



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

“ESTUDIO DE LA TASA DE RECESIÓN DEL MACIZO ROCOSO QUE CONFORMA EL PERFIL COSTERO EN LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE ANCÓN A TRAVÉS DE LA FOTOGRAMETRÍA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO(A) CIVIL

AUTOR:

BALÓN QUIMÍ BLANCA ELENA

TUTOR:

ING. MORENO ALCIVAR LUCRECIA CRISTINA, Mg.

La Libertad, Ecuador

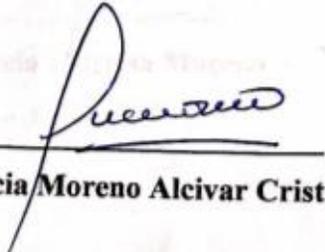
2020

CERTIFICACIÓN

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **BALÓN QUIMI BLANCA ELENA**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

TUTOR (A)

f. 

Ing. Lucrecia Moreno Alcivar Cristina Mg.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Juan Garcés Vargas Mg.

La Libertad, a los 5 días del mes de marzo del año 2021.

APROBACION DEL TUTOR

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación "ESTUDIO DE LA TASA DE RECESIÓN DEL MACIZO ROCOSO QUE CONFORMA EL PERFIL COSTERO EN LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE ANCÓN A TRAVÉS DE LA FOTOGRAMETRÍA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR", elaborado por la Sta. BALÓN QUIMÍ BLANCA ELENA, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero/s Civil/les, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR (A)

f. _____

Ing. Moreno Alcivar Lucrecia Cristina, Mg.

La Libertad, a los 5 del mes de Marzo del año 2021

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Balón Quimí Blanca Elena**

DECLARO/DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, "**Estudio de la tasa de recesión del macizo rocoso que conforma el perfil costero en la parroquia San José de Ancón a través de la fotogrametría, Provincia de Santa Elena, Ecuador**" previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 5 del mes de Marzo del año 2021

EL AUTOR (A)

f.



Balón Quimí Blanca Elena

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, **Balón Quimí Blanca Elena**.

Autorizo/Autorizamos a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, “**Estudio de la tasa de recesión del macizo rocoso que conforma el perfil costero en la parroquia San José de Ancón a través de la fotogrametría, Provincia de Santa Elena, Ecuador**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 5 el mes de Marzo del año 2021

AUTOR(A):

f. 
Balón Quimí Blanca Elena

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



Universidad Estatal
Península de Santa Elena

INGENIERÍA CIVIL



IP-docx: D97450860

La Libertad, 6 de marzo del 2021

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

002-DOCENTE UIC LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR-2021

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “**Estudio de la tasa de recesión del macizo rocoso que conforma el perfil costero en la parroquia San José de Ancón a través de la fotogrametría, Provincia de Santa Elena, Ecuador**”, elaborado por la estudiante Balón Quimi Blanca Elena C.I. 2450224312, egresados de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 1 % de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,


Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Mg.
C.I.: 0911164127
DOCENTE UIC

Archivo. CC.

Ciudadela Universitaria Via La Libertad-Santa Elena
Teléfono Comutador: 2781738 - Rectorado Telefax: 2780019
La Libertad - Ecuador

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por ser el guía principal del camino de mi vida hacia la superación personal y profesional, a mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida en todo aspecto y enseñarme que el esfuerzo siempre dará sus frutos, a mi tutora de trabajo de titulación Ing. Lucrecia Moreno, MSc. por su gran aporte técnico y por brindarme su tiempo para lograr culminar con esta etapa de mi vida y a todos los profesionales y compañeros que fueron parte de este largo camino.

Agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por los conocimientos adquiridos por parte de los docentes universitarios y por haberme forjado durante la carrera universitaria.

Me propongo a seguir reforzando mis conocimientos y brindar mis servicios en progreso de la sociedad ecuatoriana y lograr que nuestro país alcance un desarrollo con nuestro aporte como profesionales.

Balón Blanca

DEDICATORIA

A mi madre de una manera especial por ser mi mayor apoyo y ayuda en el transcurso de mi vida, a mi padre por haberme forjado como persona y motivarme a alcanzar mis metas propuestas; mis logros son de ustedes.

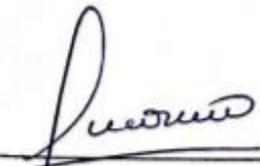
Balón Blanca

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

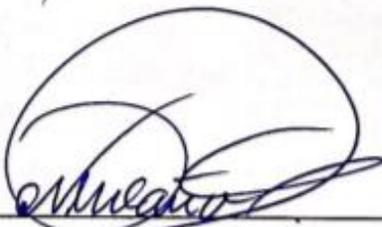
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Juan Francisco Garcés Vargas, Mg.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, Mg.
TUTOR (A)

f. 

Ing. Gastón Proaño Cadena, Mg.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcivar, Mg.
DOCENTE DE LA UIC

Índice general

CERTIFICACIÓN	II
APROBACION DEL TUTOR.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
AUTORIZACIÓN.....	V
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
DEDICATORIA	VIII
TRIBUNAL DE SUTENTACIÓN	IX
ABSTRACT	XIX

Índice general

Introducción	2
Capítulo I.....	5
1. Generalidades.....	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Ubicación del Área de Estudio.....	6
1.3 Planteamiento del problema:.....	8
1.4 Formulación del problema	9
1.5 Alcance.....	9
1.6 Justificación.....	10
1.7 Objetivos de la propuesta.....	10
1.7.1 General.....	10
1.7.2 Objetivos Específicos.....	11
1.8 Hipótesis del Trabajo	11
1.9 Variables	11
1.9.1 Variable Independiente.....	11
1.9.2 Variable Dependiente	11
1.10 Metodología	12
Capítulo II.....	13
2.1 Línea Costera	13
2.2 Geomorfología Litoral	15

2.3 Tipos de Costa.....	16
2.4 Acantilados y Costas Rocosas.....	19
2.4.1 Acantilados	20
2.4.2 Costas Rocosas	22
2.5 Sección de un Acantilado.....	23
2.6 Movimientos de Laderas en Acantilados	24
2.6.1 Desprendimientos	24
2.6.2 Vuelcos	24
2.6.3 Deslizamientos rotacionales	25
2.6.4 Deslizamientos traslacionales.....	25
2.7 Erosión Costera.....	26
2.8 Procesos Morfodinámicos.....	27
2.8.1. Oleajes	27
2.8.2. Mareas.....	29
2.8.3. Corrientes.....	29
2.9 Recesión de Costas Rocosas.	29
2.10 Fotogrametría	30
Capítulo III.....	31
3.1 Ámbito Geográfico de la Costa Ecuatoriana.....	31
3.2 Ámbito Geológico de la Costa Ecuatoriana	31

3.2.1 Incidencia de la Erosión Costera en Perfil Ecuatoriano	31
3.3 Ámbito geológico Provincia de Santa Elena.....	33
3.4 Grupo Ancón.....	34
3.4.1 Formación Clay Pebble Beds.....	34
3.4.2 Formación Socorro y Seca.....	34
3.4.3 Formación Punta Ancón	35
3.5 Arena.....	35
3.5.1. Transporte de Arena hacia y desde la Costa	36
3.5.2 Transporte de Arena paralelo a la Costa.....	36
3.6 Área Rocosa en Ancón.....	36
Capítulo IV.....	37
Metodología de la Investigación.....	37
4.1 Estudio preliminar.....	38
4.1.1 Reconocimiento del Área de Estudio.....	38
4.2 Trabajo en Campo.....	38
4.2.1 Equipos Utilizados	38
4.2.2 Plan de Vuelo.....	43
4.2 Trabajo en Oficina.....	48
4.2.1 Gestión de Superficies: Estrategia de Malla de Puntos	48
4.2.2 Alineación de Fotografías.....	50

4.2.3 Creación de Nube de Puntos Densa.....	51
4.2.4 Creación de Ortofoto Final del Año 2020	53
4.2.5 Metodología para el Cálculo de Tasa Erosión de Acantilados	54
Capítulo V.....	60
5.1 Análisis de Resultados	60
5.2 Análisis de la Modificación del Perfil Costero de Ancón medido en Áreas	60
Conclusiones.....	63
Recomendaciones.....	64
Bibliografía	65
Anexos.....	70

Índice de Tablas

Tabla 1 Coordenadas UTM de zona de estudio Parroquia "San José de Ancón".	8
Tabla 2 Coordenadas UTM de Hitos in situ para Orto Fotogrametría.....	40
Tabla 3 Datos de vuelo a 70 metros de altura	47
Tabla 4 Áreas desde el 2014 hasta el 2020	62

Índice de Gráficos

Figura 1 Ubicación del sitio.....	7
Figura 2 Diagramas que a lo largo del tiempo puede tener una zona costera	214
Figura 3 Partes de la zona litoral.....	15
Figura 4 Tipos, morfología y diseño estratigráfico de los tipos de costas durante el Holoceno.	18
Figura 5 Geomorfología de acantilados y costas rocosas.	19
Figura 6	21
Figura 7 Tipos de acantilados	22
Figura 8 Tipos de movimientos de laderas	26
Figura 9 Movimiento de la ola.....	28
Figura 10 Cambios que se producen en una ola.....	28
Figura 11 Amenaza de erosión en la costa ecuatoriana	32
Figura 12 Columna estratigráfica general del levantamiento de Santa Elena..	33
Figura 13 Vistas de la Formación Clay Pebble Beds y la Formación Socorro	35
Figura 14 Flujo de trabajo.....	37
Figura 15 Reconocimiento de sitio para la investigación	38
Figura 16 Colocación y ubicación de puntos de control	39
Figura 17 Obtención de coordenadas con el método GNSS estático.....	41
Figura 18 Colocación del dron en el punto de despegue	44
Figura 19 Pantalla inicial de la aplicación Pix4Dcapture	45
Figura 20 Algunos vuelos seleccionados del área de estudio	46
Figura 21	48

Figura 22 Importación de imágenes al software Agisoft	49
Figura 23 Alineación de imágenes.....	50
Figura 24 Emparejamiento de puntos e imágenes para la creación de la ortofoto	51
Figura 25 Nube densa de puntos "San José de Ancón" año 2020.....	52
Figura 26 Importación de puntos de control en el software, ubicación "San José de Ancón" año 2020.....	52
Figura 27 Ortofoto "San José de Ancón" año 2020.....	53
Figura 28 Marco de metodología de la tasa de erosión.....	56
Figura 29 Creación de un Geodatabase en el Catalog de Arcgis.....	57
Figura 30 Creación de perpendiculares y distancias de las líneas de costa	59
Figura 31 Área entre el año 2014 y 2020.....	60
Figura 32 Área entre 2019 y 2020 en acantilados.....	61

“ESTUDIO DE LA TASA DE RECESIÓN DEL MACIZO ROCOSO QUE CONFORMA EL PERFIL COSTERO EN LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE ANCÓN A TRAVÉS DE LA FOTOGRAMETRÍA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR”

Autor: Balón Quimí Blanca

Tutor: Ing. Moreno Lucrecia, Mg.

RESUMEN

En la actualidad existen desprendimientos de los macizos rocosos ubicados en el perfil costero de Ancón en la provincia de Santa Elena los cuales han dado lugar al retroceso del perfil costero provocando una pérdida de la parte litoral del Ecuador y a su vez colocando en situación de peligro la salud y vivencia diaria de los habitantes que decidan en un futuro residir en estos lares.

El objetivo de esta investigación es ejecutar un levantamiento fotogramétrico con UAV para obtener el modelo del sector en el año 2020 y con éste comparar con información de años anteriores cuánto sería la tasa de recesión y área pérdida en los años 2014 al 2020, por medio de softwares especializados como en este caso se utilizó Arcgis versión 10.5 y Agisoft Metashape Professional.

Para realizar el levantamiento se colocaron puntos de control de hormigón para obtener una mayor precisión en el modelado. Posteriormente siguiendo el diagrama de flujo de trabajo se evidenció que existe una tasa una recesión de los acantilados y a su vez los resultados obtenidos con relación a la tasa de recesión son del 0,41 m por año entre los años 2014 y 2020 y un área de pérdida de 0,79 ha alrededor del área de estudio.

Palabras Clave: *Levantamiento fotogramétrico, ortofotos, erosión, recesión, dron, modelamiento.*

**ESTUDIO DE LA TASA DE RECESIÓN DEL MACIZO ROCOSO QUE
CONFORMA EL PERFIL COSTERO EN LA PARROQUIA SAN JOSÉ DE
ANCÓN A TRAVÉS DE LA FOTOGRAMETRÍA, PROVINCIA DE SANTA
ELENA, ECUADOR”**

Autor: Balón Quimí Blanca

Tutor: Ing. Moreno Lucrecia, Msc.

ABSTRACT

At present there are landslides of the rocky massifs located in the coastal profile of Ancón in the province of Santa Elena which have led to the retreat of the coastal profile causing a loss of the littoral part of Ecuador and placing the health and daily experience of the inhabitants who decide in the future to reside in these parts in jeopardy.

The goal of this research is to carry out a photogrammetric survey with UAV to obtain a model of this sector in 2020 and compare it with information from previous years. This will allow us to learn how much the recession rate and loss area was in the years 2014 to 2020, by means of specialized software such as Arcgis version 10.5 and Agisoft Metashape Professional.

To carry out the survey, concrete control points were placed to obtain greater precision in the modeling. Subsequently, following the work flow diagram, it was evidenced that there is a recession rate of the cliffs and, also, the results obtained showed a recession rate of 0.41 m per year between the years 2014 and 2020 and a lost area of 0.79 ha around the studied area.

Key Words: Photogrammetric uplifting, orthophotos, erosion, recession, drone, modeling.

Introducción

En la actualidad existe un gran problema de deslizamiento y erosión, por la falta de vegetación y entre otros factores; que son importantes en el suelo en cuanto a obras civiles y es así el caso en la parroquia de Ancón ubicada en la provincia de Santa Elena en el país de Ecuador por lo cual se realizará una investigación exhaustiva de la tasa de recesión y la modificación que ha sufrido la línea costera en estos sectores en un periodo de 6 años.

Como plantea Moreno (2016), los suelos de la Formación Ancón que están ubicados entre las parroquias de Ancón y Anconcito son suelos no saturados o parcialmente saturados de origen Eólicos, Aluviales, Coluviales, y Residuales como Lateríticos y Saprolíticos. Gran parte de estos han sido depositados en ambientes acuosos, quedando inicialmente saturados y posteriormente desecados debido a las circunstancias ambientales.

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad analizar la modificación del perfil costero mediante el uso de aerofotogrametría y softwares especializados en dibujos de modelos topográficos, los cuales permiten mapear la topografía de la línea costera y medir la alteración del perfil, el dron es indispensable para la toma de fotografías aéreas frontales y ortogonales, ya que, la principal ventaja del uso del dron en la topografía es la seguridad de los trabajadores en campo, al evitar el ingreso a zonas de catástrofes como afirman O. Del Río-Santana, T. Espinoza-Fraire, A. Sáenz-Esqueda, and F. Córtes-Martínez (2019).

El relieve de la Península es bastante diverso debido a su compleja geología histórica o morfogénesis, su geomorfología se presenta con ondulaciones y capas que no superan los 780 metros de altura. En el sector de estudio se registran cotas máximas

que bordean los 40 metros sobre el nivel del mar (msnm) y presenta el aspecto de una meseta con la superficie ligeramente ondulada. Como indica Moreno-Alcívar, Muñoz-Rosado, and Ramírez-Palma (2019), estas zonas se caracterizan por los acantilados de ángulos casi verticales, vulnerables en la época invernal, produciéndose desprendimiento de pequeños bloques, además también se encuentran socavaciones al pie de talud frente al mar por erosión marina.

Uno de los principales retos en este campo es la investigación y deducción del valor de disminución de la línea costera, lo que conlleva a exploraciones futuras acerca de estabilidad de taludes o acantilados y los riesgos que estos podrían ocasionar debido al retroceso que es causado en muchas ocasiones por erosión, el clima y condiciones estacionarias del nivel del mar como ejemplo se tiene las fuerzas externas tal como el viento, la fuerza de las olas del mar, cargas como cimentaciones de estructuras, las características del suelo ya que todos estos factores inciden en la complejidad de este tema.

Esta investigación inicia con la ubicación de puntos estacionarios dentro de un mapa de localización (Google Maps), programa utilizado previo a la salida de campo y posteriormente in situ se ubica hitos de control construidos de hormigón, los cuales son referenciados para posteriormente hacer correcciones en la generación de ortofotos, evitando que los pobladores los desplacen, y puedan ser utilizados los otros días de salidas al campo en las respectivas tomas aéreas a lo largo del terreno.

Una vez realizada la completa fotogrametría del área se procede a crear la nube de puntos y la superficie con el programa de preferencia en este caso Agisoft para obtener el perfil del macizo rocoso del último año de estudio 2020, también se realiza una deducción

en el software Arcgis con datos obtenidos en años anteriores junto con el modelamiento del año 2020 y así obtener la cantidad de pérdida en área y valor de retroceso general en m/año del área estudiar.

El asentamiento poblacional se encuentra relativamente distante a los acantilados, pero si en un futuro se llegase a construir edificaciones cercanas a los taludes de la zona del perfil costero los cuales son inestables y más aún si se tiene un gran desconocimiento sobre el problema de estabilidad de estos suelos, podrían causar graves daños a los que deseen habitar y estos verse afectados por la pobre inseguridad actual, produciendo grandes pérdidas económicas.

Capítulo I

1. Generalidades

1.1 Antecedentes

Como lo hace notar Ballén Avila, Fabre Jurado, Fuentes Castro, and Gavilanes Valle (2013) Santa Elena es una provincia que se caracteriza por estar rodeada de diversas playas ecuatorianas, entre estos sectores se encuentra la parroquia San José de Ancón ubicada al suroeste de la provincia de Santa Elena. Para poder obtener la tasa de recesión es necesario conocer las características del sector de estudio tal como argumentan Moreno-Alcívar et al. (2019) esta formación es una de las más complejas que existe en el Ecuador, tienen un clima tropical con temperatura que varía entre 22°C a 32°C, cuenta con 2 condiciones climáticas bien definidas, una caracterizada por altas temperaturas y fuertes lluvias que se conoce como época de invierno y otra que se extiende durante los meses de junio hasta diciembre, donde predomina la temperatura baja y sin precipitación, conocida como estación de verano.

Dentro de la geomorfología del terreno, Veloz Analuiza and Velastegui Coronel (2007) revela que el área presenta dos tipos de suelos: suelo residual que se da por proceso de meteorización o intemperismo que ataca a las rocas transformándolas en suelo arenolimoso que usualmente presenta partículas angulares a subangulares de grano medio a grueso. Y el segundo es un suelo de origen aluvial que se forma por la sedimentación de los sistemas de drenaje natural de los riachuelos.

También cabe destacar que según, Rodríguez Borbor (2019) el grupo Ancón definido por los geólogos Smith y Williams en 1947, afloran en los Acantilados de Ancón,

desde Punta Ancón al noroeste hasta Punta Mambra al sureste, cuyas formaciones son: Clay Pebble Beds, Socorro, Seca y Punta Ancón.

Chunga (2013) menciona en su estudio estructural de fallas geológicas y potenciales deslizamientos que la aparición de grietas en el terreno y desprendimiento de estratos rocosos en los acantilados costeros es una de las principales causas de preocupación y de gran importancia en la provincia de Santa Elena

La tasa de recesión es un valor total del retroceso del macizo rocoso a través del tiempo por distintos factores naturales; estos pueden ser el factor de abrasión, desgaste, meteorización física y química del tipo de material del macizo rocoso por la acción de variaciones de temperatura, erosión o lluvia, oleaje, entre otros que pueden llevar a cabo la afectación de la estabilidad del acantilado en el que se está estudiando.

Para la recopilación de información primero se llevó a cabo el levantamiento fotogramétrico que Jiménez Cajas and Prado Garrido (2018) señala es la manera más eficiente, precisa, económica y con un mínimo personal que se la realiza con un vehículo aéreo no tripulado.

Así mismo se realizará el modelo fotogramétrico con el levantamiento del mes de noviembre del año 2020 y de los datos obtenidos de los años 2014 y 2019 en Servicios de publicación de mapas (WMS) del IGM, para realizar la comparación y medir la distancia del movimiento del perfil costero.

