



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



## **PROGRAMA PRESUPUESTAL 068: REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES**

Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica  
Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico



### **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, GEODINÁMICA Y GEOTÉCNICA DE SANTA**

Lima - Perú  
2020

**INFORME PRELIMINAR**  
**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, GEODINÁMICA**  
**GEOTÉCNICA DE SANTA**

**INFORME**

**Responsable del Proyecto**

Dr. Hernando Tavera

**Desarrollo del Proyecto**

Unidad de Geodinámica Superficial

Ing. Juan C. Gómez

**Personal Participante**

Pilar Vivanco  
Héctor Lavado

**Apoyo Técnico**

Estherfilia Campos

## RESUMEN EJECUTIVO

*En el marco del Programa Presupuestal por Resultados N°068: Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres, se ejecuta el proyecto “Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica”, el mismo que tuvo como una de sus actividades la “Caracterización Geomorfológica, Geológica, Geodinámica y Geotécnica”, obteniéndose como resultado preliminar los Mapas temáticos de Geología, Geomorfolología, Geodinámica y ubicación de ensayos geotécnicos propuestos en el distrito y provincia de Santa y departamento de Ancash, en el cual se han identificado 05 puntos para exploraciones a cielo abierto (calicatas), 06 auscultaciones con posteadora manual (posteos) y 06 ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL).*

*Los Mapas temáticos preliminares de Santa constituyen como una herramienta para la ejecución de los trabajos a realizarse en el área de estudio*

## CONTENIDO

### RESUMEN EJECUTIVO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVO.....	2
3. METODOLOGÍA .....	2
4. ANTECEDENTES .....	2
4.1 Recopilación de la información .....	3
5. ASPECTOS GENERALES.....	7
5.1 Ubicación y accesibilidad.....	7
5.2 Población, vivienda y actividades económicas.....	7
5.3 Clima .....	8
5.5 Precipitación (RESUMEN GUSTAVO).....	11
5.6 Hidrografía .....	11
6. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA .....	13
6.1 Geomorfología .....	13
6.1.1 Unidades Geomorfológicas .....	16
6.2 Geología.....	17
6.3 Geodinámica Superficial .....	19
6.3.1 Movimientos en masa .....	20
6.3.2 Inundación .....	20
7. PROPUESTA DE UBICACIÓN DE ENSAYOS GEOTÉCNICOS .....	21
7.1. Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM 420).....	22
7.2. Exploraciones con posteadora manual.....	23
7.3. Ensayo de penetración dinámica ligera-LDPT (norma DIN 4094).....	23
8. CONCLUSIONES .....	24
9. RECOMENDACIONES.....	24
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## **RELACIÓN DE FIGURAS**

- Figura 01: Mapa de geología regional del cuadrángulo de Santa, el área de estudio se ubica en el rectángulo en rojo, Fuente: INGEMMET, 1995 (versión digital).
- Figura 02: Ubicación de estación meteorológica Buena Vista- Casma.
- Figura 03: Mapa de Clasificación Climática del Perú. La zona de estudio se demarca con el círculo de color rojo
- Figura 04: Red hidrográfica de río Santa. Área de estudio (polígono color rojo), Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 1998.
- Figura 05: Modelo Digital de Elevación de la ciudad de Santa
- Figura 06: Pendientes del terreno de la ciudad de Santa
- Figura 07: Columna cronolitoestratigráfica de la zona de estudio
- Figura 08: Formación de suelos, Adaptado de Gonzáles de Vallejo, 2002
- Figura 09: Ubicación de ensayos geofísicos propuestos en la ciudad de Santa

## **RELACIÓN DE CUADROS**

- Cuadro 01: PEA ocupada por actividad económica 2017 en Santa
- Cuadro 02: Precipitaciones acumuladas durante evento El Niño
- Cuadro 03: Coordenadas UTM de la ubicación de las calicatas
- Cuadro 04: Coordenadas UTM de la ubicación del ensayo DPL
- Cuadro 05: Coordenadas UTM de la ubicación de los posteos
- Cuadro 06: Coordenadas UTM de las posibles zonas a realizar ensayos geofísicos

