agua.

Dentro de las especificaciones técnicas del mirador se destaca que se usó hormigón de resistencia a la compresión de 350 k/cm², con presencia de pilotes pre-barrenados con

un recubrimiento de 7.5 cm y 80 cm de diámetro. Para soportar cargas provenientes de la estructura, se diseñó una zapata circular de 15.8 m de diámetro, asentada sobre 29 pilotes tubulares de acero garantizando la transmisión de esfuerzos entre ambos elementos según se indica en los planos brindados por el (Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Elena en el 2014) .

1.2 Justificación del proyecto

Tomando en consideración que el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal del Cantón Santa Elena tiene como misión impulsar el progreso integral de la provincia, a través de un modelo de gestión participativa, que encamine a Santa Elena hacia un polo de desarrollo (Prefectura Santa Elena, 2018), y que además dentro de sus principales ejes busca el mejoramiento de la belleza escénica urbana de las diferentes localidades que conforman el cantón; se busca promover una de las principales actividades económicas de la provincia de Santa Elena, el turismo.

En función de lo antes mencionado la Municipalidad emprendió un proyecto para la rehabilitación del malecón de Ballenita dado su potencial para el desarrollo del turismo del cantón (González, 2018). Tal proyecto comprende un área de construcción de 12,778 m² que incluyen: plaza de comidas, área de juegos infantiles, construcción de edificio múltiple (2 plantas), explanada para eventos masivos, mirador ubicado en la zona intermareal de la playa de Ballenita, entre otros como se aprecia en la Ilustración 1 (LA PRIMERA, 2016). Esta obra fue concluida y abierta al público a finales del mes de agosto del 2018.

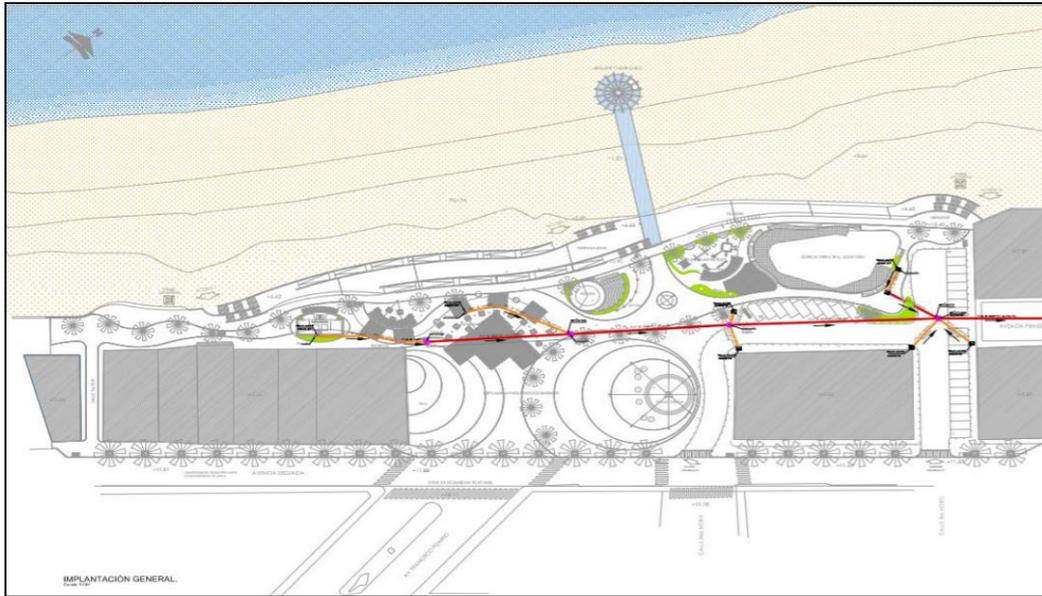


Ilustración 1.- Implantación General del Malecón de Ballenita [González, 2018]

El Mirador del Malecón se encuentra dentro de la zona intermareal, sin embargo, se desconoce si este es capaz de resistir por sí misma las fuerzas del océano, pues se sabe que las playas son ambientes muy dinámicos que buscan de forma permanente el equilibrio, otorgando así protección a la línea de costa. Tal equilibrio es frágil debido a la constante interacción con el clima, oleaje y a los diversos estados de marea presentes en las costas ecuatorianas; además de otros procesos como el aumento del nivel del mar y El Niño (Cornejo R. de Grunauer, 1998).

Toda obra, actividad, proyecto, ampliación o modificación de un sistema que pudiera generar impacto ambiental, debe someterse al Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA), entonces en relación al Acuerdo Ministerial No. 061 emitido 04 de mayo del 2015 el Ministerio de Ambiente determinó que la obra en mención debe obtener la Licencia Ambiental debido a que la actividad se ajustó a la denominación Conformación de Playas Artificiales, Alteración de Líneas Costeras y Similares. Posteriormente, el GAD de Santa Elena tomando en consideración el artículo 8 del capítulo 1 del SUMA, solicitó a ESPOL realizar un seguimiento de la evolución de la playa y de la interacción oleaje-Mirador y Mirador-playa; con el fin de generar un plan de acción que permita dar una rápida respuesta ante cualquier eventualidad (Ministerio del Ambiente, 2000)(González, 2018).

En función de lo antes mencionado, ESPOL ante el pedido decide comenzar este proyecto, lo que a su vez evidenció que la principal problemática en la Playa de Ballenita es la escasa información sobre el comportamiento de la misma y su interacción con el Mirador, como producto de diferentes causas, tales como: desconocimiento de la influencia del oleaje en la playa, incomprensión de las fuerzas dinámicas a las que están expuestas las obras costeras (obras construidas en la zona intermareal), además de la poca capacidad técnica para la toma de decisiones de ingeniería costera en municipios. Es por ello, que este trabajo propone como aporte a la sociedad, una metodología sencilla que permita a los tomadores de decisiones tener indicios del comportamiento de la playa e identificar tendencias erosivas o acrecivas para un mejor manejo de la zona costera ecuatoriana.

Las playas siempre responden a la presencia de estructuras costeras; provocando cambios en la dinámica natural de la playa (Mosquera, Montoya, & Barrera, 2015). Por esta razón, es necesario llevar un control de estos cambios que permitan la generación de planes de acción para salvaguardar la integridad de las playas y sus usuarios.

Como todo proyecto, siempre se tienen restricciones o limitaciones, mismas que influyen en los resultados o productos que se desea obtener del estudio. Basándose en el primer paso del proceso Dising Thinking "Empatía" y tomando en consideración quienes serían los clientes como se explicó en la introducción de este documento, además del periodo de tiempo disponible para la realización del proyecto; se optó por procedimientos de medición y formulaciones sencillas.

Cabe destacar que para el estudio y análisis de características litorales, perfiles y pendientes de playa, transporte de sedimento longshore y perfiles de equilibrio de Dean existen muchas metodologías y formulaciones propuestas por distintos autores; sin embargo, estas requieren de equipos más sofisticados y de mayor cantidad de variables para su aplicabilidad; siendo en esencia esto una de las principales restricciones de este trabajo, buscar lo más comprensible y económico para que sea replicable de forma sencilla, sin dejar de lado la veracidad de los resultados. Por tal

motivo se seleccionó las siguientes metodologías (Dean, 1977; Komar & Miller, 1974; Kraus, 1998).

Es importante aclarar que, al buscarse simplicidad, se sacrificó exactitud; sin embargo, las metodologías mencionadas son válidas para evaluar los procesos dominantes y las tendencias de distribución de energía del oleaje hacia la playa. Además, no se contó con presupuesto, ni equipos necesarios para realizar estudios tales como: batimetría o análisis de laboratorio del estado de los pilotes de la estructura que sin lugar a duda hubieran enriquecido los resultados de este trabajo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar procesos costeros dominantes y cambios en perfiles en la playa de Ballenita, Provincia de Santa Elena con énfasis alrededor de la estructura denominada “Mirador”, identificando así transformaciones que pudiere generar la misma en la playa, que permita al GAD tomar medidas de mitigación para disminuir los impactos de los cambios.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar características litorales para la identificación de procesos costeros dominantes en la zona de estudio.
2. Examinar perfiles de playa para el entendimiento del comportamiento de la misma, usando como referencia el perfil de equilibrio de Dean.
3. Identificar estructuras costeras presentes en la playa de Ballenita considerando las condiciones oceanográficas existentes, incluyendo recomendaciones para su uso seguro.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Condiciones Oceanográficas

1.4.1.1 Características generales del área de estudio

Ballenita es un balneario ubicado en la Península de Santa Elena, provincia de Santa Elena. Se encuentra aproximadamente a 130 Km de Guayaquil y a 20 minutos de Salinas (Yagual Solano, 2015) estando entre las primeras paradas de la Ruta del Spondylus. Tiene una playa de 1,600 metros de longitud, con formaciones rocosas en sus extremos que forman una ensenada. Está relativamente protegida del oleaje de sur por la Puntilla de Santa Elena (ver ilustración 2).

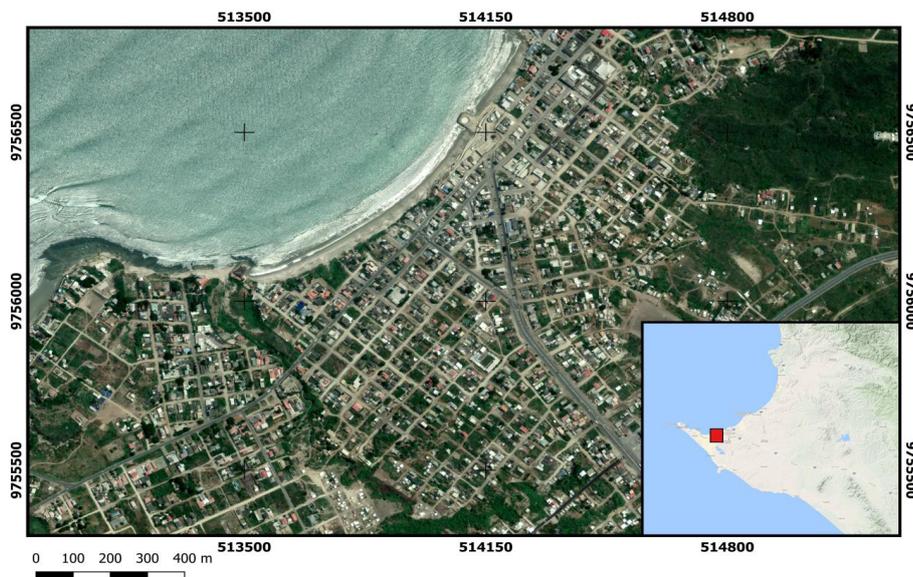


Ilustración 2.- Localización general de Ballenita, Provincia de Santa Elena [Autoría Propia]

El clima de la región está principalmente condicionado por la circulación de los vientos Alisios de sureste y la corriente marina de Humboldt, marcando la estación seca de junio a septiembre y la estación húmeda de diciembre hasta abril. Las temperaturas oscilan entre 16°- 32°C, con un promedio interanual de 23.4°C; sin embargo, durante eventos extremos como El Niño, se han registrado temperaturas que sobrepasan los 35°C. Durante la estación seca las precipitaciones son muy cercanas a cero, mientras que en la estación lluviosa se presenta una alta variabilidad de las precipitaciones

alcanzando 190-200 mm/mes, siendo marzo el mes más lluvioso (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena, 2014).

Según la clasificación de climas de Köppen, en el cantón de Santa Elena se encuentran tres diferentes zonas climáticas: Clima Tropical Húmedo (Af), en la cordillera Chongón Colonche, Clima Tropical Seco (B) localizado en la faja costera, y, Clima Tropical Sabana (Aw), que cubre la mayor parte las zona baja y valles de del cantón (Sánchez-Cortez, 2010)

1.4.1.2 Mareas

Las mareas son fenómenos producidos por la atracción gravitatoria de la luna y el sol, son ondas de períodos muy largos que se mueven a través del océano y avanzan hacia las líneas costeras donde se evidencian como el ascenso y descenso de forma regular de la superficie del mar (NOAA, 2018). Se producen diferentes tipos de mareas cuando la luna está al norte o al sur del Ecuador. Mientras que las mareas semidiurnas (2 picos de marea alta y baja en el día) se observan en el Ecuador en todo momento, la mayoría de las localidades al norte o al sur de este experimentan mareas mixtas, es decir, dos mareas altas desiguales y dos mareas bajas desiguales por día de marea, así como también ciertas zonas presentan mareas diurnas caracterizados por una marea alta y baja por día (NASA, 2005).

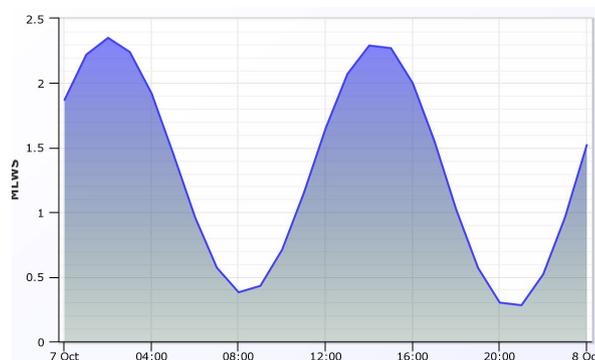


Ilustración 3.- Rango de marea semidiurna estación La Libertad, referenciada al M.L.W.S [INOCAR, 2018]

Aproximadamente cada dos semanas, las posiciones del Sol, la Luna y la Tierra forman una línea recta estas fases se denominan Luna Nueva y Llena como se indica en la Ilustración 4a y 4b; durante estas fases se producen las mareas con mayor rango mensual denominadas Mareas de Sicigia. Por otro lado, cuando la Tierra forma un ángulo recto con la Luna y el Sol (Ilustración 4c y 4d), el rango de marea mensual es mínimo (es decir, marea alta inusualmente baja y marea baja inusualmente alta); Estas se llaman Mareas de Cuadratura (NASA, 2005); de tal manera que al mes se tiene dos fases de sicigia y dos de cuadratura como se muestra la Ilustración 5 .

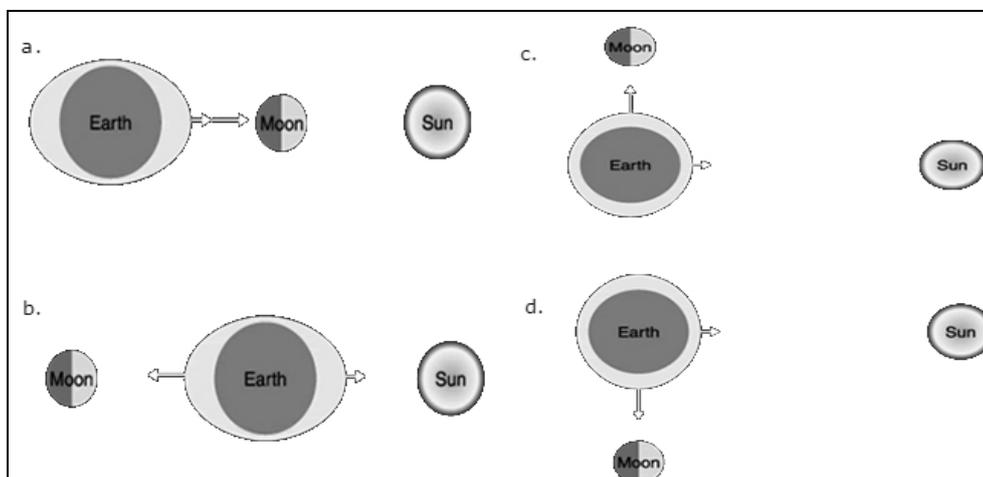


Ilustración 4.- Configuración de la Tierra, la luna y el sol responsable de (a y b) las mareas de sicigia y (c y d) las mareas de cuadratura [NASA, 2005].

El área de estudio del proyecto, como se indicó anteriormente se caracteriza por tener mareas semidiurnas (ilustración 5), como en toda la costa ecuatoriana. Es importante mencionar que existen niveles de referencia para realizar estas mediciones de rangos de mareas, el más utilizado en construcciones costeras es el MLWS usado como referencia en las cartas náuticas del INOCAR, y a diferencia del nivel medio del mar (N.M.M.) comúnmente utilizado en ingeniería civil, empleado por el Instituto Geográfico Militar (IGM), como cota 0.00 m de la carta geodésica nacional (Sánchez, 2014).

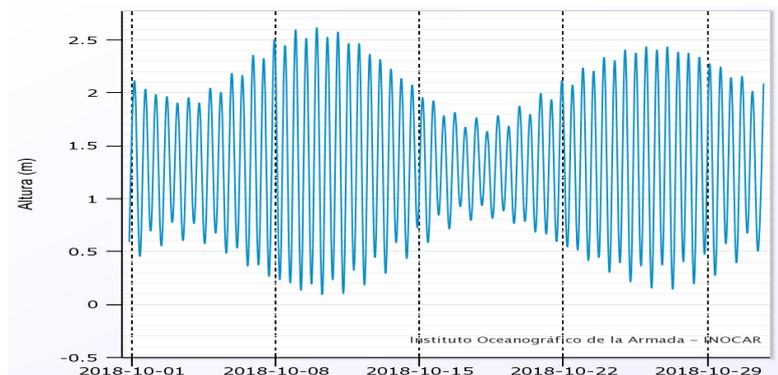


Ilustración 5.- Fases de marea mensual para Cuadratura y Sicigia (pleamar y bajamar) de la estación de la Libertad [INOCAR,2018]

Si bien es cierto, Ballenita no cuenta con su propio mareógrafo por lo cual se consideró la estación de la Libertad como referencia para niveles de marea, dada la cercanía y similitud de condiciones que la estación posee con respecto a la playa Ballenita.

Tabla 1: Clasificación de niveles de marea para la estación La Libertad [Sánchez, 2014]

Clasificación de niveles	Abreviación	Elevación del nivel de marea respecto del M.L.W.S. (en metros)
Media de las mareas máximas de Sicigia	M.H.W.S.	+2.6
Media de las mareas mínimas de Sicigia	M.L.W.S.	+0.0
Media de todas las bajamares	M.L.W.	+0.5
Media de todas las pleamares	M.H.W.	+2.15
Nivel medio del mar	N.M.M.	+1.21

1.4.1.3 Nivel del mar y cambio climático

El cambio climático causado por el calentamiento global es evidente y se ha manifestado a través de temperaturas globales por encima del promedio ya sea en la atmósfera o en los océanos, o del aumento global del nivel medio del mar como efecto del derretimiento de la nieve y hielo de los polos (Alvarez & Zorrilla, 2007). (National Geographic, 2010) indica que registros de mareógrafos y mediciones satelitales demuestran que, a lo largo del siglo pasado, el Nivel Medio del Mar incrementó entre

10 y 20 centímetros, con una tasa anual de aumento de 3,2 milímetros en los últimos 20 años.

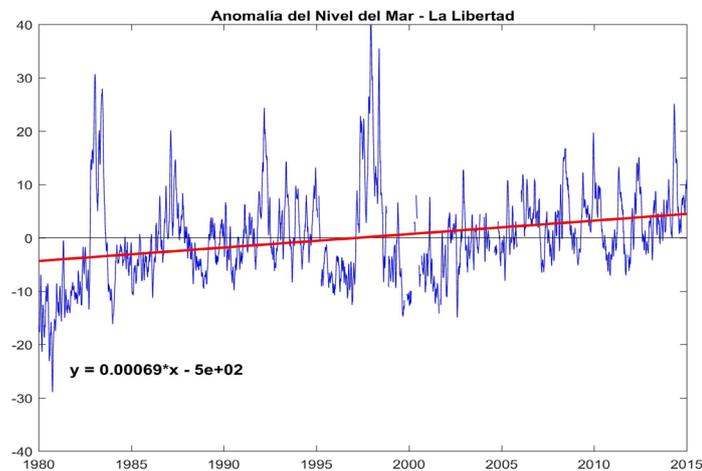


Ilustración 6.- Anomalía del nivel medio del mar [Autoría propia]

El perfil costero del Ecuador por su ubicación en la zona ecuatorial está expuesto a fenómenos que generan variaciones del nivel de mar, siendo el Fenómeno de El Niño el principal causante de tal efecto, evidenciado como un incremento de hasta 40 centímetros sobre su promedio histórico, producto de las ondas de Kelvin atrapadas en la zona ecuatorial que recorren la costa oriental del Océano Pacífico en Sudamérica (Cornejo-Rodriguez & Enfield, 1987). Tal evento genera que: tanto olas y mareas ingresen más a la costa, y, por lo tanto, procesos erosivos se fortalezcan como ha ocurrido en Ballenita (Sánchez, 2014). Según mencionan (Cornejo-Rodriguez & Enfield, 1987), en Libertad las variaciones del nivel medio del mar son debidas al forzamiento remoto, mas no a la influencia del viento local, siendo la generación de Ondas Kelvin y Yanai el efecto que más influye en tales variaciones.

1.4.1.4 Olas

Es de gran importancia el conocimiento de las ondas marinas en el campo de ingeniería costera, pues ayuda a identificar la composición y geometría de las playas e influyen de forma significativa en el diseño y planificación de puertos, vías fluviales, medidas de protección de estructuras costeras. Los vientos son la fuerza que provee la

energía que produce ondas superficiales, del cual un considerable porcentaje de dicha energía se disipa en la costa.

1.4.1.4.1 Régimen de olas

Clima de olas o régimen de oleaje hace referencia a las condiciones del área oceanográfica anterior a la zona de estudio (aguas profundas); es decir, conocer el origen de la ola, la dinámica de propagación a través del océano, y finalmente la transformación que sufre al aproximarse a la costa.

Existen varios tipos oscilaciones de la superficie del mar (oleaje, marea, Tsunamis, corrientes) como producto de: viento, movimientos sísmicos, atracción planetaria etc., en esta sección nos enfocaremos en el oleaje producido por vientos que se divide en dos categorías: mar de viento y mar de fondo (CERC, 1984a). Las ondas de gravedad se denominan mar de viento cuando las ondas están bajo la influencia del viento en una determinada área de generación, por otro lado, mar de fondo (swell) son las ondas que se mueven fuera del área de generación y ya no están sujetos a una acción significativa del viento (CERC, 1984a).

La zona ecuatorial se caracteriza por tener vientos superficiales de 6 m/s, lo que genera olas de periodo, altura y longitud de onda de baja magnitud, por otro lado, en el Pacífico sur alrededor de los 40° Sur se encuentran zonas de baja presión; es decir, áreas donde la influencia del viento son lo suficientemente grande de manera tal que produce olas de mayor energía. Tales olas son propagadas a diferentes regiones del mundo (Vera & Marín, 2015). El oleaje en la zona ecuatorial corresponde a olas tipo Swell o mar de fondo, además el ciclo anual en la climatología de olas coincide con el comportamiento de vientos en el hemisferio sur. (Ver Ilustración 7).

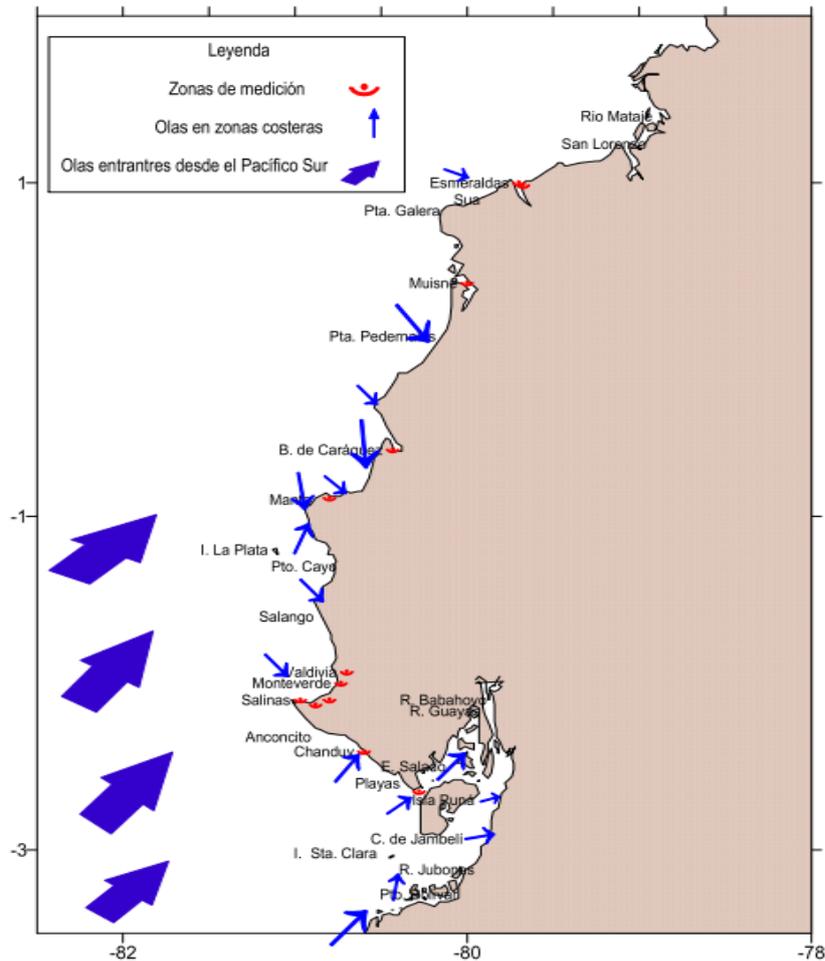


Ilustración 7.- Distribución del Oleaje en la costa ecuatoriana [Vera, Lucero, & Mindiola, 2009]

1.4.1.4.2 Estadísticas de olas

(Sanchez, 2011b) en su estudio sobre las condiciones oceanográficas de Ballenita determinó que la altura de ola es mayor en la fase de cuadratura, alcanzando un máximo de hasta 0.70 metros, a diferencia de la fase de sicigia donde la máxima altura llega hasta 0.50 metros tal como se indica en la Tabla 2. En lo que respecta al período de ola de rompiente la mayor frecuencia se encuentra en el rango entre 10 y 16 segundos.



Ilustración 8.- Estaciones para medición de características litorales (Sanchez, 2011b)

Sánchez en su estudio desarrolló información técnica sobre el área de oceanografía física lo que le permitió: analizar las condiciones oceanográficas del sitio de implantación del proyecto y desarrollar un diseño de Ingeniería en Ballenita. Para ello se definieron 4 estaciones oceanográficas (ver ilustración 8), que serán usadas como referencia en este estudio para mantener simetría y poder realizar comparaciones en capítulos posteriores.

Tabla 2: Alturas de Ola registradas en fase de Sicigia y Cuadratura en 4 estaciones distribuidas en la Playa de Ballenita [Sánchez, 2011b]

Fase	Altura promedio de ola rompiente (m)				Altura Máxima de ola rompiente (m)			
	EST [1]	EST [2]	EST [3]	EST [4]	EST [1]	EST [2]	EST [3]	EST [4]
Sicigia	0.25	0.30	0.27	0.26	0.50	0.50	0.40	0.50
Cuadratura	0.24	0.25	0.27	0.37	0.40	0.40	0.50	0.70
Promedio	0.25	0.27	0.27	0.31	0.45	0.45	0.45	0.60

Según el estudio realizado por (Vera, Lucero, & Mindiola, 2009) sobre las condiciones del oleaje y corrientes de la costa central del Ecuador, resalta que el período de las olas no presenta variabilidad estacional, ya que para las dos estaciones (época seca y

húmeda) el período varió entre 8 y 23 segundos, con un valor promedio de 15 segundos. Por otro lado, la altura media de ola para la época seca es menor que en época húmeda siendo 0.41 y 0.48 metros respectivamente. Es importante recalcar que la información de la Tabla 3 y del texto anterior proviene de octubre y noviembre de 1994 (época seca); y de marzo y febrero del 95 (época húmeda).

Tabla 3: Rangos de altura de Ola para estaciones seca y húmeda en La Libertad [Vera, Lucero, & Mindiola, 2009]

	Época seca	Época húmeda
Rango de altura de Ola	0.20 y 0.98 m	0.19 y 1.22 m
Rango de altura de Ola con mayor ocurrencia	0.3 y 0.5 m	0.3 y 0.5 m

1.4.1.4.3 Dirección de olas

En general, ya sea para cuadratura o sicigia, los frentes de onda arriban a la costa con una dirección de entre 270° – 330°, dada la orientación de la línea de costa Ballenita está influenciada directamente por oleaje proveniente del tercer y cuarto cuadrante (270°-360°) (Sanchez, 2011b).

Tabla 4: Ángulos de arribo de ola a la Playa de Ballenita [Sánchez, 2011b]

Estación Oceanográfica	Alineación de la playa en grados magnéticos	Ángulo de arribo de ola a la playa
EST [1]	70	310
EST [2]	50	300
EST [3]	40	280
EST [4]	30	270

1.4.1.4.4 Olas rompientes

Tipo de rompiente se refiere a la forma de la ola al romperse. La ruptura de las olas se puede clasificar en cuatro tipos: como derrame (spilling), hundimiento (plunging),

derrumbamiento (collapsing) y oleaje (surging). Dado que la traducción en español de los tipos olas no son comunes, serán explicados en inglés. Spilling: la cresta de la ola se vuelve inestable y cae en cascada por su parte anterior hacia la orilla de la ola produciendo una superficie de agua espumosa. Plunging: la cresta se enrosca de tal manera que se forma el túnel de ola. Collapsing, la cresta permanece intacta mientras que la parte inferior se inclina y luego cae. Surging: la cresta permanece intacta y la parte frontal de la ola avanza por la playa con una ruptura menor (CERC, 1984a)



a) Spilling breaking wave



b) Plunging breaking wave



c) Surging breaking wave



d) Collapsing breaking wave

Ilustración 9.- Tipo de Ola rompiente (CERC, 1984a)

1.4.1.4.5 Condiciones máximas de olas

Según (Sanchez, 2011b) la altura de ola probable en un escenario de 100 años sería 1.43 metros (estimada mediante el método de Drapper) tal y como se aprecia en la Ilustración 10.