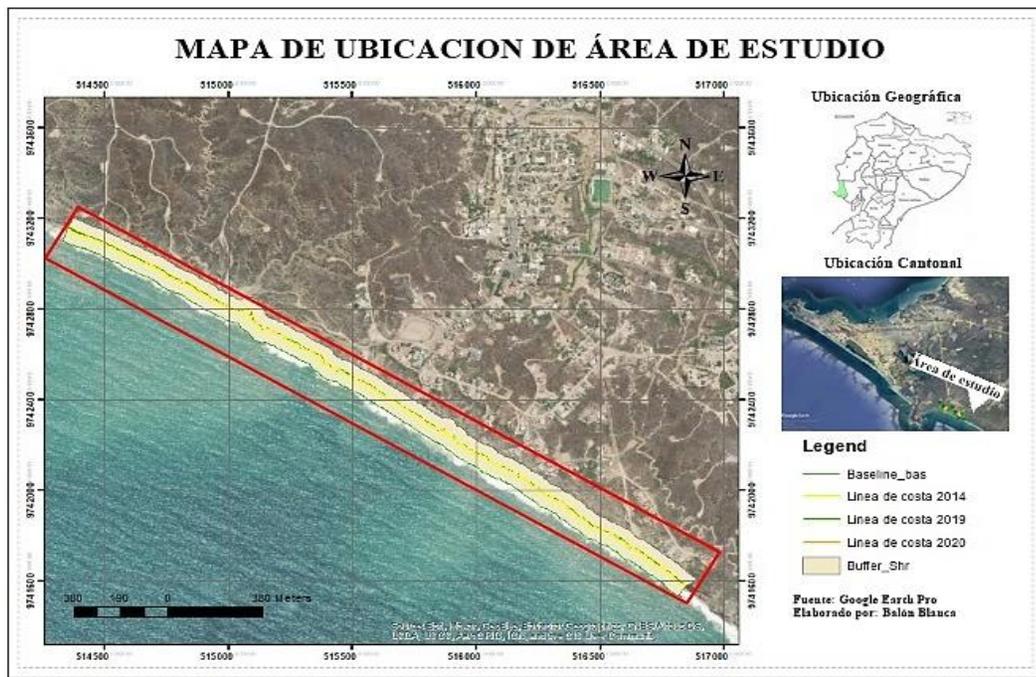
1.2 Ubicación del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra en Santa Elena provincia del Ecuador, en la parroquia Ancón ubicado la costa ecuatoriana a orillas del Océano Pacífico en el sector

occidental del sur oeste del cantón Santa Elena. La parroquia Ancón está delimitado al norte con la cabecera cantonal de Santa Elena, al sur con el Océano Pacífico, al este con la parroquia Atahualpa y al oeste con la parroquia José Luis Tamayo y el cantón La Libertad, la zona de estudio para la investigación es en los acantilados y está cuenta con un área de 48 hectáreas aproximadamente. En la figura 1 consta el mapa de la ubicación del área de estudio y en la tabla 1 se registra las coordenadas del polígono. En esta investigación se usó el sistema de coordenadas UTM (Universal Trasversa de Mercator) WGS84, las cuales son basadas en proyecciones cartográficas expresada en metros, la estación que se utilizó es la zona 17S georreferenciada según el IGM en Ecuador aunque cabe destacar que el Ecuador está ubicado en las zonas 15-16-17 y 18.

Figura 1

Ubicación del sitio



Nota. Mapa del área de estudio en el sector Ancón, Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena.

Coordenadas UTM de la zona donde se va a realizar el estudio.

Tabla 1

Coordenadas UTM de zona de estudio Parroquia "San José de Ancón".

Hitos	Coordenadas UTM WSG 84		Coordenadas Geográficas	
	Norte	Este	Sur	Oeste
Hito 1	9741719,00	516884,00	2°20'8.85''	80°50'53.31''
Hito 2	9741587,00	516797,00	2°20'13.15''	80°50'56.13''
Hito 3	9742378,00	515660,00	2°19'47.41''	80°51'32.95''
Hito 4	9743090,00	514434,00	2°19'24.23''	80°52'12.65''
Hito 5	9743271,00	514510,00	2°19'18.36''	80°52'10.19''
Hito 6	9742495,00	515767,00	2°19'43,59''	80°51'29.48''

Nota. Tomada de Google Earth Pro.

1.3 Planteamiento del problema:

Algunos problemas que existen actualmente en la provincia de Santa Elena específicamente en el área de la parroquia San José de Ancón es el desprendimiento que se está dando y círculos de falla que son un efecto de este problema en los macizos rocosos y el desconocimiento de las personas que tendrían futuras construcciones en zonas de riesgo al deslizamiento frente al mar.

Actualmente el desprendimiento de estos macizos rocosos que se encuentran a orillas del mar en la península de Santa Elena ha dado lugar al retroceso y afectación del perfil costero siendo una pérdida de parte litoral del Ecuador y como consecuencia también coloca en situación de peligro la salud y vivencia diaria de los habitantes que decidan en un futura mantenerse en estos lares todo esto conlleva a un problema en el área

de gestión de riesgos previo a estabilización de acantilados para esto es imprescindible obtener la información necesaria que permita obtener factibilidad y desarrollo investigativo en esta parroquia.

1.4 Formulación del problema

¿Cuánto será la superficie deslizada en los acantilados por el retroceso de la línea de costa del sector de estudio, en la parroquia San José de Ancón?

1.5 Alcance

Es indispensables que los municipios delimiten en sus ordenanzas de plan territorial zonas de riesgo por movimiento de taludes y usos de suelos para evitar construcciones de diferentes estructuras en terrenos de los acantilados frente al mar, delimitando zonas vulnerables a deslizamientos como lo son en este caso los macizos rocosos en el perfil costero, es por esto que se realizará la investigación necesaria para obtener una magnitud de este movimiento.

El resultado de este estudio podrá ser aplicado ampliamente en el campo de la ingeniería civil y la construcción de distintas estructuras sobre el terreno, en el área de proyectos de gestión de riesgos de los distintos departamentos de la provincia de Santa Elena o en este caso la municipalidad Santa Elena.

El estudio se lo realizará con el equipo necesario o indispensable más eficaz y rápido en el área de levantamientos topográficos como lo es el dron y los distintos softwares necesarios para analizar el movimiento que se ha suscitado a lo largo del tiempo. Además, cabe recalcar que se obtendrán datos lo más precisos posibles.

1.6 Justificación

El presente proyecto de titulación ha sido seleccionado como tema de investigación para analizar y comparar la modificación o como es conocido más técnicamente tasa de recesión del perfil costero, para este caso se enfocará en el levantamiento ortofogramétrico cuyo objetivo principal es realizar el modelamiento del terreno en base a las ortofotos y a softwares especializados en geodesia los cuales serán escritos detalladamente a lo largo del estudio y su redacción.

Los beneficiarios de este trabajo de investigación serán todos y cada uno de los profesionales y no profesionales en el área de la construcción, así como también habitantes del sector que consulten los resultados obtenidos en la presente investigación y con ello se podrán obtener datos necesarios para el conocimiento de descenso del perfil costero.

Estos macizos rocosos se han modificado a través del tiempo por distintos factores como se han mencionado anteriormente y en la actualidad se tiene un total desconocimiento sobre cuánto es la modificación con el pasar de los años y es por esto que se está realizando el estudio necesario para adquirir dicha información lo más precisa posible.

1.7 Objetivos de la propuesta

1.7.1 General

Analizar la tasa de recesión de un sector del perfil costero ubicado San José de Ancón mediante el levantamiento fotogramétrico y modelamiento geográfico con distintos softwares para la obtención de datos actualizados e información sobre el terreno.

1.7.2 *Objetivos Específicos*

- Ejecutar el levantamiento fotogramétrico con el equipo más idóneo para el área de la investigación de forma segura y precisa.
- Calcular la tasa de recesión mediante la aplicación de fotogrametría y modelamiento con Agisoft.
- Determinar el área de retroceso subdividiendo en superficies pequeñas de forma poligonal para su cálculo utilizando el software Arcgis.

1.8 Hipótesis del Trabajo

Con el modelamiento geográfico y levantamiento fotogramétrico se generará como resultado datos para la obtención de la tasa de recesión del área de estudio en los acantilados de Ancón.

1.9 Variables

1.9.1 *Variable Independiente*

Obtención de la tasa de recesión en la línea costera en Ancón, Santa Elena, Ecuador.

1.9.2 *Variable Dependiente*

Levantamiento con Aerofotogrametría con el uso del dron Dji Mavic 2 Pro.

Aplicación de programas Agisoft Photoscan Professional para la modelación y el software Arcgis para recopilación de información de retroceso del macizo.

1.10 Metodología

En este capítulo la metodología que se utilizará, para llevar a cabo el desarrollo del estudio será la siguiente:

- Reconocimiento del área y colocación de hitos de hormigón.
- Levantamiento fotogramétrico con el dron Dji Mavic 2 Pro a partir de los puntos estratégicos.
- Compilación de datos y ortofotos extraídas con el software indicado para realizar la modelación del perfil costero del año 2020.
- Evaluó de distintas líneas costeras según el año.
- Procesamiento de resultados y análisis comparativos.

Capítulo II

2.1 Línea Costera

Tarbutck and Lutgens (2005) manifiestan que la línea costera se la define como la línea que marca el contacto entre el mar y la tierra. Conforme las mareas suben y a su vez bajan, diariamente la posición de la línea de costa migra y en períodos más extensos, cambia de manera gradual la posición media de la línea de costa. Actualmente a la zona costera se la considera como un hervidero de actividad humana puesto que la mayoría de veces las personas tratan a la zona litoral como si se tratase de una plataforma en donde se pueden edificar estructuras con total seguridad. Esta actitud genera un riesgo inminente a las personas y a la línea del litoral puesto que muchas formas costeras son relativamente frágiles o que resultan dañadas con mucha facilidad por el desarrollo.

Desde el punto de vista de Bolívar Soledispa (2009), generalmente la línea costera, entre la tierra y el mar, se compone en una interfase geológica y geográfica relevante. Desde mediados del siglo anterior se observa en muchas regiones del mundo, una tendencia a la migración de las poblaciones hacia la zona litoral, lo que hace referencia a una de las áreas donde existe mayor interés económico, a pesar de estar arraigada a varios riesgos particulares.

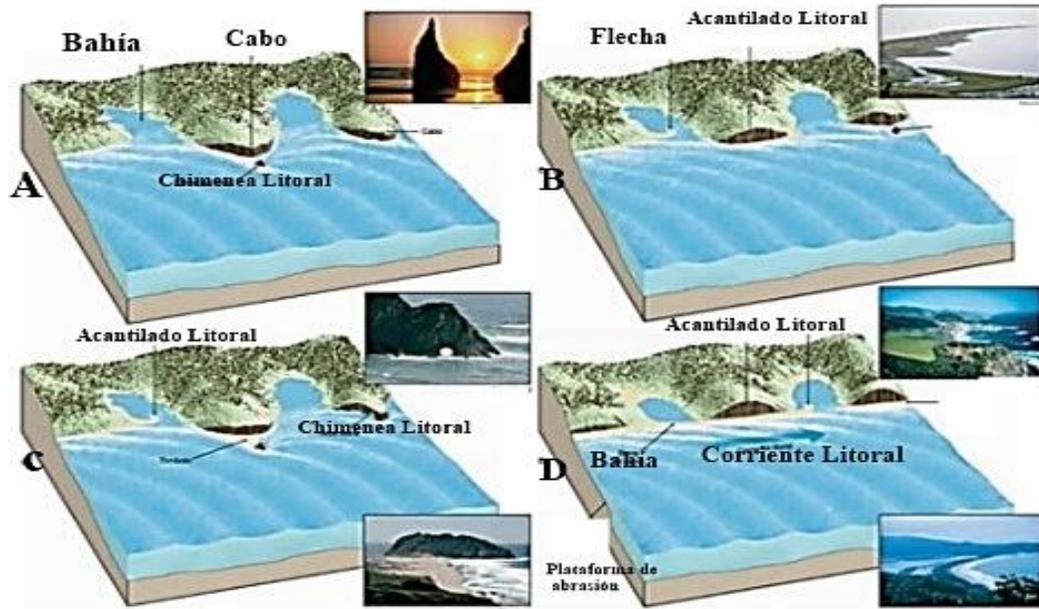
Como expresa Navarrete-Ramírez (2014), la ubicación de la línea costera a lo largo de las costas oceánicas, generalmente tendrá una variación en un espectro de escalas de manera temporal como resultado de la erosión de las costas (retroceso) este cambio se dará en los levantamientos del terreno y en el nivel del agua. El lugar en que se encuentra la línea costera hace referencia a el balance de sedimentos que se dan en la costa, y a su vez las variaciones pueden indicar efectos naturales o provocados por el hombre a lo largo

de la costa. La evolución del litoral costero se da por la interacción de las formaciones rocosas o sedimentarias que lo componen, las estructuras que le hacen daño, los agentes hidrodinámicos y también los factores antrópicos.

De acuerdo con Tarbuck and Lutgens (2005), el litoral es aquella zona que se extiende entre la mayor elevación de la tierra afectada por olas de temporal y el nivel de marea más bajo. En cambio, la costa se extiende tierra adentro desde lo que es el litoral hasta donde existan estructuras afines con el océano. En la figura 2 se muestran los cambios que se pueden dar con el tiempo a lo largo de una línea costera inicialmente irregular que se mantiene relativamente de manera estable. La línea costera mostrada en la parte A evoluciona gradualmente a B, después a C y finalmente a D. En el diagrama también se muestran las características de la línea litoral.

Figura 2

Diagramas que a lo largo del tiempo puede tener una zona costera 2



Nota. Tomada de Tarbuck and Lutgens (2005).

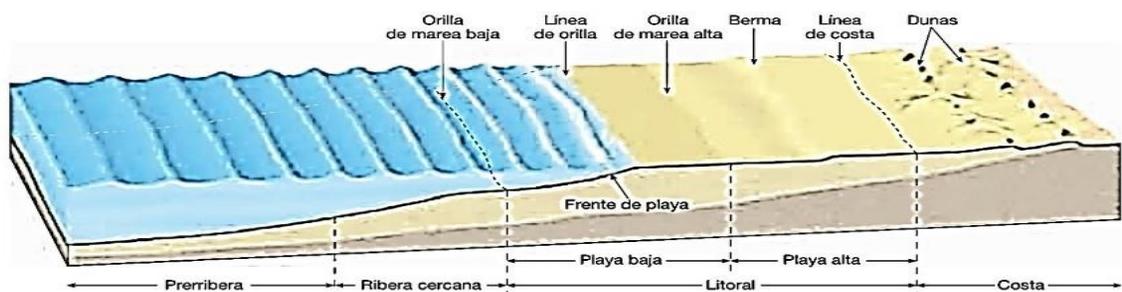
2.2 Geomorfología Litoral

Komar (1998) da a conocer que a medida que se recorre la banda de terreno limítrofe con el mar en cualquier región del mundo es usual toparse con acantilados, playas, campos de dunas o lo que se llaman ambientes ligados genéticamente con el medio costero.

Empleando las palabras de Gómez, Alberto, and Arce (2014), el litoral tiene cambios continuos, algunos de ellos catastróficos, y otros de ellos imperceptibles. Dichas modificaciones se pueden generar en décadas o también en siglos, pero a su vez también se pueden dar en cuestión de horas o minutos. La zona litoral es la zona de transición e interacción entre el ambiente marino y el ambiente terrestre. La costa posee la zona de tierra emergida como también la zona de aguas un poco profundas en las que las olas generalmente realizan su actividad, así como las playas, dunas costeras y acantilados costeros modelados por las olas. Las acciones del litoral cambian los bordes continentales que emergen en cada momento, de ese punto surge la necesidad de estudiar al modelado litoral como un ecosistema, a su vez la zona litoral está comprendida por varias partes como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Partes de la zona litoral



Nota. Tomada de Tarbuck and Lutgens (2005).

Como se muestra en la figura 3, según Tarbuck and Lutgens (2005), el litoral se fracciona en playa baja y playa alta, a su vez se entiende por *playa baja* a la zona que queda expuesta cuando no existe marea, en otras palabras, la denominada *marea baja* y sumergida cuando existe marea, es decir *marea alta*; por otra parte, *la playa alta* se ubica en el lado continental de la línea litoral de marea alta. La *zona de ribera cercana* yace entre la línea litoral de marea baja y la línea en las que las olas rompen en marea baja. Cercana a la zona de ribera se encuentra la *zona prerribera*. La *playa* se la puede definir como la acumulación de sedimentos en el borde continental del océano, a su vez, las playas constan de *bermas*, que son plataformas relativamente planas y que usualmente son compuestas por arena y son adyacentes a las *dunas costeras o acantilados*. Por otra parte, está el *frente de playa* que es la superficie inclinada húmeda que se extiende desde la berma hasta la línea litoral.

2.3 Tipos de Costa

De acuerdo con Marchant (2006), las costas se las puede clasificar en dos tipos, las costas bajas deposicionales, que representan un 20% de la línea de costa de todo el mundo y que hacen referencia a formas como playas, dunas, lagunas litorales, marismas, marítimas, estuarios y deltas. La segunda clasificación de costas es la conformada por las costas escarpadas y rocosas, entre las que cuentan como geoformas más representativas a fiordos, plataformas de abrasión y por supuesto los acantilados, este tipo de costas representa el 80% de los litorales de todo el mundo.

Short (1999) menciona que en las costas de depositación prevalecen los procesos de reagrupamiento y estabilización de sedimentos, siendo las dunas y las playas las formas más comunes. En este tipo de formas dominan los materiales desagregados, se encuentran

en un constante reajuste morfológico, poseyendo dinámicas muy cambiantes en períodos cortos. Como lo hace notar Bird (2008), las unidades de costas erosivas incluyen a los acantilados y plataformas litorales. En este tipo de formas domina la erosión, presentando su desarrollo condicionado por las características estructurales y litológicas de los afloramientos costeros.

Citando a Codignotto (1997), los factores que modelan las costas pueden ser divididos en cuatro grupos interdependientes:

- **Factores del grupo I:** Factores geológicos (estructura en el sentido geomorfológico).
- **Factores del grupo II:** Factores propios del océano (olas, corrientes y mareas).
- **Factores del grupo III:** Son propios de un sector de costa (acción eólica, acción fluvial y acción antrópica).
- **Factores del grupo IV:** Oscilaciones del nivel del mar de orden global (cambio climático global) y oscilaciones del nivel del mar de orden local (tectonismo-volcanismo).

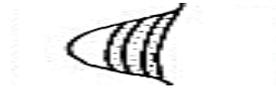
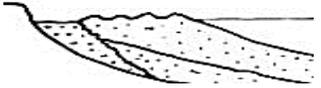
De esta manera junto a los factores que modifican la costa, Codignotto (1997) considera tres tipos de costas que se grafica en la figura 4 y se las explica a continuación:

- **Costas de progradación:** Este tipo de costas está conformada por depósitos gravosos. Cada pulso de acreción queda representado morfológicamente por un depósito levemente elevado denominado crestas de playa. Por lo tanto, este proceso puede rellenar bahías de manera parcial o total.

- **Costas estacionarias:** A este tipo de costa se las puede diferenciar como: Espiga de barrera o *pin barrer*, generalmente son formas de acreción con deriva litoral originadas hace aproximadamente unos 5.000 años. Su erosión se da de manera lenta.
- **Costas de retrogradación:** Este tipo de costa está representado por dos subtipos de costa, el primer se lo conoce como islas de barrera en retroceso, en estas se encuentran un grupo de islas barreras que presentan incipientes fenómenos de erosión, y la segunda es un acantilado, usualmente es el más común que se encuentran en todas las costas.

Figura 4

Tipos, morfología y diseño estratigráfico de los tipos de costas durante el Holoceno.