## **RELACIÓN DE ANEXOS**

### **ANEXO 01: PLANOS**

- P-01 Ubicación y Accesibilidad
- P-02 Geomorfología
- P-03 Geología
- P-04 Geodinámica
- P-05 Ubicación de ensayos geotécnicos propuestos

## **1. INTRODUCCIÓN**

*La Caracterización Geológica-Geotécnica preliminar del distrito de Santa se desarrolló como parte del informe Zonificación Sísmica Geotécnica del distrito en mención (dinámica de los suelos de cimentación), para ello se realizó la delimitación geológica, geomorfológica y geodinámica en función de la información recopilada de estudios previos en el distrito de Santa a escala 1:20 000 en un área de 631 hectáreas (ha) apoyados con el uso de imágenes de la servidor Google Earth y de la plataforma SAS Planet. Asimismo, se elaboró un mapa de ensayos geotécnicos en la cual se han identificado puntos para exploraciones a cielo abierto (calicatas), auscultaciones con posteadora manual (posteos) y ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) a escala 1: 20 000.*

*La información recopilada anteriormente permitirá delimitar zonas susceptibles ante la ocurrencia de eventos de origen natural tales como: movimientos en masa (huaicos, deslizamientos, caída de rocas, entre otros) e inundaciones generados por fenómenos hidrometeorológicos (precipitaciones extremas “Niño costero”) que puedan afectar la seguridad física y áreas agrícolas del distrito en mención.*

## **2. OBJETIVO**

Obtener información cartográfica preliminar de características físicas y ubicación de ensayos geotécnicos en la localidad de Santa, asimismo, realizar el modelado de inundaciones y el análisis por elementos expuestos como parte del avance del estudio “Caracterización Geológica, Geomorfológica, Geodinámica y Geotécnica en el área urbana de Santa”.

## **3. METODOLOGÍA**

Debido a la situación de emergencia sanitaria decretada desde el mes de marzo del presente año, el informe preliminar geológico-geotécnico de Santa se realizó en una fase de gabinete descrita a continuación:

Se realizó la revisión de imágenes satelitales del servidor Google Earth y la plataforma SAS Planet) con la finalidad de delimitar la zona de estudio, así como, la recopilación de información geológica existente (boletines geológicos, informes técnicos, entre otros). Asimismo, identificaron posibles puntos para la ubicación de ensayos geotécnicos como exploraciones a cielo abierto (calicatas), ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL) y auscultaciones con posteadora manual (posteos).

Finalmente, con la información recopilada en gabinete, se elaboró el informe técnico preliminar.

## **4. ANTECEDENTES**

En este capítulo se ha realizado la recopilación de informes técnicos en donde se describe sobre la geología regional, ocurrencia de eventos naturales (inundaciones, deslizamientos, huaycos, sismos, entre otros) que afectaron la seguridad física del distrito de Santa, así como, características físicas de los suelos.

#### **4.1 Recopilación de la información**

- **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA – PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO DEL DISTRITO DE SANTA 2012-2025**

En este informe se indica que: A raíz del terremoto de 1970, su desembocadura al mar fue rellenada por sedimentos que arrasó el río, lo que dio lugar al acumulamiento de toneladas de barro y piedra y la elevación del nivel de la playa. Sobre esta se expandió el agua del río, por tal fenómeno el mar tomó posesión más distante de su margen original.

En el valle Santa se distingue una amplia llanura aluvial constituida por depósitos aluviales y eólicos que descansan sobre una roca de origen volcánico y rocas de la Formación Batolítica Andina, horadadas y moldeadas por el río Santa limitando dichos depósitos; en el fondo y costados se encuentran rocas consolidadas de origen volcánico y del Complejo Batolítico Costero.