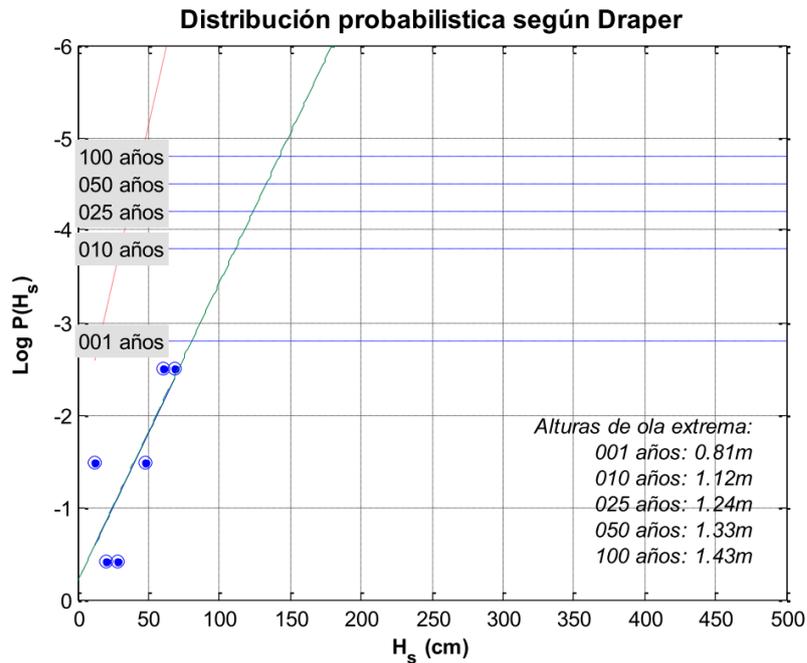


Ilustración 10.- Ola de retorno, para varios años [Sánchez, 2011b]

1.4.1.5 Vientos

El comportamiento de los vientos en el país están dominados por la dinámica entre Anticiclón del Pacífico Sur y el Anticiclón del Atlántico Norte, que rigen la circulación de los vientos Alisios de Sureste y Noreste y de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Pourrut, 1983). Durante los meses de mayo-noviembre, los vientos Alisios de Sureste se mantienen intensificados, marcando la época seca en el país. Mientras que en los meses de Diciembre-Abril, estos se debilitan; permitiendo el descenso de la ZCIT y marcando la época lluviosa o húmeda (Cucalon, 1987).

En Ecuador, la dirección predominante de los vientos está entre 180° y 270° respecto al Norte, donde la mayor parte del año dominan los vientos del suroeste mientras que en los meses enero-abril son más comunes los vientos de dirección oeste. Las magnitudes del viento oscilan entre 1.7 y 3.3 m/s en el año, dando una velocidad media de 2.6 m/s (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena, 2014)

Tabla 5.- Direcciones y Magnitudes [km/h] de Vientos La Libertad (Vera, 2000)

Mes	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Ene.	1,75	1,08	0,81	0,27	4,59	34,28	34,41	16,06	6,75
Feb.	2,56	2,71	3,01	2,71	5,41	26,02	29,02	20,3	8,27
Mar.	2,46	1,77	3,41	4,23	5,05	18,14	28,79	28,24	7,91
Abr.	3,35	0,84	2,93	2,23	5,58	21,76	30,82	22,59	9,9
May.	0,74	0,74	0,86	1,11	6,42	36,54	31,98	15,19	6,42
Jun.	0,12	0	0	0,25	9,07	39,63	41,86	6,71	2,36
Jul.	0	0	0,12	0,12	8,15	43,65	39,21	6,24	2,52
Ago.	0,14	0	0,14	0	7,21	42,02	41,89	7,77	0,83
Sep.	0	0	0	0,28	4,32	34,26	48,75	11	1,39
Oct.	0	0	0,14	0	3,13	40	47,46	7,89	1,09
Nov.	0	0,1	0	0	2,2	47	39,64	8,9	1,1
Dic.	0,2	0,4	0	0	2,8	43	38,49	10	3,5

1.4.1.6 Clasificación de Suelo y Granulometría

El análisis granulométrico permite determinar la clasificación de suelos granulares según el tamaño de las partículas que la componen; para así a su vez estimar la curva granulométrica y los Coeficientes de Curvatura (Cc) y Uniformidad (Cu).

La curva granulométrica representa gráficamente la distribución de porcentajes pasantes respecto al tamaño de las partículas. Los coeficientes de curvatura y de uniformidad son datos complementarios que indican la graduación de la muestra y la uniformidad del suelo respectivamente. Se los estima a partir de diámetros D_{60} , D_{30} y D_{10} ; que son los diámetros donde pasa el 60%, 30% y 10% de la muestra según corresponda. Además, se estima también el D_{50} , que representa el diámetro de medio de la muestra. Estos diámetros se los puede obtener directamente de la curva granulométrica (Das, 2013).

La estimación del Coeficiente de Uniformidad está dada por la razón entre:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Y el Coeficiente de Curvatura por:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Estos coeficientes permiten clasificar el suelo según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como se muestra en la Ilustración 11.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla		
		Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo		
		Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla		
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	$IP < 4$ o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
			$IP > 7$ o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla	
Cumple los criterios para SP y SM			SP-SM	Arena mal graduada con limo		
Cumple los criterios para SP y SC			SP-SC	Arena mal graduada con arcilla		
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno limite liquido - no secado	< 0.75	OL	Arcilla orgánica
						Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
			$IP < 4$ y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno limite liquido - no secado	< 0.75	OH	Arcilla orgánica
						Limo orgánica
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba		

Ilustración 11.- Criterios de Clasificación de Suelos según SUCS (Matus Lazo & Blanco Rodríguez, 2015)

La granulometría se la realizó mediante tamizado según la norma ASTM C 136- 01, usada para determinar la distribución del tamaño de grano en arenas finas y gruesas (ASTM International, 2001).

1.4.1.7 Transporte litoral

El transporte litoral consiste en el desplazamiento de material sedimentario en la zona litoral por acción de las olas y corrientes. Este transporte puede clasificarse como:

Transporte Onshore-Offshore, que tiene como dirección promedio neta perpendicular a la costa; o como Transporte Longshore, que tiene una dirección promedio neta paralela a la costa (CERC, 1984b). Ambos tipos de transporte son de mucha importancia en la zona de surf, y están regulados por la energía y dirección del oleaje.

Existen diferentes formulaciones para el cálculo del Transporte Litoral propuestas por distintos autores; que fueron desarrolladas en base experimentaciones empíricas y bajo ciertas condiciones de hipótesis según expone (Vera, 2000) en su publicación sobre procesos costeros en La Libertad en el que determinó transporte litoral, además menciona que los métodos más comunes para la estimación del Transporte Longshore son los propuestos por Galvin (1972), y Komar (1976). Cabe destacar que existen más formulaciones, y que no hay una forma adecuada de elegir la ecuación que más se acople al lugar de estudio; por lo que el uso de estas depende del criterio de los autores.

Galvin (1972)

El método que propone (Galvin, 1972), establece un límite superior de la capacidad de transporte, por lo que es considerado un transporte bruto (suma de los transportes hacia la izquierda y hacia la derecha de la playa). Esta formulación relaciona únicamente la altura de ola de rompiente H_b medida en metros con el transporte Longshore, dando la ecuación:

$$Qg = 16.5H_b^2 * 10^5 \quad \text{Ecuación 3}$$

Komar (1976)

El método de (Komar, 1976) según expone (Vera, 2000) estima resultados más acordes a la realidad en las costas ecuatorianas, dando una mejor solución que el método CERC y Galvin. Las siguientes ecuaciones fueron extraídas de (Vera, 2000).

$$Q = \frac{I_s}{(\rho_s - \rho)gav} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$$Cb = \sqrt{ghb} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$um = \sqrt{\frac{2E}{\rho hb}} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$E = \frac{\rho g H b^2}{8} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$Is = \frac{K'(ECbVI)}{um \cos(\alpha_b)} \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

Is es la razón de transporte del peso sumergido [N/s];

a' el factor de porosidad de la arena, usualmente 0.6;

K' coeficiente adimensional de Komar 0.28;

E energía del oleaje en la rompiente [J/m² o kg.m²/s²];

Cb celeridad de grupo del oleaje en la rompiente [m/s];

VI velocidad media de la corriente litoral medida en campo [m/s];

um máxima velocidad orbital de la rompiente [m/s];

αb el ángulo en el que rompe la ola respecto a la línea de costa [°];

Hb altura de ola rompiente [m];

Hb (db) profundidad de rompiente, hb=1.3Hb [m].

g aceleración de la gravedad, g=9.8 [m/s²];

ρ densidad del agua de mar, ρ=1025 [kg/m³];

ps densidad de arena, ps=2650 [kg/m³];

Para representar de mejor manera los transportes calculados, se usó el modelo numérico Sediment Budget Analysis System (**SBAS**), que da una buena referencia de la distribución de sedimentos en ambientes costeros (Rosati & Kraus, 1999), mediante la (ecuación 7) de balance de sedimento. Esta herramienta permite estimar las

volúmenes de sedimento que fluyen por un determinado lugar (caja), visualizándose las tendencias erosivas, acrecivas o neutras de dicho lugar (Rosati & Kraus, 1999).

$$\sum Q_{source} - \sum Q_{sink} - \Delta V + P - R = Residual \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

Q source= todo volumen de sedimento que entra a la celda (transporte de sedimentos longshore y onshore, aporte de ríos, erosión de zonas cercanas, etc.).

Q sink= todo volumen de sedimento que sale de la celda (transporte de sedimentos longshore y offshore, viento).

ΔV = cambio volumétrico

P= todo material colocado en la celda de forma antropogénica (relleno de playas).

R= todo material removida de la celda de forma antropogénica (dragados, minería).

Residual= Es el residuo de la operación. Si es <0 la celda tiene tendencias erosivas; si es >0 la celda tiene tendencias acrecivas; y si es igual o muy cercano a 0, la celda se mantiene en equilibrio.

1.5 Características geométricas generales de playas

Los perfiles de playa son complejos y dinámicos, siempre cambiantes ya sea por mareas, olas, nivel del mar, vientos o corrientes. Sin embargo, al considerar muchos perfiles de playa, surgen patrones que son indicativos de la relación general con las diferentes variables. Estos patrones pueden ser descritos a través de ciertas características, como se detallan a continuación (Dean, 1983):

Forma: Los perfiles de playa se caracterizan generalmente por una geometría cóncava hacia arriba. De igual manera, los perfiles pueden ser uniformes o pueden incluir una o más barras. Por lo general, las olas de tormenta causarán que se forme una barra que luego posiciona las olas de ruptura más grandes (Dean, 1983) .

Pendiente de los perfiles de playa dependen en gran medida del sedimento que conforma el perfil. Los sedimentos gruesos formarán un perfil más inclinado con una menor tendencia a la formación de barras que las playas compuestas de sedimentos más finos (Dean, 1983).

Olas son agentes de clasificación efectivos, que tienden a transportar y depositar el material más grueso en aguas poco profundas y depositar las porciones más finas en alta mar (Dean, 1983).

1.5.1 Predictores del comportamiento del perfil de playa

Según (García-Ramos, 2003) el equilibrio de playas es un proceso cíclico y natural que nunca fue un tema interés en la sociedad, ya que a pesar de que la costa cambia de manera estacional, esta siempre regresaba a su forma inicial. Hoy en día, esta situación ha cambiado como producto de la influencia del hombre en la dinámica costera.

El conocimiento del comportamiento del perfil de playa ha ido ganando importancia desde los últimos años, ya que se han evidenciado cambios en las playas que afectan a la población en distintas partes del mundo. Es por ello, que se han desarrollado parámetros simples que permitan a predecir los cambios en el perfil, considerando un conjunto de variables que dependen de: las características del oleaje y del material de la playa estudiada.

La concentración de sedimento está relacionada con la generación de turbulencia durante la ruptura de las olas, por ende la cantidad de sedimento disponible para el transporte litoral, está relacionada con la disipación de energía del oleaje producto del rompimiento de olas (Kraus, 1998);(Dean & Galvin, 1976);(García-Ramos, 2003). Así, se han desarrollado una serie de parámetros predictores cualitativos y cuantitativos de los cambios en el perfil de la playa (tipo y magnitud del cambio).

Los criterios cualitativos de predicción de la dirección del transporte se basan en propiedades del oleaje local y el tipo de perfil. De forma general, se sabe que los perfiles donde se desarrollan las barras (proceso erosivo), están influenciados mayoritariamente por el transporte offshore; mientras que los perfiles donde se desarrollan bermas (proceso de acreción), por el transporte onshore.

Según (Garcia-Ramos, 2003) los criterios cuantitativos son poco comunes, pero importantes si se desea conocer el volumen de sedimento que se puede mover por procesos naturales en la playa. Existen diferentes expresiones que sirven de predictores del comportamiento que playas, tal como se muestra a continuación:

$\Omega = H_0 / wT$	Número de Dean.
$S_0 = H_0 / L_0$	Peralte de ola para aguas profundas.
$F_0 = w / (g H_0)^{1/2}$	Número de Froude.
$D_0 = H_0 / D$	Parámetro introducido por Iwagaki y Noda.
$G_0 = \pi w / gT$	Parámetro introducido por Dean.

Sin embargo, en el presente trabajo se considerará de mayor relevancia el número de Dean (Ω) por la sencillez de la fórmula.

1.5.2 Estado morfodinámico de la playa.

Criterio empleado por (Dean, 1977, 1983; Dean & Galvin, 1976; Wright, May, Short, & Green, 1985) según indica (Garcia-Ramos, 2003), el cual parte de la idea de que el transporte transversal se debe principalmente a la suspensión. Asumiendo que, al romper las olas estas poseen suficiente energía para suspender el sedimento en la columna de agua, luego tales partículas suspendidas comienzan a descender hacia el fondo. Este criterio determina la dirección del transporte neto comparando el periodo del oleaje y el tiempo de caída de la partícula. Entonces, si la velocidad de caída es pequeña, sobre las partículas actuará un campo de velocidades predominantemente onshore, caso contrario el campo de velocidades estará dirigido en dirección offshore.

$$\Omega = \frac{Hb}{W_s * T}$$

Ecuación 10

Dónde:

Ω= Parámetro de Dean

Hb= Altura significativa de olas en la rompiente [m]

w= Velocidad de caída de grano, se lo obtiene a partir del D₅₀ [m/s]

T= Periodo de ola [s]

Por otro lado, (FAO, 2009) indica que la morfodinámica de la playa es el resultado de la interacción de varios factores, siendo mareas, olas y tamaños de grano los más importantes, tal interacción produce diferentes tipos morfodinámicos de playas que resultan en: disipativas macromareales y reflectivas micromareales e intermedias, cada una con características específicas tal y como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Clasificación de playa según su morfodinámica (FAO, 2009)

	REFLECTIVAS	DISIPATIVAS
Pendiente	Pronunciada (> 4°)	Suave (< 2°)
Tamaño de grano	> 0.5 mm	<0.2mm
Tipo de ola	SURGING <0.5m	SPILLING >2m
ZONA BARRIDO	NO	SI
Olas en zona de barrido	1	> 3
BARRAS	NO	SI
CORRIENTES RESACA	FUERTE	POCA

En resumen, las playas reflectivas son de olas pequeñas de largo período, arena gruesa, pendiente fuerte sin zona de surf; mientras que las playas disipativas tiene olas altas de corto período, arena fina, pendiente suave, amplia zona de surf (FAO, 2009).

1.5.3 Clasificación de playas según su pendiente

La pendiente de la playa suele expresarse como una relación entre la distancia horizontal y vertical. Por ejemplo, un gradiente de 1:50 indica un aumento de la profundidad de 1 m por cada 50 m de distancia horizontal. Los gradientes de la playa se pueden clasificar de la siguiente manera según (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993):

- Empinado (más de 1:15).
- Moderada (1:15 a 1:30).
- Suave (1:30 a 1:60).
- leve (1:60 a 1: 120).
- Plano (menos de 1: 120)

Las playas empinadas tienen gradientes de más de 1:15. Estas playas tienen normalmente olas tipo Plunging; Pero si el gradiente es muy pronunciado, pueden tener olas tipo Surging. En este caso, la ola avanza por el perfil de playa sin romper. Este tipo de ruptura conduce a un flujo de agua brusco por la playa con una velocidad y altura inusuales. Generalmente, las playas empinadas se componen de partículas gruesas de arena, grava por otro lado, Las playas con pendientes entre 1:15 y 1:30 tienen un gradiente moderado. Olas tipo Plunging son menos comunes en estas playas y las olas tipo Spilling se producen con mayor frecuencia. (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993).

Las playas con un gradiente moderado por lo general tienen una barra en la rompiente durante todas las estaciones del año, a menos que la playa esté parcialmente protegida

por una bahía; además, se componen principalmente de arena moderadamente fina. Con la presencia de olas altas, la barra se vuelve más pronunciada y el frente de playa se vuelve más plana. Durante un período de olas bajas, el frente de playa se hace más empinada y la barra tiende a desaparecer o a volverse discontinua. Estas playas rara vez tienen más de una barra (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993).

Las playas con pendientes de 1:30 a 1: 300 tienen gradientes suaves, leves o planos. Olas tipo Plunging son menos comunes en estas playas; Spilling son las más comunes. (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993).

1.5.4 Comportamiento de perfiles de playa

Cuantificar las características de las playas, al igual que sus cambios, brindan indicios de la dinámica que los ecosistemas costeros poseen (Delgado & Lloyd, 2004). Los perfiles de playa son líneas que dibujan el contorno transversal del frente de una playa, mismas que presentan variabilidad como resultado de la interacción de las fuerzas actuantes (oleaje, viento, marea) con los contornos existentes como la batimetría y composición granulométrica del sedimento disponible. Los perfiles, a pesar de estar expuestos a fuerzas actuantes muy dinámicas, mantienen condiciones de equilibrio en el largo plazo; es decir, incluyendo estacionalidades (Mosquera et al., 2015) .

Evidentemente las condiciones de equilibrio mencionadas en el párrafo anterior en sentido estricto no existen nunca. No obstante, dado que las variaciones de los diferentes agentes como: oleaje, marea y vientos muestran cierta cadencia, también lo estará la variabilidad de la forma de los perfiles, pudiéndose admitir en la naturaleza la existencia de un ambiente modal o de equilibrio cuyas variaciones están en función del clima marítimo existente (Mosquera et al., 2015).

El conocimiento de los perfiles de equilibrio de playa permite analizar el estado y las transformaciones que se puedan dar en las playas, así como también, son de gran importancia cuando se requiere gestionar y recuperar playas. La forma de estos perfiles

son producto de diferentes procesos complejos tanto de transporte como de acumulación de sedimento; por lo que tal información se considera indispensable para estudiar la dinámica de las costas.

En esta sección se revisaron diferentes formulaciones matemáticas que permitan reproducir las formas de los perfiles de playa, relacionando la morfología de la misma con procesos costeros oceanográficos del sitio (Delgado & Lloyd, 2004; Zetina et al., 2008); de tal forma que sirvan como una herramienta de comparación con lo observado en campo.

Hasta la actualidad se han formulado varias ecuaciones empíricas para el cálculo de perfiles de equilibrio (Ec 11, 12 , 13), ciertas expresiones modelan la forma de las playas a curvas que no guardan relación con variables oceanográficas o con características del sedimento, por otro lado, existen expresiones complejas que incluyen implícita o explícitamente las características del material, y variables oceanográficas (Bernabeu et al, 2002).

$$h = A_{Dean} * x^b \quad \text{Ecuación 11}$$

$$h = B_{Bodge} * (1 - e^{-k*x}) \quad \text{Ecuación 12}$$

$$h = \beta_0 + x \beta_1 + x^2 \beta_2 + x^3 \beta_3 + x^4 \beta_4 + x^5 \beta_5 \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

x = Distancia medida desde el nivel del mar

h = Profundidad del fondo en relación al nivel del mar

A_{Dean} = Coeficiente del modelo de Dean

b= Coeficiente del modelo de Dean

B_{Bodge} = Coeficiente del modelo de Bodge

k= Coeficiente del modelo de Bodge

β_i= Coeficiente del i-esimo termino de un polinomio

A pesar de las diferentes ecuaciones existentes, el presente estudio se enfocará en la Ecuación 9, propuesta por Dean. Pues es una ecuación simple, de fácil entendimiento, que considera pocas variables y se ajusta a las restricciones de este trabajo.

1.5.4.1 Perfiles de Dean

(Komar & McDougal, 1994) indican que Dean y Bruun derivaron una expresión para generar perfiles de playa como se ilustra en la Ecuación 9, donde h es la profundidad del agua estática, x es la distancia horizontal desde la línea de costa, A y b son coeficientes empíricos basados en el mejor ajuste según las características de la playa (Dean & Galvin, 1976). Cabe mencionar que este perfil representa únicamente el contorno transversal de la playa por debajo del nivel de agua de referencia, para este trabajo la pleamar de cada día de medición.

Inicialmente la fórmula de Brunn se limitaba hasta la zona de rompiente, luego (Dean, 1977) extendió la aplicación de la fórmula más allá de esta zona; además demostró que la forma de la Ecuación 9 se ajusta muy bien los resultados obtenidos en el estudio en el que se realizaron 504 perfiles de playa de la costa este de los Estados Unidos y del Golfo de México.

Como resultado del análisis del estudio de Hayden, posteriormente Dean adoptó un valor promedio de $b = 2/3$ para ser utilizado como una constante, basándose en la tendencia central y distribución de Gauss observada de los valores del exponente, a pesar de que en la base de datos los valores de “ b ” oscilaron entre 0.2 y 1.2 aproximadamente.

Por otro lado, (Boon & Green, 1951) en su estudio en playas del Mar del Caribe encontraron que $b=1/2$, además indicaron que el valor de “ b ” se debió a la naturaleza reflectiva de las playas Caribeñas que poseen una mayor concavidad que la típica de las playas de EE. UU. analizadas por (Dean, 1977). Boon y Green también concluyeron que, dado que la concavidad de las playas varía, ya que varían de reflexivas a

intermedias y disipativas, el exponente cambiará necesariamente en lugar de ser siempre 2/3, en otras palabras "b" es un parámetro que representa el grado de concavidad del perfil ($b < 1$), convexidad ($b > 1$) o un perfil plano ($b = 1$).

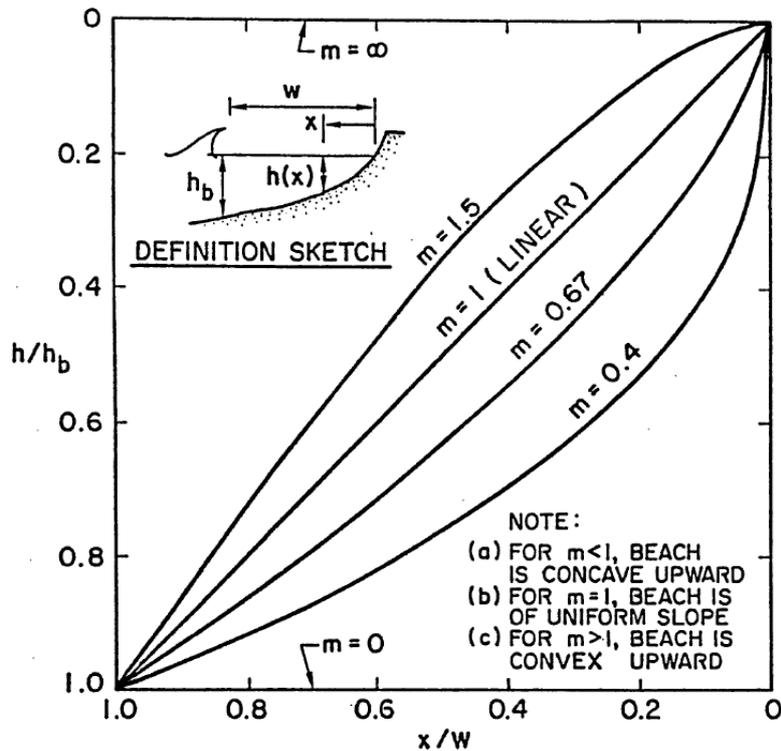


Ilustración 12.- Características del perfil de playa adimensional $h/h_b = (x/w)^m$ para varios valores m [Dean, 1977]

El coeficiente A se relaciona con el tamaño del grano medio del sedimento de playa y con la velocidad de caída del sedimentación (Dean, 1983). Existen diferentes formas de obtener el coeficiente "A"; sin embargo, la más usada es la de Moore en 1982 según (Engineers, 2002), en la que A se relaciona gráficamente con el tamaño de grano medio (d_{50}). El desarrollo de Moore se basa en el análisis de 40 perfiles de playa que abarcan diámetros de grano que van desde 0,1 mm a 30 cm.

Tabla 7: Valores de A según Moore 1982 tomado de [U S Army Corps Of Engineers, 2002]

Table III-3-3 Summary of Recommended A Values (Units of A Parameter are m ^{1/3})										
D(mm)	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.1	0.063	0.0672	0.0714	0.0756	0.0798	0.084	0.0872	0.0904	0.0936	0.0968
0.2	0.100	0.103	0.106	0.109	0.112	0.115	0.117	0.119	0.121	0.123
0.3	0.125	0.127	0.129	0.131	0.133	0.135	0.137	0.139	0.141	0.143
0.4	0.145	0.1466	0.1482	0.1498	0.1514	0.153	0.1546	0.1562	0.1578	0.1594
0.5	0.161	0.1622	0.1634	0.1646	0.1658	0.167	0.1682	0.1694	0.1706	0.1718
0.6	0.173	0.1742	0.1754	0.1766	0.1778	0.179	0.1802	0.1814	0.1826	0.1838
0.7	0.185	0.1859	0.1868	0.1877	0.1886	0.1895	0.1904	0.1913	0.1922	0.1931
0.8	0.194	0.1948	0.1956	0.1964	0.1972	0.198	0.1988	0.1996	0.2004	0.2012
0.9	0.202	0.2028	0.2036	0.2044	0.2052	0.206	0.2068	0.2076	0.2084	0.2092
1.0	0.210	0.2108	0.2116	0.2124	0.2132	0.2140	0.2148	0.2156	0.2164	0.2172

Notes:
 (1) The A values above, some to four places, are not intended to suggest that they are known to that accuracy, but rather are presented for consistency and sensitivity tests of the effects of variation in grain size.
 (2) As an example of use of the values in the table, the A value for a median sand size of 0.24 mm is: A = 0.112 m^{1/3}. To convert A values to feet^{1/3} units, multiply by (3.28)^{1/3} = 1.49.

De igual forma (Kraus, 1998) presenta las siguientes ecuaciones que proporcionan una descripción analítica de la curva de Moore basada en el ajuste visual definida por Hanson y Kraus en 1989:

$$A = 0.41(d_{50})^{0.94}; \quad d_{50} < 0.4 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$A = 0.23(d_{50})^{0.32}; \quad 0.4 \leq d_{50} < 10 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$A = 0.23(d_{50})^{0.28}; \quad 10.0 \leq d_{50} < 40.0 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$A = 0.46(d_{50})^{0.11}; \quad 40.0 \leq d_{50} \quad \text{Ecuación 17}$$

Finalmente (Kraus, 1998) menciona una expresión para A en función de la velocidad de caída utilizando un modelo simple de suspensión de sedimentos en la zona de surf.

$$A = 2.25 \left(\frac{w^2}{g} \right)^{1/3} \quad \text{Ecuación 18}$$

Esta expresión es apropiada para una temperatura del agua de aproximadamente 20° C para tamaños de sedimentos típicos de playas de arena donde la velocidad de caída está en el rango de 1 a 10 cm/seg. La siguiente figura ilustra la relación indicada anteriormente.

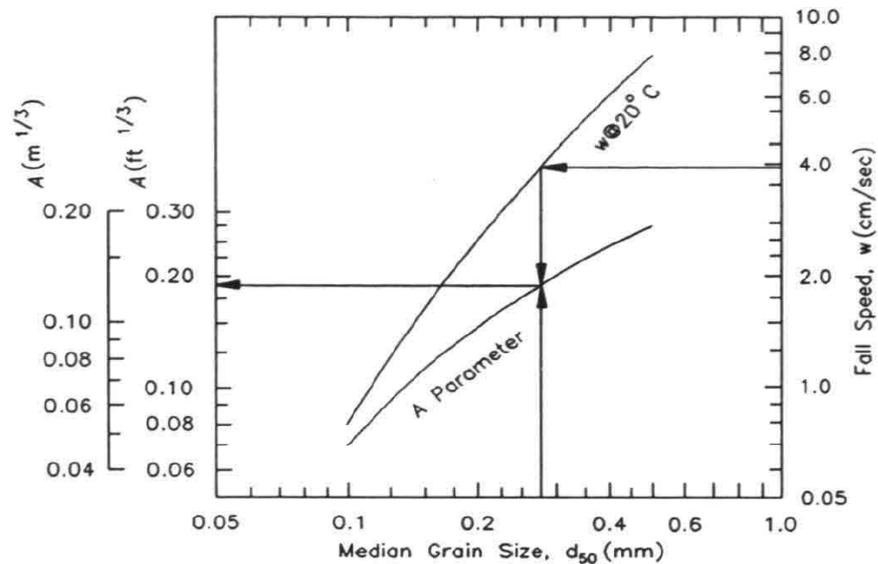


Ilustración 13.- Relación de A con d_{50} y la velocidad de caída de grano [Kraus, 1998]

1.5.4.2 Velocidad de caída del sedimento

La velocidad de caída de una partícula es aquella velocidad con la que cae una partícula sólida en una masa fluida en reposo. Es un parámetro descriptivo para el estudio de la interacción flujo-sedimento, de gran importancia para el diseño de desarenadores, cálculo del Volumen Muerto por sedimentación de un embalse, o estudios de fenómenos hidráulicos (Felices, 2000).