Tipo		Morfología	Estratigrafía
Progradación	A1 Crestas de Playa		
	B1 Espiga de Barrera		
Estacionario	B2 Tómbolo (Doble)		
	C1 Islas de Barreras		
Retrogradación	C2 Acantilado activo		

Nota. Tomada de Codignotto (1997)

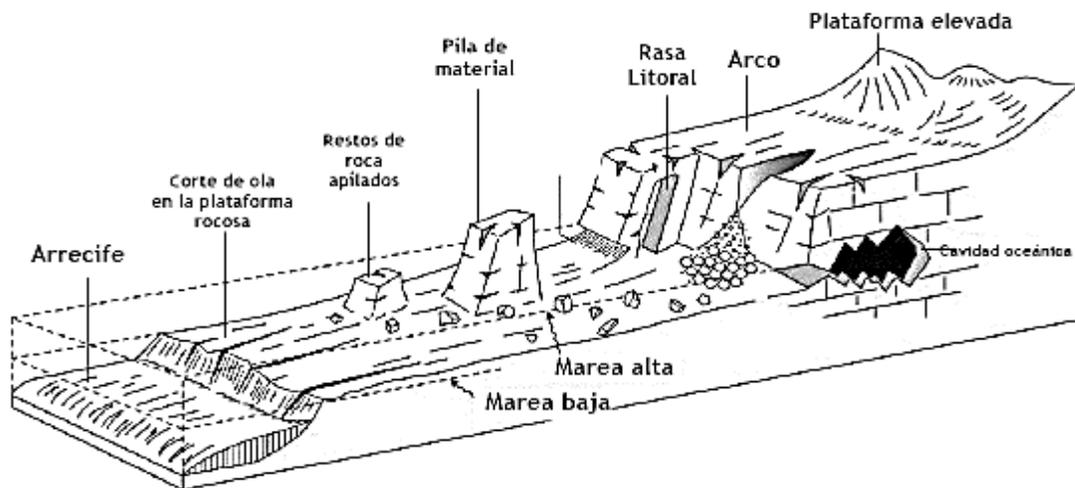
2.4 Acantilados y Costas Rocosas

Las costas rocosas tienen una primera clasificación basada en las huellas morfológicas dejadas sobre el perfil del acantilado a diferentes alturas a causa del número de ciclos eustáticos que puede haber sufrido. Teniendo en cuenta a Trenhaile (1987), los acantilados se diferencian entre acantilados verticales, bicíclicos o *two-storied cliffs*, compuestos o *hog's back cliffs*, y tricíclicos o *three-storied cliffs*. Posteriormente otros criterios para clasificar los acantilados toman en cuenta la descripción morfológica de las meso y microformas presentes en el acantilado o posterior en la plataforma de abrasión.

Como expresa Haslett (2016), la erosión en acantilados y costas rocosas es lenta, aun así debido a la alta irregularidad de la costas, estas pueden desarrollar variabilidad de formas tales como muecas, cuevas arcos y pilares y se muestra en la figura 5.

Figura 5

Geomorfología de acantilados y costas rocosas.



Nota. Tomada de (Haslett, 2016)

2.4.1 Acantilados

Como plantea Genchi, Vitale, Piccolo, Perillo, and Carbone (2013), los acantilados forman una de las geoformas más comunes del medio costero, aproximadamente ocupan un 80% de perfiles costeros en el mundo. Varios de los acantilados son activos de manera notable, cuya estabilidad depende de varios factores, como por ejemplo; las propiedades de la roca, las características climáticas del pasado y del presente, los cambios en el nivel del mar, etc. Un acantilado en erosión se produce en primer lugar por efecto marino. La erosión constante produce el retroceso de la geo forma, transformándose en una problemática cuando es enfocado desde una perspectiva humana.

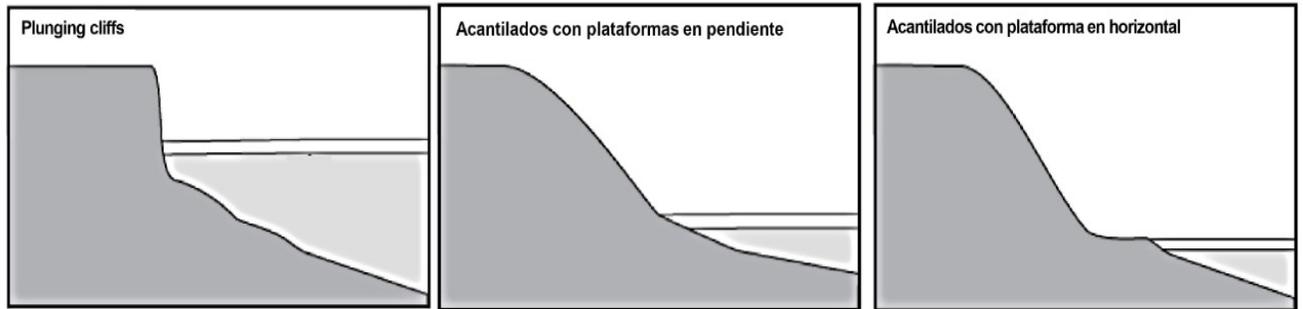
2.4.1.1 Clasificación de Acantilados Costeros

Con base en Davidson-Arnott, Bauer, and Houser (2019) los acantilados costeros pueden clasificarse en tres principales tipos, los que se hallan graficado en la figura 6 y se describe a continuación:

- ***Plunging cliffs:*** Las olas rompen de manera directa sobre la cara del acantilado y en este lugar no se encuentran playas, tampoco rampas y mucho menos plataformas. Generalmente se forman en rocas resistentes donde el relieve y la pendiente han sido determinados por eventos de tipo tectónicos.
- ***Acantilados con plataformas en pendiente:*** Su pendiente es menos pronunciada, consecuencia de que el acantilado se encuentre en, o por encima de la zona intermareal. Se producirá erosión en la base del acantilado generándose recesión.
- ***Acantilados con plataforma en horizontal:*** Tienen una superficie de erosión horizontal o subhorizontal frente a un acantilado marino y la superficie de erosión termina hacia el mar en una escapara marcada.

Figura 6

Perfiles de los principales tipos de acantilados costeros



Nota. Tomada de Davidson-Arnott et al. (2019)

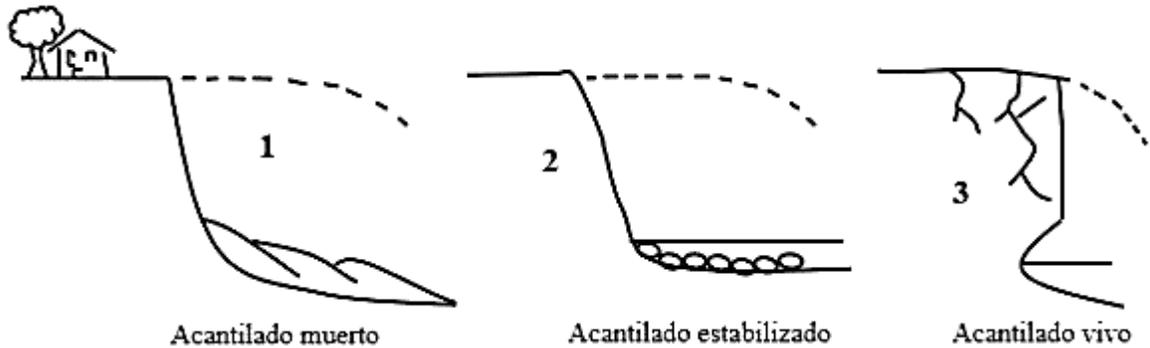
2.4.1.2 Clasificación de Acantilados según la Actividad Diferencial

Según Amaya Carrasco (2013) los acantilados presentan actividad diferencial según la frecuencia del ataque al que son sometidos, pudiendo también subdividirse en tres categorías que se presentan en la figura 7 y se detalla a continuación:

- **Acantilado vivo:** Tiende a contener pendientes abruptas, hace referencia a los acantilados que son atacados por las olas cuando están en marea alta.
- **Acantilado estabilizado:** Son acantilados embestidos únicamente durante tormentas y algún que otro evento excepcional, generalmente tienen pendientes más suaves por la acumulación de materiales en su base y/o por la colonización por vegetación.
- **Acantilado muerto:** tipo de acantilado que no será alcanzado por el mar (por la sedimentación en su base, ascenso tectónico o descenso eustático), su perfil se desdibuja continuando su evolución como una ladera continental.

Figura 7

Tipos de acantilados



Nota. Imágenes en las cuales se detallan según su actividad diferencial. Tomada de Ottman (1967)

2.4.2 Costas Rocosas

Según Sherman and Gares (2002) las costas rocosas son aquellas en las que predomina la erosión, a diferencia de las costas poco resistentes en las que los procesos son generalmente de naturaleza deposicional sobre materiales no consolidados o sedimentos pobremente cementados, esta terminología es mucho más apropiada que la que hace referencia a la geomorfología costera rocosa como “dura o “costa resistente”, en contraste con las denominadas “débiles” que por implicación son costas mucho más vulnerables.

2.4.2.1 Tipos de costas ecuatorianas

Según Winckell (1982), las costas ecuatorianas son de tres tipos:

- Costas acantiladas altas con pequeñas bahías intercaladas en las zonas de relieves sedimentarios terciarios de la parte central entre Río Verde y Muisne o de Pedernales a Manglaralto.
- Costas medianas y bajas con pequeños acantilados y grandes playas rectilíneas delanteras en los sectores de depositación de las diferentes transgresiones cuaternarias: entre la Tola y Río Verde, cerca de Manta, en toda la periferia de la Península de Santa Elena y en la parte noroeste de la Isla Puná.
- Costas bajas de tipo deltaico con una red anastomosada de brazos fluvio-marinos y de islas cubiertas por manglares como en la región de Valdez, en el Golfo de Guayaquil y a lo largo de la costa sur.

2.5 Sección de un Acantilado

Como muestra Ruiz (2012), el perfil de un acantilado se refiere a la composición y con la competencia de formaciones rocosas que afloran en su frente, con efectos de desgaste aéreo y la denudación, y además con el deterioro en su base por la acción marina. El aspecto que un acantilado muestra en su perfil, resultado de la acción combinada y zonal, es de una franja preeminente con menos pendientes y afectada por la erosión que causa la lluvia, el viento, en el suelo o en las piedras aflorantes; y otra franja inferior más vertical en la que se plantea la piedra viva que fue atacada por el oleaje. En varias regiones costeras abruptas es viable tener en cuenta que sus laderas se descomponen en un tramo preeminente cuya pendiente va empinándose hasta que constituye un frente casi vertical o acantilado como es en terrenos blandos que pasa por procesos de degradación y puede ser recortado por la acción marina.

2.6 Movimientos de Laderas en Acantilados

Empleando las palabras de Jordi Corominas and de Caminos (2004), la tipología del movimiento se establece una vez que la rotura ha tenido lugar, es decir, está basada en su cinemática. Por su parte Leroueil, Locat, Vaunat, Picarelli, and Lee (1996) indica que se pueden distinguir dos principales fases en los movimientos de laderas: la primera fase corresponde a la previa rotura, donde aparecen mínimas deformaciones. La segunda fase es la fase de rotura que se caracteriza por la formación de una superficie de cizalla continua en el terreno con movimientos lentos hasta que son demasiado rápidos.

Varnes (1975) clasifica a los movimientos en acantilados rocosos, en forma de desprendimientos desde pequeños fragmentos hasta grandes bloques rocosos y a continuación se presenta la clasificación de los mecanismos de movimientos en laderas, así mismo la figura 8 se muestra gráficamente.

2.6.1 Desprendimientos

Teniendo en cuenta a García Yagüe and García Álvarez (1988), el desprendimiento tiene origen en el despegue de una masa de suelo o roca de un acantilado, se da en caída libre y posteriormente como rebote o rodadura.

2.6.2 Vuelcos

Jordi Corominas and de Caminos (2004) señala que es la rotación hacia delante y hacia el exterior de una determinada ladera. La gravedad es considerada como la fuerza desestabilizadora y se pueden encontrar dos procesos dentro de este mecanismo:

2.6.2.1 Vuelcos por flexión

Con base en Goodman (1976), este proceso tiene lugar en rocas que tienen un sistema preferente de discontinuidades, las columnas continuas se doblan de manera hacia delante y se rompen por flexión.

2.6.2.2 Desplome

Este proceso se da en bordes acantilados rocosos o de materiales areno-arcillosos compactados. Si la ladera es empinada, las roturas por vuelco pueden transformarse en caídas.

2.6.3 Deslizamientos rotacionales

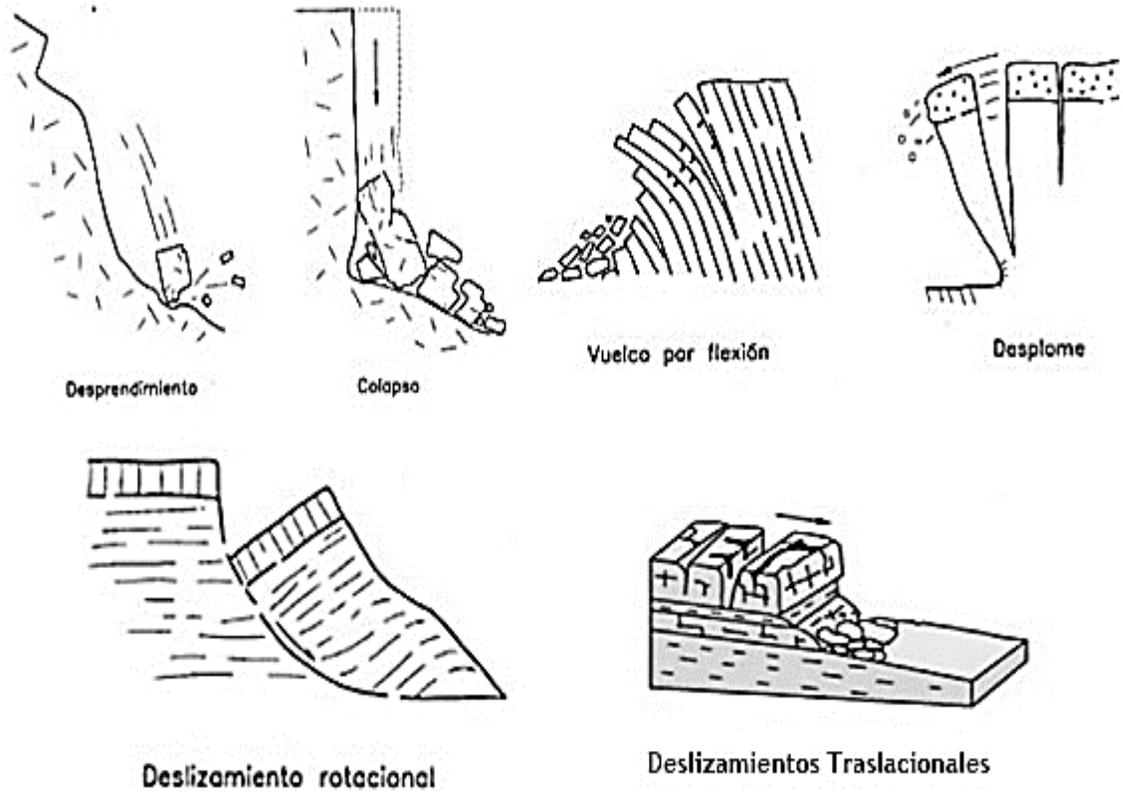
Jordi Corominas and de Caminos (2004) refiere que en este tipo de mecanismo la rotura se da a lo largo de una superficie curvilínea y cóncava el cual experimenta un giro por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. Una vez producido este deslizamiento es vulnerable a la reactivación.

2.6.4 Deslizamientos traslacionales

Ruiz (2012) plantea que estos mecanismos tienen pendientes suaves o muy suaves en su zona de cabecera y su zona baja en la cual se da generalmente acumulación de bloques.

Figura 8

Tipos de movimientos de laderas



Nota. Tomada de Ruiz (2012), J Corominas and García Yagüe (1997)

2.7 Erosión Costera

Según Rodríguez et al. (2010), la erosión costera ha generado la reducción de playas, el avance de la línea de costa hacia el continente, la pérdida de ecosistemas, la pérdida de playas, cambios en la batimetría y morfología costera, entre otros problemas que a su vez provocan un impacto considerable en obras civiles como carreteras, líneas eléctricas, casas, edificaciones, etc.

Se da generalmente en costas arenosas, como en las playas, en donde los retrocesos pueden alcanzar ritmos relativamente altos a escalas anuales y donde también existe la

perdida de arenas. Esta se manifiesta en los acantilados, donde los hace retroceder y de alguna u otra manera desmoronar.

Zújar (2000), menciona que dentro del concepto de erosión costera se debe generar una diferencia en atención a las escalas espacio y tiempo en que se manifiesta este fenómeno natural y a las formas en que opera, los procesos de erosión a largo plazo llevan no sólo el retroceso de la costa y la pérdida de sedimentos, sino a una intensificación de procesos erosivos ligados a fenómenos externos mencionados.

2.8 Procesos Morfodinámicos

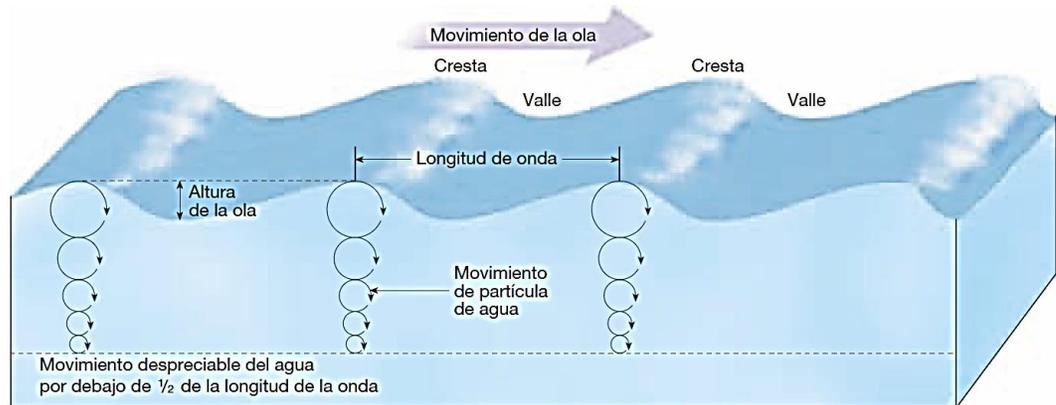
Ruiz (2012) refiere que el medio litoral se ve afectado por varios procesos y agentes naturales que operan tanto físicamente de origen marino como de origen continental. Existen agentes y procesos que dan lugar a la erosión mecánica, química y biológica de los materiales expuestos a su acción. Entre estos procesos morfodinámicos podemos citar: oleajes, mares y corrientes.

2.8.1. Oleajes

Tarbuck and Lutgens (2005) describen que la energía y el movimiento de la mayoría de las olas derivan del viento. Cuando una brisa es menor a 3 kilómetros por hora, aparecen sólo mínimas ondulaciones. Cuando el viento sopla a superiores velocidades, se generan de forma gradual olas más estables, que avanzan con el viento.

Figura 9

Movimiento de la ola

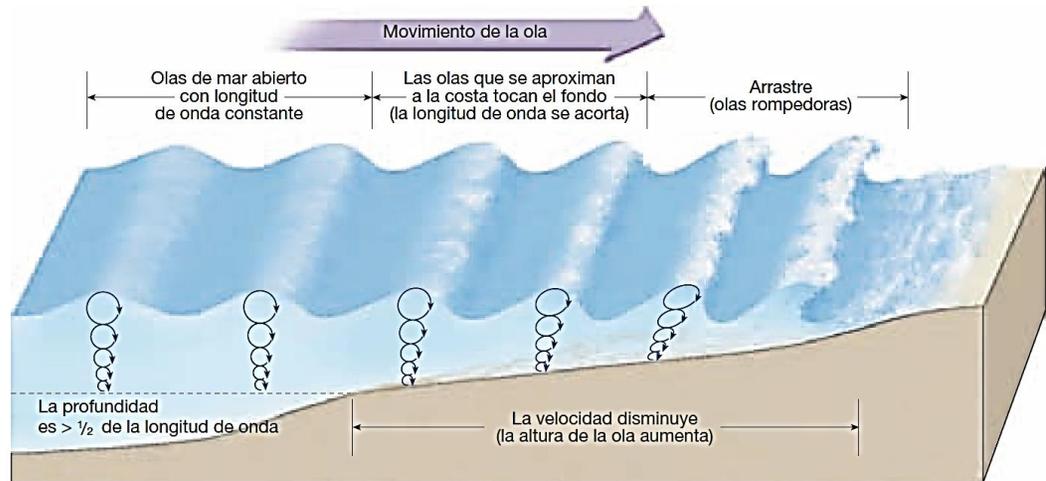


Nota. Diagrama de una ola oceánica no rompiente donde se muestran las partes principales de una ola, así como el movimiento de las partículas de agua en la profundidad. Debajo de una profundidad igual a la mitad de la longitud de onda se produce un movimiento despreciable del agua. Tomada de Tarbuck and Lutgens (2005).