En cuanto a la hidrografía, el área total de la cuenca del río Santa es de 12 250 km<sup>2</sup>, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. El río Santa tiene un desarrollo longitudinal de 316 kilómetros de recorrido desde su inicio.

- **CENEPRED, (2017) – INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN PLUVIAL Y FLUJOS DE DETRITOS EN EL CENTRO POBLADO DE COISHCO, DISTRITO DE COISHCO, PROVINCIA DE SANTA, DEPARTAMENTO DE ANCASH**

Este informe indica que entre los materiales geológicos predominantes en el área de estudio se encuentran los depósitos eólicos, coluviales y aluviales constituidos por detritos angulosos, arenas de grano fino, limos y arcillas de buena permeabilidad.

- **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SANTA, (2012) – PLAN DE ACONDICIONAMIENTO DE LA PROVINCIA DE SANTA 2012 – 2022**

Se hace mención que, en el distrito de Santa se han suscitado dos eventos naturales con gran impacto en el distrito, uno en el año 1983 y otro en el año 1997-1998, el más fuerte ha sido en el año de 1983, en donde se ha ocasionado el desborde del río Santa por el incremento inusual de las aguas de avenida en la época del niño y post niño, en 1983 se presentó más fuerte la descarga, llegó a afectar más de 150 has de terreno de cultivo en la zona de Tablones, Vinzos, Rinconada, San Bartolo y la parte

baja de Puente Santa, el año 97-98 también como consecuencia del Fenómeno del Niño se presentaron los desbordes en las mismas zonas que fueron afectadas en el fenómeno del niño anterior pero, con menor intensidad que en esa época, sin embargo también se incrementó la quebrada de Cascajal que desemboca en la zona ubicada en los límites de Coishco y Santa afectando a la carretera panamericana que se vio afectada por la destrucción de 15 metros de su tramo.

En cuanto a los aspectos geotécnicos Santa se asienta sobre la llanura de inundación del río Santa conformada por canto rodado y material arenoso es común en las zonas de cauces y riberas, a excepción de la parte baja del valle de Santa, en donde predomina material de textura media o media fina.

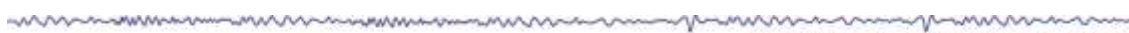
La napa está contenida en un acuífero libre y superficial, siendo su fuente de alimentación las aguas que se infiltran en la parte alta de la cuenca, lecho del río, canales no revestidos y áreas de cultivo bajo riego. La morfología ha sido dividida en dos zonas, a continuación se describe la zona 2 que abarca el área de estudio:

Zona II: Santa – Chimbote, entre los sectores La Rinconada y Sección Castillo, entre los 60 y 70 m.s.n.m., en dirección norte a sur. El nivel freático fluctúa entre 1.02 m y 7.70 m de profundidad.

- **GORE-ANCASH, (2011) – ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO Y ZONIFICACIÓN CON FINES DE DEMARCACIÓN TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE SANTA**

Señala que, los residuos sólidos que se generan en las grandes urbes y otras localidades densamente pobladas requieren de una adecuada recolección de residuos, para lo cual las ciudades de Chimbote y Nuevo Chimbote y las capitales distritales más grandes como Coishco, Santa, Samanco y Nepeña cuentan con modernos vehículos compactadores.

Por otra parte, la población que se encuentra habitando en estos asentamientos, está en un constante peligro contra su salud y sus vidas al estar expuestos a la contaminación ambiental por no contar con los principales servicios básicos y/o a fenómenos de geodinámica interna y externa como: las inundaciones y deslizamientos, estos últimos se producen cuando los habitantes se han instalado en las faldas de los cerros.