La velocidad de una partícula cayendo dentro de un fluido, estará tanto en función de las características del fluido como de la partícula, así como de la aceleración de la gravedad g , viscosidad μ , densidad ρ del fluido, tamaño de la partícula, densidad de la partícula tal como se indica en la siguiente ecuación (Felices, 2000; Santibón & González, 2012):

$$W_t = \left[\left[\frac{4 g D}{3 C_D} \right] \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \right]^{1/2} \quad \text{Ecuación 19}$$

C_D es el coeficiente de arrastre, valor adimensional que depende tanto de la orientación como de la forma de la partícula, así como de un Número de Reynolds que está en función de la velocidad del flujo, del diámetro de la muestra y la viscosidad cinemática, como se indica a continuación (Felices, 2000), este parámetro puede ser obtenido de la ilustración 14, posterior al cálculo del número de Reynolds.

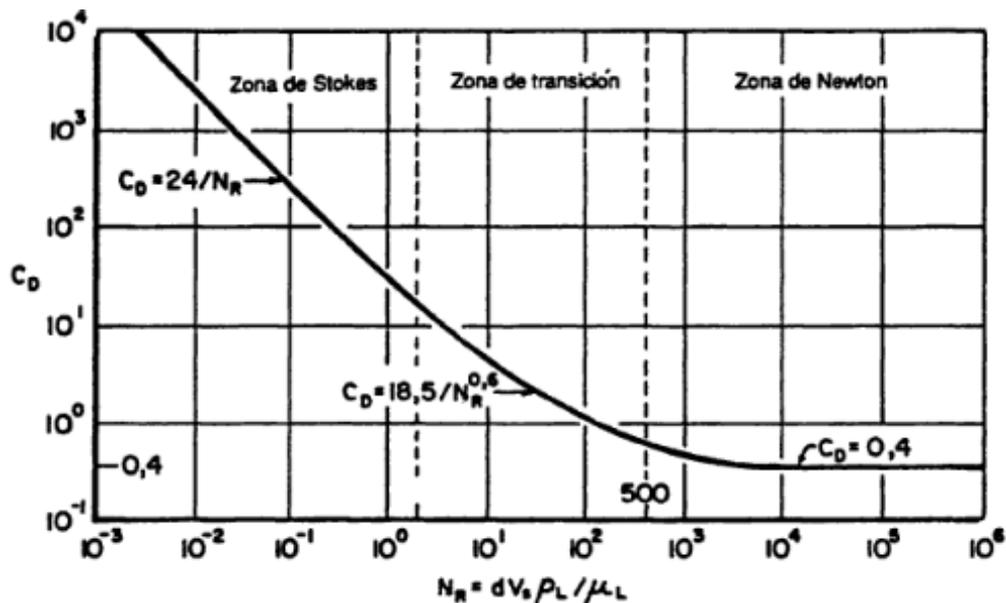


Ilustración 14.- Correlación de C_D contra Número de Reynolds (Santibón & González, 2012).

1.5.5 Estructuras de protección costera

Las estructuras de protección costera se pueden clasificar como estructurales o duras, o no estructurales o blandas, a continuación se presenta de forma resumida los diferentes tipos de estructuras que se pueden conocer según (Mosquera et al., 2015).

Tipos de estructuras duras

Diques: Proteger las zonas bajas de las inundaciones; se construyen con montículos de material fino como arena o arcilla con una pendiente suave hacia el mar con el objetivo de disminuir el efecto erosionable de las olas.

Revestimiento: Proteger la costa de la erosión costera y consiste en revestimientos de piedra, hormigón o asfalto.

Mamparos: Mantener o evitar deslizamientos de tierra, dejando como objetivos secundarios la protección de la costa contra la influencia de inundaciones y acción de las olas.

Espolones: Estabilizar tramos de playa natural o artificial, contra los procesos erosivos que ocasionan pérdidas de material a lo largo de la orilla de la playa, se construyen perpendiculares a la costa.

Diques o rompeolas arrecifes: Evitar la erosión reflejando y disipando la energía de onda de entrada con ayuda de los rompeolas, reduciendo la altura del oleaje.

Rompeolas: Reducir la acción de las olas en la playa debido a que éstas deben romper en la estructura, son construidos sumergidos y o paralelos a la costa.

Rompeolas sumergidos: Retardar el movimiento de la arena en altamar a través de la colocación de una barrera estructural en el perfil de playa, es una versión especial del rompeolas construido cerca de la costa.

Escollera: Estabilizar los canales navegables en desembocaduras y bocas, para protección costera se construyen cerca de la costa y paralela a éstas.

Protección contra socavación: Proteger las estructuras costeras de la inestabilidad resultante de la erosión del fondo marino adyacente a la misma.

Enrocado simple: El uso de enrocados como medida de protección quizás es la más longeva. Consiste en colocar rocas de gran tamaño sobre un geotextil alrededor de la zona que se necesita proteger; donde el tamaño, peso y los taludes dependen del diseño (Suarez, 2001).

Tipos de estructuras blandas

Arrecifes artificiales: Absorben la energía de las olas lo cual se constituye como una defensa y a su vez proporciona un hábitat natural para la diversidad biológica marina.

Relleno de playas: Consiste en el aumento artificial del volumen de arena mediante el suministro externo de la misma en áreas que se desean proteger.

1.5.6 Entrevistas

En la última década, técnicas populares para recopilar datos cualitativos han resurgido y se las conoce como grupos focales o entrevistas, tanto entre los sociólogos como en una amplia gama de áreas académicas y de investigación aplicada. Las ventajas de estas técnicas se pueden maximizar mediante una cuidadosa atención a los problemas de diseño de la investigación (Morgan, 1996; Kang & Bodenhausen, 2015).

Respecto al número ideal de personas que deben conformar una investigación en el caso de las entrevistas, existen gran variedad de rangos de participantes, tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: número de participantes para entrevistas según distintos autores [Escobar, Francy, & Bonilla-Jimenez, 2017]

Autores	Número de personas
(Noaks & Wincup, 2004)	6-12
(Kitzinger, 1995)	4-8
(Mayan, 2001);(Powell & Single, 1996)	6-10

(Myers, 1998) y (Escobar et al., 2017) indican que los tiempos destinados a entrevistas no deben exceder los 40 minutos, además que las preguntas que se realicen en el transcurso de la misma deben ser claras y concisas, evitando ambigüedades que confundan a los entrevistados. También mencionan que un máximo de 10 preguntas es suficiente para que la entrevista no se torne aburrida.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En la ilustración 15 se muestra de forma resumida la metodología general propuesta para el proyecto.

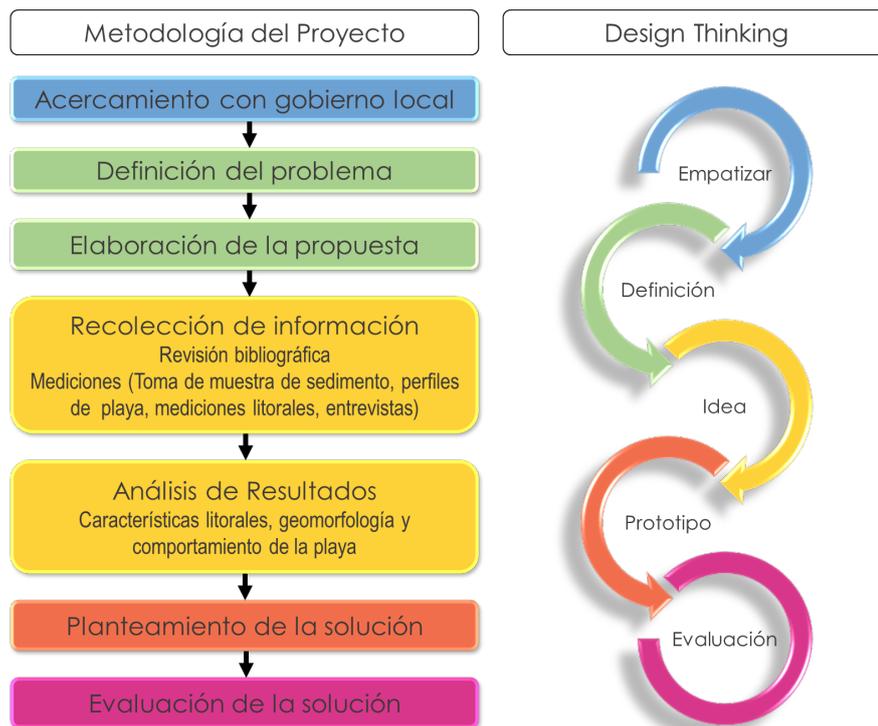


Ilustración 15.- Esquema metodológico del proyecto, comparado con la metodología Design Thinking [Autoría Propia]

2.1 Revisión bibliográfica

Este apartado es de gran importancia para el estudio, puesto que ayudará a definir una línea base de las características del área analizada. Para ello, se buscó toda la información disponible sobre estudios realizados anteriormente ya sea antes o después de la obra, de igual forma aquellos documentos usados como referencia en la oceanografía y que guardan relación con el proyecto a realizar, tal como se indica en la Tabla 9.

Tabla 9: Referencias guías del proyecto [Autoría Propia]

<i>Tipo</i>	Autor, año	Título del proyecto
Documentos para línea base	(Sanchez, 2011b)	Estudios para el diseño de la protección costera de Ballenita – Cantón Santa Elena
	(González, 2018)	Estudio de impacto ambiental expost de un sector del malecón de Ballenita
	(Peña Juárez, 2015)	Análisis de la situación actual del área del Malecón de Ballenita para el diseño de un plan de promoción turística de la parroquia Ballenita
	(GAD Santa Elena, 2014)	Modelo de pliego de los procedimientos de contratación de obras: licitación
Documentos de información general	(Mosquera et al., 2015)	Análisis del comportamiento de los perfiles de playa por efectos de estructuras costeras construidas para mitigar el problema de erosión. caso de estudio: zona nororiental de la isla de Tierra Bomba en el distrito de Cartagena
	(Engineers, 2002)	Coastal Engineering Manual.
	(Schneider, 1981)	The Littoral Environment Observation (LEO) Data Collection Program.
	(CERC, 1984b)	CHAPTER 4, Littoral Processes.
	(Dean & Galvin, 1976)	Beach erosion: Causes, processes, and remedial measures.

Si bien es cierto, la base bibliográfica de este documento incluye más de 50 referencias; sin embargo, se resalta aquellos documentos cuya información sirvió de guía para la investigación del proyecto, sin despreciar la importancia del resto de referencias.

2.2 Trabajo de campo

El trabajo de campo consiste en un conjunto de actividades realizadas en el área de estudio, que permitirá: monitorear, registrar, analizar y concluir acerca de los procesos que ocurren en la playa de Ballenita. En esta sección, se definieron geográficamente las estaciones y perfiles que se monitorearon en el transcurso del proyecto, usando como referencia las mismas estaciones del proyecto “Estudios para el diseño de la protección costera de Ballenita – Cantón Santa Elena” realizado por (Sanchez, 2011b) con el fin comparar e identificar posibles cambios generados en la playa.

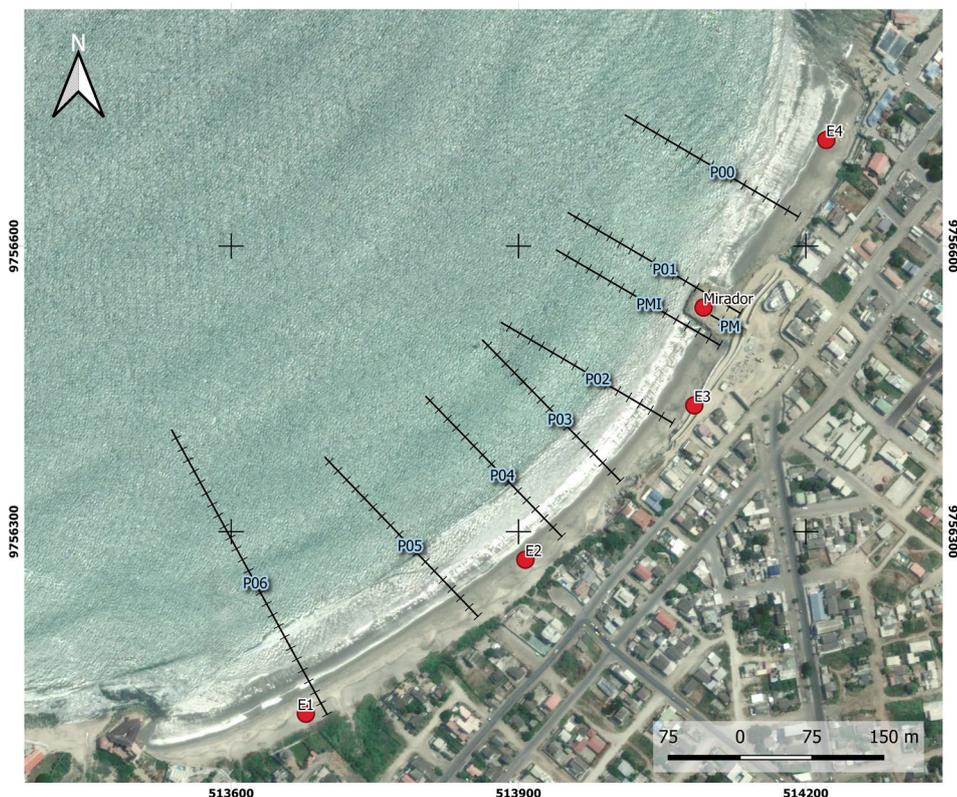


Ilustración 16.- Mapa de estaciones oceanográficas (puntos rojos) y de perfiles de playa (líneas negras) definidas para monitoreo. [Autoría Propia]

En las siguientes secciones se encuentra la metodología aplicada para cada una de las actividades que conforman el trabajo de campo.

2.2.1 Entrevistas

A continuación, se presenta una serie de pasos tomados como referencia de (Escobar et al., 2017) para la realización de las entrevistas; estos corresponden a una recopilación de diferentes autores.

1. Establecer los objetivos

Debe responderse a interrogantes como: a) ¿Qué se desea lograr?, b) ¿Qué busca con esta investigación?, c) ¿Qué información se puede obtener de este grupo de personas a entrevistar?, y d) ¿Qué información se necesita para satisfacer las necesidades del estudio?

2. Selección de los participantes

Los participantes son seleccionados específicamente porque tienen alguna experiencia en común o personal que resulta de interés para el estudio en este caso: Ingenieros Costeros, Civiles y Oceanógrafos.

3. Dar a conocer el Diseño de la investigación

El diseño de la investigación debe ser coherente con la definición de objetivos. Dar a conocer, de forma resumida, como se está llevando a cabo el diseño del proyecto.

4. Preparación de preguntas estímulo

Preguntas claras, sin ambigüedades. Pueden ser abiertas o cerradas, Se recomienda, según el tipo de investigación “preguntas abiertas” dado que facilitan que el entrevistado exprese más su opinión sobre algún tema en particular.

2.2.2 Levantamiento de perfiles de playa

Conocer el perfil y la pendiente de la playa es de gran importancia porque permite estimar el tipo de olas que predominantemente se generan y cualitativamente si se disipa o refleja energía. Se aplicarán dos métodos de medición de perfiles de playa: El Método de Emery y la Nivelación Topográfica, para cada uno de los perfiles especificados en la Tabla 10, cabe recalcar que las coordenadas establecidas para la medición de perfiles son las mismas que definió Sánchez en su proyecto de caracterización oceanográfica de la playa de Ballenita, esto con la finalidad de guardar simetría entre los perfiles, para su posterior comparación; las estaciones PM y PMI se aumentaron para hacer énfasis en la estructura.

Tabla 10: Coordenadas de perfiles de playa, usando como base el estudio de [Sánchez, 2011b]

Perfil	Nombre	Longitud	Latitud
P 1+000	P00	514192	9756630
P 1+118	P01	514131	9756529
P 1+137	PM	514124	9756516
P 1+157	PMI	514111	9756494
P 1+253	P02	514060	9756414
P 1+334	P03	514006	9756353
P 1+417	P04	513944	9756294
P 1+537	P05	513857	9756211
P 1+718	P06	513700	9756108

2.2.2.1 Método de Andrade (2006)

Este método es uno de los más sencillos y válidos para medir perfiles de playa, ya que no implica el uso de instrumentos sofisticados de medición. Consiste en dos estacas graduadas unidas entre sí por una manguera con agua; donde la diferencia de lecturas que marca el agua indica la elevación diferencial entre ambas estacas. Este método se

basa en el principio físico de equilibrio hidrostático existente en la manguera (Andrade & Ferreira, 2006). Este simple procedimiento aporta con mediciones precisas y algo más exactas que el método de (Emery, 1961), pero funciona bien para determinar de forma preliminar un perfil de playa a un bajo costo.

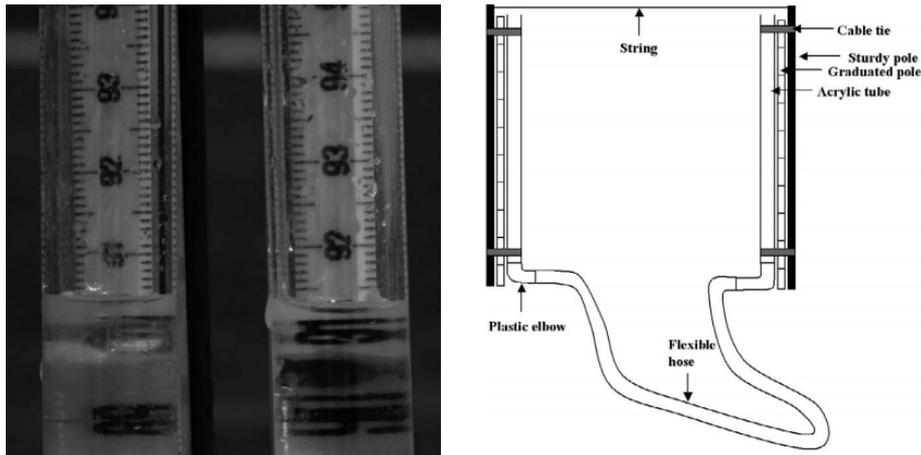


Ilustración 17.- Método de Medición de Perfiles de playa (Andrade & Ferreira, 2006)

2.2.2.2 Nivelación Topográfica

Este método proporciona mediciones más exactas y precisas que el anterior, y para ello se requiere el uso de un Nivel óptico calibrado y una estadia (Bannister & Raymond, 1984). Para determinar la distancia vertical entre dos puntos, se sigue el siguiente procedimiento (Santamaria & Sanz, 2005):

- 1.- Se fija un punto de partida y uno de llegada, donde se tiene que conocer una cota de referencia de al menos uno de los puntos.
- 2.- Se coloca el Nivel en un lugar que tenga mira hacia los dos puntos definidos.
- 3.- Hacer la medición con la estadia colocada en el punto de partida.
- 4.- Mover la estadia una distancia horizontal definida en dirección al punto de llegada y hacer la medición.
- 5.- Repetir el paso 4 hasta llegar al punto de llegada.

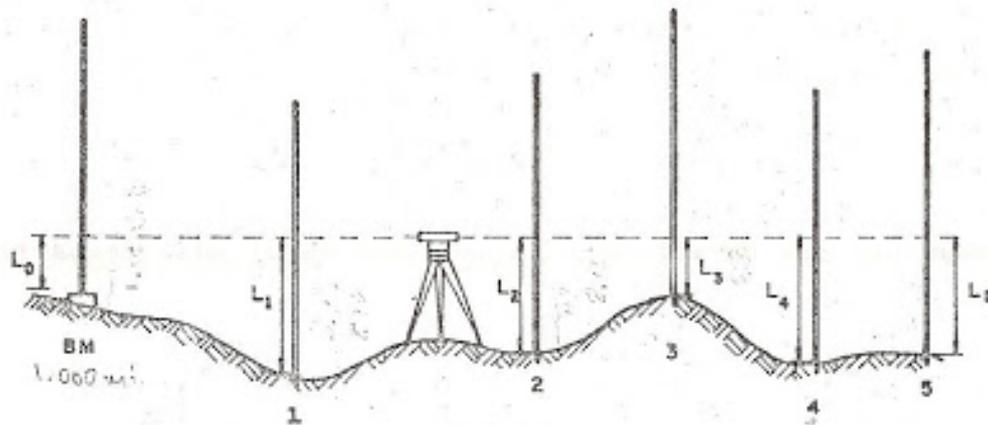


Ilustración 18.- Método de medición de Perfiles por Nivel Topográfico (Villamandos, 2014)

2.2.2.3 Pendientes de playa

Las pendientes de la playa se las obtuvo a partir de la gráfica de cada perfil medido; y no es más que la relación entre la distancia horizontal con la vertical. Este valor permite caracterizar la morfología de la playa.

Al valor de cada pendiente se le calculó la inversa para obtener una relación distancia vertical: horizontal que simplifique su entendimiento, por ejemplo: Una pendiente $m=0.02$ tiene una inversa de 50, esto es una relación 1:50; es decir, que por 50 metros en sentido horizontal, se ha desplazado 1 metro en sentido vertical.

2.2.2.4 Perfiles de Dean

2.2.2.4.1 Velocidad de caída de sedimento

Velocidad terminal que una partícula alcanza cuando la fuerza de arrastre iguala la fuerza gravitacional. Misma que está en función del: tamaño, forma y densidad, densidad del fluido, viscosidad (Engineers, 2002), se la determina a través de la Ecuación 19.

2.2.2.4.2 Reynolds

Según (Felices, 2000), se usó la Ecuación 19, indicada para el cálculo de Reynolds. W es la velocidad del flujo, D es el diámetro medio del grano y finalmente " ν " que representa la viscosidad cinemática.

$$Re = \frac{W D}{\nu} \quad \text{Ecuación 20}$$

Para la representación de los perfiles de Dean y compararlos con los perfiles medidos, se realizó corrección por marea, llevando todos los perfiles al nivel de pleamar.

2.2.3 Levantamiento de información oceanográfica

Para la toma de datos oceanográficos en campo se tomó como referencia las indicaciones del Programa de Observación de datos en Ambientes Litorales (LEO por sus siglas en inglés) (Schneider, 1981); considerando los conceptos dados por el Shore Protection Manual.

Esta metodología de toma de datos en campo es sencilla, económica y da una buena noción del entendimiento de un ambiente costero, proporcionando información de olas rompientes, corrientes litorales, corrientes de resaca, vientos y condiciones generales de la playa basada principalmente en la observación.

Para la toma de datos se usó una plantilla (adjunta en Anexos), donde se consideran todas las variables ya mencionadas especificando la dirección en caso de olas y vientos, el tipo de ola (descritas en el capítulo anterior), el periodo de las mismas (tiempo en el que rompen 10 olas dividido para 10), el ángulo en que estas rompen (ortogonal), distancia donde rompen las olas respecto a la línea de playa, magnitud y dirección de corriente litoral mediante un derivador, y la alineación de la playa respecto al Norte. Esta toma de datos se la realiza cada 30 minutos.

Se tomaron como puntos de observación los mismo definidos por (Sanchez, 2011b):

Tabla 11: Coordenadas de estaciones oceanográficas, usando como base el estudio de [Sánchez, 2011b]

Estación	Longitud	Latitud
E1	-80.87698889	-2.206544
E2	-80.87492778	-2.205080
E3	-80.87334167	-2.203613
E4	-80.87210278	-2.201091
Mirador	-80.87325500	-2.202684

2.2.3.1 Altura de ola

La estadística de olas se la realizó de forma global y por estaciones, con todos los datos recolectados en todo el periodo de medición; estimándose así la altura de olas promedio definida por:

$$H_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i \quad \text{Ecuación 21}$$

Y la altura significativa H_s o $H_{1/3}$, definido por:

$$H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{i=1}^{N/3} H_i \quad \text{Ecuación 22}$$

Para estimar la frecuencia del oleaje se usó el software Matlab para el procesamiento de todos los datos de alturas de olas recolectados en campo, es decir de 10 datos cada media hora por estación, con un total de 780 alturas registradas.

2.2.3.2 Corriente Litoral

La corriente litoral es el flujo que se forma con la rotura de las olas, cuya dirección paralela a la línea de playa predominantemente depende del ángulo entre la ortogonal del oleaje y la alineación de la playa. Esta corriente se encuentra entre la zona de rompiente y línea de playa y da origen a transporte litoral, que influye en diversos procesos hidromorfológicos de las costas.

Para calcular esta corriente, se toma la definición común de velocidad:

Ecuación 23

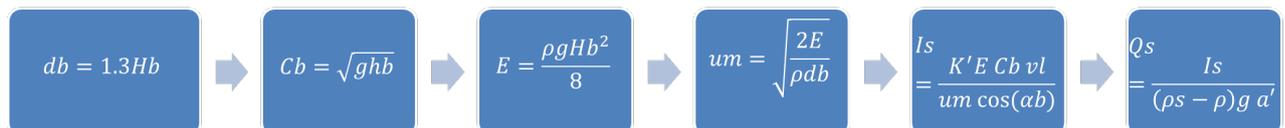
$$Velocidad = \frac{Distancia}{tiempo}$$

; Donde la distancia y el tiempo son tomados en campo.

2.2.3.3 Transporte litoral

Una vez ya obtenidos las alturas de olas, corriente litoral, ángulo αb ; se estimó el transporte litoral por medio de las formulaciones propuestas por (Vera, 2000) de los autores: (Komar, 1976) y (Galvin, 1972). Cabe mencionar que para altura de olas se usó los valores promedio por estación, haciendo diferencia entre las fases de sicigia y cuadratura. Para la corriente litoral un solo valor promedio de la playa para sicigia y cuadratura.

En función de estas variables se empleó el siguiente orden de cálculo para estimar el transporte litoral, esto es solo para el método de Komar:



El método de Galvin es más sencillo puesto que únicamente considera la altura de ola; de la misma manera, haciéndose contraste entre las fases de sicigia y cuadratura.

2.2.4 Toma de muestras de arena

Todas las muestras de arena fueron recolectadas dentro de la zona intermareal (entre en el nivel de bajamar y el nivel de pleamar), tal como indica el programa LEO (Schneider, 1981).

Se tomó aproximadamente 700 gramos de arena con fundas plásticas en la línea de playa (en marea alta, a media marea y en bajamar) por perfil de medición a una

profundidad de 5 cm desde la superficie; con un subtotal de 3 muestras por perfil, y un total de 21 muestra por día de medición.



Ilustración 19.- Referencia para toma de muestras de arena en la playa

2.3 Caracterización geomorfológica de la playa

El parámetro de Dean (Ω), determina la forma de la playa, si esta tiene un perfil disipativo o reflectivo; y está en función de la altura de ola en la rompiente (H_b), el periodo (T), y la velocidad de caída del sedimento (W_s) (Mosquera et al., 2015).

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s * T} \quad \text{Ecuación 24}$$

Dónde:

- Reflectiva ($\Omega < 1$)
- Intermedia ($1 < \Omega < 6$)
- Disipativa ($\Omega > 6$)

2.4 Predictor del comportamiento del perfil de playa

Para obtener el predictor del comportamiento de playa, se usó una ecuación muy similar a la del Parámetro de Dean, como se muestra en la Ecuación 21; sin embargo, esta formulación considera la altura de olas en aguas profundas (García-Ramos, 2003). El periodo medio y la altura de olas significativa del oleaje en aguas profundas fueron tomados del Hindcast propuesto por el modelo WAVEWATCH III, que contiene datos históricos de olas y vientos desde enero de 1996 y noviembre del 2017 en la coordenada 81.2°W-2°S (el punto más cercano a Ballenita); obteniéndose una altura de ola significativa $H_s=2.11$ metros y un periodo $T= 13.46$ segundos

$$N_0 = \frac{H_0}{WT}$$

Ecuación 25

Donde:

Si $N_0 < 2,4 \rightarrow$ es muy probable tener acreción

Si $N_0 < 3,2 \rightarrow$ es probable tener acreción

Si $N_0 \geq 3,2 \rightarrow$ es probable tener erosión

Si $N_0 > 4,0 \rightarrow$ es muy probable tener erosión

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Características Litorales

La zona de estudio abarca una longitud aproximada de 1.2 km de playa, donde en el sector Norte y centro son los más concurridos por turistas y habitantes de la localidad. Por la alineación de la playa de Ballenita (alineada entre 30-50°), en la línea de costa se registraron olas rompientes con dirección NO, que llegan a la costa por efectos de refracción de un oleaje incidente del SO para el periodo de observación (octubre-diciembre del 2018). Para las fases de cuadratura y de sicigia, se observaron olas en la zona de rompiente con dirección predominante 280° y 310° en todas las estaciones; donde mientras más al Norte, las ondas tienden a direccionarse al Oeste. El detalle del oleaje incidente promedio, junto a la alineación de la playa en cada estación y su correspondiente αb (ángulo entre la cresta del oleaje incidente y la playa), se encuentran en la Tabla 12.

Tabla 12.- Dirección del oleaje promedio incidente, alineación y αb en cada estación

	E1	E2	E3	E4
Dirección oleaje (°)	310	300	280	280
Alineación de playa (°)	50	40	30	30
αb	10	10	20	20

3.1.1 Altura de Olas

Se observaron olas con alturas entre 10 y 110 cm (Ver Ilustración 21), siendo la mayor altura en la estación E4 y la menor altura registradas en la estación E1 y E2; sin embargo, las mayores frecuencias, para las fases de sicigia y cuadratura, fueron de 10, 20 y 30 cm con 27.99%, 24.96% y 21.15% respectivamente de todas las ondas registradas. Olas con mayor altura tiene una frecuencia menor al 11%.