En la figura 9 y 10, como lo mencionan Tarbuck and Lutgens (2005), aparece una forma ondulada simple no rompiente, en la mencionada figura se muestran las características de las olas oceánicas. La parte superior de las olas se las denomina *crestas*, que están separadas por *valles*. En el medio camino entre las crestas y los valles se encuentra el *nivel de aguas tranquilas*, que es el nivel que ocuparía el agua si no existieran olas. La distancia vertical que se da entre el valle y la cresta se la denomina como la **altura de ola**, y la distancia horizontal que se da entre las crestas sucesivas es la denominada **longitud de onda**. El tiempo que una ola entera tarde en pasar una posición fija se llama **período de ola**.

Figura 10

Cambios que se producen en una ola



Nota. Cambios que se producen cuando una ola se mueve sobre el litoral. Las olas tocan el fondo cuando topan con profundidades de aguas inferiores a la mitad de la longitud de onda. La velocidad de la ola disminuye y las olas se amontonan contra el litoral, haciendo que la longitud de onda disminuya, lo cual resulta en un aumento de la altura de la ola hasta el punto en que las olas caen adelante y rompen en zona de arrastre. Tomada de Tarbuck and Lutgens (2005).

2.8.2. Mareas

Empleando las palabras de Lizano (2006) la marea es el resultado de la alteración del nivel del mar, dadas en primer lugar por la fuerza gravitacional de la luna y el sol y éstas a su vez pueden ser modificadas por océano-meteorológicos.

2.8.3. Corrientes

Según Ramirez (2006) las corrientes son generadas por los vientos. Estas transportan una gran cantidad de agua y energía formadas por calor por lo que realizan la distribución de salinidad y la temperatura afectando así el clima y la productividad de las aguas.

2.9 Recesión de Costas Rocosas.

Penning-Rowsell et al. (2014) Manifiesta que la recesión que se da en acantilados hace referencia al proceso dinámico mediante el cual se origina un retroceso, tierra

adentro, de la línea que delimita el borde superior o cresta del acantilado que es originado por la caída del terreno hacia el mar al momento que se inestabiliza la masa rocosa.

Como señalan Sunamura and erosion (1983) y Tsujimoto (1987), en muchas zonas costeras en donde se da la presencia de acantilados, la predicción del riesgo costero se debe fundamentalmente en la determinación del retroceso promedio de un tramo de costa en los últimos años, y de su proyección a futuro. El máximo alcance de un desmoronamiento de costas puede llegar a afectar decenas de metros hacia el interior.

2.10 Fotogrametría

Dicho con palabras de Sánchez (2006), la fotogrametría es aquella técnica cuyo principal objetivo es el de determinar las dimensiones y la posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas, esto se obtiene a través de las medidas realizadas a partir de la intersección de dos o muchas más fotografías. Por medio de la fotogrametría se obtiene modelos digitales de terreno que pueden ser usados para varios tipos de levantamientos topográficos.

O. Del Río-Santana, T. Espinoza-Fraire, A. Sáenz-Esqueda, and F. J. R. C. Córtes-Martínez (2019) definen que la misión del vuelo fotogramétrico tiene por objeto sobrevolar la zona a estudiarse a una altura y a una velocidad constante, dentro de un vuelo la cámara tomará exposiciones de tal modo que las fotografías cuenten con un traslape considerable para poder realizar la reconstrucción del terreno que se medirá.

Capítulo III

3.1 Ámbito Geográfico de la Costa Ecuatoriana

En la presente investigación el capítulo III tiene como objeto explicar el sitio donde se realizará el estudio, en el cual se definirán varios aspectos que han sido seleccionados específicamente para el mejor entendimiento del proyecto, los mismos que se detallan a continuación:

3.2 Ámbito Geológico de la Costa Ecuatoriana

Según plantea Reynaud, Jaillard, Lapierre, Mamberti, and Mascle (1999) los suelos de la costa ecuatoriana están conformados por depositaciones de bloques alóctonos y discontinuos como resultado de sucesivas acreciones en margen izquierdo sudamericano a partir del periodo Cretáceo temprano hasta el periodo terciario temprano. Citando a Luzieux et al. (2006) la costa ecuatoriana está conformado por terrenos como bloques yuxtapuestos, separados entre ellos por contactos fallados de diferentes edades y composición química.

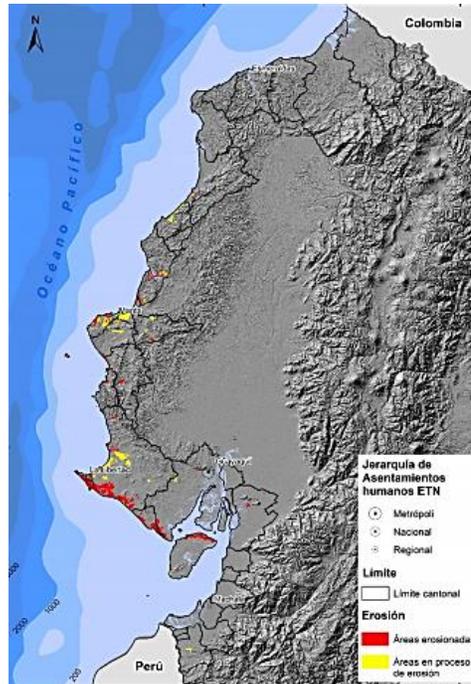
3.2.1 Incidencia de la Erosión Costera en Perfil Ecuatoriano

La erosión costera es una consecuencia dinámica del litoral y de los fenómenos como tsunamis, inundaciones, intensidad sísmica, entre otros que inciden de formas diferentes en los macizos rocosos o sedimentarios. A pesar de esto los riesgos también son significativos cuando la acción del ser humano, desarrolla actuaciones en las áreas sujetas a erosión como las ocupaciones frente a acantilados o dunas y bermas de la playa por edificaciones e infraestructuras. En la figura 11 se observan algunos cantones con una

gran incidencia de erosión dentro de la costa ecuatoriana son Sucre, San Vicente, Santa Elena, Playas y la Isla Puní ubicada en la provincia de Guayaquil.

Figura 11

Amenaza de erosión en la costa ecuatoriana



Nota. Las áreas señaladas de color amarillo están en proceso de erosión mientras que en el área de color rojo son áreas erosionadas. Tomada de Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (2017)

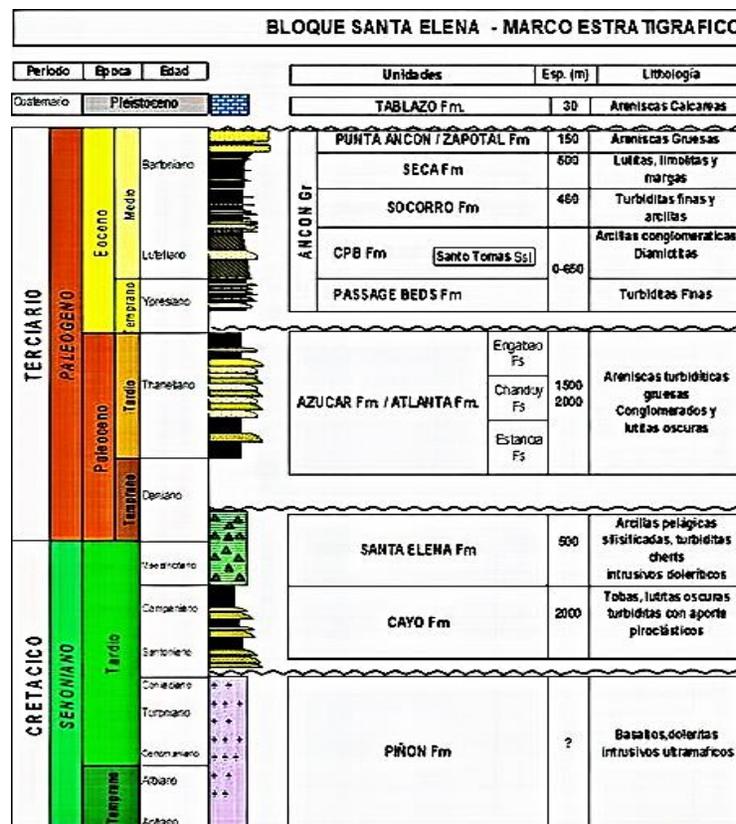
También deben señalarse los movimientos en masa como lo son: derrumbes, deslaves, deslizamientos, entre otros, que conllevan una gran incidencia en la costa y que vienen unidos con diferentes fenómenos, como los terremotos. La incidencia de las lluvias es un factor de gran importancia, el tipo de roca, de suelo, la cobertura vegetal y prácticas inadecuadas del territorio (asentamientos informales) son los causantes del incremento de la susceptibilidad a los movimientos en masa, que son generados en todo el perfil de la costa ecuatoriana.

3.3 Ámbito geológico Provincia de Santa Elena

De acuerdo con Benitez (1995) Santa Elena provincia del Ecuador es un levantamiento tectónico entre las fallas La Cruz y Posorja, y al norte según algunos autores por la falla Colonche, mostrando que no existen afloramientos de basamento dentro del bloque. La depositación de las secuencias Paleocenas y Eocenas, como en muestra la figura 12, se desarrollaron en ambiente marino profundo según estudios paleontológicos realizados por Jaillard et al. (2009) mientras que existen formaciones cuaternarios que tienden a ser más someras de ambiente estuarino.

Figura 12

Columna estratigráfica general del levantamiento de Santa Elena



Nota. Tomada de Pacifpetrol. (2015)

3.4 Grupo Ancón

Con base en Veloz Analuiza and Velastegui Coronel (2007) las interestratificaciones de areniscas, arcillas, limonitas y lutitas que varían de azul a plomo. Las limonitas son rocas originadas por la compactación y cementación de sedimentos limosos. Todas las rocas de este grupo poseen poca resistencia sobre todo bajo la acción del agua recalando a las lluvias. Afloran en toda el área de los campos San Francisco, Matilde, Navarra Ancón y Concepción. Las formaciones de Grupo Ancón se dividen en tres, las cuales son:

3.4.1 Formación Clay Pebble Beds

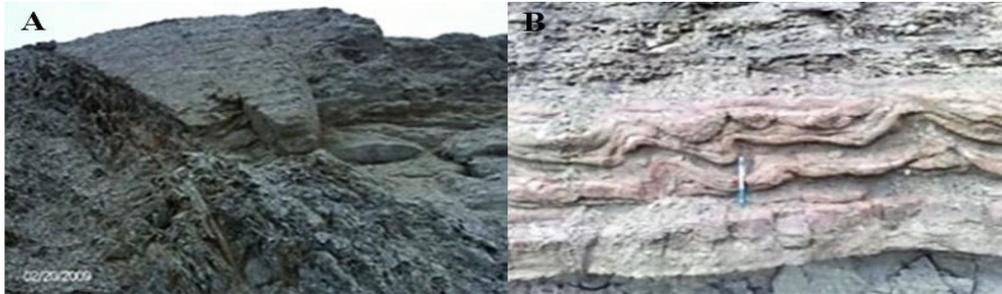
Como indica Brown and Baldry (1925) en esta formación se presencia bloques de areniscas, lutitas, cherts y calizas. Más adelante, Bristow (1977) declaran un espesor de 750 m. Según Ordoñez (2006) la edad asignada es Eoceno Temprano para esta formación. En la figura 13 se observa una imagen de muestra de esta formación.

3.4.2 Formación Socorro y Seca

Están formados litológicamente de conglomerados y lutitas con intercalaciones de limolitas laminadas y areniscas; estas intercalaciones detríticas son interpretadas como turbiditas. La edad asignada por (Ordoñez, 2006) en la Formación Socorro es Eoceno Medio temprano- Eoceno Medio medio; y por ende la Formación Seca es Eoceno Medio medio, como se muestra en la figura 13.

Figura 13

Vistas de la Formación Clay Pebble Beds y la Formación Socorro



Nota. En la figura A existe un contacto de lutitas de la formación Clay Pebble Beds y estratos de areniscas de la Formación Socorro mientras que en la figura B se observa la Formación Socorro con notables deformaciones en su estructura. Tomada de Navarrete (2018).

3.4.3 Formación Punta Ancón

De acuerdo con (Brown & Baldry, 1925) y (Sheppard, 1928) la formación Punta Ancón, en los años mencionados. Esta formación representa la unidad superior del Grupo Ancón y estratigráficamente sobreyace a la Formación Seca. Litológicamente está conformada por areniscas masivas de color verde oscuro, calizas bioturbadas parcialmente conglomeráticas, arcillolitas y limolitas con laminación ondulantes desde la posición de (Montenegro, 1988). En relación con (Ordoñez, 2006) describe que la edad de Punta Ancón es Eoceno Medio medio- Eoceno Medio tardío.

3.5 Arena

Dentro de esta clasificación (Bolivar Soledispa, 2007) demuestra que; Ancón está compuesta por sedimentos arenosos, la arena se transporta de distintas formas, a continuación se mencionan el tipo de transporte que se puede ocasionar en las costas litorales.

3.5.1. Transporte de Arena hacia y desde la Costa

Esto se refiere cuando las olas llegan en forma perpendicular a la línea costera, donde se produce el transporte hacia la playa, y desde ésta, hacia el mar. Este tipo de transporte también es conocido como frontal.

3.5.2 Transporte de Arena paralelo a la Costa

Según (Bolívar Soledispa, 2007) las corrientes litorales son las que originan el transporte de arena a lo largo de la línea de costa. Este tipo de transporte consta de dos componentes: 1) El movimiento originado por las corrientes litorales y 2) El vaivén de la arena en la anteplaya producida por el rompimiento de las olas. Como menciona (INOCAR, 1998) si el suministro de arena es menor que la cantidad que pueden mover las olas, la línea de costa erosionará.

3.6 Área Rocosa en Ancón

Los sedimentos limosos, incluyendo las arcillas, provienen principalmente de los acantilados del sector de Ancón, conformados por rocas sedimentarias (lutitas, limolitas y areniscas como ya se había mencionado anteriormente), las mismas que son fácilmente erosionable, tanto por las olas del mar como el agua de lluvia.

Una gran parte de sedimentos de esta área posiblemente han sido transportados a los ríos intermitentes que se encuentran a lo largo de la zona costera, durante el fenómeno de El Niño, evento en el cual estos ríos acarrearán gran cantidad de sedimentos finos. Para poder construir en áreas rocosas se debe tener en cuenta distintos factores tales como: la estabilidad del talud, la socavación del oleaje a la base del talud, los cambios en el nivel del mar, entre otros.

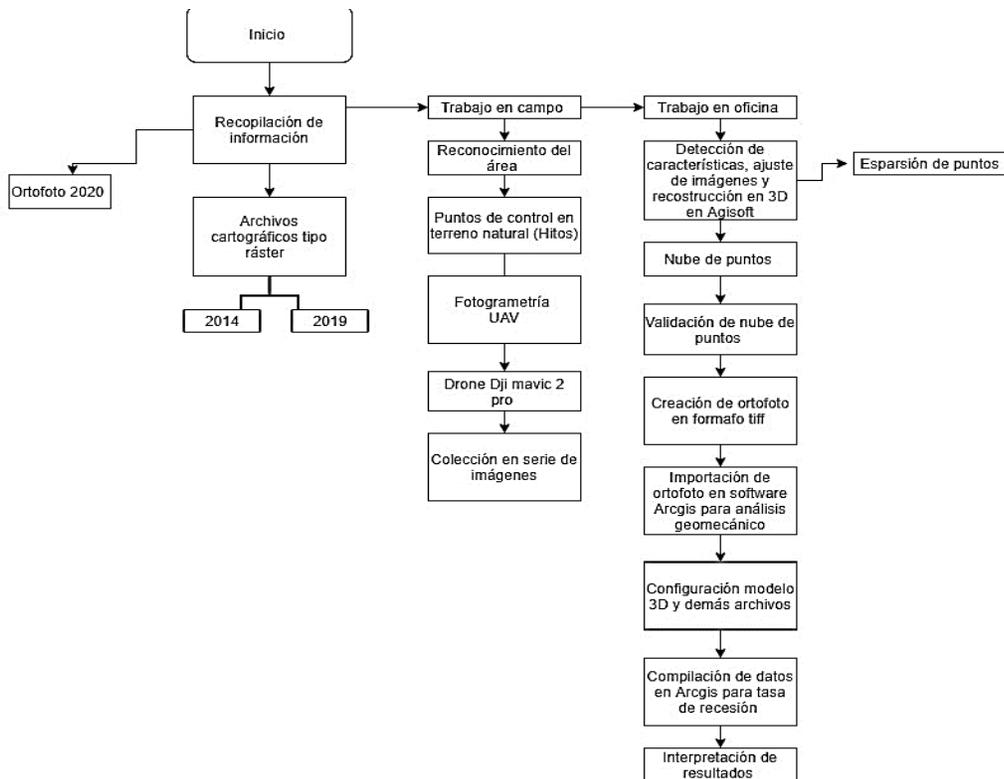
Capítulo IV

Metodología de la Investigación

En el siguiente capítulo se especifica el proceso que se realizó para la obtención de resultados, desde la recolección de información bibliográfica hasta la propuesta de resultados de este trabajo de titulación. La metodología de investigación con la fotogrametría de UAV para obtener el modelo de superficie de alta resolución de los acantilados rocosos de Ancón, como se muestra en la figura 14 el siguiente diagrama de flujo.

Figura 14

Flujo de trabajo



Nota. Flujo de trabajo desde la ubicación de punto de control para la fotogrametría de vehículos aéreos no tripulados (UAV) hasta el modelado geomecánico y la compilación de análisis de resultados.

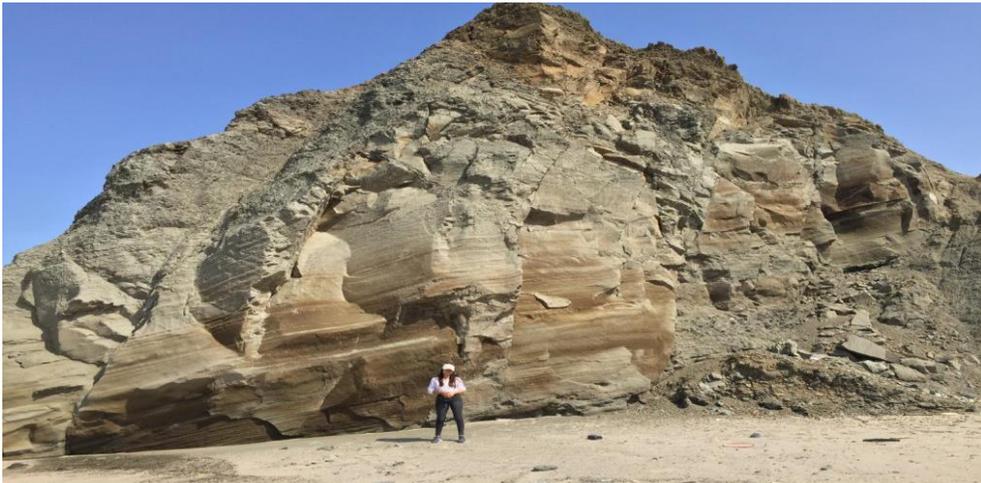
4.1 Estudio preliminar

4.1.1 Reconocimiento del Área de Estudio

Para poder realizar el tema investigativo y en su práctica el levantamiento aerofotogramétrico se realizó una visita con término especializado en la carrera de Ingeniería civil, un reconocimiento de terreno como se muestra en la figura 15 en el área de estudio en los acantilados de la parroquia “Ancón” se estudió y verificó la delimitación del área que se realizará el vuelo.

Figura 15

Reconocimiento de sitio para la investigación



Nota. Para realizar la respectiva investigación primeramente se tenía que reconocer el área donde se va a realizar el estudio.