- **PNUD-CEREN-INDUR, (2000) – MAPA DE PELIGROS Y PLAN DE USOS DEL SUELO DE LA CIUDAD DE CHIMBOTE.** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Centro Ejecutivo de Reconstrucción El Niño, Instituto Nacional de Desarrollo Urbano

Usos del suelo - Tendencias de expansión urbana

Plantea que: La única posibilidad de expansión urbana está dada hacia el sur; con una tendencia de crecimiento longitudinal a lo largo de la actual carretera Panamericana Norte, que limita al sureste con el Cerro Medano Negro y al suroeste por las áreas reservadas al Ministerio de Defensa, antes del túnel que une Coishco con la ciudad de Santa. Estos suelos presentan una cobertura de arena eólica de 20 m, con capacidad portante promedio es de 1.4 a 2.0 kg/cm<sup>2</sup> y el nivel freático se encuentra a 16 m.

- **COSSIO, A. & JAÉN, H., (1967) - GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE PUÉMAPE, CHOCOPE, OTUZCO, TRUJILLO, SALAVERRY Y SANTA 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f, 18-f - [Boletín A 17]. Escala 1:100,000**

Este boletín indica que el área de estudio está formada principalmente del Batolito de la Costa y una secuencia sedimentaria-volcánica del Cretáceo que constituye la envoltura regional, adicionalmente se tiene rocas volcánicas del Paleógeno y la cobertura cuaternaria. Se ha reconocido tres secuencias distintas del Mesozoico y Cenozoico: La Formación La Zorra (flujos de andesitas y rocas piroclásticas), Figura 01.



## **5. ASPECTOS GENERALES**

En este ítem se describe de manera sucinta aspectos generales de la ciudad de Santa.

### **5.1 Ubicación y accesibilidad**

El distrito de Santa se encuentra ubicado en la franja costera de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, se ubica en la provincia de Santa (en la parte noroeste), departamento de Ancash. Cuenta con coordenadas UTM: 761792 E, 9005445 N, con una altitud promedio de 6 m.s.n.m.; presenta los siguientes límites:

Límites:

Norte: Distrito de Guadalupe (Virú)

Sur: Distrito de Coishco

Este: Distrito de Chimbote

Oeste: Océano Pacífico

El distrito está integrado a la red vía nacional a través de la carretera Panamericana Norte.

El acceso a la ciudad de Santa se realiza de la siguiente manera:

Vía terrestre: Desde la ciudad de Lima hasta el distrito de Santa por la carretera Panamericana Norte, en un recorrido de 426 km aproximadamente.

### **5.2 Población, vivienda y actividades económicas**

La ciudad de Santa cuenta con una población total de 19621 habitantes (INEI, 2017), el 91% de ellos se concentra en el sector urbano. En lo concerniente a las actividades económicas desarrolladas en el lugar, se observa la concentración mayoritaria de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada (8,012 pobladores) en el comercio y agricultura, Cuadro 01.

Asimismo, Santa se encuentra constituida por 5738 viviendas (INEI, 2017), las cuales el 60% de ellas, están construidas por ladrillo o bloque de cemento como material predominante en las paredes; del mismo modo, el 88% del total de viviendas cuenta con una conexión de agua potable a una red pública y el 94% a una red de alumbrado eléctrico.