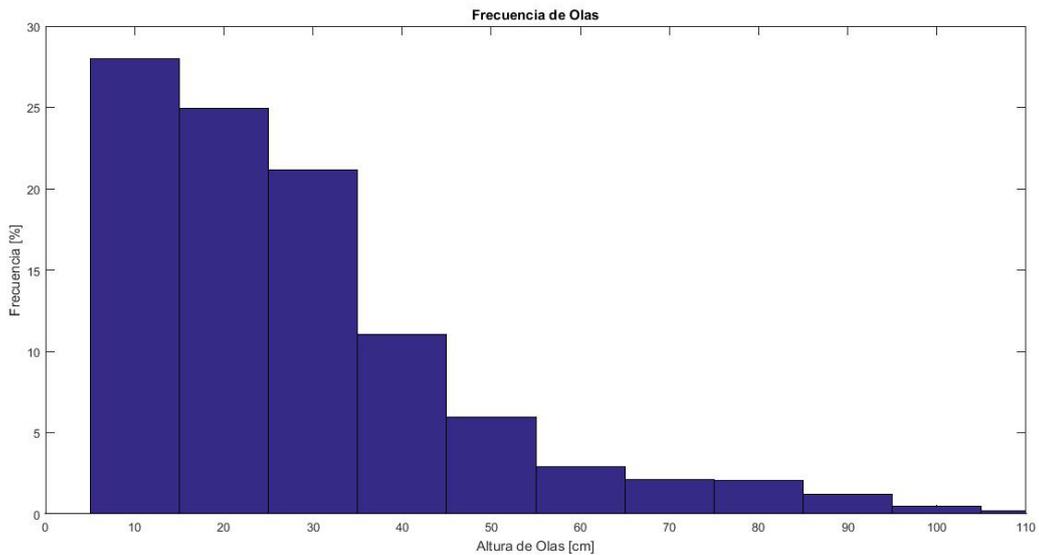


Ilustración 20.- Frecuencias de altura de olas de todas las observaciones realizadas [Autoría propia]

Las alturas de olas [cm] correspondientes al periodo de sicigia no varían considerablemente entre estaciones. Para la estación 1 (E1), se obtuvo un promedio de 21.70 cm, ligeramente mayor al de E2 de 20.6 cm. En E3 y E4, se observaron olas de mayor tamaño, con una media de 25.94 y 24.28 respectivamente.

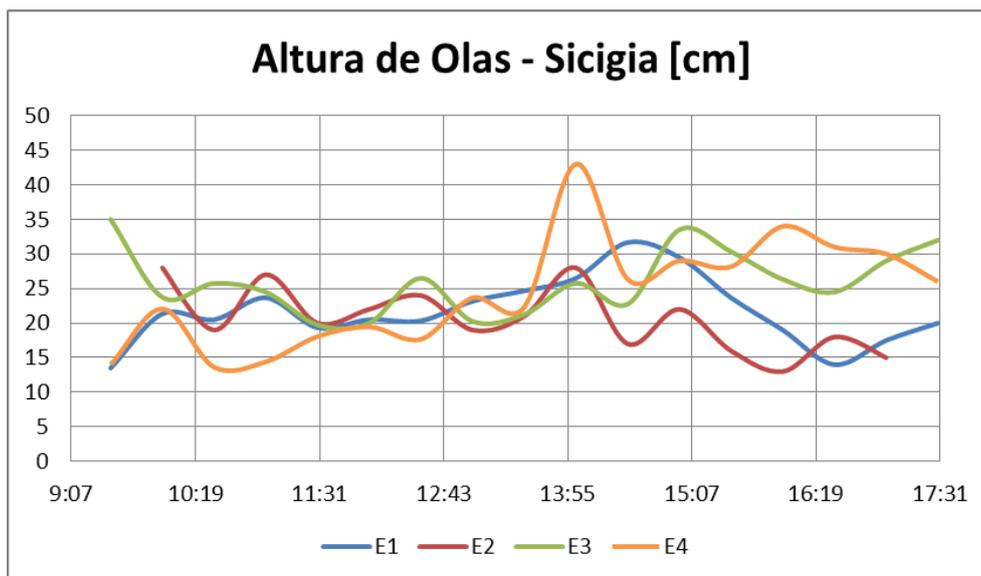


Ilustración 21.- Altura de olas promedio en sicigia vs horas de medición

De las alturas registradas en la fase de cuadratura, se obtuvo un promedio ligeramente mayor en E1 con 22.5 cm respecto a la fase de sicigia y menor en E2 y E3 con 12.6 y 12.8 cm; mientras que E4 alcanzó la mayor altura con 39.7 cm.

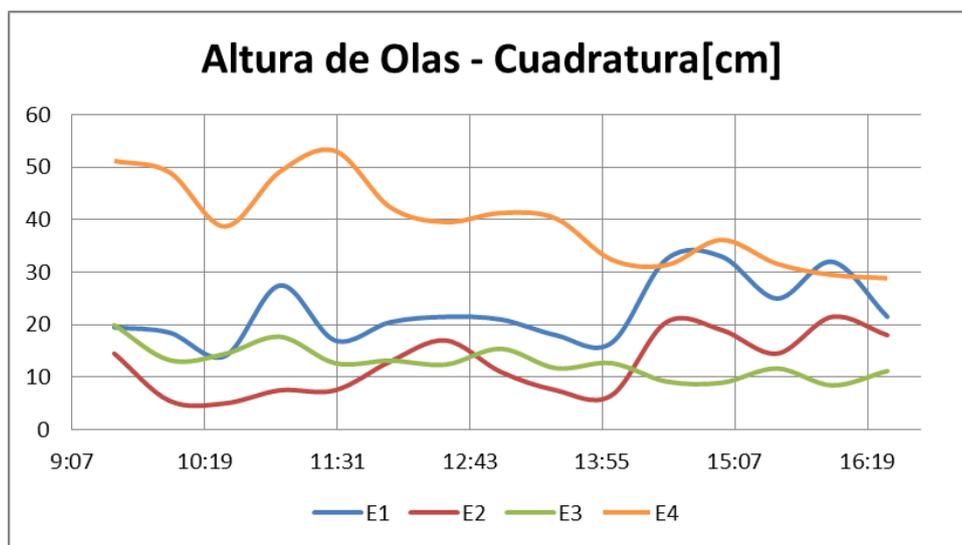


Ilustración 22.- Altura de olas promedio en cuadratura vs horas de medición

Similar a los resultados obtenidos por (Sanchez, 2011b), las olas medidas en las estaciones E1 y E4, fueron mayores en la fase de cuadratura. Además, en la Estación 4 se observaron ondas más grandes, donde la mayor altura registrada fue de 110 cm, que es aproximadamente la altura de una ola de retorno de 10 años según lo indicado en el trabajo mencionado (1.43 metros a 100 años). En las demás estaciones, esta altura no supera los 80 cm.

Tabla 13.- Promedio de altura de olas [cm] observadas para sicigia y cuadratura por estación

Fase/Estación	E1	E2	E3	E4
Sicigia	21.7	20.6	25.9	24.3
Cuadratura	22.5	12.6	12.8	39.7
Promedio	22.1	16.6	19.4	32.0

3.1.2 Periodo

Respecto al Periodo, en todas las estaciones, para las fases de sicigia y cuadratura, se registraron valores entre 12 y 20 segundos. Sin embargo, calculando los promedios entre estaciones y fases lunares, el periodo tiende a acercarse a 15 segundos en todas las horas de medición, periodo común en las costas ecuatorianas, tal como exponen (Vera et al., 2009).

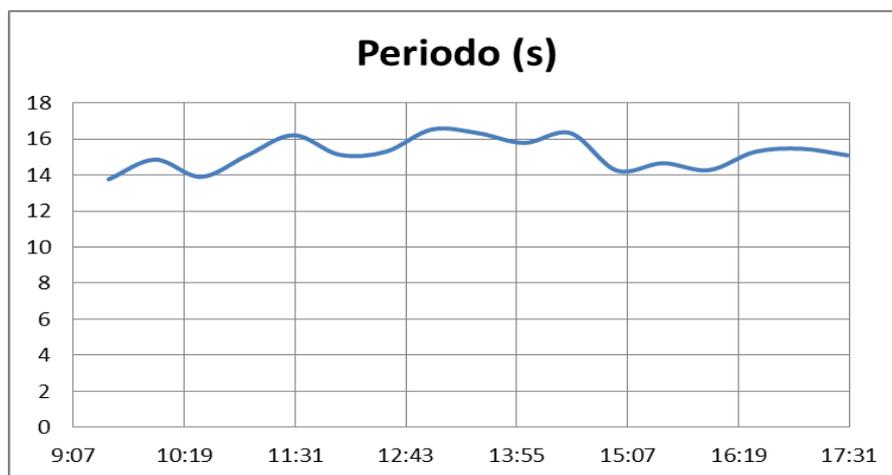


Ilustración 23.- Periodo de olas promedio en todas las estaciones

3.1.3 Corriente Litoral

La corriente litoral predominó con dirección Norte (hacia la derecha viendo hacia el mar) en todas las estaciones para ambas fases lunares, con un valor medio de 0.10 m/s en cuadratura y 0.14 m/s en sicigia. Durante las mediciones, no se observó ninguna influencia directa de la marea que cambie la dirección y magnitud de la velocidad de la corriente litoral.

Tabla 14.- Velocidades de corriente litoral [m/s] promedio por estación para sicigia y cuadratura

Fase/Estación	E1	E2	E3	E4	Promedio
Cuadratura	0.12	0.10	0.07	0.09	0.10
Sicigia	0.15	0.13	0.15	0.15	0.14
Promedio	0.13	0.11	0.11	0.12	0.12

La Ilustración 24 muestra el promedio de las fluctuaciones de la velocidad de la corriente litoral, donde se puede ver la tendencia de la corriente en E3 a cambiar de dirección (tomar un valor negativo) en las primeras horas de medición (alrededor de las 12 horas del día). En general las velocidades se mantienen casi uniformes; no obstante se obtuvo un máximo en E3 y E4 mayor a 0.30 m/s.

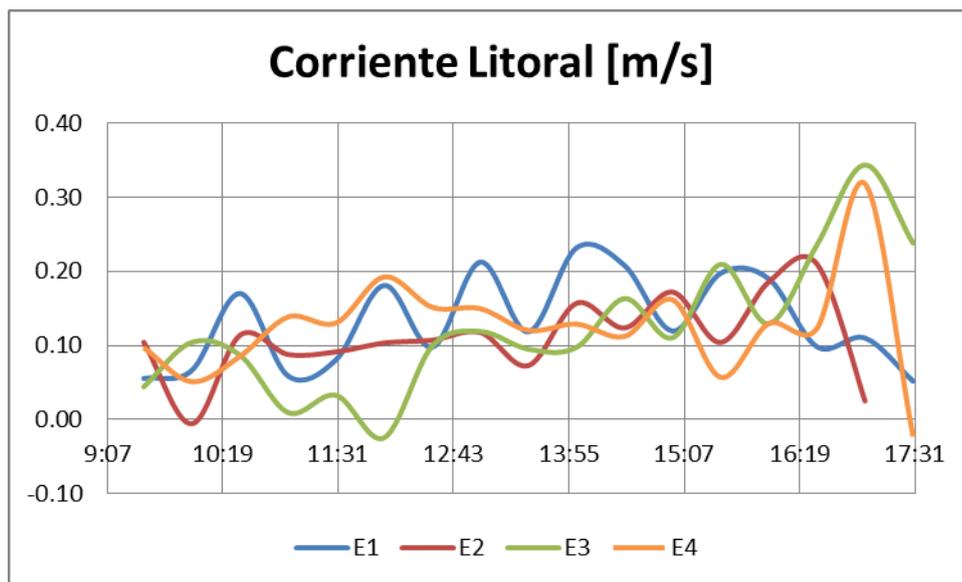


Ilustración 24.- Velocidad de corriente litoral media por estación

3.1.4 Tipo de Olas

El tipo de ola registrado varía entre estaciones y entre fases lunares. Para la fase de cuadratura, en E1 las olas tipo Surging fueron las más observadas; similar a E3, donde también se observaron olas tipo Spilling y Plunging. En E2 se vieron en igual proporción olas tipo Surging y Plunging; mientras que en E4 los tipos de olas predominantes fueron tipo Spilling y Plunging.

Tabla 15.- Tipo de olas predominantes por estación en cuadratura

Cuadratura				
	E1	E2	E3	E4
Spilling	0.00%	0.00%	31.00%	50.00%
Plunging	21.00%	50.00%	22.00%	50.00%
Surging	79.00%	50.00%	47.00%	0.00%

Para la fase de sicigia, el tipo de ola predominante fue de tipo Plunging para todas las estaciones, con excepción de E3 donde fue Spilling; no obstante, también se registraron olas tipo Spilling y Surging en las demás estaciones, aunque en menor proporción.

Tabla 16.- Tipo de olas predominantes por estación en sicigia

Sicigia		E1	E2	E3	E4
Spilling		14%	10%	54%	0%
Plunging		51%	55%	13%	100%
Surging		36%	35%	33%	0%

3.2 Pendientes de Playa

En la Tabla 17 se muestran todos los valores de pendientes obtenidos de los perfiles tomados en las 6 salidas, tales valores se utilizaron para caracterizar la playa según (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993) y (FAO, 2009).

Como propone (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993) la playa se puede clasificar mediante la razón entre la distancia horizontal y vertical de un perfil, tomando en consideración lo antes mencionado notamos que en general para las estaciones de Sicigia y Cuadratura las pendientes de los perfiles varían entre empinadas y moderadas. Esto también es comprobado con lo propuesto por (FAO, 2009), quienes indican que si β es mayor a 4° , la pendiente se clasifica como pronunciada (ver tabla 7).

Tabla 17.- Clasificación de pendientes según (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993)

	Empinada	(Más de 1:15).
	Moderado	(1:15 a 1:30)
	Suave	(1:30 a 1:60)
	Suave	(1:60 a 1: 120)
	Plana	(menos de 1: 120)

Tabla 18.- Pendientes de perfiles medidos para cuadratura y sicigia según la clasificación de (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993)

Estaciones	19-oct	31-oct	1-dic
Cuadratura			
P 00	1/22	1/17	1/21
P 01	1/15	1/16	1/16
PM	1/22		1/17
PMI	1/12		1/12
P 02	1/13	1/15	1/16
P 03		1/14	1/10
P 04			1/12
P 05		1/15	1/14
P 06		1/8	1/8
Sicigia			
Estaciones	27-oct	10-nov	24-nov
P 00	1/19	1/22	1/22
P 01	1/17	1/16	1/20
PM		1/18	1/24
PMI		1/15	1/14
P 02	1/15	1/17	1/16
P 03	1/14	1/13	1/12
P 04	1/12	1/11	1/11
P 05	1/15	1/13	1/12
P 06	1/13	1/8	1/10

De forma general, independientemente de las fases de cuadratura y sicigia, se encontró que los de perfiles (P00, P01, PMI, P02), que se encuentran más próximos al Mirador, tienen una pendiente moderada según la clasificación propuesta por (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993), entre 1:15 y 1:24; mientras que los perfiles más meridionales (P03, P04, P05, P06) muestran un perfil empinado con pendientes entre 1:15 a 1:8.

Como muestra la Ilustración 25, en el perfil P00 no se ve una variación considerable de la pendiente en el periodo de medición, con excepción de los perfiles tomados a finales del mes de octubre donde obtienen una pendiente más empinada. Se estimó una pendiente media de 1:21.

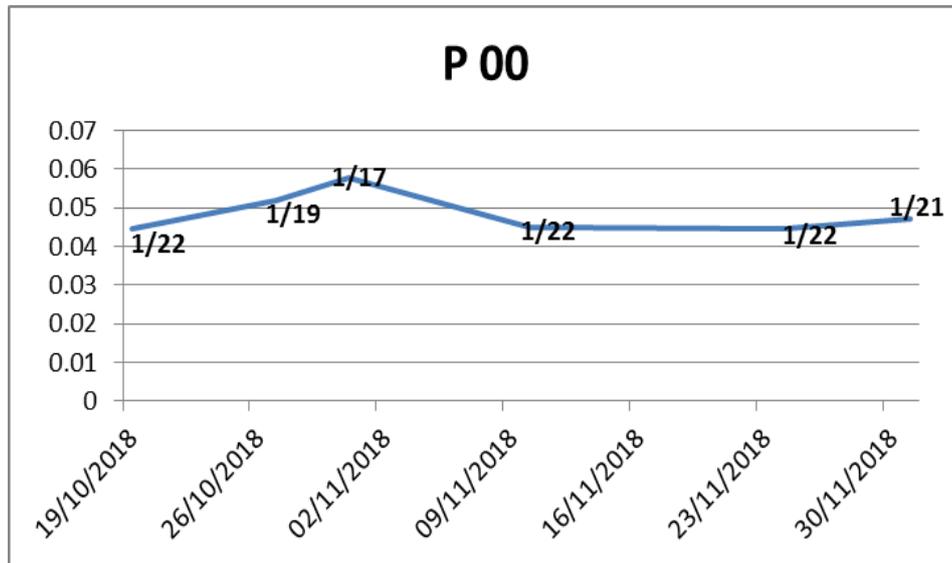


Ilustración 25.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P00

El perfil P01 tampoco varió considerablemente, teniéndose una pendiente media de 1:17, ligeramente menos empinada que P00.

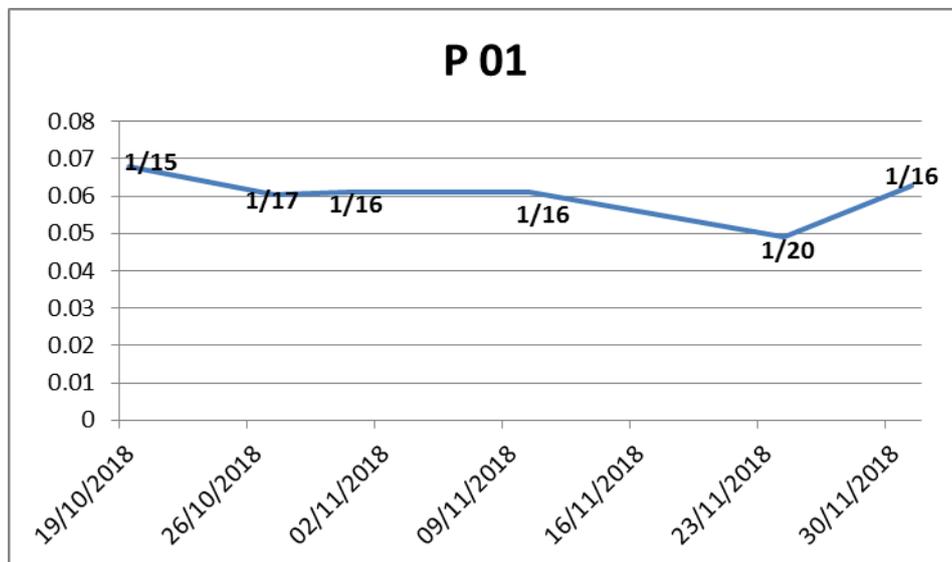


Ilustración 26.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P01

El perfil del Mirador (P MI), presentó pendientes más tendidas respecto a los perfiles circundantes (P01 y P02) como se puede ver en la Ilustración 27, con una pendiente media de 1:20.

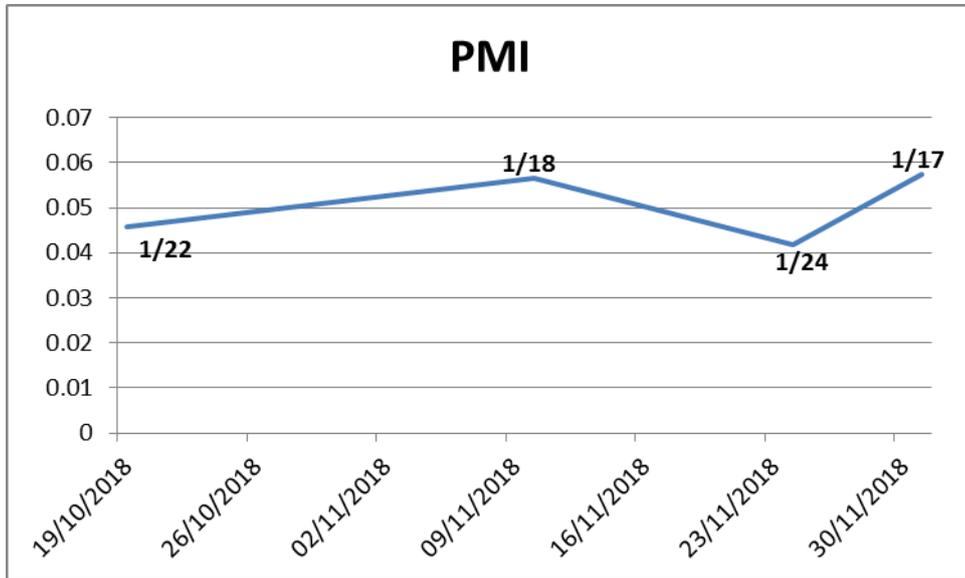


Ilustración 27.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil PMI

El perfil P02 sigue el mismo patrón que los perfiles anteriores sin observarse una variación considerable (ver Ilustración 28); teniendo una pendiente media de 1:15.

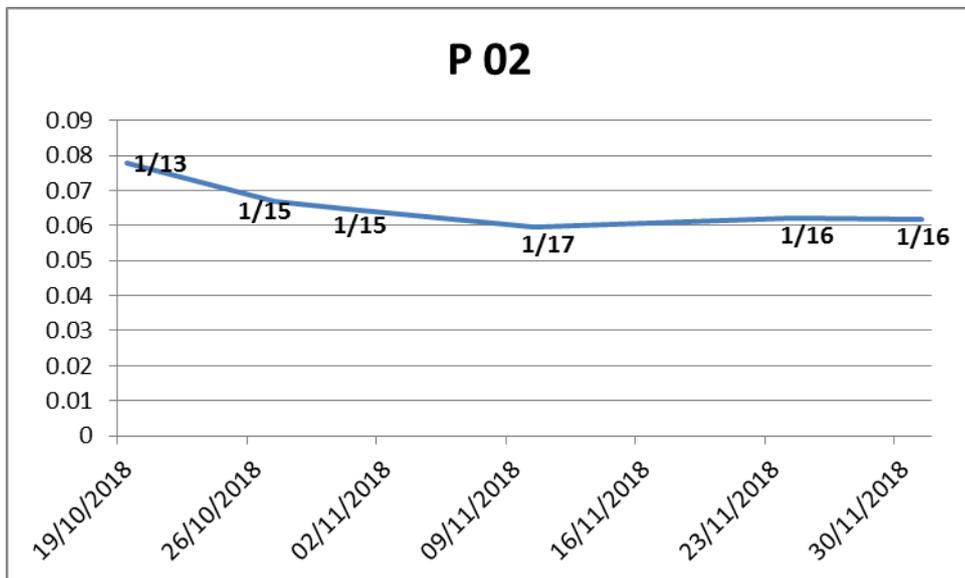


Ilustración 28.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P02

Después del perfil P02, la playa tiene la tendencia de hacerse más empinada hacia el sur. El perfil P03 ya registra pendientes mayores, con una media de 1:12.

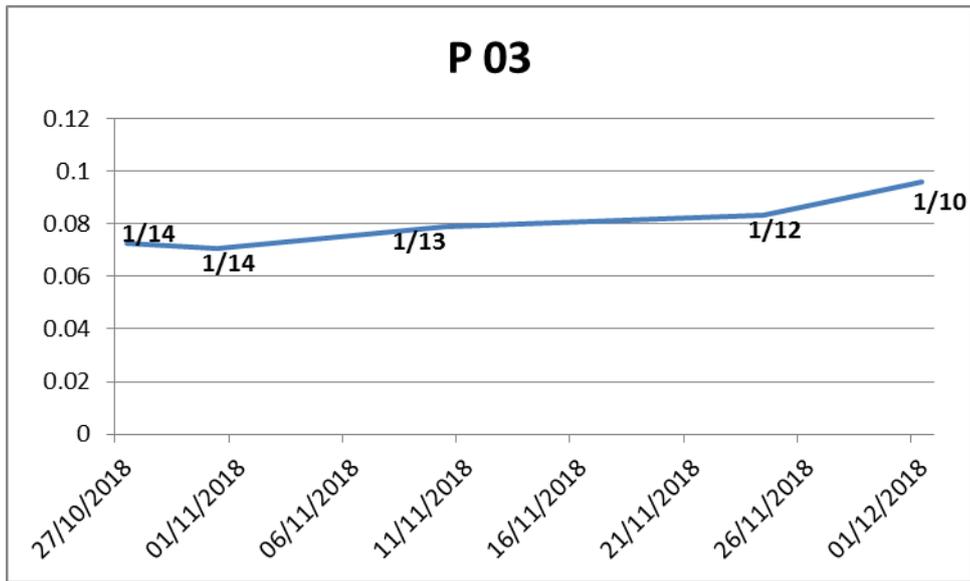


Ilustración 29.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P03

El perfil P04 se mantuvo casi constante en su pendiente como se ve en la Ilustración 30, variando entre 1:11 y 1:12.

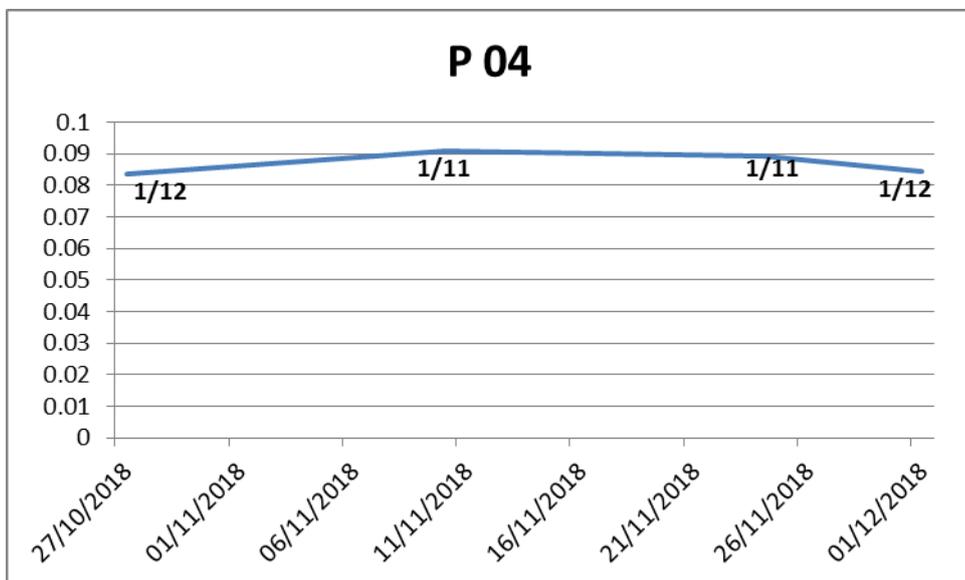


Ilustración 30.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P04

La pendiente media del perfil P05, para el periodo de medición, fue de 1:14; manteniéndose casi constantes. Aquí se registran pendientes menores respecto a P04

y P06; sin embargo, son valores que se encuentran en el rango de pendientes empinadas.

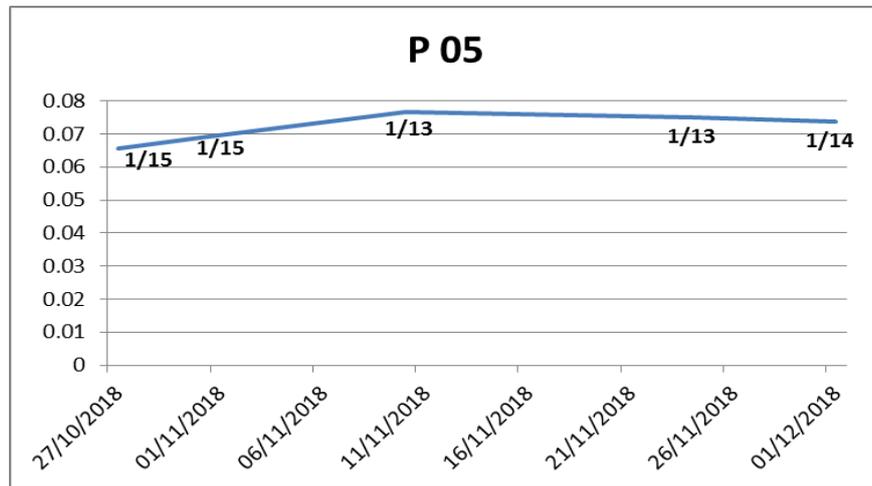


Ilustración 31.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P05

En el perfil P06, se registran las pendientes más empinadas de la playa de Ballenita, alcanzado un valor de 1:8 y una media de 1:9 como se ve en la Ilustración 32. Cabe destacar que después de esta estación, ya se observan cúspides (hacia el sur), que sí son visibles a lo largo de aproximadamente 800 metros de la playa, con una extensión entre 40 y 70 metros entre cúspides.