4.2 Trabajo en Campo

4.2.1 Equipos Utilizados

Para el desarrollo de la fase de trabajo en campo del proyecto se utilizaron los siguientes equipos:

- Sistema GNSS estático

- Hitos de Hormigón
- UVA Dron Dji Mavic 2 Pro
- Teléfono inteligente
- App Pix4Dcapture

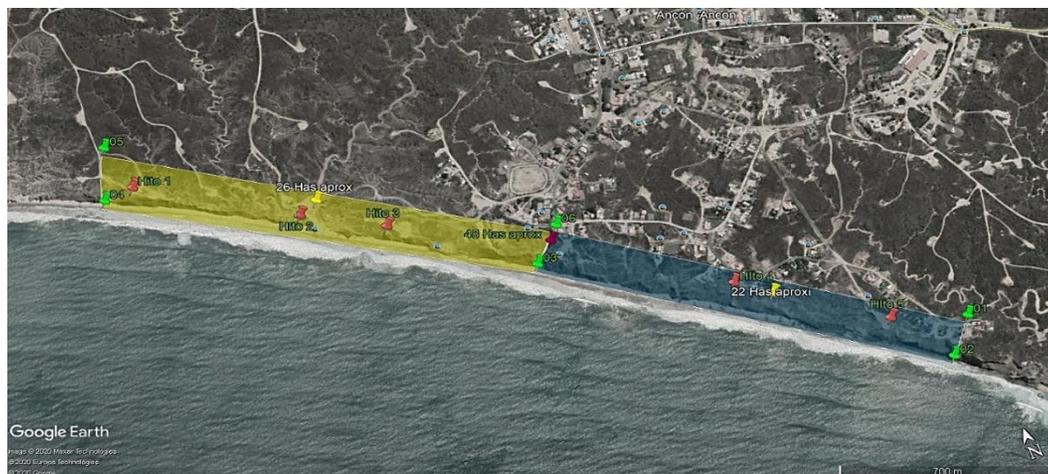
4.2.1.1 Colocación de Hitos en Sitio

A lo largo de la zona de estudio ya seleccionada se colocaron hitos de hormigón, cubierta de un tubo de color blanco, los cuales son puntos estables que serán fácilmente identificables en las imágenes y en el campo, estos también son conocidos como puntos de control los cuales ayudan a georreferenciar el levantamiento orto fotogramétrico.

El día 3 de agosto del 2020 se colocó los 5 puntos de control a lo largo del área de investigación, a continuación en la figura 16 y tabla 2 se muestra la ubicación de tales puntos:

Figura 16

Colocación y ubicación de puntos de control



Nota. Las marcas de posición de color rojo que se colocaron en el área de estudio marcan el lugar en donde se ubicaron los hitos.

Coordenadas UTM de Hitos in Situ para orto Fotogrametría.

Tabla 2

Coordenadas UTM de Hitos in situ para Orto Fotogrametría

Hitos	Coordenadas UTM WSG 84		Coordenadas Geográficas	
	Norte	Este	Sur	Oeste
Hito 1	514539,622	9743104,842	2°19'27.12''	80°52'9.24''
Hito 2	515004,867	9742819,653	2°19'36.40''	80°51'54.19''
Hito 3	515254,984	9742682,433	2°19'40.86''	80°51'46.09''
Hito 4	516226,668	9742094,872	2°20'0.01''	80°51'14.62''
Hito 5	516653,567	9741794,188	2°20'9.778''	80°51'0.79''

Nota. Tomada de Google Earth Pro.

Las coordenadas se midieron con el método GNSS estático el cual se conecta por una red satelital y por medio de un aparato receptor de información se obtienen las coordenadas en tiempo real, citando a León Pulgar (2018) estos aparatos actualmente son los más precisos, tienen un margen de error de 2cm horizontalmente y hasta 5cm verticalmente, bastante aceptable para grandes proyectos. Las coordenadas del punto base que se utilizaron para este método son:

N: 9743861,136

S: 513372,991

Los puntos de control como se observa en la figura 17 fueron distribuidos de manera uniforme en la zona de estudio para así obtener mayor precisión en la georreferenciación y un ajuste adecuado del ortomosaico que se ha generado.

Figura 17

Obtención de coordenadas con el método GNSS estático



Nota. Equipo necesario utilizado con método estático para la toma de coordenadas.

4.2.1.2 Fotogrametría UAV: Dron Dji Mavic 2 Pro

4.2.1.2.1 Características del Dron

En la página oficial de la compañía Dji (2018) se encuentran detalladas las características del vehículo aéreo no tripulado Dji Mavic 2 Pro tal como se describen a continuación:

❖ Hardware

Peso: 907 gr.

Sensor: Píxeles efectivos CMOS 1":20 millones.

Lente: Equivalente de formato de 35 mm:28 mm.

Batería: Capacidad 3850 mA, voltaje 15, 4 V tipo LiPo 4S

Tarjetas micro SD recomendadas: 32 GB Sandisk V30, 64G Sandisk Extreme Pro V30.

Componentes: Barómetro, proximidad, temperatura, GPS, altura.

Estructura: Equipo semiprofesional.

❖ **Funcionamiento**

Autonomía de vuelo: Hasta 31 min.

Velocidad máxima (cerca del mar, sin viento): 72 km/h

Altura máxima de despegue: 6000 metros.

Distancia máxima de vuelo: 18 km (a una velocidad constante de 25 km/h).

Resistencia máxima de vuelo: 29-38 km/h.

Velocidad Angular Máxima: 200°/s

Planificación de vuelo automática: Si.

Tamaño de píxeles en imagen: Hasta 48 megapíxeles.

Detección de obstáculos omnidireccional: Si.

❖ **Contenido del paquete**

Par de alas extraíbles

Hélice de repuesto

Manual de usuario

Caja de transporte

Estuche para cuidado de cámara

Control remoto y accesorio.

4.2.1.2.2 Ventajas del Uso del Dron

Se han establecido las siguientes ventajas en la utilización del dron:

- ✓ Posibilidad de uso en zonas de riesgo o de difícil acceso.
- ✓ El trabajo que se va a realizar se reduce a un menor tiempo que cualquier otro método.
- ✓ Disminuye gastos organizativos y logísticos.

- ✓ Datos con mayor precisión para trabajar en un proyecto tal como ortofotos y otros.
- ✓ Información gráfica detallada.
- ✓ Rapidez en levantamiento de datos e información.

4.2.1.2.2 Desventajas del uso del Dron

- ✓ La autonomía de baterías es deficiente, suelen tener un tiempo limitado.
- ✓ Son vulnerables a fenómenos atmosféricos.
- ✓ Altura máxima es limitada.

4.2.2 Plan de Vuelo

4.2.2.1 Selección de zona de despegue y aterrizaje

Cuando los puntos de control ya se han establecido en la zona de estudio se procede a elaborar un plan de vuelo. Para la elaboración de este se utilizó la aplicación Pix4D capture para dispositivos móviles, previamente instalada en el celular que se manejará. La aplicación cuenta con una vista satelital que facilita la delimitación del vuelo sobre la zona de estudio y el equipo se instala en una superficie plana como se muestra en la figura 18.

Con base en (Pix4d, 2017); La fotogrametría digital con dron ha permitido la democratización del uso de la misma para grandes y pequeños proyectos. Pix4D ha conseguido simplificar al máximo aquellos parámetros determinantes para la obtención de resultados fotogramétricos.

4.2.2.1.1 Parámetros de vuelo

Se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros cuando se va a realizar el vuelo de fotogrametría:

- Tiempo de vuelo.
- Condiciones climáticas y meteorológicas.
- Superficie plana para despegue y aterrizaje.

Figura 18

Colocación del dron en el punto de despegue



Nota. Se observa que el dron está armado y ubicado sobre una superficie plana para un favorable despegue y aterrizaje.

4.2.2.2 Configuración de Plan de Vuelo

Para la configuración del vuelo se empieza iniciando en la aplicación móvil Pix4Dcapture, en este caso será un levantamiento Grid Mission, tal como se muestra en la pantalla inicial en la figura 19:

Figura 19

Pantalla inicial de la aplicación Pix4Dcapture



Nota. Imagen capturada de la página principal del programa Pix4Dcapture para smartphone utilizado con el UAV.

Posteriormente, se establece el nombre del proyecto en este caso se lo denominó “Sector 1” y se continuará con las respectivas modificaciones de los parámetros generales con los que se va a trabajar el levantamiento. Se determina el área de estudio donde deberá volar. Así mismo la cámara para la precisión de la fotografía, cabe recalcar que la precisión depende de la altura del vuelo y de la calidad de la cámara del dron.

Se determina el traslape de las fotografías, velocidad de vuelo, altura de vuelo, ángulo de la cámara, lugar específico donde empezará y donde terminará el vuelo, ya realizados los ajustes necesarios se tendrá el tiempo que se demorará en hacer el levantamiento de ortofotos en toda el área seleccionada del estudio, en este caso se

realizaron varios vuelos debido a que el área de estudio en Ancón es extensa tal como se muestra en la figura 20 y tabla 3.

Figura 20

Algunos vuelos seleccionados del área de estudio



Nota. Aplicación móvil Pix4Dcapture para levantamiento fotogramétrico.

La zona de estudio comprende una superficie aproximadamente de 48 hectáreas en total por lo que hacer el levantamiento en un solo vuelo sería imposible, por ende, se realizaron distintos vuelos con distintos tiempos con un desarrollo de líneas de vuelo paralelas convencionales para cubrir toda el área por investigar. El reconocimiento aéreo mediante fotografías frontales que van en un rango de 0° a 45° y ortogonales 90° . Estos vuelos se planificaron a una altura de 70 m sobre el nivel del suelo. Se estableció un modo autónomo de adquisición de imágenes con un disparo por segundo.

El resultado de las imágenes adquiridas con la cámara en una superposición ortogonal con un traslape del 80%, la resolución de vuelo es de 1,65 m/pix, es decir una buena resolución mientras menos sea la cantidad mejor es la resolución. Así mismo, para

recopilar imágenes aéreas de las porciones subverticales del acantilado marino y representar características topográficas complejas con desarrollo vertical, se adquirieron imágenes frontales adicionales, así obteniendo un modelamiento espacial con mayor resolución, a continuación en la tabla 3 se muestran algunos vuelos que se realizaron.

Datos de vuelos a 70 m

Tabla 3

Datos de vuelo a 70 metros de altura

Datos	Vuelo 1	Vuelo 2	Vuelo 3	Vuelo 4	Vuelo 5
Altura de vuelo	70 m				
Dimensiones	206mx599m	198mx598m	174mx597m	181mx318m	209x591m
Traslape de fotografías	80%	80%	80%	80%	80%
N° de fotos	468	256	408	217	458
Tiempo de vuelo	15 min	10 min	13 min	14 min	15 min

Nota. Tabla de datos de los respectivos vuelos que se realizaron para la fotogrametría.

Durante el vuelo es importante apuntar con el control remoto en la dirección del dron para obtener mejor información en tiempo real y asegurar que la conexión no se pierda. Se debe verificar la batería del equipo constantemente, la cantidad de imágenes capturadas como se observa en la figura 21 y el porcentaje de vuelo requerido.

Figura 21

Imágenes capturadas por el dron



Nota. Imágenes ortogonales y frontales tomadas por el dron de los acantilados de Ancón

4.2 Trabajo en Oficina

4.2.1 Gestión de Superficies: Estrategia de Malla de Puntos

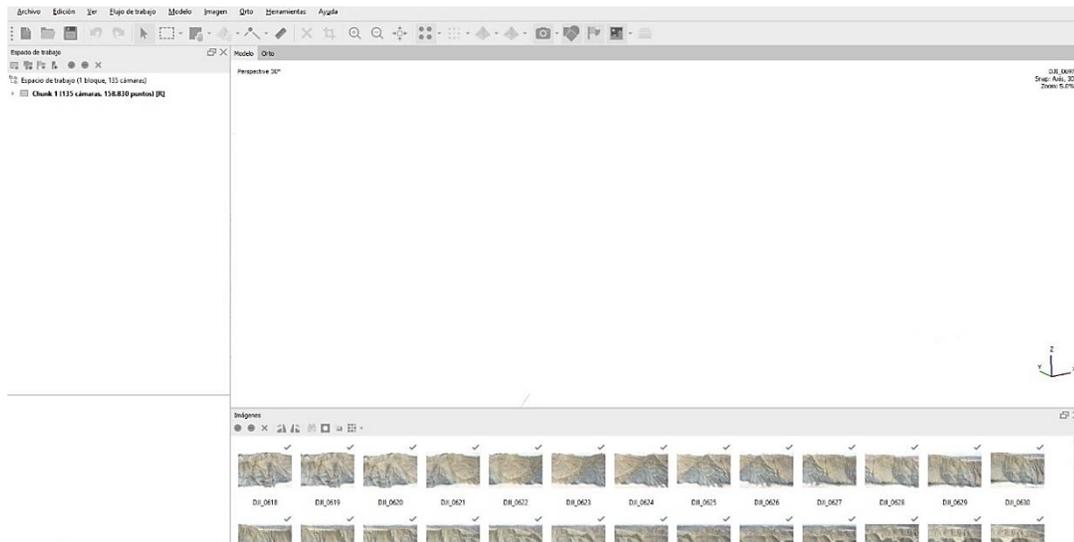
Según Fonstad et al. (2013) Las nuevas tecnologías de fotogrametría digital, han revitalizado el uso de la fotografía desde plataformas terrestres o aéreas para medir la topografía y el cambio del paisaje. La mayoría de las aplicaciones o softwares para fotogrametría incluyen estudios fotográficos y de control terrestre para poder obtener la nube de puntos tridimensionales o campos de altura bidimensionales o conocidos también como modelos de digitales de elevación.

El procesamiento de las imágenes tomadas con Pix4Dcapture se lo realizó con el software Agisoft Metashape Professional, para esto en primer lugar se cargan las imágenes tomadas durante el vuelo y se configura el tipo de coordenadas que se utilizará en este caso; WGS 84-UTM 17S.

Para este proceso se utilizaron las fotos a 70 metros de altura por lo que era un área de gran dimensión y era necesario realizarlo a mayor altura para que no se generen gran cantidad de fotos que conviertan el proceso más lento, aun así el objetivo de estos análisis es producir una nube de puntos topográficos precisa y de alta resolución. Posteriormente se proceden a importar las fotos como se visualiza en la figura 22 no sin eliminar las fotos que sean innecesarias fuera del área de interés y hacer una selección exhaustiva de las imágenes que se van a procesar para el orto mosaico.

Figura 22

Importación de imágenes al software Agisoft



Nota. Para poder realizar la nube de puntos y posteriormente el modelamiento se importan las imágenes a procesar del área que se realizó la fotogrametría.

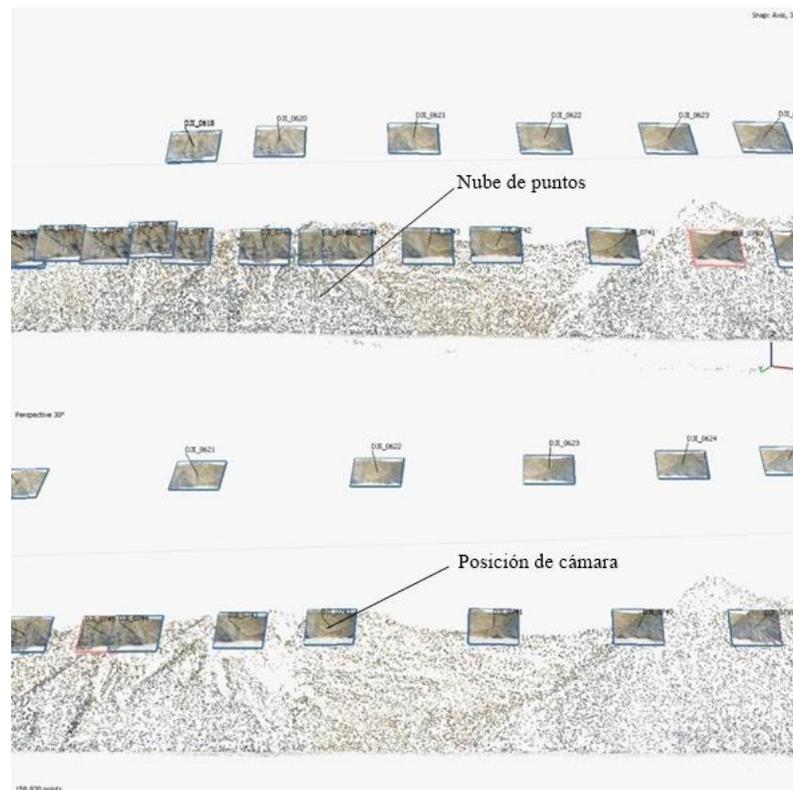
El archivo de las fotografías ya seleccionadas tiene coordenadas que supondrán la ubicación de la fotografía en el modelamiento.

4.2.2 Alineación de Fotografías

Para la creación de nubes de puntos es necesario resolver parámetros de alineación de fotografías (posiciones y orientaciones geográficas). El tiempo de procesar la alineación de las imágenes del proyecto depende de la cantidad de las fotos y la velocidad de la computadora que se esté utilizando como se observa en la figura 23.

Figura 23

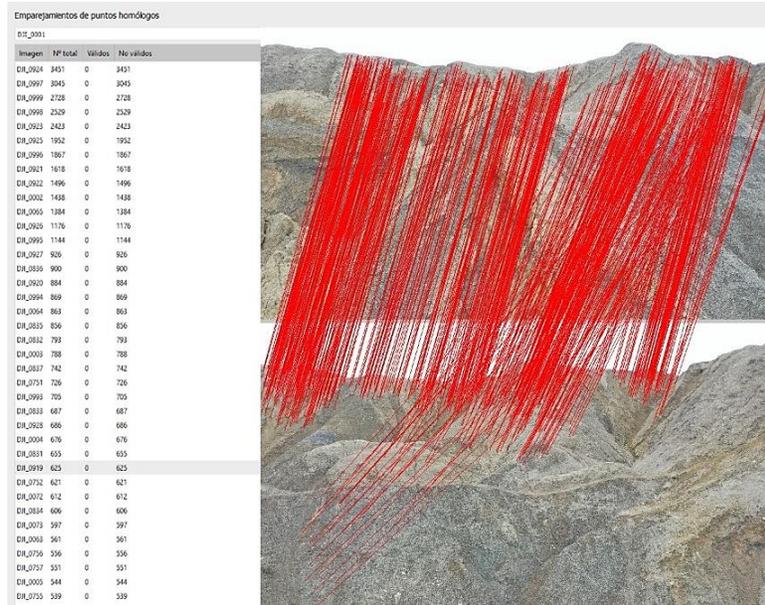
Alineación de imágenes



Nota. Presentación oblicua del análisis de estructura en cuatro dimensiones del área de estudio “Ancón”. La imagen incluye un relieve sombreado, mapa de nube de puntos de la superficie a partir de imágenes del año 2020.

Figura 24

Emparejamiento de puntos e imágenes para la creación de la ortofoto



Nota. En la imagen se muestra como el programa hace un alineamiento y el emparejamiento de las imágenes importadas para la creación del modelo topográfico.

4.2.3 Creación de Nube de Puntos Densa

Cuando ya se realizó el proceso de alineación se procederá a crear la nube de puntos densa, en este proceso el software compara las imágenes pixel por pixel como se muestra anteriormente en la figura 24 y junta las fotografías en un solo gran bloque como en la figura 25. Para la creación de esta nube de puntos densa se debe generar en calidad alta para evitar problemas de error en el procesamiento.

Figura 25

Nube densa de puntos "San José de Ancón" año 2020



Nota. Imagen procesada en el programa creando así la nube de puntos densa.

Se debe importar los puntos de control que se tomaron en campo, y esto creará marcadores los cuales ayudarán a referenciar la ortofoto final con coordenadas reales. En cada imagen en donde aparezca un marcador se debe comprobar la exactitud del marcador ya que cada uno representa un punto de control y por lo tanto es una unión entre todas las fotos que comparten el mismo marcador. En este caso se utilizaron 5 puntos de control como se muestra en la figura 26. Al finalizar se deben actualizar las coordenadas.