**Cuadro 01: PEA ocupada por actividad económica 2017 en Santa**

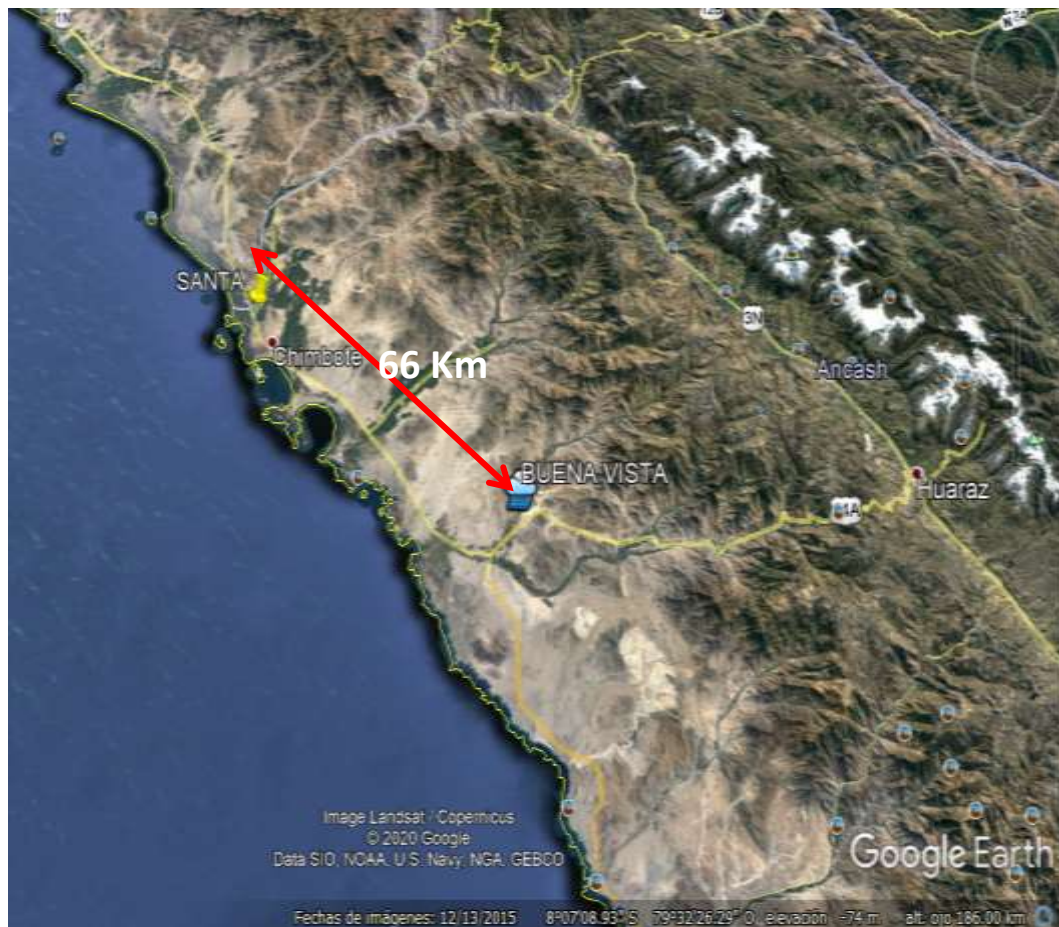
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b>	<b>PEA Ocupada</b>	<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b>	<b>PEA Ocupada</b>
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	3 450	Actividades financieras y de seguros	17
Explotación de minas y canteras	16	Actividades inmobiliarias	7
Industrias manufactureras	615	Actividades profesionales, científicas y técnicas	190
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	3	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	150
Suministro de agua; evacua. de aguas residuales, gest. de desechos y descont.	8	Adm. pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	179
Construcción	467	Enseñanza	278
Comerc., reparación de veh. autom. y motoc.	1 240	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	108
Transporte y almacenamiento	587	Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	45
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	424	Otras actividades de servicios	110
Información y comunicaciones	30	Act. de los hogares como empleadores; act. no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	88
<b>DISTRITO DE SANTA: PEA OCUPADA TOTAL</b>			<b>8 012</b>

**Fuente: INEI 2017**

### 5.3 Clima

El área de estudio no cuenta con una estación meteorológica local y la más cercana de nombre Buena Vista está ubicada a 66 km al sur de Santa en las coordenadas geográficas: 9° 26' 1.38" S 78° 12' 29.8" O a una altura de 213 m.s.n.m. en el distrito de Casma, Figura 02.

Estudios anteriores mencionan que: "Santa se caracteriza por tener un clima árido-húmedo, con una temperatura promedio anual que oscila entre 14°C a 18°C en época de invierno y de 24°C a 28°C en época de verano, con presencia de lluvias entre los meses de junio a agosto".