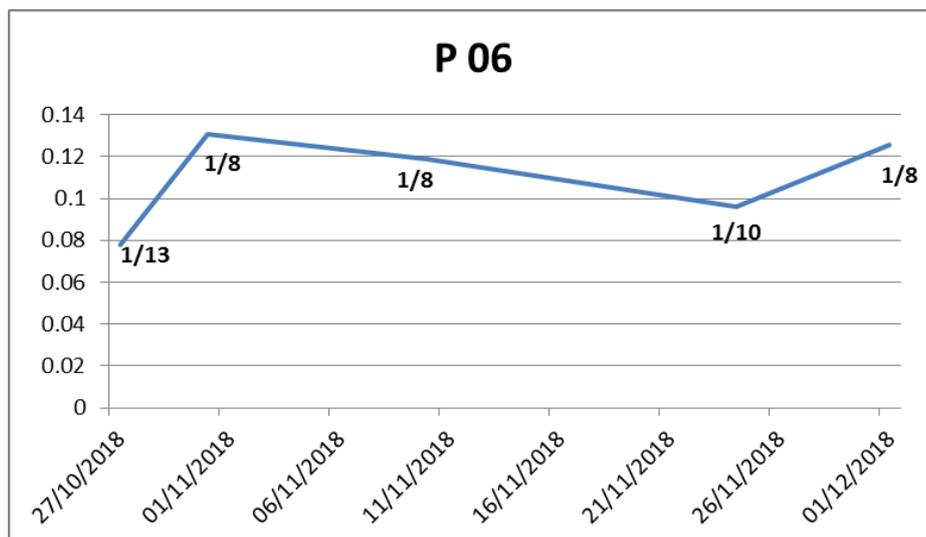


Ilustración 32.- Variación temporal del valor de la pendiente del perfil P06

3.3 Estado Morfodinámico de la playa

(FAO, 2009) indica que la morfodinámica de la playa es el resultado de la interacción de varios factores, mismos que producen diferentes tipos morfodinámicos de playa, que están en función de la pendiente, tamaño de grano, tipo de ola etc.

En lo que respecta a la pendiente, al igual que (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993) el ángulo del perfil de playa indica que en el sector Sur de la playa se tienen pendientes pronunciadas dado que β es mayor a 4 grados, por otro lado, ningún perfil tuvo una pendiente menor a 2 grados aunque ciertas estaciones se mantuvieron entre 2 y 3 grados. Revisando resultados anteriores de características litorales también se identificó olas tipo Surging y Plunging, donde las olas surging predominan en el sector Sur de la playa y las tipo Spiling y plunging en la zona norte, cabe recalcar que la altura promedio de las olas no supera los 0.5 m. En lo que respecta al tamaño de grano en toda la playa, este no supera los 0.5 milímetros.

Según lo expuesto se identificó que sólo el Perfil P06 corresponde a un estado de playa reflectiva, las estaciones (PMI a P05) presentan características intermedias, y finalmente las estaciones (P00 a PM) son playas intermedias con ligeras tendencias a ser disipativas. (Ver comparaciones en Tabla 6 – Página 40).

Tabla 19: Ángulos de pendiente de playa (β) promedio de la playa de Ballenita, indicando el estado morfodinámico de la playa según (FAO, 2009). Naranja: Reflectiva, Amarillo: Intermedia, Verde: intermedia con tendencias disipativas.

Estaciones	Ángulos Beta (β) Promedio por fase de marea		(β) Promedio
	Sicigia	Cuadratura	
P 00	2,85	2,7062	2,78
P 01	3,65	3,2509	3,45
PM	2,95	2,8137	2,88
PMI	4,70	3,9273	4,32
P 02	3,90	3,5916	3,74
P 03	4,76	4,4772	4,62
P 04	4,83	5,0216	4,93
P 05	4,07	4,1448	4,11
P 06	7,30	5,5749	6,44

Finalmente, usando el parámetro de Dean (Ω), se determinó el estado morfodinámico de la playa para Sicigia y Cuadratura. Según lo mencionado por (FAO, 2009) y (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993), en ambas fases lunares la playa presenta un estado reflectivo, ya que se obtuvieron $\Omega < 1$,

Tabla 20.- Parámetro de Dean para sicigia y cuadratura por estaciones y su perfil más próximo correspondiente (S: sicigia, C:cuadratura)

Estaciones	Hb (cm)	Perfiles	A ($m^{1/3}$)		W (cm/s)		T(s)	Ω	
			S	C	S	C		S	C
E1	21.88	P6	0.13	0.14	4.48	4.93	14.73	0.33	0.30
E2	16.39	P4	0.16	0.14	5.71	4.92	12.39	0.23	0.27
E3	29.05	P2	0.11	0.15	3.22	5.25	15.87	0.57	0.35
E4	36.52	P0	0.11	0.11	3.42	3.54	15.80	0.68	0.65
Promedio	25.96		0.13	0.14	4.20	4.66	14.70	0.45	0.39

3.4 Predictor del comportamiento del perfil de playa

Tomando los datos del modelo WAVEWATCH de altura de ola significativa y periodo en aguas profundas, se usó como predictor del comportamiento de la playa el número de Deán según sugiere (García-Ramos, 2003), cuyos valores promedio indican que en general, la playa de Ballenita es propensa a sufrir procesos erosivos, dado que $N_0 \geq 3,2$. Cabe destacar que los valores obtenidos muestran dos áreas en la playa, la zona norte donde la probabilidad de erosión es mayor a la de la zona sur (Ver rangos de N_0 en la sección 2.4 del capítulo de metodología).

Tabla 21.- Número de Dean como predictor del comportamiento del perfil de playa (S: sicigia, C: cuadratura)

Estaciones	Ho (cm)	Perfil	A ($m^{1/3}$)		W (cm/s)		T(s)	N_0		N_0 Promedio
			S	C	S	C		S	C	
E1	211,00	P6	0,13	0,12	4,48	4,05	13,46	3,50	3,87	3,69
E2		P4	0,16	0,12	5,71	4,05		2,75	3,87	3,31
E3		P2	0,11	0,13	3,22	4,32		4,87	3,63	4,25
E4		P0	0,11	0,10	3,42	2,91		4,59	5,38	4,99

3.5 Perfiles de Dean

En la siguiente sección se presentan los perfiles de equilibrio de Dean de cada estación analizada en el presente estudio, comparadas con las mediciones realizadas en las mismas.

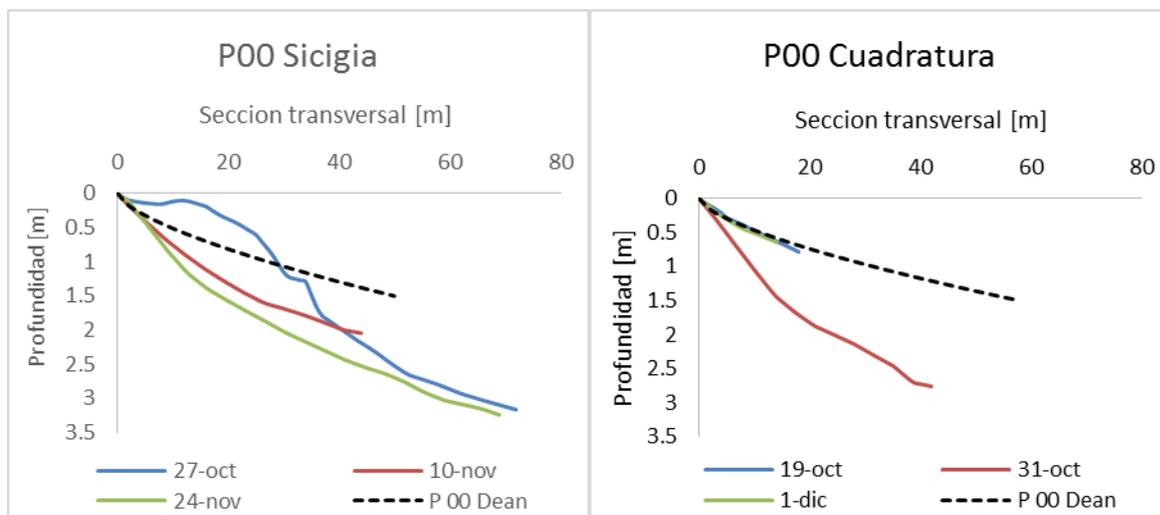


Ilustración 33.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P00 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

En sicigia los perfiles de la estación P00 indican que para el 27 de octubre se tenía un perfil acrecido hasta la abscisa de los 29 metros, luego de la misma el perfil se mantiene erosivo. Los perfiles del mes de noviembre se presentan como erosivos con respecto al de Dean desde el nivel de pleamar. En contraste, para cuadratura los perfiles del 19 de octubre y 1 de diciembre se mantienen cerca del perfil de equilibrio, a diferencia del perfil del 31 de octubre. (Ver Ilustración 33)

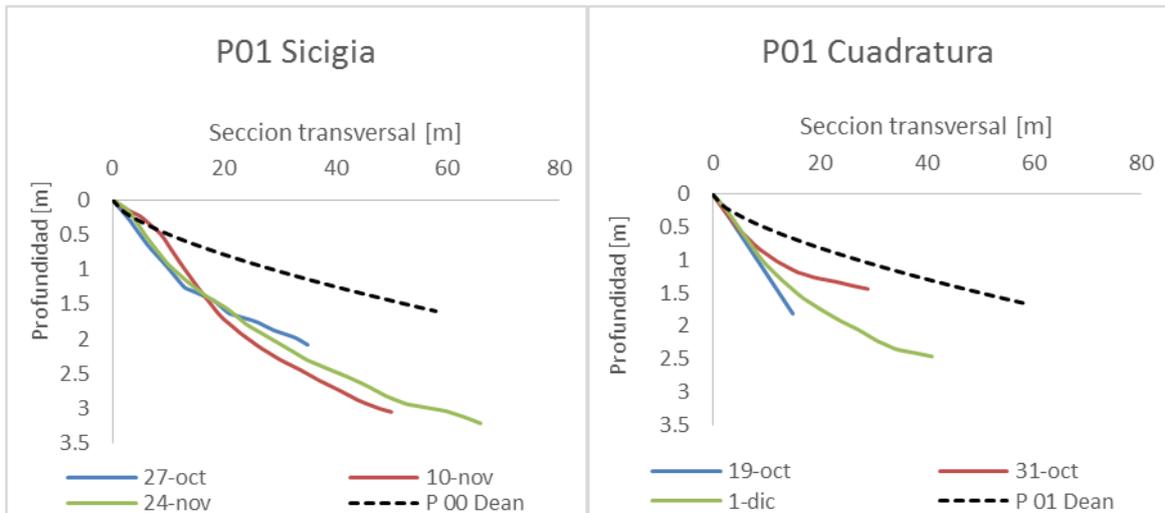


Ilustración 34.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P01 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

Los perfiles de la estación P01 se presentan como erosivos sin importar la fase de marea, es importante resaltar que solo el perfil que corresponde al 10 de noviembre para sicigia indica acreción hasta la abscisa de 10 metros, perfiles del 27 de octubre y 24 de noviembre acumularon arena hasta la abscisa de 6 metros. Para cuadratura, los perfiles muestran comportamientos similares hasta la abscisa 8 m, luego de esta los perfiles difieren en su forma. (Ver Ilustración 34)

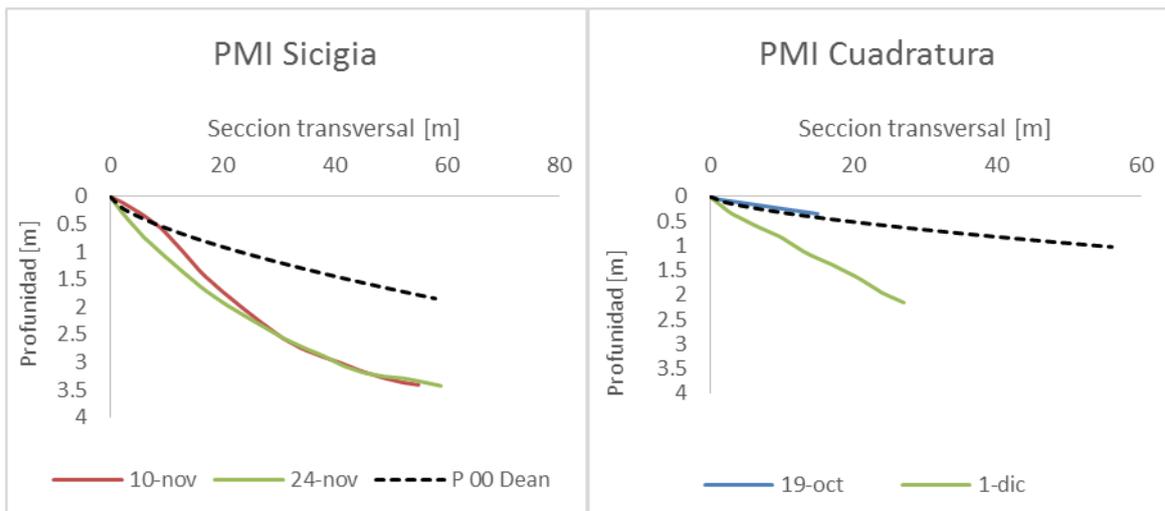


Ilustración 35.- Perfiles de Equilibrio de Dean de PMI para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

Los perfiles PMI se presentan como erosivos, ya sea para sicigia o cuadratura; sin embargo, el 10 de noviembre el perfil estuvo ligeramente por encima del perfil de equilibrio hasta la abscisa de 10 metros, luego a partir de la abscisa de 30 metros y una cota de 2 m los perfiles de sicigia permanecen similares. Para cuadratura, los perfiles son completamente diferentes el 19 de octubre el perfil se mantuvo ligeramente por encima del perfil de equilibrio, mientras que el 1 de diciembre el perfil fue completamente erosivo similar al del 24 de noviembre. (Ver Ilustración 35)

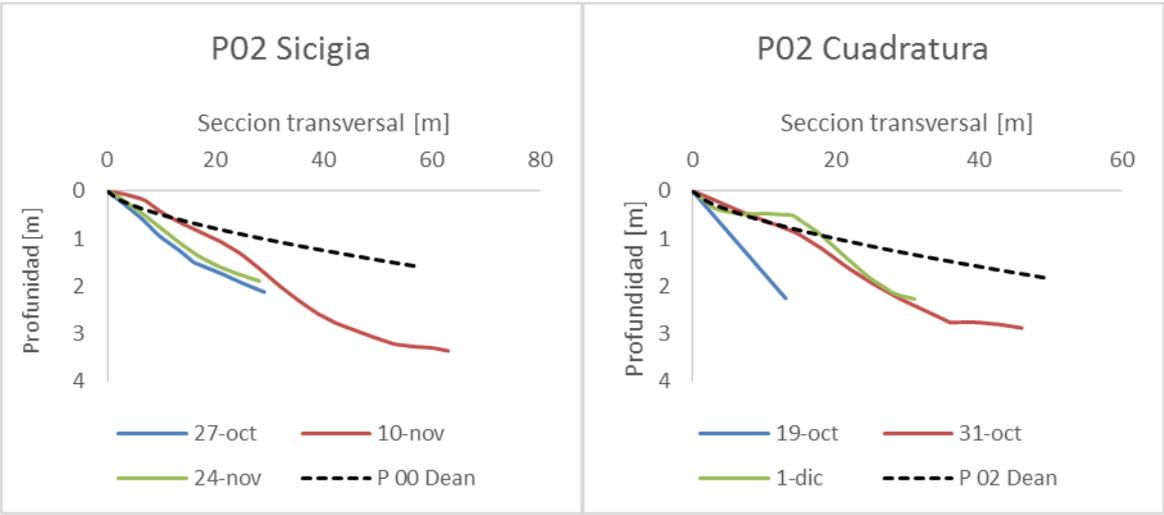


Ilustración 36.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P02 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

En general los perfiles correspondientes a P02 son erosivos; sin embargo, se destaca que los perfiles de cuadratura correspondientes al 31 de octubre y 1 de diciembre son erosivos a partir de la abscisa de 18 metros, resaltando que el perfil del 1 de diciembre acrecionó más arena con relación al 31 de octubre. En sicigia, solo el perfil del 10 de noviembre acumuló arena hasta la abscisa de 10 metros, los perfiles del 27 de octubre y 24 de noviembre se mantienen erosivos, con tendencias similares. (Ver Ilustración 36)

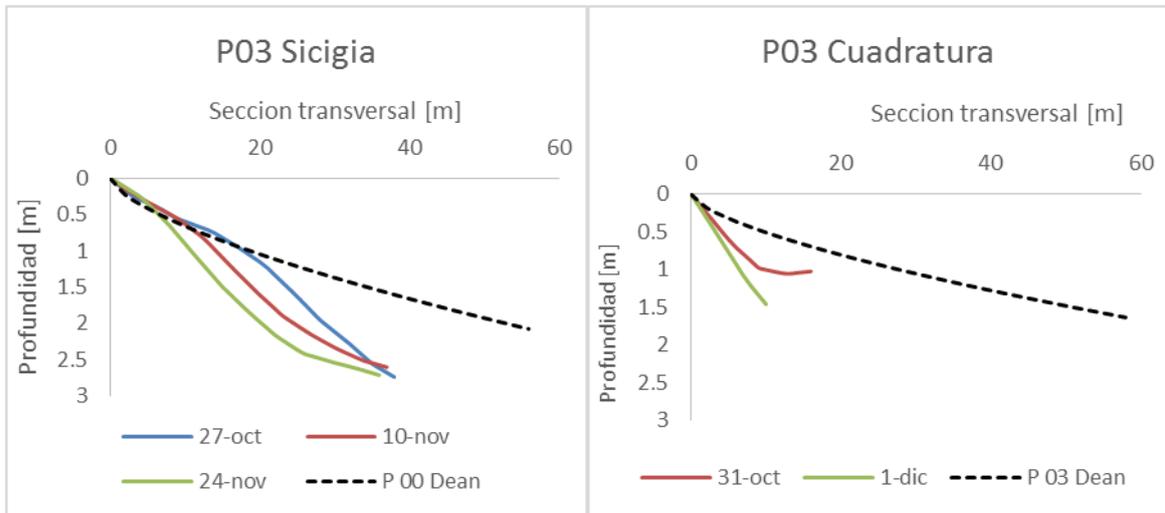


Ilustración 37.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P03 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

En sicigia los perfiles P03 siguieron tendencias similares; sin embargo, comparando los perfiles del mes de noviembre con respecto a los de octubre se aprecia que en noviembre hubo procesos erosivos en el perfil, que aparentemente no ocurrieron en octubre cuyo perfil se mantiene cerca del perfil de equilibrio hasta la abscisa 19 m. En la fase de cuadratura, no existe mucha información del perfil, a pesar de ello se aprecia que en octubre y diciembre los perfiles fueron erosivos. (Ver Ilustración 37)

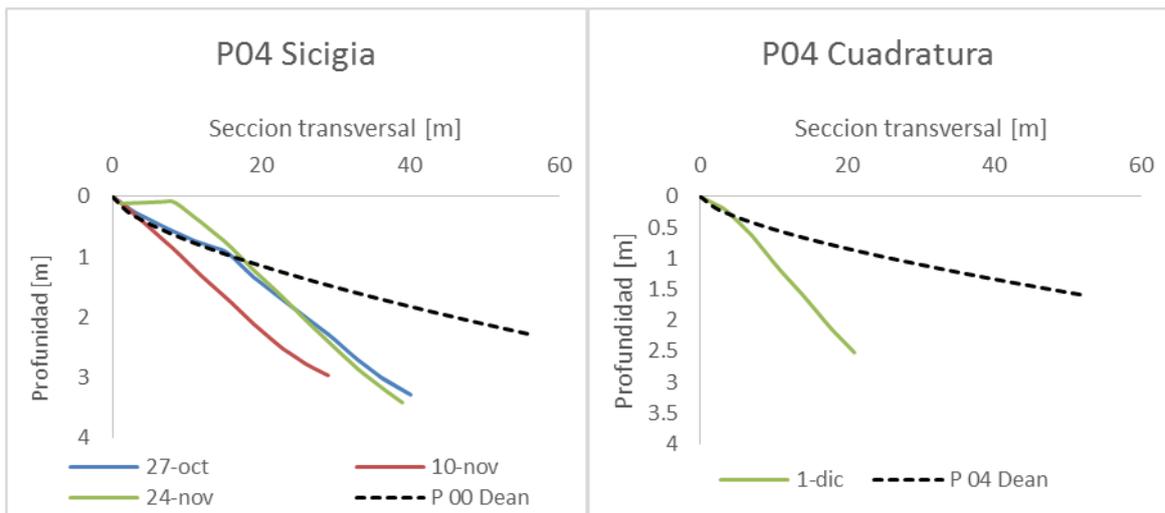


Ilustración 38.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P04 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

En cuadratura, se realizó una medición del perfil como se aprecia en la figura 40, que indica un comportamiento erosivo desde la abscisa 4 m. Por otro lado, para sicigia los perfiles muestran comportamientos diferentes donde el más erosivo corresponde al 10 de noviembre, el 24 del mismo mes, se obtuvo un perfil que acumuló arena (0.35 m de espesor) hasta la abscisa 16 m.

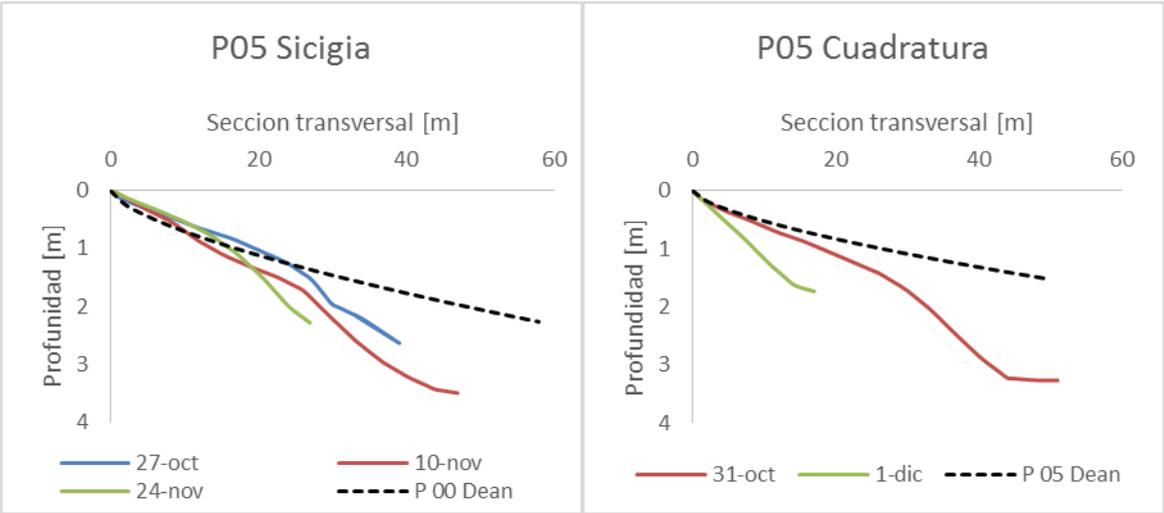


Ilustración 39.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P05 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

Los perfiles P05 correspondientes a sicigia se mantienen cerca del perfil de equilibrio de Dean hasta la abscisa de 18 metros, luego se vuelven perfiles erosivos. Se aprecia que el mes de noviembre los perfiles fueron más erosivos con respecto a octubre. En cuadratura los perfiles P05 son erosivos, del 31 de octubre al 1 de diciembre hubo pérdida de sedimento (0.80 m de espesor en la abscisa 15 metros). (Ver Ilustración 39)

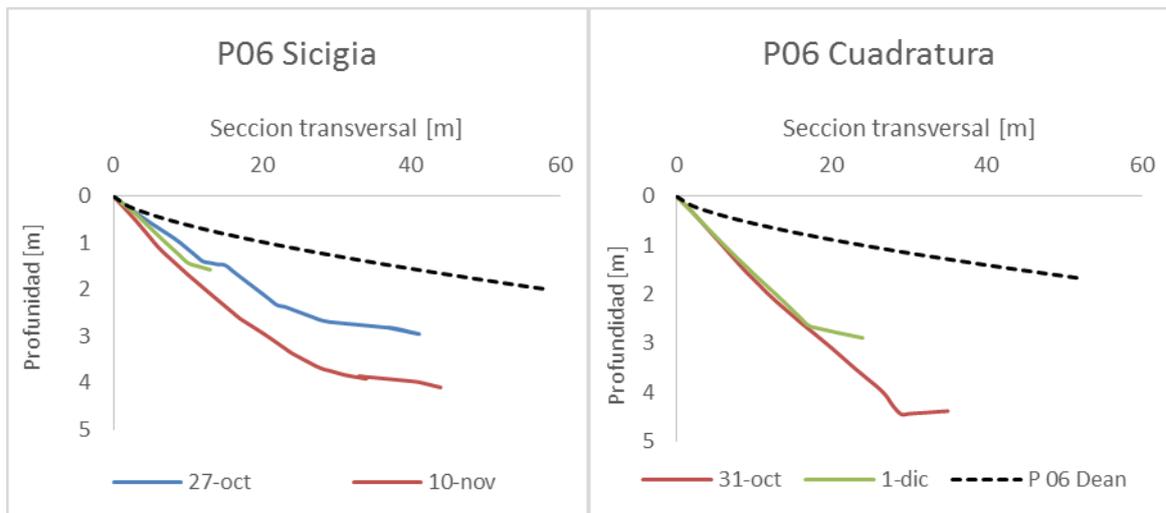


Ilustración 40.- Perfiles de Equilibrio de Dean de P06 para sicigia (gráfico izquierdo) y cuadratura (gráfico derecho)

Los perfiles P06 son erosivos con respecto a Dean en ambas fases de marea. En sicigia el perfil menos erosivo corresponde al mes de octubre, en relación con los perfiles del mes de noviembre. En cuadratura, los perfiles son similares ambos presentan formación de barra; sin embargo, la posición de esta difiere, en diciembre comienza en la abscisa 18 m, a diferencia del mes de octubre donde la barra se ubica en la abscisa 29 m. (Ver Ilustración 40)

En los siguientes gráficos (Ilustración 41 y 42) se observan los perfiles promedio de cada estación comparado con Dean. De la ilustración 41 durante sicigia se destaca que los perfiles P05 y P06 son más erosivos, a diferencia de P00 que está ligeramente cerca del perfil de equilibrio de Dean, también se aprecia que los perfiles P01, P02, P03, P04 se mantienen en un rango intermedio por debajo del perfil de Dean.

El perfil mirador (PM), está encima del perfil de Dean hasta la abscisa de 20 m, luego de esta se observa erosión justo donde empieza la estructura, como producto de la socavación que genera el agua de retorno en la parte trasera de la estructura.

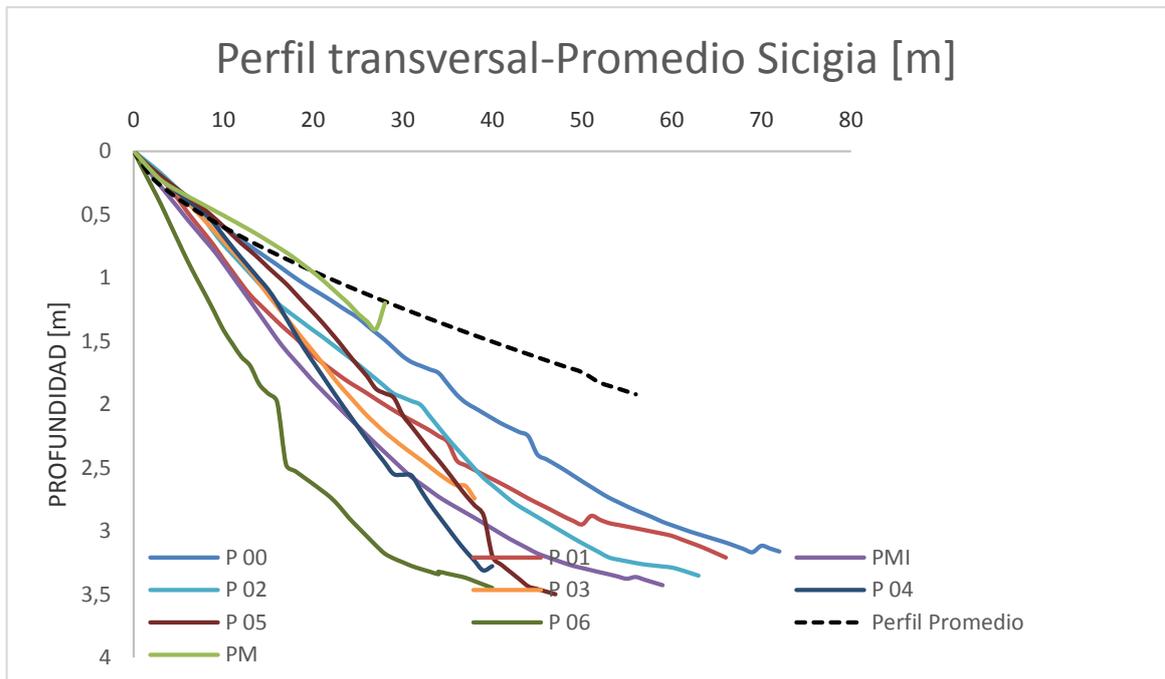


Ilustración 41.- Perfiles Promedio de Dean y de las transectas medidas correspondientes a sicigia

Para cuadratura, el comportamiento de los perfiles fue diferente, Perfiles correspondientes a PM y PMI, al igual que en sicigia muestran acreción hasta los 18 m. Cabe recalcar que el perfil PMI puede no estar dentro de este grupo, dado que no se contó con datos suficientes para realizar el perfil, por ende, este podría no mostrar lo que sucedió en realidad. El perfil más erosivo corresponde a P06, seguido del perfil P03. Perfiles poco erosivos: P01, P02, P04 y P05.