Figura 26

Importación de puntos de control en el software, ubicación "San José de Ancón" año 2020



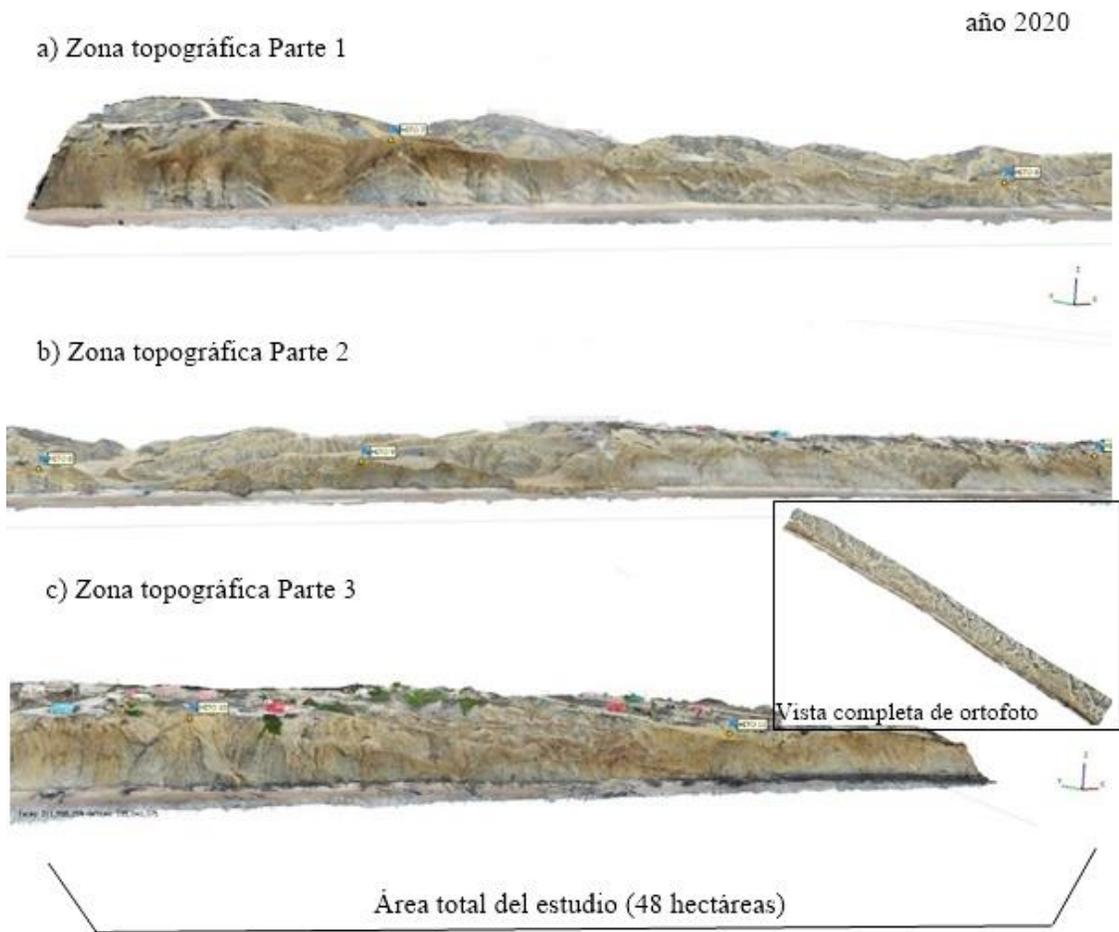
Nota. Para georreferenciar y obtener errores mínimos en el levantamiento se importan los puntos de control ubicados in situ.

4.2.4 Creación de Ortofoto Final del Año 2020

Luego del proceso anterior se procede a generar y crear la ortofoto final y se logrará observar la calidad del trabajo realizado, tal como se visualiza en la figura 27.

Figura 27

Ortofoto "San José de Ancón" año 2020



Nota. Ortofoto final del levantamiento realizado en el año 2020.

4.2.4.1 Datos del Modelamiento de Ortofoto 2020 en Agisoft Metashape

A continuación se muestra una serie de especificaciones del procesamiento de imágenes para lograr la ortofoto final del área de estudio:

Numero de imágenes: 2793

Altitud media de vuelo: 75,2 m

Imágenes alineadas: 2710

Resolución de terreno: 1,65 cm/pix

Error de proyección: 0.551 pix

Número de puntos en nube densa: 1'057.792,470

Tiempo de procesamiento de nube densa: 4 h 54 min

4.2.5 Metodología para el Cálculo de Tasa Erosión de Acantilados

4.2.5.1 Erosión de Acantilados

Deducen Naylor, Stephenson, and Trenhaile (2010); La erosión costera es un problema que va creciendo en muchas partes del mundo. Durante las últimas décadas, los problemas de dinámica natural de los entornos costeros y la ocupación aceleradas de zonas costeras por parte de la población han aumentado notablemente en el mundo. Los procesos de erosión costera ocurren en todo tipo de costa, pero en su gran mayoría de los estudios se ha centrado generalmente en playas y costas arenosas.

De acuerdo con Lee, Hall, and Meadowcroft (2001); La erosión de los acantilados marinos es un fenómeno del sitio, las superficies acantiladas generalmente retroceden a

un ritmo muy lento hasta que un evento de baja frecuencia y alta energía causa episodios de erosión repentinos de una magnitud mucho mayor que el retroceso promedio.

Manifiesta Emery and Kuhn (1982); La litología es probablemente una de las características más importantes que determina la tasa de recesión de los acantilados como los principales procesos de erosión que actúan sobre los escarpes. Cuando el acantilado está formado por rocas homogéneas, la evolución del perfil del acantilado depende de la influencia relativa de los procesos subaéreos y marinos en cambio, cuando los acantilados están compuestos por diferentes unidades y litología es más difícil de predecir.

Menciona, Addo, Walkden, Mills, and Sensing (2008); Es importante saber que en la actualidad más del 80% de las playas del mundo presentan una erosión costera con tasas que van desde el 1.0 cm/ año a 30 m/año y esto presenta un grave peligro para muchas regiones costeras.

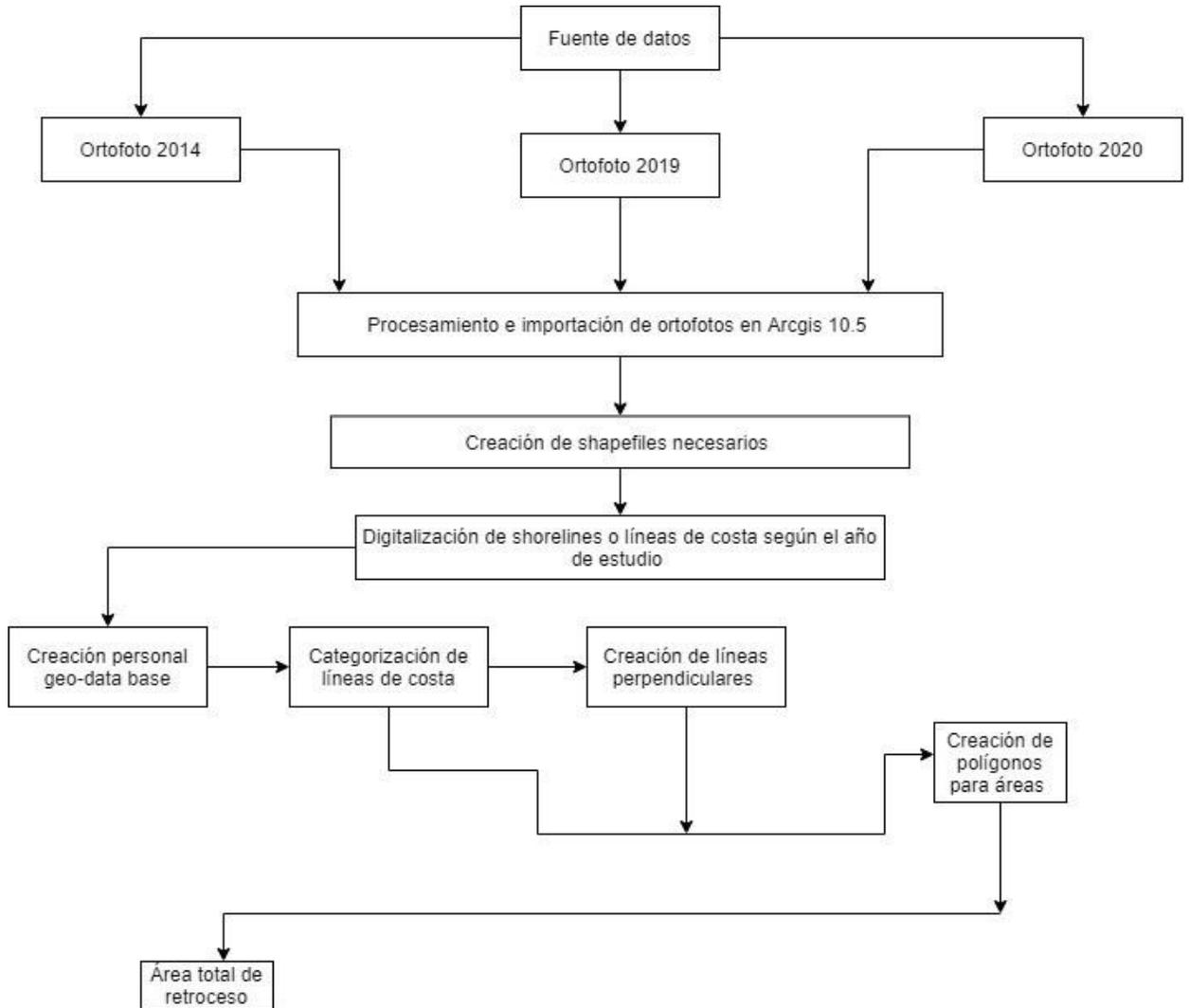
Para calcular el cambio de posición de la línea de costa del perfil en un sector de Ancón entre 2014 y 2020 se delinearón los topes de los acantilados con base a ortofotos tomadas desde WMS (Web Map Services) del geoportal del IGM y la ortofoto georreferenciada obtenida en el levantamiento aéreo fotogramétrico realizado en el mes de octubre del año 2020. Estas ortofotos pueden considerarse como información histórica comparable entre sí. Se realiza una línea de tiempo entre los años seleccionados se utilizó el software Arcgis versión 10.5, a continuación en la figura 28 se detalla el diagrama de flujo de la metodología empleada para calcular la tasa de retroceso y el área de retroceso.

El software Arcgis versión 10, tal como define Gorokhovich and Leiserowiz (2012), este es un instrumento analítico útil al realizar un exhaustivo de la evolución de

las líneas de costa implementadas en un sistema de información Geográfica, a continuación se muestra en la figura 29 diagrama de flujo de trabajo.

Figura 28

Marco de metodología de la tasa de erosión



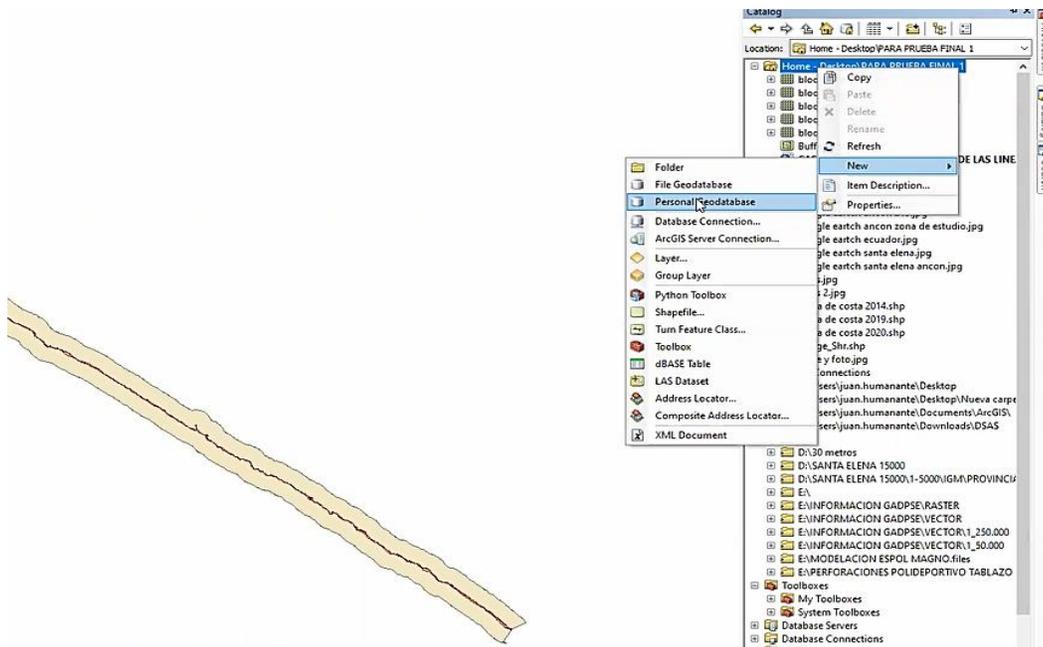
Nota. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de datos finales del proyecto de investigación.

4.2.5.2.1 Creación Personal Geo-data Base

Como indica Alonso Villalobos, García Prieto, and Benavente (2009), una geodatabase personal es una base de datos de Microsoft Access que puede almacenar, consultar y administrar tanto datos espaciales como datos no espaciales. Estas tienen como máximo un tamaño de 2GB y solamente una persona puede editar esta geodatabase. Todos los datos que se ingresen deben ser gestionados con una geodatabase personal tal como se observa en la figura 29. Es como un almacén de resultados y es necesario que todos los datos sean procesados en metros, en este proceso los archivos con datos que se guardan automáticamente en Microsoft Access se convirtieron a formato en Excel. Durante el proceso en todas las creaciones se utilizó la siguiente estación UTM.

Figura 29

Creación de un Geodatabase en el Catalog de Arcgis



Nota. Es importante realizar un geodatabase para la finalización de proyecto y obtención de tablas de resultado.

4.2.5.2.2 Colocación de la Línea de Costa

La línea de costa es digitalizada manualmente con la opción de polilínea en el perfil de los acantilados. Esta cobertura agrupa a los vectores que representan la línea de costa para cada uno de los periodos que se estudiarán.

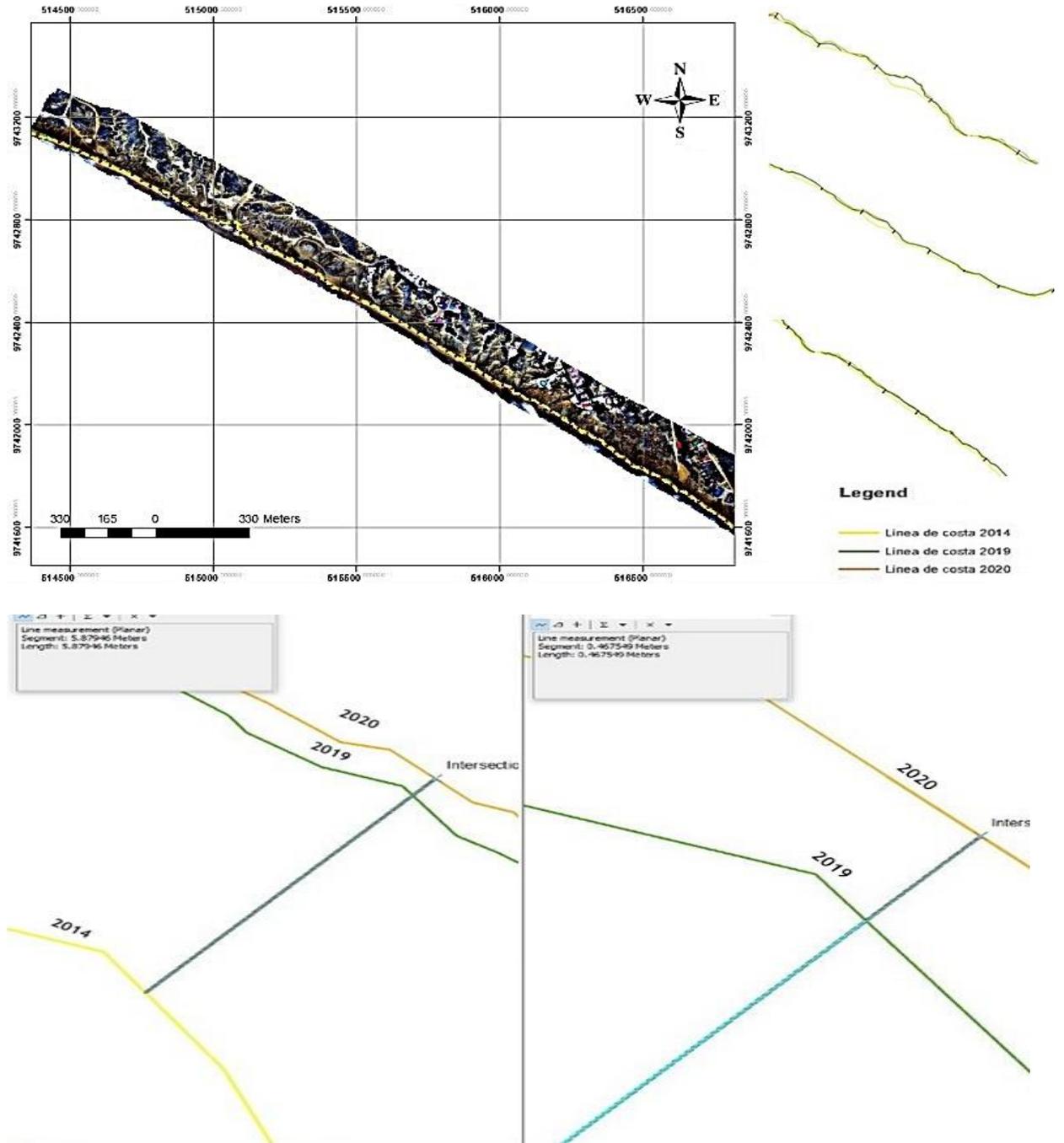
- *2014:3239.9062 m*
- *2019:3265.6874 m*
- *2020:3361.6206 m*

4.2.5.2.2 Colocación de la Línea Perpendiculares

Se realizan líneas perpendiculares cada 40 metros a lo largo de las líneas costeras entre los años estudiados como se muestra en la figura 30 para que así con la herramienta de medición obtener el valor de las distancias de las líneas perpendiculares entre año a año y así conseguir el valor final de recesión en los 6 años de investigación. Como se menciona anteriormente en la figura 31 se observa el valor de las distancia entre el año 2014-2020 y 2019-2020.