**Figura 02: Ubicación de estación meteorológica Buena Vista-Casma**

Debido a la falta de información local, se ha utilizado la información del climática del Servicio Nacional Meteorológico e Hidrológico (SENAMHI), plasmada en un mapa, en el cual se indica la ciudad de Santa corresponde a la siguiente codificación B(r) A'H4: Lluvioso, precipitación abundante, cálido y muy húmedo, Figura 03.

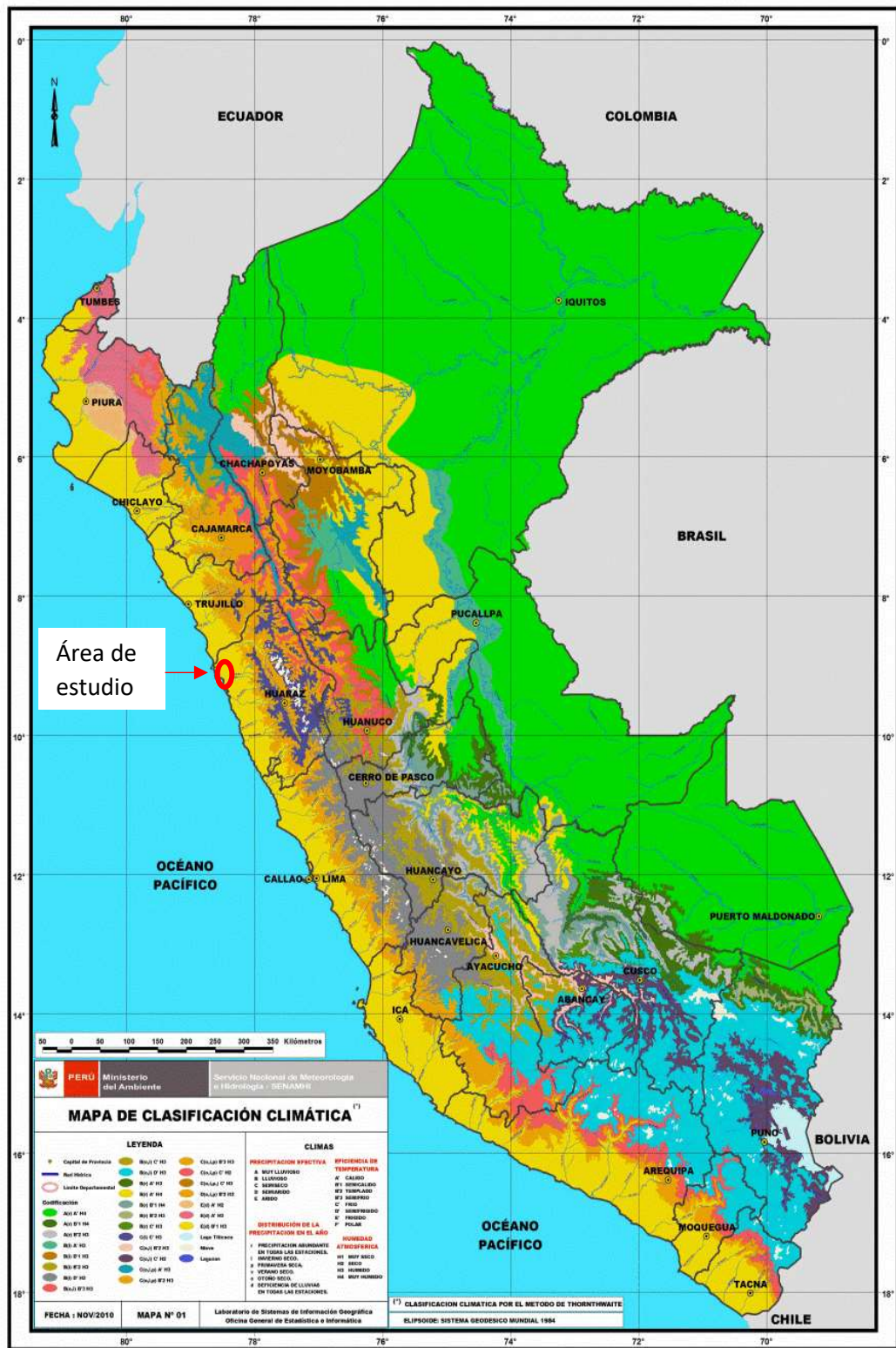


Figura 03: Mapa de Clasificación Climática del Perú. La zona de estudio se demarca con el círculo de color rojo