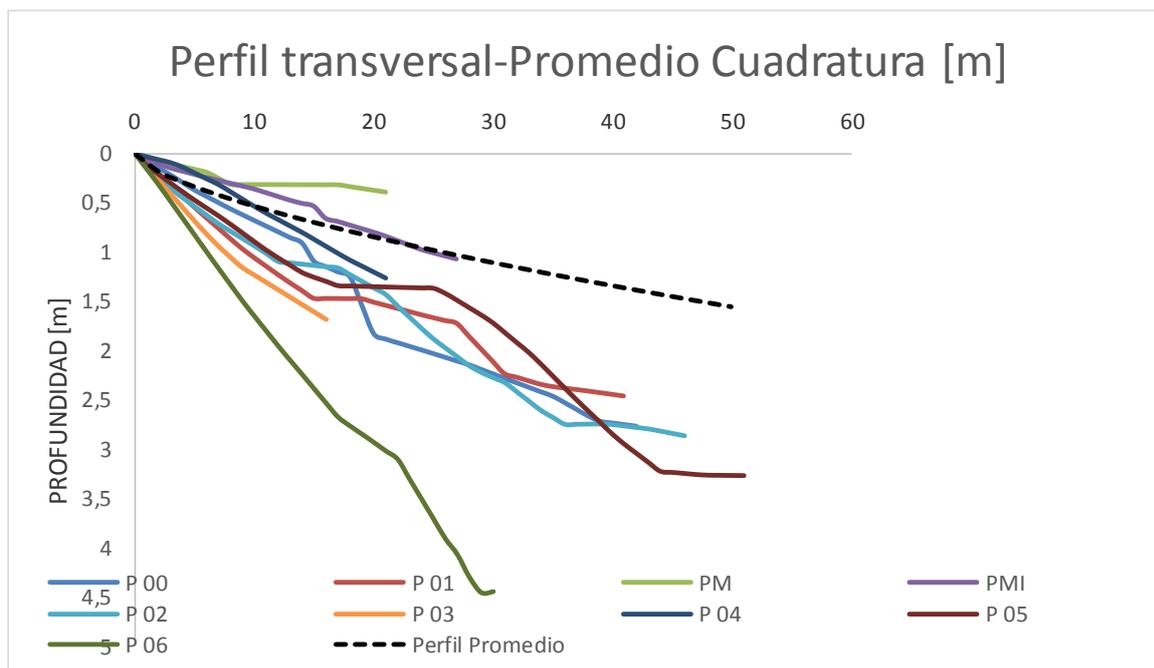


Ilustración 42.- Perfiles Promedio de Dean y de los transectos medidos correspondientes a cuadratura

3.6 Variación de sedimento

De las muestras tamizadas, se graficaron sus respectivas curvas granulométricas; de las cuales se determinó el diámetro D_{10} , D_{30} , D_{50} y D_{60} . Para este análisis se consideró la variación del diámetro medio D_{50} a lo largo de cada perfil y de la zona de estudio en general para cada día de muestreo.

En todos los días de medición se encontraron valores similares en toda la zona de estudio, encontrándose en promedio para todas las estaciones un D_{50} (promedio entre todas las muestras recolectadas en pleamar, bajamar y media marea por perfil) entre 0.23 – 0.36 mm; correspondiente al rango de Arenas Finas, y como una arena mal graduada (SP) en base a los coeficientes de curvatura (C_c) y uniformidad (C_u), de acuerdo a la clasificación SUCS.

Se analizó los cambios del diámetro D_{50} para cada perfil de forma transversal y temporal. Como parte de este estudio, se consideró la presencia de conchillas en las muestras, obteniéndose los siguientes resultados:

-El perfil P00 muestra una disminución gradual del tamaño de sedimento a lo largo de la zona intermareal, siendo las muestras de marea baja las de menor diámetro. Temporalmente no se identifica ningún patrón reconocible con excepción de las muestras de pleamar, donde disminuye linealmente el D_{50} . El diámetro medio (promedio de todas las muestras tamizadas) para este perfil es de 0.23 mm.

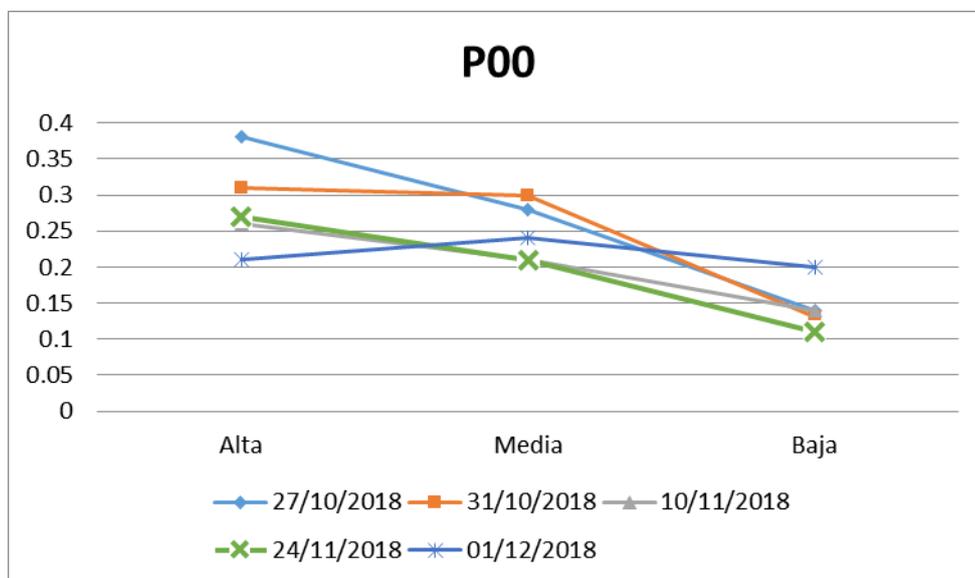


Ilustración 43.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P00

-El perfil P01 también muestra la misma tendencia de disminución a lo largo de la zona intermareal; sin embargo, en el mes de octubre se registró la presencia de conchillas en la región media, aumentando el diámetro. El diámetro medio para este perfil es de 0.24 mm. (Ver Ilustración 44)

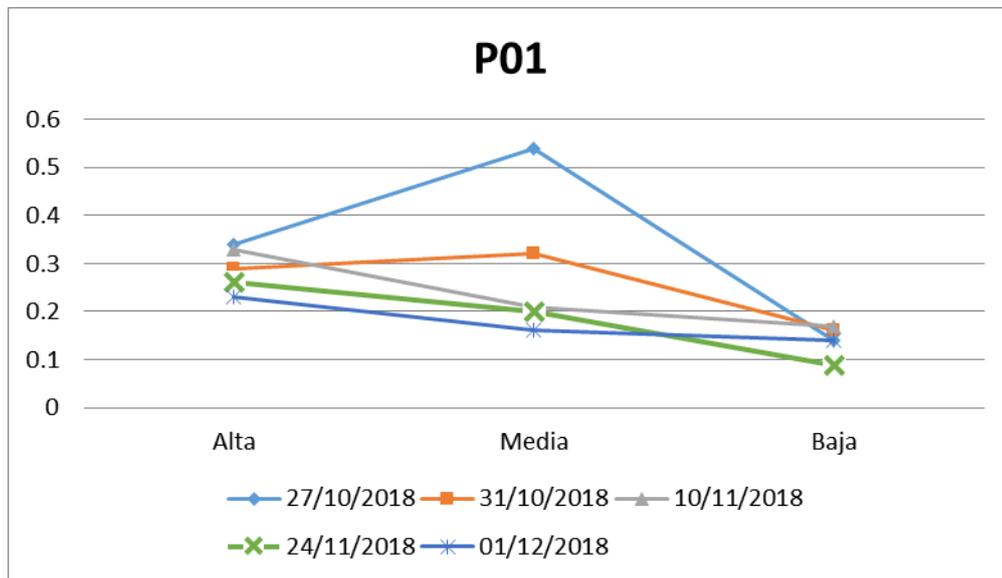


Ilustración 44.- Variación temporal y transversal del D₅₀ [mm] en el perfil P01

-El perfil PMI, que se ubica justo en el Mirador, se encontró un cambio considerable del D₅₀ en el mes de diciembre en marea media, también por a la presencia de conchillas. El diámetro medio es de 0.25 mm, ligeramente mayor comparado con las dos estaciones anteriores. (Ver Ilustración 45)

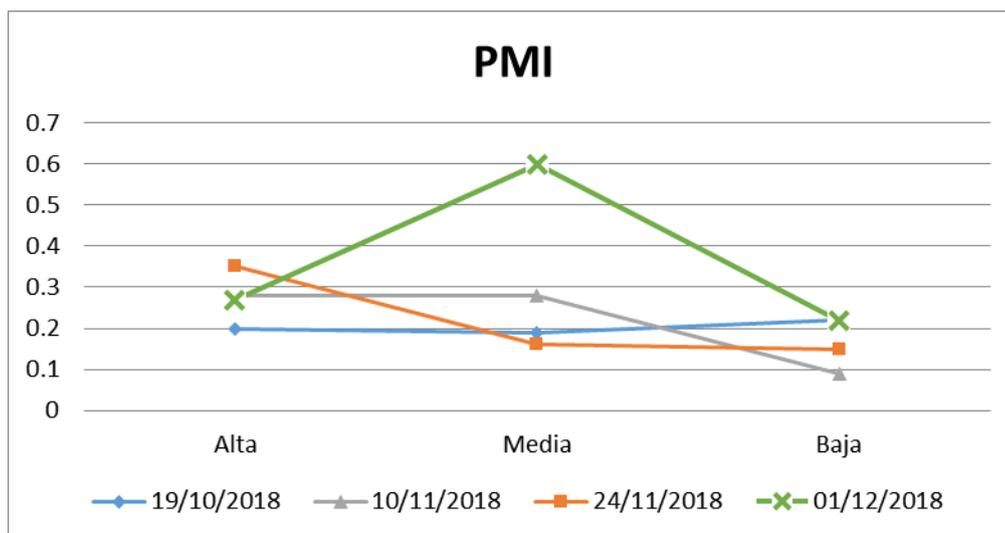


Ilustración 45.- Variación temporal y transversal del D₅₀ en el perfil PMI

-El perfil P02, después del Mirador, se muestra muy uniforme tanto espacial como temporalmente; sin embargo, a mediados del mes de noviembre se evidencio

conchillas en la zona de bajar, aumentando considerablemente el diámetro. Para este perfil se obtuvo un D_{50} medio de 0.30 mm.

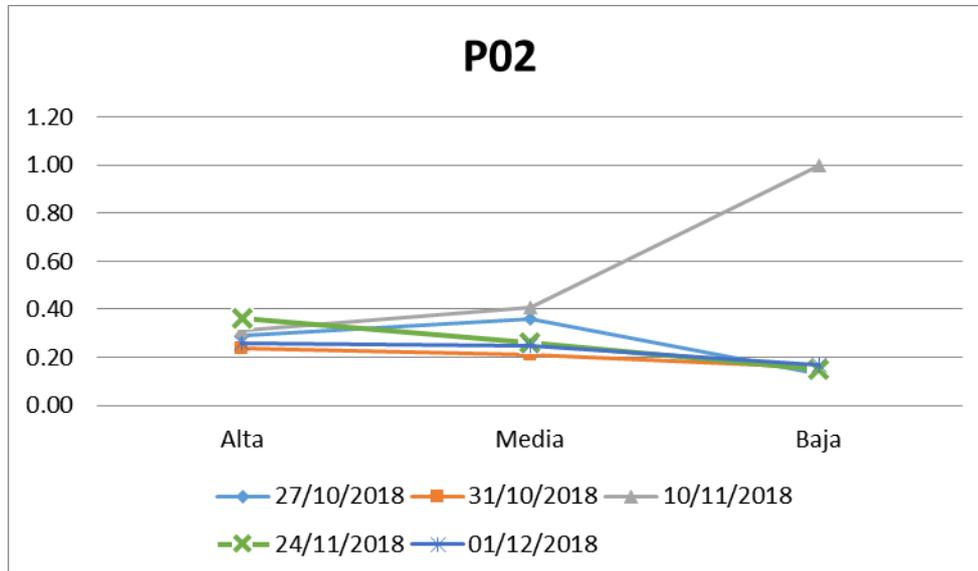


Ilustración 46.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P02

- Para perfil P03 el D_{50} medio es de 0.32 mm y se observó el mismo comportamiento que en las estaciones anteriores con la tendencia de disminuir de la zona de pleamar a bajar. En la muestra del 10 de octubre se evidenció la presencia de conchillas en la zona baja, por lo que aumentó del diámetro de en esta fecha. (Ver Ilustración 47)

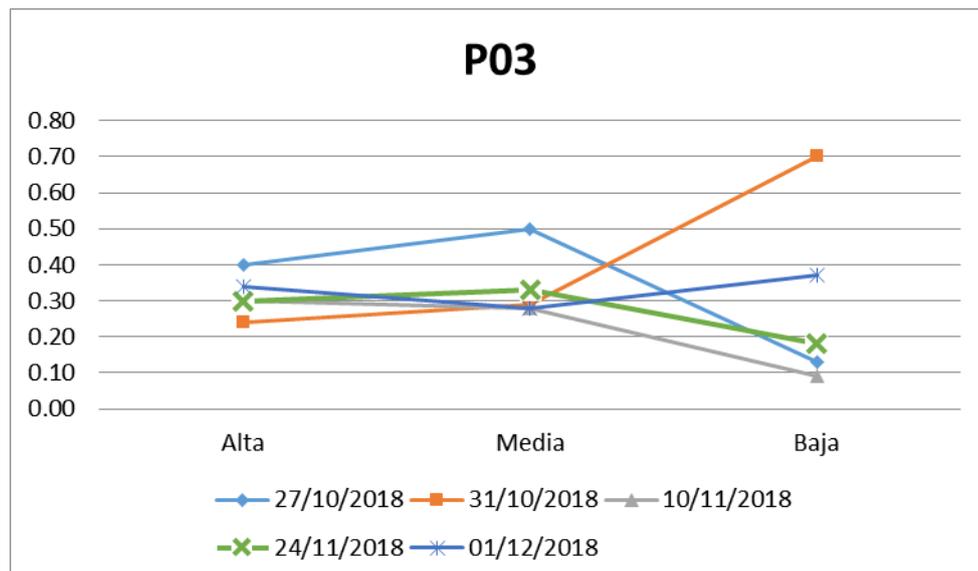


Ilustración 47.- Variación temporal y transversal del D_{50} en el perfil P03

- En el perfil P04 se observa el mismo patrón de variación del tamaño de grano en la zona intermareal, incrementando ligeramente de marea alta a media y disminuyendo de media a bajamar. No obstante, el muestreo realizado en diciembre sigue un comportamiento diferente, aumentando de marea media a baja. El D_{50} medio para este perfil es de 0.36 mm.

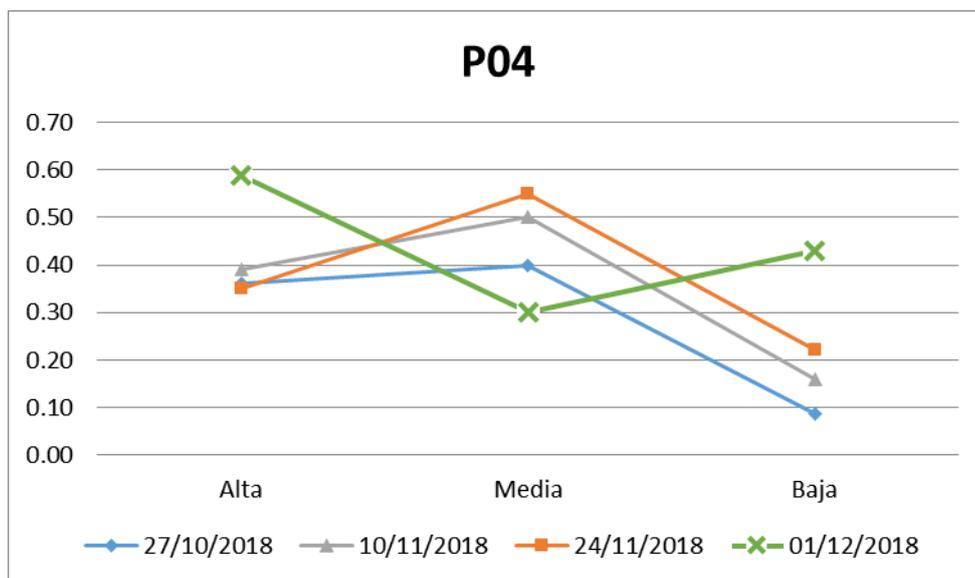


Ilustración 48.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P04

El perfil P05 se mantiene muy homogéneo similar al perfil P02. No hay una variación considerable del diámetro sedimento en la zona intermareal, teniendo un D_{50} medio de 0.36 mm. Para el mes de diciembre, en bajamar, se encontró conchillas de gran tamaño, teniendo el sedimento partículas mayores a 1 mm. (Ver Ilustración 49)

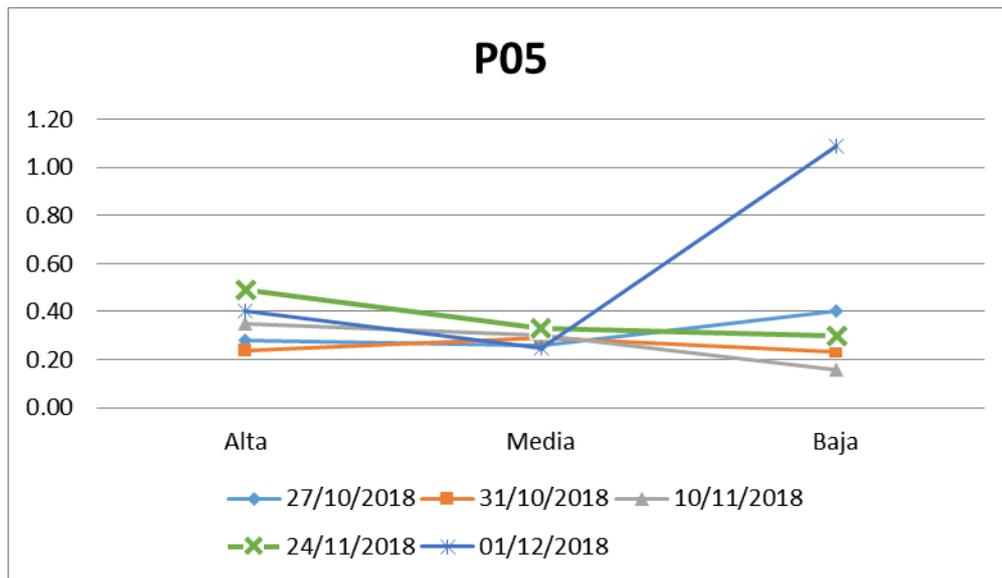


Ilustración 49.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P05

- Para la zona alta y media del perfil P06, el diámetro medio del sedimento se mantuvo casi homogéneo, a diferencia de la zona baja donde varía entre 0.19 y 0.54 mm. Cabe destacar que se identificaron dos tipos de sedimentos muy diferentes en la zona baja en todos los días de muestreo; encontrándose el primero, justo antes la línea de playa de bajamar y es una arena con numerosas conchillas; y el segundo, aproximadamente cuatro metros después de la línea de playa de bajamar, siendo una arena fina sin conchillas. El diámetro promedio para este perfil es de 0.33 mm.

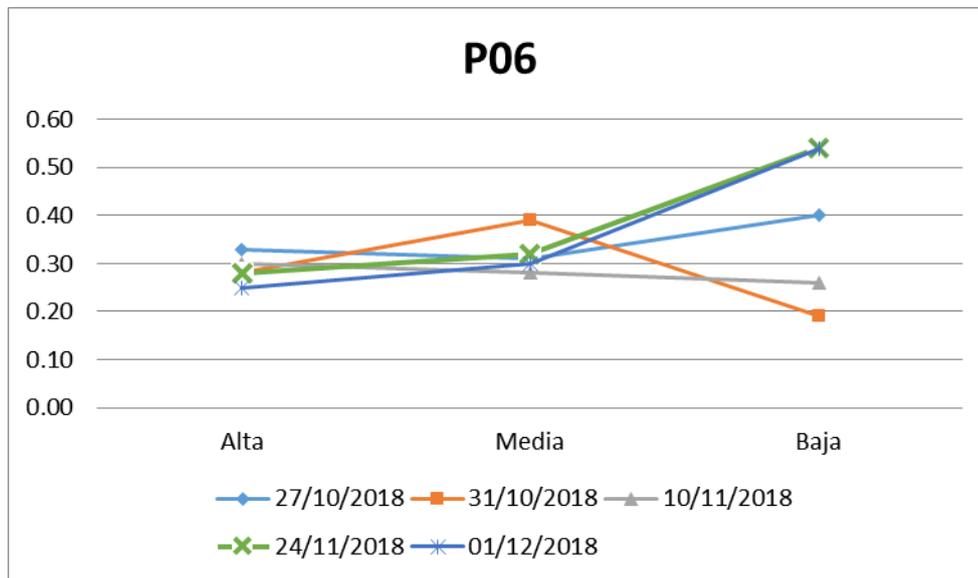


Ilustración 50.- Variación temporal y transversal del D_{50} [mm] en el perfil P06

Tomando en consideración la presencia de conchillas en los perfiles P03, P02 y PMI en las fechas 31 de octubre, 10 de noviembre y 24 de noviembre respectivamente; se ve un desplazamiento de estas hacia el norte.

Temporalmente, como muestra la Ilustración 52, el D_{50} promedio entre las muestras de alta, media y baja marea de los perfiles P00 y P01 se mantuvieron casi constantes. El perfil P02 se mostró muy irregular, aumentando considerablemente el 10 de noviembre, y disminuyendo gradualmente hasta finales del mismo mes. El perfil P03 varía poco, sin embargo, se mantiene cercano a 0.30 mm. En los perfiles P04, P05 y P06 aumenta el D_{50} casi linealmente del 19 de octubre al 1 de diciembre, siendo estos los diámetros más altos.

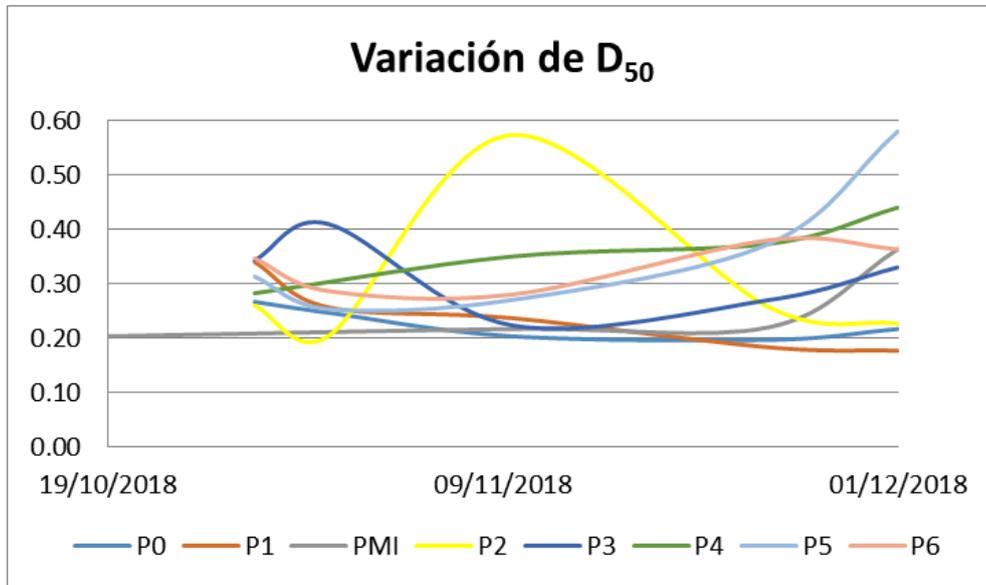


Ilustración 51.- Variación temporal del D₅₀ medio en todos los perfiles

Espacialmente, el promedio del D₅₀ de las muestras de alta, media y bajamar, a su vez del promedio temporal para cada perfil, no varía considerablemente. Pese a esto, sí se observa un patrón en su distribución forma longitudinal disminuyendo el D₅₀ de sur a norte; siendo el sedimento de las estaciones circundantes al Mirador de menor diámetro en comparación con las estaciones de más al sur. (Ver Ilustración 52)

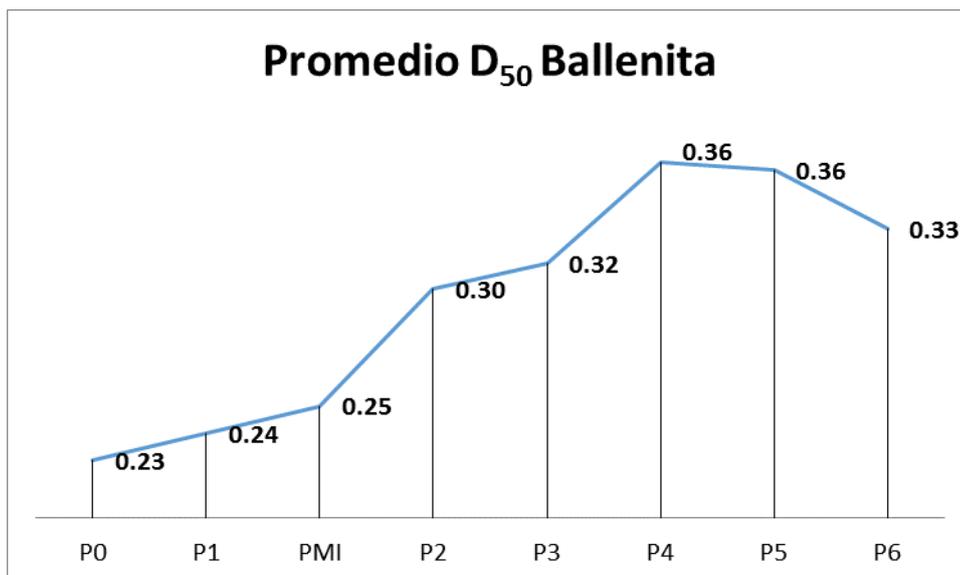


Ilustración 52.- Promedio de D₅₀ de cada perfil

3.7 Transporte Litoral

La dirección del transporte litoral longshore está definido por la corriente litoral, la cual se mantuvo en promedio con dirección hacia la derecha (al norte). Para este estudio se consideró los cambios (aunque pequeños en magnitud) en las variables medidas en campo tanto para las fases de sicigia como de cuadratura; encontrándose diferencias en la intensidad del transporte litoral.

Los datos usados para este cálculo fueron los siguientes para Komar (1976):

Tabla 22.- Datos generales para Transporte Litoral por Komar

Datos Generales		
Densidad agua de mar (ρ)	1025	[kg/m ³]
Densidad sedimento (ρ_s)	2650	[kg/m ³]
Índice adimensional de rompiente	0.8	
gravedad	9.8	[m/s ²]
coeficiente adimensional Komar (K')	0.28	
factor de porosidad de arena (a')	0.6	

Obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 23.- Resultados de cálculo de Energía de oleaje (Eb), velocidad orbital máxima (um), razón de transporte del peso sumergido (Is) y Transporte Litoral (Qs) para sicigia y cuadratura (Método de Komar)

Datos por Estación					
	E1	E2	E3	E4	
αb	10	10	20	20	[°]
Hs-Sicigia	0.27	0.26	0.31	0.33	[m]
Hs-Cuadratura	0.30	0.19	0.16	0.49	[m]
db-Sicigia	0.35	0.34	0.40	0.42	[m]
db-Cuadratura	0.39	0.25	0.21	0.64	[m]
Cb-Sicigia	1.84	1.81	1.99	2.04	[m/s]
Cb-Cuadratura	1.95	1.56	1.43	2.50	[m/s]
Eb-Sicigia	88.92	83.58	121.10	132.85	[J/m ²]
Eb-Cuadratura	113.01	46.29	32.73	301.48	[J/m ²]
um-Sicigia	0.71	0.70	0.77	0.78	[m/s]
um-Cuadratura	0.75	0.60	0.55	0.96	[m/s]
Is-Sicigia	9.86	9.27	14.07	15.44	[N/s]
Is-Cuadratura	8.35	3.42	2.54	23.36	[N/s]
Qs-Sicigia	0.0010319	0.0009699	0.0014728	0.0016158	[m³/s]
Qs-Cuadratura	0.0008743	0.0003581	0.0002654	0.0024444	[m³/s]

El transporte litoral Qs está en función de la energía transmitida por el oleaje, y dado a que en la estación E4 se registraron las mayores alturas de olas, Qs es mayor en este sector en ambas fases de marea, siendo en cuadratura el valor máximo entre todas las estaciones. Entre las fases de sicigia y cuadratura, se estima que el transporte litoral es mayor en sicigia en todas las estaciones. Los menores valores de Qs calculados se encuentran en las estaciones E2 y E3 en las fases de cuadratura con 3.6×10^{-4} y 2.6×10^{-4} m³/s respectivamente.