Figura 30

Creación de perpendiculares y distancias de las líneas de costa



Nota. Se crean perpendiculares para poder medir las distancias entre las líneas de costa y valores de distancia entre líneas de costa

Capítulo V

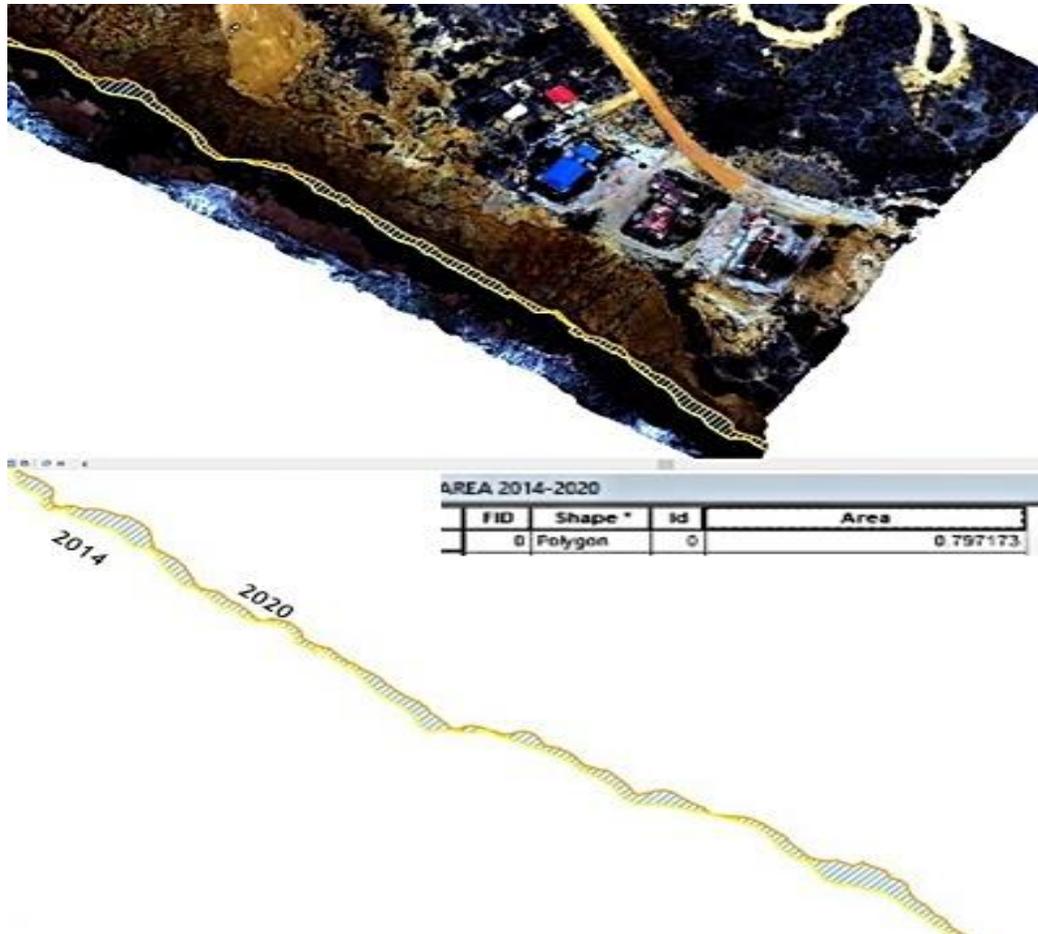
Análisis de Resultados

5.2 Análisis de la Modificación del Perfil Costero de Ancón medido en Áreas

Para obtener un valor en área de erosión en este sector se realizaron polígonos desde la línea de costa del 2014 hasta el 2020, obteniendo como resultado el área total de pérdida o recesión, tal como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Área entre el año 2014 y 2020

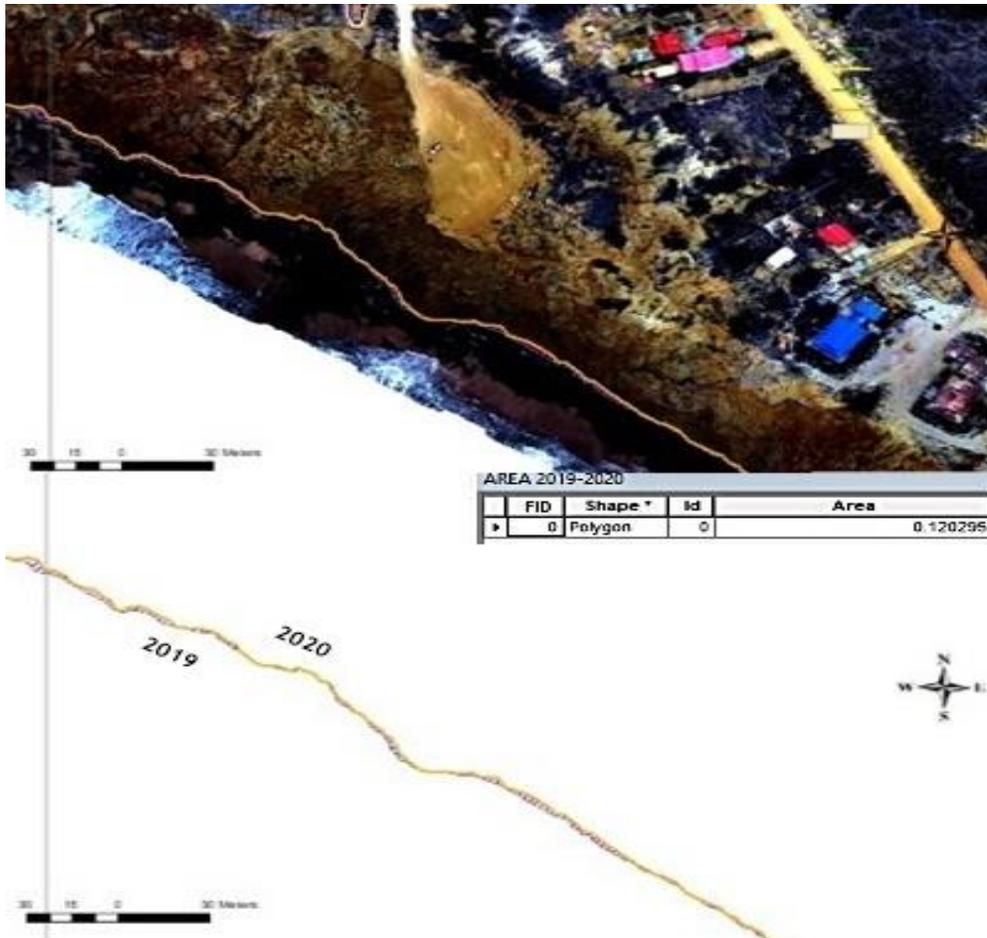


Nota. Valor del área del polígono entre el año 2014 y 2020.

El valor de área de pérdida entre el 2014 y 2020 es respectivamente a los 6 años de investigación, si este valor se divide a sus 6 años se obtendría un valor aproximado de pérdida en un año, es decir: $0,79/6= 0,13$ ha por año. Resultando una comparación entre el área del 2019 al 2020 el cual solo tiene un año de diferencia se demuestra que en un año la pérdida el valor de área de recesión es de 0,12 ha él cual es un valor aproximado al valor promediado en los 6 años como se demuestra en la siguiente figura 32.

Figura 32

Área entre 2019 y 2020 en acantilados



Nota. Valor del área del polígono del año 2019.

Tabla 4

Áreas desde el 2014 hasta el 2020

Año de estudio	2014-2020	2019-2020
Área (hm ²)	0.7971	0.1202

Nota. Áreas de los años de estudio de investigación.

Es así como obtiene un valor de pérdida en área de los acantilados de Ancón a través de los años desde el 2014 hasta el 2020 última fecha de estudio de 0.79 hm² a lo largo del perfil costero.

Conclusiones

- Se concluye que el método de levantamiento topográfico más idóneo para este proyecto fue realizado con aerofotogrametría con un UAV (Vehículo aéreo no tripulado) y que en este caso fue el dron Dji Mavic 2 Pro debido que este equipo no necesita una gran área para iniciar y/o terminar el vuelo. Además que el modelamiento con el uso de nuevas tecnologías permite minimizar los desplazamiento en las coordenadas demostrando que este es un método mucho más rápido y menos costoso.
- Se realizó el modelamiento con las ortofotos obtenidas en el levantamiento aéreo fotogramétrico realizado en el mes de noviembre del año 2020 y comparó con los datos de los años 2014 y 2019 donde se obtuvo el valor de tasa de recesión de 0.41 m por año.
- Se obtuvo el área de erosión en los 6 años de análisis el valor de 0,79 ha, es decir 0,12 ha por año.

Recomendaciones

- Se sugiere que en este tipo de investigación se realice un levantamiento con un vehículo aéreo no tripulado (UAV) apropiado, tomando en cuenta la geografía del sector con el que se puedan obtener imágenes de buena calidad que serán procesadas en el modelamiento y además se debe tener un buen equipo de procesamiento, la características más importantes del equipo que se ha utilizado durante la investigación son: Procesador core i12 de 3.79 GHz con una memoria ram de 64 Gb y Windows 10 Pro.
- Se recomienda que se realicen estudios de este tipo como modelamiento con softwares especializados continuamente a lo largo de los años ya que es necesario para monitorear los riesgos que conlleva la erosión de los acantilados ubicados en Ancón con la población colindante y a su vez en este caso que el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Elena sea el encargado de realizar estos monitoreos.

Bibliografía

- Amaya Carrasco, H. F. (2013). Geodinámica actual de una cuenca costera de dominio semiárido, Caleta Hornos, Región de Coquimbo.
- Ballén Avila, E., et al. (2013). "Evaluación del uso turístico de la parroquia San José de ancón, provincia de Santa Elena."
- Bird, E. (2008). Coastal Geomorphology, 411 pp. In: John Wiley & Sons, Ltd, England.
- Chunga, K. (2013). "Análisis estructural de fallas geológicas y potenciales deslizamientos en Anconcito, Provincia de Santa Elena." Revista Científica y tecnológica UPSE 1(2).
- Codignotto, J. (1997). Geomorfología y dinámica costera.
- Corominas, J., & de Caminos, I. J. I. d. T. I. E. L. J., Carlos. Universidad Politecnica de Madrid. (2004). Tipos de rotura en laderas y taludes. 191-213.
- Corominas, J., & García Yagüe, A. (1997). *Terminología de los movimientos de ladera*. Paper presented at the IV Simposio nacional sobre taludes y laderas inestables. Granada.
- Davidson-Arnott, R., Bauer, B., & Houser, C. (2019). *Introduction to coastal processes and geomorphology*: Cambridge University Press.
- Del Río-Santana, O., Espinoza-Fraire, T., Sáenz-Esqueda, A., & Córtes-Martínez, F. J. R. C. (2019). Levantamientos Topográficos con Drones. 1.
- Del Río-Santana, O., et al. (2019). "Levantamientos Topográficos con Drones." Revista Ciencia 1.
- Emanuel, K. A. J. N. (1987). The dependence of hurricane intensity on climate. 326(6112), 483-485.
- García Yagüe, A., & García Álvarez, J. (1988). *Clasificación tipológica de los movimientos de ladera*. Paper presented at the Comunicaciones II Simposio sobre Taludes y Laderas Inestables. Andorra la Vella.
- Genchi, S. A., Vitale, A. J., Piccolo, M. C., Perillo, G. M. E., & Carbone, M. E. (2013). Acontilados que retroceden: El caso del Balneario Las Grutas (Río Negro).
- Gómez, C. V., Alberto, J. A., & Arce, G. A. J. G. d. (2014). Morfología litoral: agentes, procesos y formas resultantes. 11(21), 1-53.
- González de Vallejo, L. I., et al. (2002). "Ingeniería geológica."
- Goodman, R. E. (1976). *Toppling of rock slopes*. Paper presented at the Proc. Speciality Conference on Rock Engineering for Foundation and Slopes.
- Haslett, S. K. (2016). *Coastal systems*: University of Wales Press.
- Jiménez Cajas, W. G. and J. D. Prado Garrido (2018). Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado, Quito, 2018.
- Komar, P. D. (1998). *Beach processes and sedimentation*.
- Leroueil, S., Locat, J., Vaunat, J., Picarelli, L., & Lee, H. (1996). *Geotechnical characterization of slope movements*. Paper presented at the Landslides.
- Lindao Baque, J. V. and L. M. Polonio Briones (2014). Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en la zona de Chipipe del cantón Salinas, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.
- Manabe, S., & Stouffer, R. J. J. J. o. G. R. O. (1980). Sensitivity of a global climate model to an increase of CO₂ concentration in the atmosphere. 85(C10), 5529-5554.

- Marchant, C. J. R. d. G. N. G. (2006). Reseña de " La zona costera. Medio natural y ordenación integrada" de Consuelo Castro y Esteban Morales. (35), 97-101.
- Moreno-Alcívar, L., et al. (2019). "Caracterización Mecánica de Suelos del Perfil Costero entre Ancón y Anconcito." CIENCIA UNEMI 12(31): 40-53.
- Moreno, L. (2016). aracterísticas geomecánicas de los suelos que componen la Formación Ancón, aflorante entre las poblaciones de Ancón y Anconcito en la provincia de Santa Elena. Guayaquil.
- Navarrete-Ramírez, S. J. I., GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar. (2014). Protocolo Indicador Variación línea de costa: perfiles de playa. Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). (73).
- Ottman, F. C. (1967). *Introducción a la geología marina y litoral*: Eudeba.
- Oyedotun, T. D. J. G. T. (2014). Shoreline geometry: DSAS as a tool for historical trend analysis. 3(2.2), 1-12.
- Penning-Rowsell, E., Priest, S., Parker, D., Morris, J., Tunstall, S., Viavattene, C., . . . Owen, D. (2014). *Flood and coastal erosion risk management: a manual for economic appraisal*: Routledge.
- Rodríguez Borbor, L. I. (2019). Estratigrafía y procedencia de los sedimentos de la Formación Planta Ancón, sector oeste de la localidad Anconcito, provincia de Santa Elena, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil.
- Rodríguez, V. T., García, A. M., Crevenna, A. B., Hernández, J. C., Díaz, G. E., & García, E. M. (2010). Tasa de erosión y vulnerabilidad costera en el estado de Campeche debidos a efectos del cambio climático. In *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE* (pp. 325-344): UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche.
- Ruiz, R. C. (2012). *Modelización de costas rocosas acantiladas*. Universidad Politécnica de Madrid,
- Sánchez, J. J. E. C., canales y Puertos. Cátedra de Topografía, Argentina. (2006). Introducción a la fotogrametría.
- Sherman, D. J., & Gares, P. A. J. G. (2002). The geomorphology of coastal environments. 48(1), 1-6.
- Short, A. D. (1999). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*.
- Soledispa, B. (2009). Características geomorfológicas y sedimentológicas de la Bahía de Santa Elena.
- Sunamura, T. J. C. h. o. c. p., & erosion. (1983). Processes of sea cliff and platform erosion. 233-265.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física, 8va. In: Edición.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. (2009). *The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-an ArcGIS extension for calculating shoreline change* (2331-1258). Retrieved from
- Trenhaile, A. S. (1987). *The geomorphology of rock coasts*: Oxford University Press, USA.
- Tsujimoto, H. J. S. r. o. t. l. o. G., University of Tsukuba. Section A: Geographical sciences. (1987). Dynamic conditions for shore platform initiation. 8, 45-91. Addo, K. A., Walkden, M., Mills, J. t. J. l. J. o. P., & Sensing, R. (2008). Detection, measurement and prediction of shoreline recession in Accra, Ghana. 63(5), 543-558.

- Agisoft, L. J. S. P., Russia: Agisoft LLC. (2014). Agisoft PhotoScan user manual: professional edition.
- Alonso Villalobos, C., García Prieto, F. J., & Benavente, J. (2009). Evolución histórica de la línea de costa en el sector meridional de la Bahía de Cádiz.
- Amaya Carrasco, H. F. (2013). Geodinámica actual de una cuenca costera de dominio semiárido, Caleta Hornos, Región de Coquimbo.
- Ballén Avila, E., Fabre Jurado, F., Fuentes Castro, D., & Gavilanes Valle, J. (2013). Evaluación del uso turístico de la parroquia San José de ancón, provincia de Santa Elena.
- Benitez, S. (1995). *Evolution géodynamique de la province côtière sud-équatorienne au Crétacé supérieur-Tertiaire*. Université Joseph-Fourier-Grenoble I,
- Bird, E. (2008). Coastal Geomorphology, 411 pp. In: John Wiley & Sons, Ltd, England.
- Bristow, C., y Hoffstetter, R. (1977). Léxico Estratigráfico. *América Latina fascículo 5, Ecuador 2da. Edición. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Francia, 410 p.*
- Brown, C. B., & Baldry, R. A. J. Q. J. o. t. G. S. (1925). On the Clay Pebble-Bed of Ancon (Ecuador). <https://igs.lyellcollection.org/content/81/1-4/454>, 81(1-4), 454-462.
- Chunga, K. (2013). Análisis estructural de fallas geológicas y potenciales deslizamientos en Anconcito, Provincia de Santa Elena. *Revista Científica y tecnológica UPSE*, 1(2).
- Codignotto, J. (1997). Geomorfología y dinámica costera.
- Corominas, J., & de Caminos, I. J. I. d. T. I. E. L. J., Carlos. Universidad Politecnica de Madrid. (2004). Tipos de rotura en laderas y taludes. 191-213.
- Corominas, J., & García Yagüe, A. (1997). *Terminología de los movimientos de ladera*. Paper presented at the IV Simposio nacional sobre taludes y laderas inestables. Granada.
- Davidson-Arnott, R., Bauer, B., & Houser, C. (2019). *Introduction to coastal processes and geomorphology*: Cambridge University Press.
- Del Río-Santana, O., Espinoza-Fraire, T., Sáenz-Esqueda, A., & Cortés-Martínez, F. (2019). Levantamientos Topográficos con Drones. *Revista Ciencia*, 1.
- Del Río-Santana, O., Espinoza-Fraire, T., Sáenz-Esqueda, A., & Cortés-Martínez, F. J. R. C. (2019). Levantamientos Topográficos con Drones. 1.
- Desarrollo, S. N. d. P. y. (2017). Plan de ordenamiento del espacio marino costero-POEMC. *Article*
- Dji. (2018).
- Emery, K., & Kuhn, G. J. G. S. o. A. B. (1982). Sea cliffs: their processes, profiles, and classification. 93(7), 644-654.
- Fonstad, M. A., Dietrich, J. T., Courville, B. C., Jensen, J. L., Carbonneau, P. E. J. E. s. p., & Landforms. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. 38(4), 421-430.
- García Yagüe, A., & García Álvarez, J. (1988). *Clasificación tipológica de los movimientos de ladera*. Paper presented at the Comunicaciones II Simposio sobre Taludes y Laderas Inestables. Andorra la Vella.
- Genchi, S. A., Vitale, A. J., Piccolo, M. C., Perillo, G. M. E., & Carbone, M. E. (2013). Acantilados que retroceden: El caso del Balneario Las Grutas (Río Negro).
- Gómez, C. V., Alberto, J. A., & Arce, G. A. J. G. d. (2014). Morfología litoral: agentes, procesos y formas resultantes. 11(21), 1-53.
- Goodman, R. E. (1976). *Toppling of rock slopes*. Paper presented at the Proc. Speciality Conference on Rock Engineering for Foundation and Slopes.

- Gorokhovich, Y., & Leiserowiz, A. J. J. o. C. R. (2012). Historical and future coastal changes in Northwest Alaska. *28(1A)*, 174-186.
- Haslett, S. K. (2016). *Coastal systems*: University of Wales Press.
- INOCAR. (1998). Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y Levantamiento Hidrográfico requeridos para la Ampliación del Muelle del Yacht Club de Salinas
- Jaillard, E., Lapiere, H., Ordonez, M., Alava, J. T., Amortegui, A., & Vanmelle, J. J. G. S., London, Special Publications. (2009). Accreted oceanic terranes in Ecuador: southern edge of the Caribbean Plate? , *328(1)*, 469-485.
- Jiménez Cajas, W. G., & Prado Garrido, J. D. (2018). *Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado*. Quito, 2018.,
- Komar, P. D. (1998). *Beach processes and sedimentation*.
- Lee, E., Hall, J., & Meadowcroft, I. J. G. (2001). Coastal cliff recession: the use of probabilistic prediction methods. *40(3-4)*, 253-269.
- León Pulgar, D. W. (2018). *uso de cuatro métodos topográficos de recolección de datos con el objeto de evaluar la precisión y costos de cada uno. caso real taludes de la vía e35 Colibrí–Pifo, sector KM 20–KM 24*. PUCE,
- Leroueil, S., Locat, J., Vaunat, J., Picarelli, L., & Lee, H. (1996). *Geotechnical characterization of slope movements*. Paper presented at the Landslides.
- Lizano, O. G. J. R. d. C. y. T. (2006). Algunas características de las mareas en la costa Pacífica y Caribe de Centroamérica. *24(1)*.
- Luzieux, L., Heller, F., Spikings, R., Vallejo, C., Winkler, W. J. E., & Letters, P. S. (2006). Origin and Cretaceous tectonic history of the coastal Ecuadorian forearc between 1 N and 3 S: Paleomagnetic, radiometric and fossil evidence. *249(3-4)*, 400-414.
- Marchant, C. J. R. d. G. N. G. (2006). Reseña de " La zona costera. Medio natural y ordenación integrada" de Consuelo Castro y Esteban Morales. (35), 97-101.
- Montenegro, G. y. L., B. (1988). Informe Geológico de los Acantilados de Ancón, Anconcito y Punta Mambra: Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana, Informe Técnico, n. 2, Inédito. .
- Moreno-Alcívar, L., Muñoz-Rosado, M., & Ramírez-Palma, R. (2019). Caracterización Mecánica de Suelos del Perfil Costero entre Ancón y Anconcito. *CIENCIA UNEMI*, *12(31)*, 40-53.
- Moreno, L. (2016). *Características geomecánicas de los suelos que componen la Formación Ancón, aflorante entre las poblaciones de Ancón y Anconcito en la provincia de Santa Elena*. Guayaquil.
- Navarrete-Ramírez, S. J. I., GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Inveimar. (2014). Protocolo Indicador Variación línea de costa: perfiles de playa. Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). (73).
- Navarrete, E. (2018). Itinerarios Geológicos de la costa del Ecuador-4 corte Geológico en Iso acantilados entre Ancón y Anconcito. *Espol*
- Naylor, L. A., Stephenson, W. J., & Trenhaile, A. S. J. G. (2010). Rock coast geomorphology: recent advances and future research directions. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X09000725>, *114(1-2)*, 3-11.
- Ordoñez, M. (2006). *Micropaleontología ecuatoriana: datos bioestratigráficos y paleoecológicos de las cuencas*: Petroproducción y Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil.
- Ottman, F. C. (1967). *Introducción a la geología marina y litoral*: Eudeba.