## 5.5 Precipitación

En el área de estudio es variable, de acuerdo a información recopilada de estudios anteriores “Escenarios Climáticos en la Cuenca del Río Santa para el año 2030” indican que las máximas precipitaciones se producen durante el período lluvioso (setiembre-abril) y eventos El Niño, Cuadro 02.

**Cuadro 02: Precipitaciones acumuladas durante evento El Niño**

EVENTO EL NIÑO			EVENTO LA NIÑA
Período	1982-1983	1997-1998	1988-1989
Precipitaciones acumuladas	200 mm	900 mm	1600 mm

**Fuente: SENAMHI-PNUD**

## 5.6 Hidrografía

El área total de la cuenca del río Santa es de 12 250 km<sup>2</sup>, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. El río Santa tiene un desarrollo longitudinal de 316 kilómetros de recorrido desde su inicio. Su origen se halla en la laguna Aguash a una altura aproximada de 5.000 m. Esta laguna a su vez, vuelca sus aguas a través del río Tuco a la laguna de Conococha, a 75 Km de la costa recibe aguas de su afluente el río Tablachaca que proviene de la quebrada del mismo nombre en la provincia de Pallasca.

Esta cuenca es una de las mayores de la costa peruana, nace en la laguna de Conococha a 4400 msnm y discurre en dirección sureste-noroeste. hasta la confluencia con el río Manta, a partir de la cual cambia su dirección hacia el Oeste para desembocar en el Océano Pacífico.

Adicionalmente, en la cuenca existen 16 estaciones que controlan las descargas del río y sus afluentes, siendo la estación “Cóndor Cerro” (ubicada a 5 km aguas arriba en el valle de Santa), la que proporciona mayor período de registro.