También se convirtieron los valores de m³/s a m³/año, obteniendo lo siguiente:

Tabla 24.- Resultados de transporte litoral Q_s [$m^3/año$] para sicigia y cuadratura

	E1	E2	E3	E4
Qs-Sicigia	32541.16	30587.67	46446.32	50954.38
Qs-Cuadratura	27571.37	11293.23	8368.69	77085.66

Mediante el programa SBAS, se modeló el comportamiento de la playa en función de los Q_s [$m^3/año$] calculados para sicigia y cuadratura. Para esto se asumió $\Delta V=0$, es decir, que cada caja mantiene su volumen. Los resultados del modelo indican que, para la fase sicigia, los sectores comprendidos entre E2-E3 y E3-E4, existe erosión; mientras que entre E1-E2 hay acumulación de sedimentos. (Ver Ilustración 53)

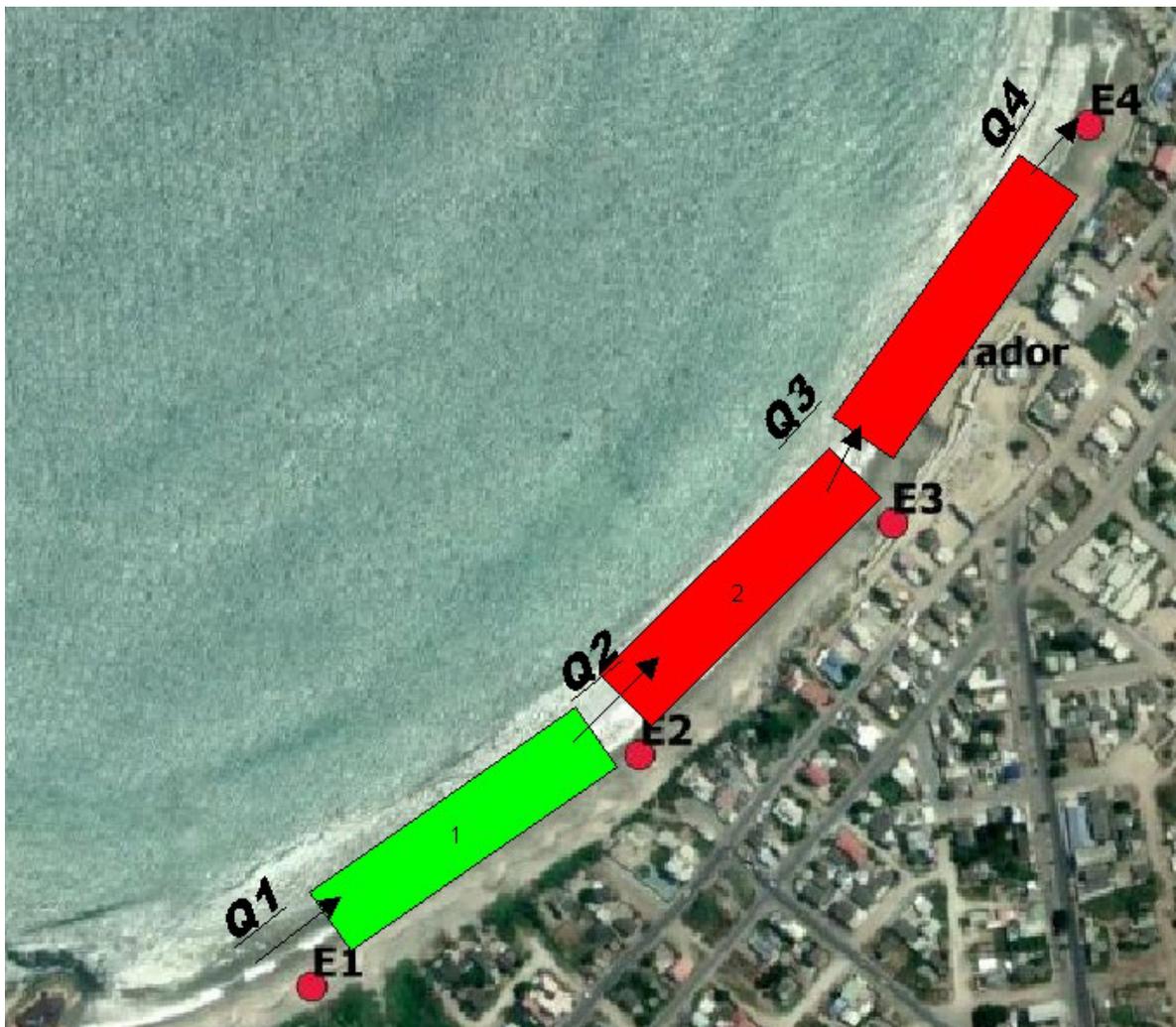


Ilustración 53.- Representación de procesos erosivos/acrecivos para sicigia con el modelo SBAS

Para la fase de cuadratura, el sector entre E2-E3 se presenta como acrecivo, mientras que entre E1-E2 Y E3-E4 tiene un comportamiento similar que, en la fase de sicigia, acumulando y quitando sedimento respectivamente. (Ver Ilustración 54)



Ilustración 54.- Representación de procesos erosivos/acrecivos para cuadratura con el modelo SBAS

No obstante, también se modeló con los Qs [m³/año] promedio entre las fases de sicigia y cuadratura para tener una visión global del transporte de sedimentos en la playa. Estos valores Qs corresponden a:

Tabla 25.- Transporte Litoral promedio [m³/año]

	E1	E2	E3	E4
Qs-promedio	30056.26	20940.45	27407.50	64020.02

Con los Qs medio de cada estación se ve un comportamiento idéntico a la fase de sicigia, con acreción entre E1-E2, y erosión entre E2-E3 y E3-E4. (Ver Ilustración 55)



Ilustración 55.- Representación de procesos erosivos/acrecivos para Qs promedio mediante el modelo SBAS

Se analiza también las tasas de erosión o acreción, encontrándose que la zona E3-E4, se erosiona casi seis veces más rápido que la zona E2-E3.

Tabla 26.- Volumen transportado entre estaciones

Zona	m3/año	m3/s
E1-E2	9115.81	0.00028906
E2-E3	-6467.05	-0.00020507
E3-E4	-36612.51	-0.00116098

En el trabajo realizado por (Sanchez, 2011b) también se calculó la capacidad de transporte Q_s mediante el mismo método (Komar) cuyos resultados son los siguientes:

Tabla 27.- Transporte Litoral Q_s (Sanchez, 2011b)

Estación	Q_s [m ³ /año]
EO1	319655.02
EO2	259603.24
EO3	180275.58
EO4	353476.56

Sus resultados son mucho mayores a los estimado en este trabajo debido a que este usó altura de olas mayores (50 cm en E1-E3 y 70 cm en E4), y corrientes litorales mayores a 0.19 m/s; sin embargo, al representar estos valores en SBAS, tienen la mismo comportamiento acrecivo/erosivo que el estimado para la fase de cuadratura del presente trabajo.



Ilustración 56.- Representación de procesos erosivos/acrecivos con Qs estimados por (Sanchez, 2011b) mediante el modelo SBAS

Por el método de (Galvin, 1972), también se calcularon valores de transporte litoral bruto (Q_g [$m^3/año$]) con la fórmula descrita en el capítulo anterior para cada estación, usándose las alturas correspondientes para sicigia y cuadratura; siendo estas cantidades de transporte, mucho mayores que las estimadas con Komar.

Tabla 28.- Transporte Litoral bruto promedio y en fases de sicigia y cuadratura (Método de Galvin)

	E1	E2	E3	E4	
Hs-Sicigia	0.27	0.26	0.31	0.33	[m]
Hs-Cuadratura	0.30	0.19	0.16	0.49	[m]
Qg-Sicigia	439083.333	425700	512416.667	536708.333	[$m^3/año$]
Qg-Cuadratura	495000	316800	266392.5	808500	[$m^3/año$]
Qg-Promedio	467041.67	371250	389404.58	672604.17	[$m^3/año$]

3.8 Entrevistas a Profesionales

En el periodo de mediciones de características de la playa, se notó que en el poco tiempo de inaugurado el malecón, ya existen afectaciones en las bases del Mirador, tales como: ruptura del concreto y exposición de varillas al ambiente. Con el fin de tener una mejor visión sobre estas afectaciones se realizaron entrevistas a profesionales especializados en distintas ramas como ingeniería Civil, Estructural, Oceanografía, e ingeniería en Costas con un total de cinco entrevistados.



Ilustración 57.- Fotos de afectaciones en la base del Mirador

Se emplearon preguntas de tipo de estructural, riesgo e impacto ambiental, obteniéndose las siguientes respuestas:

Pregunta 1.- ¿Qué opina sobre la condición actual del Mirador, hay más aspectos negativos o positivos?

Las respuestas fueron unánimes (en un 100%). Todos mencionaron aspectos negativos, es importante recalcar que los entrevistados dentro de los comentarios realizados coincidieron en los siguientes aspectos:

- Exposición de varillas a la intemperie y su corrosión por cloruros.
- Desgaste del concreto de los pilotes del Mirador.
- Presencia de material cortopunzante debajo de la base del mirador.
- Losa del cabezal con granulometría diferente.

Respecto a los aspectos positivos algunos mencionaron que la intención de promover el desarrollo turístico y económico de la localidad es buena.

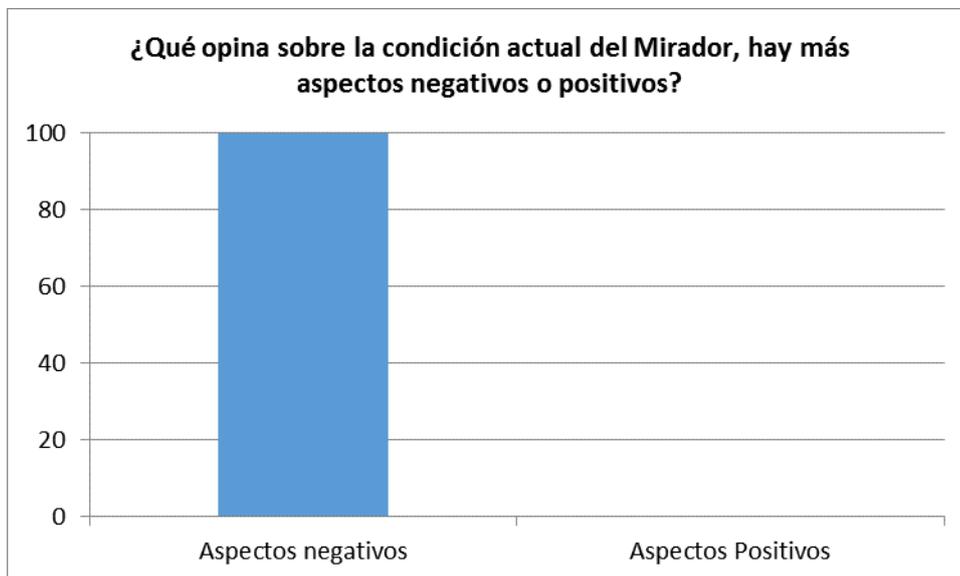


Ilustración 58.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 1

Pregunta 2.- ¿Considera que el Mirador brinda seguridad?

Con respuestas similares a la pregunta anterior, los entrevistados no consideran que dicha estructura en el agua brinde seguridad, ya sea por el desgaste del concreto de los pilotes o por el material cortopunzante debajo de la estructura.

El desgaste del concreto de los pilares permite la corrosión de las varillas de acero que conforman el pilote, tal proceso de corrosión aun no es evidente; sin embargo, considerando que las varillas están expuestas a cloruros por la salinidad del agua, solo es cuestión de tiempo para que estas se vean afectadas; siempre y cuando dentro de los parámetros de diseño no se haya usado algún inhibidor de corrosión.

En caso de generarse corrosión en las varillas, acompañado del deterioro acelerado del concreto y a la exposición sísmica de todo el perfil costero de nuestro país; a un largo plazo es muy probable a que los pilotes fallen por esfuerzos corte, aumentando el riesgo a los usuarios del Mirador. El material cortopunzante presente bajo la estructura también representa un peligro para los usuarios de la playa en bajamar, en especial para los niños quienes por efecto del oleaje pueden ser arrastrados por debajo de la estructura y sufrir alguna lesión. Notaron también la presencia de usuarios de la playa subidos en la base del Mirador (Ver Ilustración 60), mismos que están expuestos a la fuerza del oleaje durante la pleamar, cabe resaltar que durante esta fase de marea las olas rompen sobre la estructura, lo cual implica riesgo en la integridad de los usuarios.

En general, todos coincidieron que las afectaciones sobre la estructura serían considerables a largo plazo.

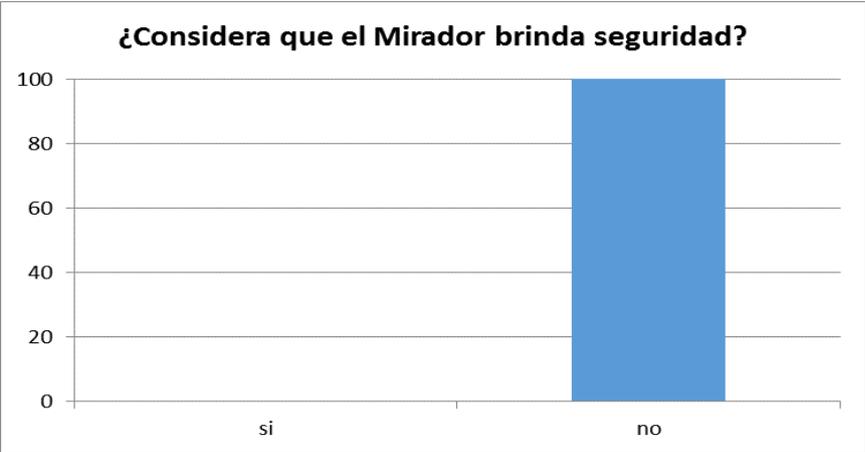


Ilustración 59.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 2



Ilustración 60.- Foto: Usuarios del Malecón subidas en las bases del Mirador

Pregunta 3.- ¿Cuál cree que sería la principal causa de la afectación?

Las principales causas que mencionaron fueron: Factores Constructivos o errores en el diseño del hormigón y Factores Ambientales, principalmente el impacto de las olas y la salinidad. El 80% consideró que la principal causa de la ruptura del hormigón es debido a que este no se encuentra diseñado para estar expuesto a la salinidad de los ambientes marinos.

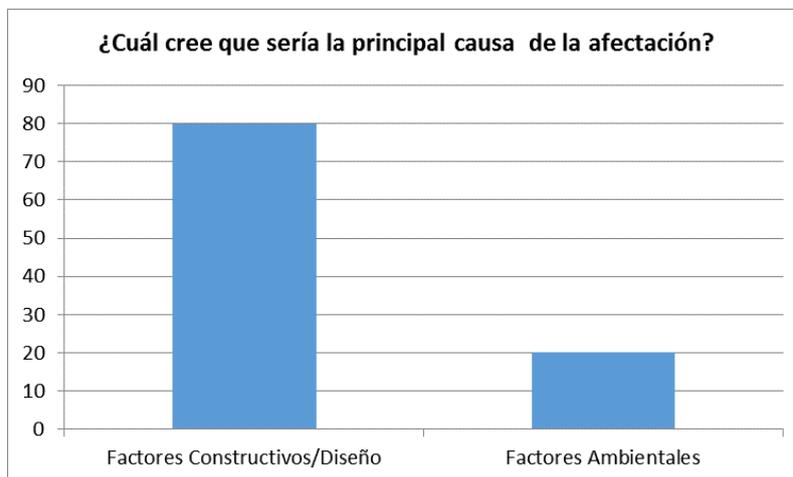


Ilustración 61.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 3

Pregunta 4.- ¿Qué recomendación de remediación daría para preservar el Mirador?

El 80% de los entrevistados recomendaron el uso de inhibidores de corrosión tales como: aditivos agregados al hormigón (Carboxilato de amina) o de tratamiento

superficial (recubrimiento epóxico aplicable a estructuras de hormigón existentes); sin embargo, estas opciones pueden no ser suficientes para remediar el daño observado, puesto que las grietas que se observan en el concreto tal vez han permitido el ingreso de agua salina al interior del pilote. Tal afectación no se aprecia a simple vista y su solución es muy compleja. El 20% restante dio un punto de vista interesante, indicando que la estructura debe ser removida de la playa; puesto que es lo mejor para el ecosistema, y no se invertiría costos por mantenimiento a la estructura.

Es importante mencionar que previo a la aplicación de cualquier recomendación, se sugirió realizar estudios de laboratorio o en campo sobre las áreas afectadas, uno de ellos es verificar la resistencia del hormigón que debería ser 450 kg/cm^2 , esto se realiza a través de un ensayo esclerométrico.



Ilustración 62.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 4

Pregunta 5.- ¿Considera que el Mirador debe ser protegido?

El 60% recomendó que la construcción sí debe ser salvaguardada por una obra de protección costera localizada, como un enrocado alrededor del Mirador; no obstante, este tipo de obras tienen un alto costo y su construcción implicarían perturbaciones positivas o negativas en la playa. El 40% restante mencionó que no es necesaria la construcción de una obra de protección dado que al realizar obras de este tipo se ingresa en un ciclo repetitivo en el que se requiere de otra obra para contrarrestar el impacto que pudiera generar.

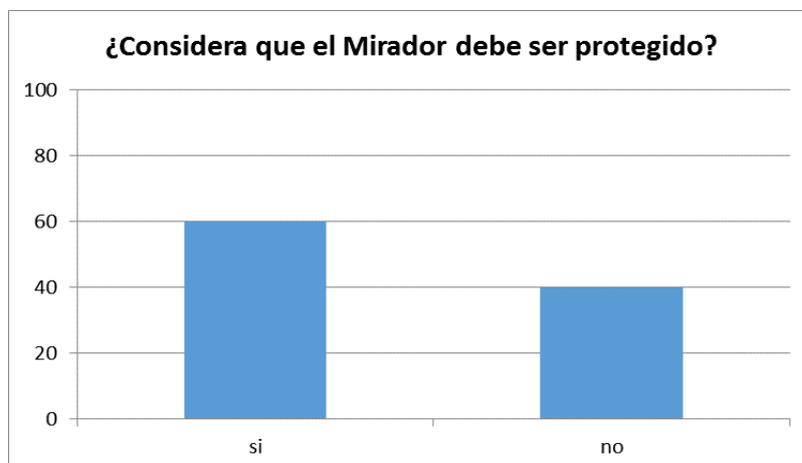


Ilustración 63.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 5

Pregunta 6.- ¿Considera que el Mirador puede generar cambios en la playa?

El 60% mencionó que la presencia del Mirador en la zona intermareal no puede generar cambios considerables en la playa de Ballenita; sin embargo, esta opinión fue dada netamente por ingenieros civiles y estructurales. El 40% restante, ingenieros en costas y oceanógrafos, exponen que toda estructura que interfiera en la dinámica natural de la playa produce cambios en la misma. Mencionan también que, para el caso en específico de Ballenita los cambios serían localizados dadas las características que presenta la estructura.



Ilustración 64.- Porcentaje de Respuestas de Pregunta 6

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Características de litorales

Los resultados obtenidos muestran que el periodo de olas se conservó alrededor de los 15 segundos en todas las estaciones, periodo frecuente para las costas ecuatorianas (Vera & Marín, 2015; Vera et al, 2009). La corriente litoral se mantuvo en dirección norte con una intensidad media de 0.12 m/s y magnitud poco variante entre estaciones. La velocidad registrada fue menor a la obtenida por Sánchez (2011b), con un valor promedio de 0.17 m/s.

Considerando un oleaje proveniente del sur-oeste (dirección del oleaje predominante en aguas profundas), los resultados de alturas de olas obtenidos en el presente estudio y por Sánchez (2011b), coincidieron en que la zona norte de la playa las olas tienen mayor altura respecto a las medidas en la zona sur. La energía de onda es directamente proporcional a la altura de ola según U S Army Corps Of Engineers (2002) lo que nos brinda una idea de la distribución de energía en la playa, donde las zonas más energéticas presentan altura de olas mayores (zona norte Ballenita). (Ver Ilustración 65).

La relación entre la energía de la onda y la pendiente de playa es inversa (Kemp, 1960; Stanica & Ungureanu, 2010). Las pendientes más tendidas se dan en zonas de mayor energía y gradualmente van tomando un perfil más empinado hacia zonas de menor energía. Las variaciones de las pendientes en los perfiles medidos a lo largo de la playa de Ballenita obedecen la relación pendiente-energía mencionada anteriormente, en la cual las pendientes de los perfiles disminuyen de sur a norte y se encuentran clasificadas entre moderadas (de P00 a PM) y empinadas (de P02 a P06) tal como indica (US Army Department of Training and Doctrine Command, 1993).

Zonas Energéticas de Ballenita

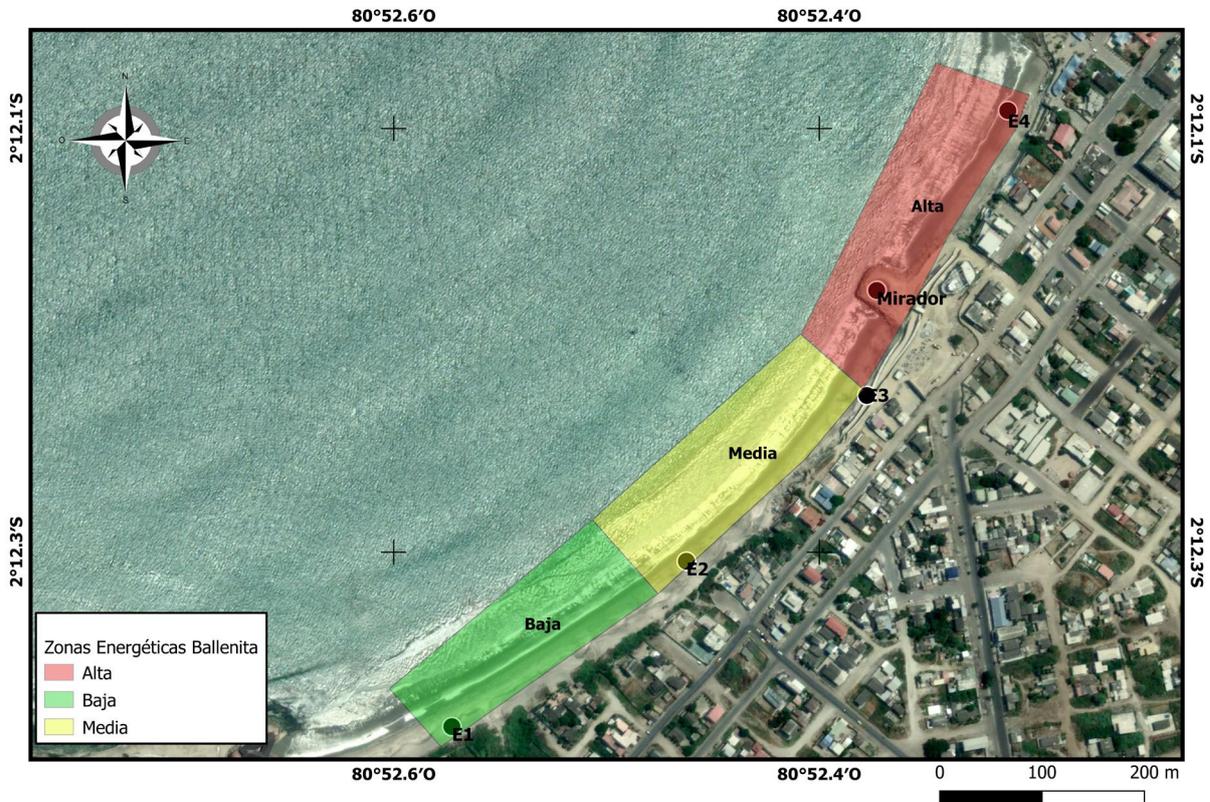


Ilustración 65.- Zonificación de secciones energéticas, en la playa de Ballenita, según la altura de ola recibida y pendientes.

La capacidad de transporte de sedimento estimada mediante el método de Komar, establece que la estación E4 (zona norte) puede trasladar mayor cantidad de volumen de sedimentos respecto a las demás estaciones, también se evidenciaron tendencias erosivas entre las estaciones E2-E3 y E3-E4 según los resultados del presente trabajo y de Sanchez (2011b).

El tipo de olas predominante observado en la playa Ballenita en la zona sur son tipo Surging, a diferencia de la zona norte donde predominan olas tipo Spilling y Plunging. Respecto al tamaño de grano promedio (D_{50}), en la zona sur, el sedimento era de mayor tamaño e igual a 0.36 mm mismo que va disminuyendo gradualmente hacia la zona norte donde el tamaño del grano fue de 0.23 mm. Considerando lo expuesto por (FAO, 2009) y los resultados del presente estudio podría concluirse que la naturaleza

del área sur de la playa es reflectiva, mostrando tendencia a playa disipativa hacia el norte.

El parámetro de Dean en ambas fases de marea indicó un estado reflectivo de la playa, dado que ($\Omega < 1$) Dean (1983). Otros autores como (Klein & Menezes, 2001) indican que las características obtenidas en el presente trabajo son indicativas de playas reflectivas, incluso la presencia de cúspides a lo largo de la playa.

Se evidenció la presencia de cúspides (sucesión de bahías y promontorios de pequeña escala) ocupando en promedio 750 metros de la playa (con una distancia promedio entre cúspides de 50 metros) desde aproximadamente el perfil P05 hasta la punta norte de la playa, las cuales son más evidentes durante la pleamar. La formación de cúspides se da predominantemente en playas con características reflectivas, que transportan sedimento de forma local según exponen (Antia, 1989; Holland, 1998); es decir, que el sedimento movido se distribuye dentro de la playa. Sin embargo, tomando en cuenta que no se registraron corrientes de resaca y la formación de cúspides hasta la punta norte de la playa durante el periodo de medición; se puede deducir que existen tendencias erosivas del tramo comprendido entre P00 y P05, cuyo sedimento posiblemente se esté depositando en el extremo norte de la playa o bien saliendo de la ensenada.

Coco (2004) aclara que las cúspides están asociadas a playas más empinadas con sedimentos de grano grueso lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo, dado que en la zona sur de la playa donde la formación de cúspides es más notoria tanto el tamaño de grano como la pendiente del frente de playa era mayor que la zona norte del área de estudio.

De manera general los resultados de perfiles de equilibrio de Dean se muestran por encima de los perfiles medidos (sin importar la fase de marea), un indicativo de erosión; no obstante, este resultado no es concluyente, ya que no se han realizado análisis similares anteriormente en el lugar de estudio y se desconoce el comportamiento de la playa durante un régimen del oleaje proveniente del NO.

En este trabajo se determinó predictores del comportamiento de playas basados en el número de Dean según indica Garcia-Ramos (2003), tales resultados muestran que la playa de Ballenita es propensa a sufrir procesos erosivos, lo que a su vez guarda relación con la presencia de Cúspides y los perfiles de equilibrio de Dean obtenidos.

4.2 Entrevistas

Las entrevistas realizadas en el presente trabajo resaltaron varios aspectos negativos acerca del estado del Mirador dentro de los que se destacan: exposición de varillas a la intemperie y su corrosión por cloruros, desgaste del concreto de los pilotes del Mirador, presencia de material cortopunzante debajo de la base de este, losa del cabezal con granulometría diferente. A pesar de ello, también se recalcó que la idea de desarrollar y promover el turismo y la economía de Ballenita es muy buena.

(Halvorsen et al., 1993 ; Construmática, 2010 ; Sika Schweiz AG, 2009) concuerdan que la corrosión de armaduras en el hormigón armado es uno de los daños más frecuentes en estructuras. Tal proceso se manifiesta mediante el descascamiento del hormigón de forma longitudinal o puntual , dejando las armaduras próximas a la superficie sin protección, por lo que con el tiempo (corto o largo plazo) al estar expuestas a la intemperie quedan recubiertas por una película de óxido generando que estas pierdan su resistencia.

En la actualidad se conocen varias opciones de protección contra corrosión, tales como: selladores, sobrecapas encima del hormigón, armaduras recubiertas, aditivos inhibidores de la corrosión y protección catódica Halvorsen et al. (1993) ; sin embargo, de los resultados de las entrevistas realizadas en este proyecto la opción más sugerida fue aditivos inhibidores de corrosión y protección catódica, de los que se destacan el Carboxilato de amina y Adipox 904 según sugerencias de los expertos entrevistados. Si bien es cierto, las especificaciones de diseño del Mirador cumplen con los requisitos de la NEC, a pesar de ello se ha observado un deterioro acelerado de las secciones de los pilotes expuesta a la dinámica del oleaje, posiblemente debido a la ausencia de análisis

de las condiciones de exposición de la estructura (dinámica del oleaje y las mareas acompañado de la presencia de cloruros sobre la estructura).

Las condiciones de exposición a las que está expuesta una obra deben ser identificadas previo a la realización de las mismas, en especial aquellas construidas en zonas costeras que están sujetas a peligros naturales como: inundaciones, fuerza de las olas, erosión, fuertes vientos, terremotos (FEMA b, 2011). Esto a su vez también requiere de una evaluación precisa de la vulnerabilidad y de las amenazas, ya que si no se analizan correctamente se podría tener graves consecuencias. Es importante aclarar que dentro de los términos de referencia del Proyecto del Malecón de Ballenita del GAD de Santa Elena no se encontró ningún estudio básico de oceanografía.

Otro resultado importante de las entrevistas realizadas es sobre la seguridad que brinda la estructura actualmente, en su mayoría los entrevistados detallaron en el corto plazo los efectos del deterioro de los pilotes no serían preocupantes; sin embargo, de no aplicar medidas correctivas en el largo plazo: la corrosión en las varillas, el deterioro acelerado del concreto, en conjunto con la exposición sísmica de todo el perfil costero de nuestro país promueven que los pilotes de la estructura sean susceptibles a fallar por esfuerzos corte, aumentando el riesgo a los usuarios del Mirador. Es importante resaltar que el material que forma parte de la losa llamó la atención de los entrevistados, pues consideran que la composición granulométrica que se observa no es la adecuada, además de que no es estético.