- Pacifpetrol. (2015). Informe final de pozos Infill Certeza- Emporio Campo Gustavo Galindo Velasco. *Departamento de Geología, Quito*.
- Penning-Rowsell, E., Priest, S., Parker, D., Morris, J., Tunstall, S., Viavattene, C., . . . Owen, D. (2014). *Flood and coastal erosion risk management: a manual for economic appraisal*: Routledge.
- Pix4d, C. (2017). <https://zenitdrones.com/pix4dcapture-opciones-y-limitaciones/>.
- Ramirez, J. J. S. (2006). Corrientes oceánicas. *40*, 20.
- Reynaud, C., Jaillard, É., Lapierre, H., Mamberti, M., & Mascle, G. H. J. T. (1999). Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: their place in the geodynamic evolution of northwestern South America. *307*(3-4), 235-254.
- Rodríguez Borbor, L. I. (2019). *Estratigrafía y procedencia de los sedimentos de la Formación Planta Ancón, sector oeste de la localidad Anconcito, provincia de Santa Elena*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil,
- Rodríguez, V. T., García, A. M., Crevenna, A. B., Hernández, J. C., Díaz, G. E., & García, E. M. (2010). Tasa de erosión y vulnerabilidad costera en el estado de Campeche debidos a efectos del cambio climático. In *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. SEMARNAT-INE* (pp. 325-344): UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche.
- Ruiz, R. C. (2012). *Modelización de costas rocosas acantiladas*. Universidad Politécnica de Madrid,
- Sánchez, J. J. E. C., canales y Puertos. Cátedra de Topografía, Argentina. (2006). Introducción a la fotogrametría.
- Sheppard, G. J. T. J. o. G. (1928). The geology of Ancon Point, Ecuador, South America. *36*(2), 113-138.
- Sherman, D. J., & Gares, P. A. J. G. (2002). The geomorphology of coastal environments. *48*(1), 1-6.
- Short, A. D. (1999). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*.
- Soledispa, B. (2007). Características de la sedimentación marina litoral comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Ancón, Provincia de Santa Elena, Ecuador.
- Soledispa, B. (2009). Características geomorfológicas y sedimentológicas de la Bahía de Santa Elena.
- Sunamura, T. J. C. h. o. c. p., & erosion. (1983). Processes of sea cliff and platform erosion. 233-265.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física, 8va. In: Edición.
- Trenhaile, A. S. (1987). *The geomorphology of rock coasts*: Oxford University Press, USA.
- Tsujimoto, H. J. S. r. o. t. I. o. G., University of Tsukuba. Section A: Geographical sciences. (1987). Dynamic conditions for shore platform initiation. *8*, 45-91.
- Varnes, D. J. (1975). *Slope movements in the western United States*. Paper presented at the Mass Wasting 4th Guelph Symposium on Geomorphology.
- Veloz Analuiza, C. E., & Velastegui Coronel, L. M. (2007). *Elaboración del plan de contingencias para las operaciones hidrocarburíferas desarrolladas en el campo Gustavo Galindo Velasco*. QUITO/EPN/2007,
- Winckell, A. J. D. d. i., Centro ecuatoriano de investigación geográfica Guayaquil. (1982). Relieve y geomorfología del Ecuador. (1), 3-19.
- Zújar, J. O. J. B. d. I. A. d. G. E. (2000). Métodos para el cálculo de la erosión costera. Revisión, tendencias y propuesta. (30).

Anexos

Anexo 1. *Vista general de la zona de estudio.*



Anexo 2. *Realización de hitos de hormigón para puntos de control.*





Anexo 3. *Colocación de puntos de*

control.

Anexo 4. *Vuelo de dron para estudio de investigación*



Anexo 4. *Longitud de las líneas de costa creadas con sus respectivos periodos*

OBJECTID	DATE_	UNCERTAINT	SHAPE_Length
1	05/06/2014	0	3239.906214
2	06/04/2019	0	3265.687478
3	15/10/2020	0	3361.620668

Anexo 5. *Informe de punto de Control Geodésico tomado de la Municipalidad de Salinas*

 GAD MUNICIPAL SALINAS Dirección de Planeamiento Territorial Unidad de Topografía Monografía de Punto de Control Geodésico			
Proyecto: Cartografía Georeferenciada del Cantón Salinas	Código de Punto: 0016		
Nombre del Punto: Placa Terrazas 1	Geoide - GNSS: EGM96 (Global)		
Zona horaria: Hora est. Pacífico, Sudamérica	Época de Referencia: 2018		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
País: Ecuador	Provincia: Santa Elena	Cantón: Salinas	Parroquia: Anconcito
Sitio: Terrazas Conjunto Habitacional			
CONTROL HORIZONTAL		CONTROL VERTICAL	
Dátum Horizontal: WGS 1984	Coordenadas Geográficas	Dátum Vertical: Nivel Medio del Mar	Mareógrafo: La Libertad
Latitud (° ' ") : 2° 19' 2.176" S	Longitud (° ' ") : 80° 52' 47.018" W	Elevación (m): 40.744	Tipo de Nivelación: Trigonométrica
Altura Elipsoidal (m): 52.649	Coordenadas UTM	Orden: Cuarto	Fecha de determinación: 02/08/2018
Zona: 17 South	Norte (m): 9743861.136	Equipo utilizado: GPS - GNSS doble frecuencia	Modelo: R8s / TRIMBLE
Este (m): 513372.991	Orden: Primero	Fecha de determinación: 02/08/2018	
Fecha de determinación: 02/08/2018			
Plano de ubicación:	Fotografía:		
			
Ubicación: En el cerro, al lado sur-este de la manzana 102 del proyecto "Urbanizaciones y Soluciones Habitacionales"			
Inscripción en la placa:		Materialización: Hito de hormigón armado de 1 m de altura.	
Observaciones:		Modificado: 03/08/2018	Fecha última visita: 20/09/2018
Levantado y Procesado por:		Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Erika Eugenio Técnico	Rafael Matías Topógrafo	Ing. Sandro Tomalá Jefe Diseño y Topografía	Arq. Sidonni Orta Alemán Directora Planeamiento Territorial

Anexo 6. Valores totales de distancia medidos en las líneas perpendiculares para obtener el valor de recesión

TASA DE RECESIÓN EN EL ÁREA DE ANCÓN

Segmento cada 40 m	Período 2014 a 2020 m	Período 2014 a 2019 m	Período 2019 a 2020 m	2014 a 2020 en 6 años	2014 a 2019 en 5 años	2019 a 2020 en 1 año	Promedio m/año
Segmento 1	5.88	5.41	0.47	0.98	1.08	0.47	0.84
Segmento 2	3.57	3.29	0.28	0.60	0.66	0.28	0.51
Segmento 3	2.07	1.07	1.00	0.35	0.21	1.00	0.52
Segmento 4	4.77	3.85	0.91	0.80	0.77	0.91	0.83
Segmento 5	4.30	3.80	0.49	0.72	0.76	0.49	0.66
Segmento 6	3.85	1.48	2.37	0.64	0.30	2.37	1.10
Segmento 7	0.35	0.05	0.31	0.06	0.01	0.31	0.13
Segmento 8	3.12	2.21	0.91	0.52	0.44	0.91	0.62
Segmento 9	3.50	3.08	0.42	0.58	0.62	0.42	0.54
Segmento 10	3.10	2.67	0.44	0.52	0.53	0.44	0.50
Segmento 11	4.33	1.41	2.92	0.72	0.28	2.92	1.31
Segmento 12	3.48	3.07	0.41	0.58	0.61	0.41	0.53
Segmento 13	2.84	2.52	0.32	0.47	0.50	0.32	0.43
Segmento 14	4.24	4.12	0.11	0.71	0.82	0.11	0.55
Segmento 15	1.19	0.53	0.66	0.20	0.11	0.66	0.32
Segmento 16	0.48	0.15	0.33	0.08	0.03	0.33	0.15
Segmento 17	1.38	0.91	0.47	0.23	0.18	0.47	0.29
Segmento 18	0.42	0.42	0.00	0.07	0.08	0.00	0.05
Segmento 19	1.25	1.16	0.08	0.21	0.23	0.08	0.17
Segmento 20	0.87	0.37	0.53	0.15	0.07	0.53	0.25
Segmento 21	0.21	0.18	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03
Segmento 22	0.72	0.29	0.43	0.12	0.06	0.43	0.20
Segmento 23	1.70	1.70	0.00	0.28	0.34	0.00	0.21
Segmento 24	0.61	0.37	0.24	0.10	0.07	0.24	0.14
Segmento 25	2.23	1.83	0.41	0.37	0.37	0.41	0.38
Segmento 26	1.45	1.41	0.04	0.24	0.28	0.04	0.19
Segmento 27	1.57	1.56	0.01	0.26	0.31	0.01	0.19
Segmento 28	2.13	2.12	0.01	0.36	0.42	0.01	0.26
Segmento 29	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Segmento 30	0.52	0.27	0.25	0.09	0.05	0.25	0.13
Segmento 31	1.51	1.24	0.27	0.25	0.25	0.27	0.26
Segmento 32	2.21	1.96	0.25	0.37	0.39	0.25	0.34
Segmento 33	1.26	1.25	0.01	0.21	0.25	0.01	0.16
Segmento 34	2.47	2.45	0.02	0.41	0.49	0.02	0.31
Segmento 35	0.54	0.54	0.00	0.09	0.11	0.00	0.07
Segmento 36	2.33	1.98	0.35	0.39	0.40	0.35	0.38
Segmento 37	0.27	0.01	0.26	0.05	0.00	0.26	0.10
Segmento 38	1.27	1.16	0.11	0.21	0.23	0.11	0.18
Segmento 39	2.75	2.73	0.02	0.46	0.55	0.02	0.34
Segmento 40	3.61	3.55	0.06	0.60	0.71	0.06	0.46
Segmento 41	1.09	0.81	0.28	0.18	0.16	0.28	0.21
Segmento 42	7.46	7.44	0.02	1.24	1.49	0.02	0.92
Segmento 43	0.94	0.94	0.00	0.16	0.19	0.00	0.11
Segmento 44	2.43	2.17	0.26	0.41	0.43	0.26	0.37
Segmento 45	0.65	0.64	0.01	0.11	0.13	0.01	0.08
Segmento 46	1.89	1.85	0.04	0.32	0.37	0.04	0.24
Segmento 47	1.22	0.86	0.36	0.20	0.17	0.36	0.25
Segmento 48	1.17	0.86	0.31	0.20	0.17	0.31	0.23
Segmento 49	2.12	1.96	0.16	0.35	0.39	0.16	0.30
Segmento 50	1.44	1.41	0.03	0.24	0.28	0.03	0.18
Segmento 51	0.71	0.70	0.01	0.17	0.14	0.01	0.08

Segmento 51	0.71	0.70	0.01	0.12	0.14	0.01	0.09
Segmento 52	1.91	1.91	0.00	0.32	0.38	0.00	0.23
Segmento 53	1.99	1.98	0.01	0.33	0.40	0.01	0.25
Segmento 54	2.80	2.23	0.57	0.47	0.45	0.57	0.49
Segmento 55	3.59	3.38	0.21	0.60	0.68	0.21	0.49
Segmento 56	2.81	2.32	0.49	0.47	0.46	0.49	0.47
Segmento 57	1.70	1.21	0.49	0.28	0.24	0.49	0.34
Segmento 58	4.39	4.06	0.33	0.73	0.81	0.33	0.62
Segmento 59	3.41	3.30	0.11	0.57	0.66	0.11	0.45
Segmento 60	4.92	3.25	1.67	0.82	0.65	1.67	1.05
Segmento 61	1.92	1.90	0.02	0.32	0.38	0.02	0.24
Segmento 62	0.95	0.67	0.28	0.16	0.13	0.28	0.19
Segmento 63	4.32	4.07	0.25	0.72	0.81	0.25	0.59
Segmento 64	3.99	3.51	0.48	0.67	0.70	0.48	0.62
Segmento 65	5.21	4.83	0.38	0.87	0.97	0.38	0.74
Segmento 66	2.78	2.16	0.62	0.46	0.43	0.62	0.51
Segmento 67	3.81	3.64	0.17	0.64	0.73	0.17	0.51
Segmento 68	4.75	4.25	0.50	0.79	0.85	0.50	0.71
Segmento 69	3.27	3.19	0.08	0.55	0.64	0.08	0.42
Segmento 70	3.65	3.45	0.20	0.61	0.69	0.20	0.50
Segmento 71	2.86	2.72	0.14	0.48	0.54	0.14	0.39
Segmento 72	5.15	5.13	0.02	0.86	1.03	0.02	0.63
Segmento 73	5.99	4.44	1.55	1.00	0.89	1.55	1.15
Segmento 74	8.61	7.65	0.96	1.44	1.53	0.96	1.31
						TOTAL RECESIÓN m/año	0.41

Anexo 7. Algunas coordenadas de las fotografías que muestra el software Agisoft

DJI_0001.JPG	515633.02	9742390.31
DJI_0002.JPG	516074.265	9742179.73
DJI_0002.JPG	515044.842	9742923.29
DJI_0002.JPG	515622.17	9742399.01
DJI_0003.JPG	516084.093	9742173.42
DJI_0003.JPG	515612.364	9742407.26
DJI_0003.JPG	515055.193	9742917.42
DJI_0004.JPG	516094.044	9742167.11
DJI_0004.JPG	515065.544	9742911.58
DJI_0004.JPG	515601.524	9742414.86
DJI_0005.JPG	516103.438	9742161.19
DJI_0005.JPG	515075.794	9742905.76
DJI_0005.JPG	515587.494	9742426
DJI_0006.JPG	516113.878	9742154.55
DJI_0006.JPG	515086.067	9742899.93
DJI_0006.JPG	515577.355	9742434.52
DJI_0007.JPG	516123.272	9742148.62
DJI_0007.JPG	515096.351	9742894.11
DJI_0007.JPG	515569.384	9742440.97
DJI_0008.JPG	515562.302	9742446.55
DJI_0008.JPG	516133.689	9742142.06
DJI_0008.JPG	515106.724	9742888.34
DJI_0009.JPG	516143.573	9742135.81
DJI_0009.JPG	515117.008	9742882.55
DJI_0009.JPG	515550.673	9742453.11
DJI_0010.JPG	516152.923	9742129.86
DJI_0010.JPG	515127.292	9742876.69
DJI_0010.JPG	515539.8	9742459.09
DJI_0011.JPG	516162.862	9742123.6
DJI_0011.JPG	515137.098	9742871.18
DJI_0011.JPG	515531.395	9742464.28
DJI_0012.JPG	516172.779	9742117.3
DJI_0012.JPG	515147.449	9742865.33
DJI_0012.JPG	515520.499	9742472.08
DJI_0013.JPG	516182.662	9742110.95
DJI_0013.JPG	515156.009	9742860.47
DJI_0013.JPG	515507.136	9742482.2
DJI_0014.JPG	516192.568	9742104.65
DJI_0014.JPG	515144.333	9742842.08
DJI_0014.JPG	515498.842	9742489.05
DJI_0015.JPG	516202.441	9742098.38
DJI_0015.JPG	515129.78	9742850.11
DJI_0015.JPG	515485.835	9742499.53
DJI_0016.JPG	515119.429	9742855.93

DJI_0017.JPG	515109.646	9742861.42
DJI_0017.JPG	515462.633	9742519.73
DJI_0017.JPG	516222.297	9742085.85
DJI_0018.JPG	515451.449	9742530.09
DJI_0018.JPG	516232.203	9742079.6
DJI_0018.JPG	515099.328	9742867.22
DJI_0019.JPG	515441.21	9742540.2
DJI_0019.JPG	515089.044	9742873.04
DJI_0019.JPG	516242.075	9742073.4
DJI_0020.JPG	515078.771	9742878.79
DJI_0020.JPG	516251.536	9742067.44
DJI_0020.JPG	515431.149	9742550.49
DJI_0021.JPG	515421.677	9742560.18
DJI_0021.JPG	515068.443	9742884.66
DJI_0021.JPG	516261.898	9742060.84
DJI_0022.JPG	515058.126	9742890.5
DJI_0022.JPG	516271.792	9742054.54
DJI_0022.JPG	515572.94	9742419.84
DJI_0023.JPG	515581.3	9742413.62
DJI_0023.JPG	516281.198	9742048.55
DJI_0023.JPG	515047.808	9742896.3
DJI_0024.JPG	515596.164	9742402.73
DJI_0024.JPG	516291.059	9742042.2
DJI_0024.JPG	515037.547	9742902.11
DJI_0025.JPG	515608.916	9742393.63
DJI_0025.JPG	516300.943	9742035.94
DJI_0025.JPG	515027.207	9742907.95
DJI_0026.JPG	516310.849	9742029.66
DJI_0026.JPG	515615.687	9742388.71
DJI_0026.JPG	515016.912	9742913.8
DJI_0027.JPG	515628.939	9742379.2
DJI_0027.JPG	516320.766	9742023.45
DJI_0027.JPG	515006.661	9742919.58
DJI_0028.JPG	514996.878	9742925.12
DJI_0028.JPG	515628.639	9742379.25
DJI_0028.JPG	516330.649	9742017.19
DJI_0029.JPG	516340.544	9742010.88
DJI_0029.JPG	515641.268	9742370.39
DJI_0029.JPG	514986.049	9742931.26
DJI_0030.JPG	516350.461	9742004.66
DJI_0030.JPG	515653.208	9742360.28
DJI_0030.JPG	514976.265	9742936.8
DJI_0031.JPG	515669.051	9742345.28
DJI_0031.JPG	514966.026	9742942.62
DJI_0031.JPG	516360.378	9741998.38

DJI_0047.JPG	514801.671	9743035.5
DJI_0048.JPG	515886.564	9742169.8
DJI_0048.JPG	516202.493	9742070.84
DJI_0048.JPG	514791.309	9743041.37
DJI_0049.JPG	516192.632	9742077.07
DJI_0049.JPG	515904.552	9742155.94
DJI_0049.JPG	514781.525	9743046.9
DJI_0050.JPG	516182.715	9742083.33
DJI_0050.JPG	515922.651	9742142.13
DJI_0050.JPG	514771.241	9743052.73
DJI_0051.JPG	515937.827	9742129.78
DJI_0051.JPG	516172.832	9742089.6
DJI_0051.JPG	514760.913	9743058.56
DJI_0052.JPG	516162.948	9742095.87
DJI_0052.JPG	515957.683	9742116.91
DJI_0052.JPG	514750.64	9743064.38
DJI_0053.JPG	514740.345	9743070.23
DJI_0053.JPG	516153.02	9742102.18
DJI_0053.JPG	515957.149	9742116.74
DJI_0054.JPG	515976.627	9742103.13
DJI_0054.JPG	516143.592	9742108.18
DJI_0054.JPG	514729.994	9743076.03
DJI_0055.JPG	515998.74	9742087.47
DJI_0055.JPG	516133.242	9742114.76
DJI_0055.JPG	514720.166	9743081.55
DJI_0056.JPG	514709.37	9743087.66
DJI_0056.JPG	516017.351	9742073.89
DJI_0056.JPG	516123.347	9742121.01
DJI_0057.JPG	516036.651	9742058.82
DJI_0057.JPG	514699.12	9743093.46
DJI_0057.JPG	516113.908	9742127
DJI_0058.JPG	514689.28	9743099.02
DJI_0058.JPG	516057.418	9742044.81
DJI_0058.JPG	516103.502	9742133.57
DJI_0059.JPG	516094.03	9742139.5
DJI_0059.JPG	516079.531	9742029.38
DJI_0059.JPG	514678.963	9743104.85
DJI_0060.JPG	516084.179	9742145.83
DJI_0060.JPG	516090.882	9742022.67
DJI_0060.JPG	514668.635	9743110.71
DJI_0061.JPG	514658.351	9743116.54
DJI_0061.JPG	516074.263	9742152.14
DJI_0061.JPG	516094.574	9742028.15
DJI_0062.JPG	514648.111	9743122.36
DJI_0062.JPG	516064.401	9742158.34