4.3 Discusión Mirador - Playa

Teniendo una visión global de todos los procesos que ocurren en la playa de Ballenita en el periodo de medición, junto a los puntos de vista dados por los profesionales entrevistados, se puede evaluar la situación actual del Mirador y su influencia en la playa. Como se había expuesto anteriormente, la zona norte de la playa presenta características más energéticas y erosivas que el resto de la misma, el Mirador de Ballenita se encuentra justo en la zona norte (ver Ilustración 65). Esta es tal vez, una

de las causas de que el Mirador se vea afectado en tan poco tiempo, sumado a aparentes fallas en el diseño del hormigón.

No se puede afirmar qué sucederá en la playa, dado que el tiempo durante el que se realizó este trabajo fue muy corto, y para plantear posibles escenarios con mayor precisión se requiere de más tiempo de mediciones y un monitoreo continuo. No obstante, con lo analizado en este proyecto se puede inferir lo siguiente:

- Al mantenerse tendencias erosivas en la zona norte, se prevé que con el tiempo el transporte de sedimentos exponga aún más los pilotes de la base del Mirador aumentando el contacto con el medio marino y pudiendo romper aún más el concreto, además de que el proceso de corrosión se vería acelerado.

- La estructura no ha generado cambios significativos en la playa, a pesar de ello, de forma local si lo ha generado. Esto se identificó cuando se realizaron los perfiles de playa, el perfil del mirador (PM) en promedio mostró tendencias para acumular sedimentos. La estructura de forma localizada actúa como un rompeolas, generalmente detrás de un rompeolas se forman tómbolos.

Es importante resaltar que, sin importar el escenario, las medidas correctivas que requiere la estructura son necesarias.

Considerando el análisis de resultados de secciones previas (características litorales y encuestas) también se ha notado que el problema encontrado en la estructura se debe probablemente a que se realizó una obra sin identificar el riesgo a la que está expuesta por mínimo que este parezca. El océano es dinámico, siempre cambiante y su fuerza no debe ser subestimada. El desconocimiento de la influencia del oleaje en la playa, incomprensión de las fuerzas dinámicas a las que están expuestas las obras costeras (obras construidas en la zona intermareal), además de la limitada capacidad técnica para la toma de decisiones de ingeniería costera en municipios son probablemente las principales causas por las cuales estructuras costeras fallan. Es por ello, que este

trabajo propone como aporte a la sociedad, una metodología sencilla que permita a los tomadores de decisiones trabajar en zonas costeras.

El proceso de diseño tomado de (FEMA c, 2011) incluye una consideración de los tipos de peligros naturales que ocurren en el área donde se ubica el sitio de construcción y los elementos de diseño que permiten que un obra resista efectivamente los potenciales daños de los peligros naturales.

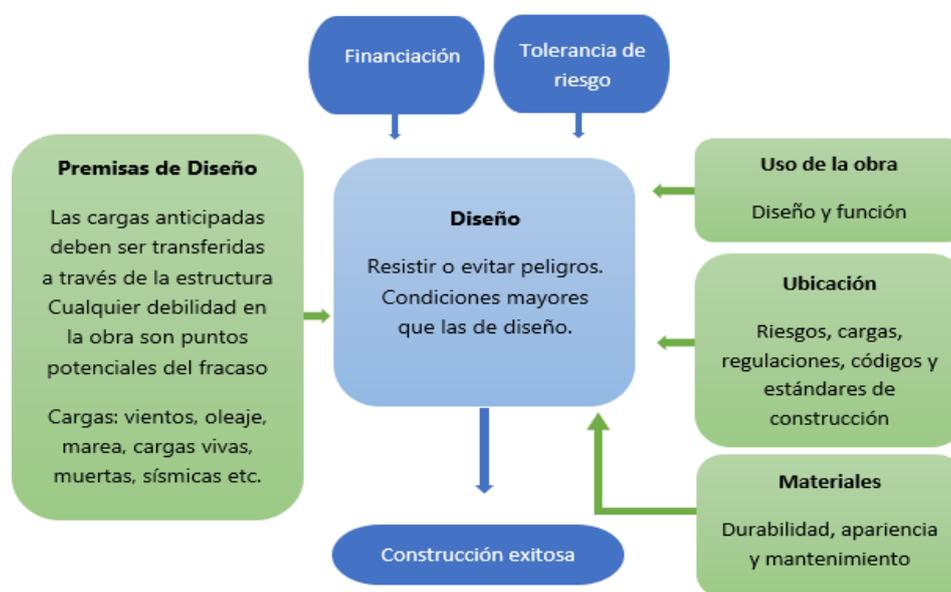


Ilustración 66: Diseño del marco referencial para una obra costera exitosa, incorporando costo, tolerancia al riesgo, uso, ubicación, materiales y resistencia a los peligros reformado de (FEMA c, 2011).

Si bien es cierto esta metodología planteada no describe todas las combinaciones de cargas, tipos de materiales, formas y funciones de obras, zonas de peligro y elevaciones aplicables al diseño en el entorno costero. El diseñador debe aplicar el juicio de ingeniería a una gama de problemas que se encuentran en este ambiente. Además, un buen diseño por sí solo no es suficiente para garantizar una estructura de alta calidad. Si bien el diseño de componentes de una obra para soportar cargas específicas del sitio es importante, un enfoque holístico que también incluya buenas prácticas de construcción, inspección y mantenimiento puede llevar a una estructura más resistente (FEMA c, 2011).

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el presente estudio se determinaron características litorales mismas que permitieron identificar una distribución de energía irregular a lo largo de la playa de Ballenita, siendo la zona sur menos energética que la zona norte. Esto se puede comprobar con las Alturas de Olas observadas (más altas en la zona norte) y con la variación de las pendientes de los perfiles medidos (menor pendiente en la zona norte). A partir de estas variables, además de la distribución del tamaño de grano del sedimento en cada perfil y del número de Dean, se pudo clasificar la misma; siendo la zona comprendida entre el perfil P06 y P05 con características reflectivas, la zona entre P05-P03 con tendencias reflectivas y la zona de P03 a P00 con tendencias disipativas. También se determinó que el oleaje es el proceso que domina la morfología de la playa de Ballenita.

Esta distribución de energía concuerda con la ubicación y la alineación de la ensenada de Ballenita, siendo protegida por la Punta de Santa Elena en la zona sur de un oleaje proveniente del SO. Sin embargo, existe otro régimen de oleaje proveniente del NO de mayor energía al cual Ballenita se encuentra completamente expuesto, y se desconoce el comportamiento de la playa durante este régimen. Es por ello que se recomienda ampliar el periodo de mediciones de forma continua por lo menos un año, abarcando ambos regímenes de oleaje, y poder tener una mejor idea de los procesos que influyen en esta playa.

El análisis de perfiles de playa ayudó a comprender el comportamiento transversal de la playa durante las fases de marea de cuadratura y sicigia. Tomando en consideración el perfil de equilibrio de Dean calculado según las características de la playa de Ballenita, se determinó que todos los perfiles son erosivos, sin importar la fase de marea, el único perfil que se mantuvo por encima del perfil de equilibrio corresponde al perfil del Mirador (PM). Los perfiles

de playa medidos también fueron la base para determinar el tipo de pendientes que caracterizaba la playa entre empinadas y moderadas.

Basándose en los resultados de perfiles de Dean, número de Dean, transporte litoral y a los predictores del comportamiento de la playa; se identificaron los estados morfodinámicos de la misma y las tendencias erosivas en la zona norte de la playa, zona donde en la actualidad se encuentra en Mirador de Ballenita.

De manera general, no se ha evidenciado que el Mirador haya afectado en gran medida la dinámica natural de la playa; por lo que se recomienda continuar el monitoreo de los perfiles por al menos un año, ya que para percibir cambios considerables en la morfología de la misma, se requiere de más tiempo. Es aconsejable realizar como mínimo una medición por fase de marea (sicigia y cuadratura) cada dos meses durante un año.

En el periodo de medición se evidenciaron irregularidades preocupantes en las bases del Mirador (ruptura del concreto de los pilotes y exposición de las varillas al medio marino); razón por la cual se realizaron entrevistas a profesionales en el tema. De las respuestas obtenidas se destaca que estas irregularidades se deben a dos posibles causas: factores ambientales y factores constructivos. Factores ambientales debido a que el Mirador se encuentra dentro de la zona más energética de la playa y a la salinidad del ambiente. Factores constructivos por problemas inherentes al diseño del hormigón de la base del Mirador y los pilotes.

Se recomienda llevar a cabo medidas inmediatas para enmendar el estado de las varillas de los pilotes con la aplicación de aditivos de protección catódica (Carboxilato de amina y Adipox 904) con su posterior mantenimiento, también se debe considerar el riesgo que representa el material cortopunzante bajo la estructura. Según los expertos consultados la sugerencia planteada no prolongaría en gran medida el tiempo de vida útil de la estructura (aproximadamente 10 años) que ya se encuentra afectada. Adicional a esto, se

recomienda la construcción de una obra complementaria de protección como un enrocado, sin embargo, esta propuesta sí alteraría en mayor medida la dinámica de la playa, aumentando las tendencias erosivas de la zona norte y en la estética de la playa. Previo a la realización de cualquier medida de remediación, se debe realizar estudios de laboratorio para conocer las propiedades actuales del hormigón, esto mediante el martillo esclerométrico.

Además, considerando el daño observado en el Mirador en el poco tiempo de inaugurada, se plantea como otra posible solución el retiro de la estructura de la zona intermareal, solución extrema, pero vista desde un enfoque ecosistémico; ya que el mar es un ambiente muy dinámico y en el largo plazo deterioraría aún más la estructura, poniendo en riesgo la integridad de la misma y de sus usuarios.

5.2 Recomendaciones

La metodología usada permite tener buenos indicios del comportamiento de la playa, por lo que se recomienda a los municipios o a cualquier entidad interesada en realizar una obra en la zona costera emplearla como parte de un estudio mínimo para el diseño (Ver Anexo 7.1).

Monitoreo constante para recabar más información sobre la dinámica de la playa, con la finalidad de obtener una base de datos confiable para ser aplicados en modelos numéricos para el diseño de obras costeras.

El perfil de equilibrio de Dean es una herramienta útil en el análisis de las tendencias erosivas o acresivas de las playas, por lo que se recomienda su aplicación en Programas de Manejo de Recursos Costeros y Ordenamiento Territorial.

Se recomienda aumentar la seguridad en el malecón, para controlar que los usuarios no se suban en las bases del Mirador, lo cual es un riesgo principalmente en marea alta.

Por último, evitar las construcciones en la zona, ya que alteran las condiciones naturales de las playas; tienen un alto costo de construcción, protección y mantenimiento; y están altamente expuestas a eventos naturales que pueden ocurrir en el país como tsunamis y eventos ENSO.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, C., & Zorrilla, S. (2007). *Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación*. Retrieved from <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Equidad-Desarrollo-Social/40.pdf>
- Andrade, F., & Ferreira, M. A. (2006). A Simple Method of Measuring Beach Profiles. *Journal of Coastal Research*, 22(4), 995–999. <https://doi.org/10.4319/lo.1961.6.1.0090>
- Antia, E. E. (1989). Beach cusps and beach dynamics: A quantitative field appraisal. *Coastal Engineering*, 13(3), 263–272. [https://doi.org/10.1016/0378-3839\(89\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0378-3839(89)90052-5)
- ASTM-International. (2001). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates ASTM C136-01. <https://doi.org/10.1520/C0136-01>
- Bannister, A., & Raymond, S. (1984). *Técnicas modernas en topografía*.
- Bernabeu-Tello, A. M., Muñoz-Pérez, J. J., & Medina-Santamaría, R. (2002). Influencia de un sustrato rocoso en la morfología del perfil de playa: Playa Victoria, Cádiz. *Ciencias Marinas*, 28(2), 181–192. <https://doi.org/10.7773/cm.v28i2.215>
- Boon, J. D., & Green, M. O. (1951). *Caribbean beach-face slopes and beach equilibrium profiles abstract*. *Coastal Engineering Proceedings* (Vol. 1). Council on Wave Research, the Engineering Foundation. Retrieved from <https://journals.tdl.org/icce/index.php/icce/article/view/4327/4008>
- CERC. (1984a). Chapter 1, Introduction to Coastal Engineering. *Shore Protection Manual*, 1(4th edition), 337. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.47830>
- CERC. (1984b). Chapter 4, Littoral Processes. *Shore Protection Manual*, 1(4th edition), 1–208.
- Coco, G. (2004). The role of tides in beach cusp development. *Journal of Geophysical Research*, 109(C4), C04011. <https://doi.org/10.1029/2003JC002154>
- Construmática. (2010). Corrosión de Armaduras en el Hormigón Armado | Construpedia, enciclopedia construcción. Retrieved January 30, 2019, from https://www.construmatica.com/construpedia/Corrosión_de_Armaduras_en_el_Hor

migón_Armado

- Cornejo-Rodriguez, M. D. P., & Enfield, D. B. (1987). Propagation and forcing of high-frequency sea level variability along the west coast of South America. *Journal of Geophysical Research*, 92(C13), 14323. <https://doi.org/10.1029/JC092iC13p14323>
- Cornejo R. de Grunauer, M. P. (1998). Dimensión humana de las aplicaciones de la variabilidad climática: el caso del complejo climático de convergencia tropical (C3T). *Bulletin de l'Institut Français d'études Andines*, 27(3). <https://doi.org/10.4090/juee.2009.v3n2.073083>
- Cucalon, E. (1987). Oceanographic variability off Ecuador associated with an El Niño event in 1982-1983. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 92(C13), 14309–14322. <https://doi.org/10.1029/JC092iC13p14309>
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica* (4ta ed.).
- Dean. (1977). *Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coasts - Robert G. Dean - Google Libros*. (Center for Applied Coastal Research, Ed.) (12th ed.). Delaware. Retrieved from https://books.google.com.ec/books/about/Equilibrium_Beach_Profiles.html?id=_bMRywAACAAJ&redir_esc=y
- Dean. (1983). *Shoreline erosion due to extreme storms and sea level rise*. Retrieved from http://aquaticcommons.org/1473/1/Dean_Shoreline.pdf
- Dean, R. G., & Galvin, C. J. (1976). Beach erosion: Causes, processes, and remedial measures. *C R C Critical Reviews in Environmental Control*, 6(3), 259–296. <https://doi.org/10.1080/10643387609381643>
- Delgado, I., & Lloyd, G. (2004). A Simple Low Cost Method for One Person Beach Profiling. *Journal of Coastal Research*, 204(September 2004), 1246–1252. <https://doi.org/10.2112/03-0067R.1>
- Emery, K. O. (1961). A simple method of measuring beach profile, 90–93.
- Engineers, U. S. A. C. O. (2002). Coastal Engineering Manual. *Coastal Engineering Manual*, (August 2001), 1–62. <https://doi.org/10.1093/intimm/dxs026>
- Escobar, J., Francy, Y., & Bonilla-Jimenez, I. (2017). *Grupos focales: una guía conceptual y metodológica*. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología cuadernos hispanoamericanos de psicología* (Vol. 9). Retrieved from http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/957/Gupos_focales

- una guía conceptual y metodológica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FAO. (2009). Playas de arena. *Dinara*.
- Felices, A. R. (2000). *Introducción a la Hidraulica fluvial. Universidad Nacional de Ingeniería* (1st ed.). Peru.
- FEMA a. (2011). Introduction. In *Coastal Construction Manual* (pp. 1–12).
<https://doi.org/10.1360/zd-2013-43-6-1064>
- FEMA b. (2011). Identifying Hazards. In *Coastal Construction Manual* (pp. 1–72).
- FEMA c. (2011). Pre-Design Considerations, Chapter 3. In *Coastal Construction Manual* (pp. 1–28).
- GAD Santa Elena. (2014). *Modelo de pliego de los procedimientos de contratación de obras: licitación* (Vol. 1).
- Galvin, C. J. (1972). A gross Longshore Transport Rate formula, (December).
- Garcia-Ramos, S. (2003). Cambios Del Perfil De Playa Inducidos Por El Transporte Transversal. *Predicción de Los Cambios En El Perfil de Playa Mediante Parámetros Simples*, 3–38.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-Cantón Santa Elena 2014-2019*.
- González, T. (2018). *Estudio de impacto ambiental expost de un sector del malecón de ballenita*. Santa Elenea, Ecuador.
- Halvorsen, G. T., Barlow, P., Fowler, D. W., Barth, F., Hansen, W., Boggs, H. L., ... Liu, T. C. (1993). Causas , Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón Informado por el Comité ACI 224. *Energy*.
- Holland, K. T. (1998). Beach cusp formation and spacings at Duck, United States. *Continental Shelf Research*, 18(10), 1081–1098. [https://doi.org/10.1016/S0278-4343\(98\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0278-4343(98)00024-7)
- Kang, S. K., & Bodenhausen, G. V. (2015). Multiple Identities in Social Perception and Interaction: Challenges and Opportunities. *Annual Review of Psychology*, 66(1), 547–574. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015025>
- Kemp, P. H. (1960). THE RELATIONSHIP BETWEEN WAVE ACTION AND BEACH PROFILE CHARACTERISTICS THE RELATIONSHIP BETWEEN WAVE ACTION AND, (2), 262–277.
- Kitzinger, J. (1995). Qualitative research. Introducing focus groups. *BMJ (Clinical*

- Research Ed.*), 311(7000), 299–302. <https://doi.org/10.1136/BMJ.311.7000.299>
- Klein, A. H. da F., & Menezes, J. T. de. (2001). Beach Morphodynamics and Profile Sequence for a Headland Bay Coast.
- Komar, P. D., & McDougal, W. G. (1994). The Analysis of Exponential Beach Profiles. *Journal of Coastal Research*, 10(1). Retrieved from <http://journals.fcla.edu/jcr/article/view/79109>
- Kraus, N. C. (1998). Engineering approaches to cross-shore sediment transport processes, 1–35.
- LA PRIMERA. (2016). Gad municipal de santa elena inicia construcción del malecón de ballenita. Retrieved October 6, 2018, from <http://www.periodicolaprimera.com/2016/05/gad-municipal-de-santa-elena-inicia.html>
- Matus Lazo, I., & Blanco Rodríguez, M. (2015). Clasificación unificada de suelos (SUCS). Retrieved from <https://vdocuments.mx/sistema-unificado-de-clasificacion-de-suelos-559ca31799aa9.html>
- Mayan, M. (2001). *Módulo de entrenamiento para estudiantes y profesionales una introducción a los métodos cualitativos: una introducción a los métodos cualitativos*. Mexico. Retrieved from <http://www.ualberta.ca/~iiqm//pdfs/introduccion.pdf>
- Ministerio de Turismo. (2007). Diseño del plan estratégico de desarrollo de turismo sostenible para Ecuador “PLANDETUR 2020.”
- Ministerio del Ambiente. (2000). ACUERDO MINISTERIAL No. 061 (Vol. 11, pp. 287–301).
- Morgan, D. L. (1996). Focus Groups. *Annual Review of Sociology*, 22(1), 129–152. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.22.1.129>
- Mosquera, Y. M., Montoya, C. G., & Barrera, D. S. (2015). Análisis del comportamiento de los perfiles de playa por efectos de estructuras costeras construidas para mitigar el problema de erosión. caso de estudio: zona nororiental de la isla de tierrabomba en el distrito de Cartagena. *Universidad de Cartagena*.
- Myers, G. (1998). Displaying opinions: Topics and disagreement in focus groups. *Language in Society*, 27(01), 85–111. <https://doi.org/10.1017/S0047404500019734>
- NASA. (2005). Ocean Motion : Background :Types of Tides. Retrieved October 7, 2018,

- from <http://oceanmotion.org/html/background/tides-types.htm>
- National Geographic. (2010). El aumento del nivel del mar | National Geographic. Retrieved October 14, 2018, from <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/el-aumento-del-nivel-del-mar>
- NOAA. (2018). Tides & Great Lakes Water Levels - NOAA Tides & Currents. Retrieved October 7, 2018, from https://tidesandcurrents.noaa.gov/water_level_info.html
- Noaks, L., & Wincup, E. (2004). *Criminological research: understanding qualitative methods*. SAGE. Retrieved from https://books.google.com.ec/books/about/Criminological_Research.html?id=oGIJN JbAwywC&redir_esc=y
- Peña Juárez, R. G. (2015). *Análisis de la situación actual del área del Malecón de Ballenita para el diseño de un plan de promoción turística de la parroquia Ballenita*.
- Plattner, H. (2013). An introduction to Design Thinking. *Institute of Design at Stanford*, 1–15. https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6182-7_1
- Pourrut, P. (1983). Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos. *Los Climas Del Ecuador*, 7–41. Retrieved from <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:21848>
- Powell, R. A., & Single, H. M. (1996). *Focus Groups*. Retrieved from <https://academic.oup.com/intqhc/article-abstract/8/5/499/1843013>
- Prefectura Santa Elena. (2018). Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena (misión y visión). Retrieved October 6, 2018, from <http://www.santaelena.gob.ec/>
- Rosati, D., & Kraus, N. C. (1999). Sediment Budget Analysis System (SBAS), (September), 1–14.
- Sánchez-Cortez, J. L. (2010). *Manejo sustentable de puntos de interés geoturísticos (pigt), sobre la base de la caracterización y evaluación , en la Península de Santa Elena* . <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12832.07689>
- Sanchez, E. (2011a). ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LA PROTECCIÓN COSTERA DE BALLEENITA(ESTUDIO DE SUELOS E INFORME GEOTÉCNICO).
- Sanchez, E. (2011b). Estudios para el diseño de la protección costera de Ballenita – Cantón Santa Elena.
- Sánchez, E. (2014). Diseño De Las Obras De Protección Costera Del Malecón De La

- Libertad, Provincia Del Guayas. *ESPOL*, (May).
- Santamaria, J., & Sanz, T. (2005). *Manual de prácticas de topografía y cartografía*. Logroño, La Rioja, España: Universidad de la Rioja. <https://doi.org/ISBN:84-689-4103-4>
- Santisbón, E. H., & González, N. K. R. (2012). Sedimentadores. *Instituto Tecnológico de Veracruz*, 0–91.
- Schneider, C. (1981). The Littoral Environment Observation (LEO) Data Collection Program. *Science (New York, N.Y.)*, 82(11), 24pp. <https://doi.org/10.1126/science.164.3879.590>
- Sika Schweiz AG. (2009). *La Reparación y Protección del Hormigón Armado con Sika, De Acuerdo con las Normas Europeas UNE-EN 1504*. Retrieved from <https://www.rodriquezros.com/wp-content/uploads/2015/09/REPARACION-Y-PROTECCION-DEL-HORMIGON-ARMADO-NORMA-UNE-EN-1504.pdf>
- Stanica, A., & Ungureanu, V. G. (2010). Understanding coastal morphology and sedimentology. *Curriculum in Natural Environmental Science*, 88(January 2010), 105–111.
- Suarez, J. (2001). Cap 14: Estructuras Marinas. In *Control de Erosion en Zonas Tropicales* (p. 545).
- US Army Department of Training and Doctrine Command. (1993). *Army Water Transport Operations - Chap 11:Beach and Weather Characteristics*. Retrieved from <https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/55-50/Ch11.htm>
- Vera, L. (2000). Análisis de los procesos costeros en La Libertad. *Acta Oceanográfica Del Pacífico, INOCAR*. Retrieved from http://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta10/OCE1001_6.pdf
- Vera, L., Lucero, M., & Mindiola, M. (2009). Caracterización oceanográfica de la costa central ecuatoriana entre la punta del morro y jaramijó, ecuador. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 15(1).
- Vera, L., & Marín, S. (2015). Clima de olas en la zona ecuatorial con información satelital. *Acta Oceanográfica Del Pacífico, INOCAR*, 20(1). Retrieved from https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta20/OCE20_4.pdf

- Villamandos. (2014). ¿Qué es un nivel topográfico? Retrieved from <http://topografia2.com/que-es-un-nivel-topografico/>
- Wright, L., May, S., Short, A., & Green, M. (1985). Beach and Surf Zone Equilibria and Response Times. In *Coastal Engineering 1984* (pp. 2150–2164). New York, NY: American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780872624382.145>
- Yagual Solano, J. G. (2015). *Rescate y puesta en valor turístico de las actividades culturales de la parroquia Ballenita cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, año 2015*.
- Zetina, M. C. E., Sánchez, P. I., Osorio, R. H., Mariño, T. I., Ch, C., & Cauich, R. J. (2008). Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México. *Ingeniería 12-3*, 12(3), 15–32.

7. ANEXOS

7.1 Pasos a considerar previo a la construcción de cualquier obra en la zona de playa:

- 1) Consultar o Contratar a profesionales en temas costeros como Oceanógrafos o Ingenieros en Costas.
- 2) Mediciones en Campo
 - A. Definir los puntos de observación (al menos tres), con una distancia máxima entre estaciones de 300 metros. Se recomienda que en la zona circundante al proyecto a realizar las estaciones estén más próximas.
 - B. Definir las transectas para mediciones perfiles de playa (al menos seis), con una distancia máxima de hasta 300 m. Hacer énfasis en la zona circundante al proyecto a realizar.
 - C. En cada punto de observación realizar mediciones de características litorales como: altura y tipo de olas, periodo, ángulo de aproximación del oleaje, alineación de la playa respecto al Norte, ancho de zona sur, distancia de línea de playa a rompiente, corriente litoral, magnitud y dirección de vientos; empleando la metodología planteado en este trabajo. (entre bajamar y pleamar), cada hora.
 - D. En cada transecta realizar mediciones de perfiles de playa por cualquiera de los métodos mencionados en el Capítulo 2 (Andrade, Emery o Teodolito), desde un punto de referencia definido hasta al menos la zona de rompiente. Este paso debe realizarse en bajamar.
 - E. En cada transecta recolectar muestras de arena en las zonas correspondientes a bajamar, pleamar y una zona intermedia.
 - F. Efectuar los puntos C, D y E durante al menos una sicigia y una cuadratura durante 3 días seguidos, cada 2 meses, en un tiempo mínimo un año.
 - G. En función de estas observaciones, usar los predictores de comportamiento de playa, parámetro de Dean, y cálculo de Transporte Litoral para la determinación de tendencias erosivas o sedimentarias.
- 3) Análisis de estas tendencias, para el desarrollo y toma de decisiones en playas.

7.2 Script de descarga de datos de WAVEWATCH III con Matlab

```
% Script para descarga de datos Oceanográficos - WaveWatch III
%Acceder a la base de datos
link='http://apdrc.soest.hawaii.edu:80/dods/public_data/Model_output/WAVEWATCH
H_III/3hourly';
ncdisp(link), %verificar variables

lon=ncread(link,'lon'); % Leer longitudes y latitudes
lat=ncread(link,'lat');

[lonr,latr]=meshgrid(lon,lat); % Se prepara lon/lat para
lonp=reshape(lonr,45216,1); % hacer un plot(x,y)
latp=reshape(latr,45216,1);

coastmap([0,360,-90,90],'nofill',10); % Se grafica un mapa con
hold on, plot(lonp,latp,'.r'), % línea de costa y los puntos de
grilla

[~,plon]=min(abs(lon-278.8)); % Se identifica los puntos coorde-
[~,plat]=min(abs(lat-2)); % dos de referencia

% [plon,plat]
% -278.8= 81.2°W
% -2= 2°S

%% Leer tiempo, altura, periodo y dirección de ola
time=ncread(link,'time'); %tiempo in =31/01/1996 tiempo fin= 30/11/2017

hsg=ncread(link,'htsgwsfc',[224 81 1],[1 1 Inf]);
hsg=squeeze(hsg);

per=ncread(link,'perpwsfc',[224 81 1],[1 1 Inf]);
per=squeeze(per);

dir=ncread(link,'dirpwsfc',[224 81 1],[1 1 Inf]);
dir=squeeze(dir);

%% Procesamiento - datos/hora
tmcc=datevec(time);
ix=find(tmcc(:,4)==0);
tm=tmcc(ix,:);

j=1;
for i=1:length(tm(:,1)),
    tp(i,:)=mean(time(j:j+7));
    hs(i,:)=mean(hsg(j:j+7));
    j=j+8;
end
clear ix i j

% para <dir>, extraemos el dato de las 00 HR
dg=dir(1:8:end);

hist(dg) %Histograma de dirección de oleaje
hist(tp) %Histograma de periodos de oleaje
```

```
max(hs) %Altura Máxima [m]
mean(hs) %Altura Media [m]
mean(per) %Periodo medio [s]
mean(dir) %Dirección media [°]

N=length(hs); % #de datos
wave_st=sort(hs(:,1), 'descend'); %ordenar de mayor a menor
hss=(1/round(N/3))*sum(wave_st(1:round(N/3)))%Calcular altura significativa

wave_st2=sort(per(:,1), 'descend');
ts=(1/round(N/3))*sum(wave_st2(1:round(N/3)))%%Calcular periodo significativo
```

CARACTERISTICAS LITORALES

Simbología

- (*) Derecho (D) -Izquierdo (I)
- (**) Spilling (S), Plunging (P), (S-P)

UBICACION DE LA ZONA
LUGAR DE OBSERVACION

FECHA 27/abril/2002.
FASE LUNA SICIGIA

OBSERVADOR
PROYECTO

		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	07H00
CORRIENTE LITORAL	Espacio(m)													
	Tiempo(s)													08H00
	Dirección *													
Velocidad (m/s)														09H00
Corriente de resaca														
Ancho de zona de surf														10H00
Distancia L.P. al flotador (m)														11H00
Distancia L.P. a rompiente														
Velocidad														
VIENTO														12H00
dirección														
Línea de playa														
Ortogonal														13H00
OLAS														14H00
Tipo**														
Periodo***														
Nº de observación														
		ALTURAS												
1														
2														15H00
3														
4														
5														16H00
6														
7														
8														17H00
9														
10														
promedio														

7.3 Planilla para la toma de datos de Características Litorales