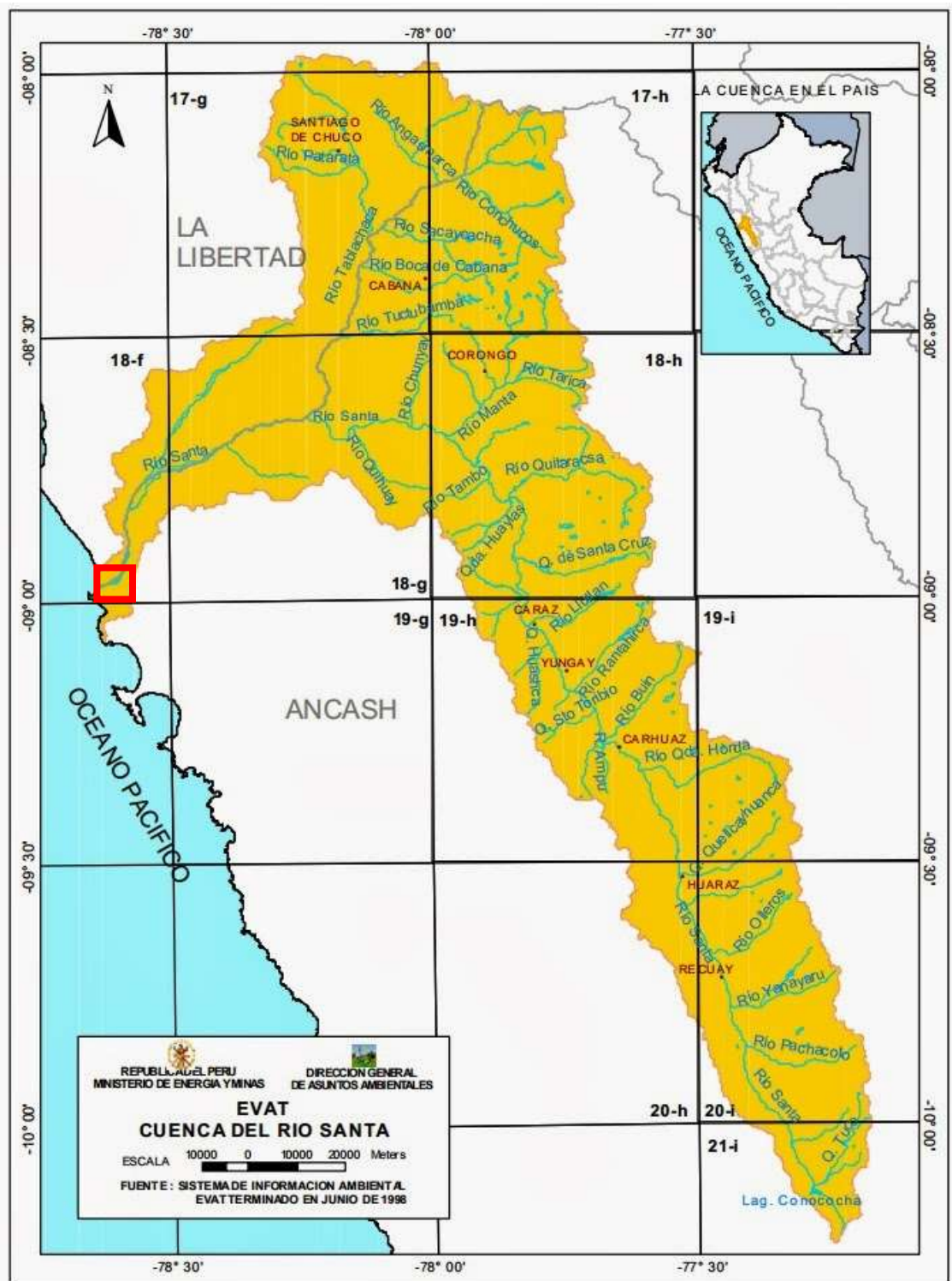
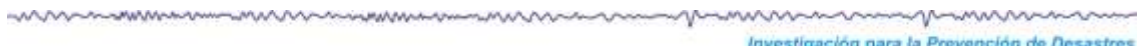


Figura 04: Red hidrográfica de río Santa. Área de estudio (polígono color rojo), Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 1998



## **6. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA**

En este capítulo se describen de manera preliminar las geoformas, unidades litoestratigráficas identificadas en el área de estudio, así mismo, se identifican zonas que fueron o pueden ser afectadas por eventos geodinámicos tales como movimientos en masa (flujos, deslizamientos, entre otros) e inundaciones, finalmente se realiza un modelado de inundaciones para determinar el caudal de inundación e identificar qué áreas pueden ser afectadas ante dicho evento.

### **6.1 Geomorfología**

La geomorfología estudia las diferentes formas de relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan, este relieve es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de grandes elevaciones y depresiones producidas fundamentalmente por movimientos en masa de componente vertical, mientras que, las segundas, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa se agrupan en la cadena meteorización-erosión, transporte y sedimentación (Gutiérrez, 2008). El estudio de la geodinámica externa se efectúa en un sistema proceso respuesta, siendo el primero el agente creador (origen) y el segundo la geoforma resultante.

El término geoforma es un concepto genérico que designa todos los tipos de formas de relieve independientemente de su origen y dimensión (Zinck, 1988; Zinck & Valenzuela, 1990).

En este capítulo se describen las características físicas de las formas de relieve existentes en la ciudad de Santa en relación a su origen. Previamente, para la digitalización del plano geomorfológico (mediante herramientas computacionales en un entorno GIS), Plano P-02, se ha usado como base la información del Modelo Digital de Elevación (MDE) y Pendientes, Figuras 05 y 06.

Caracterización Geológica Geotécnica del distrito de Santa

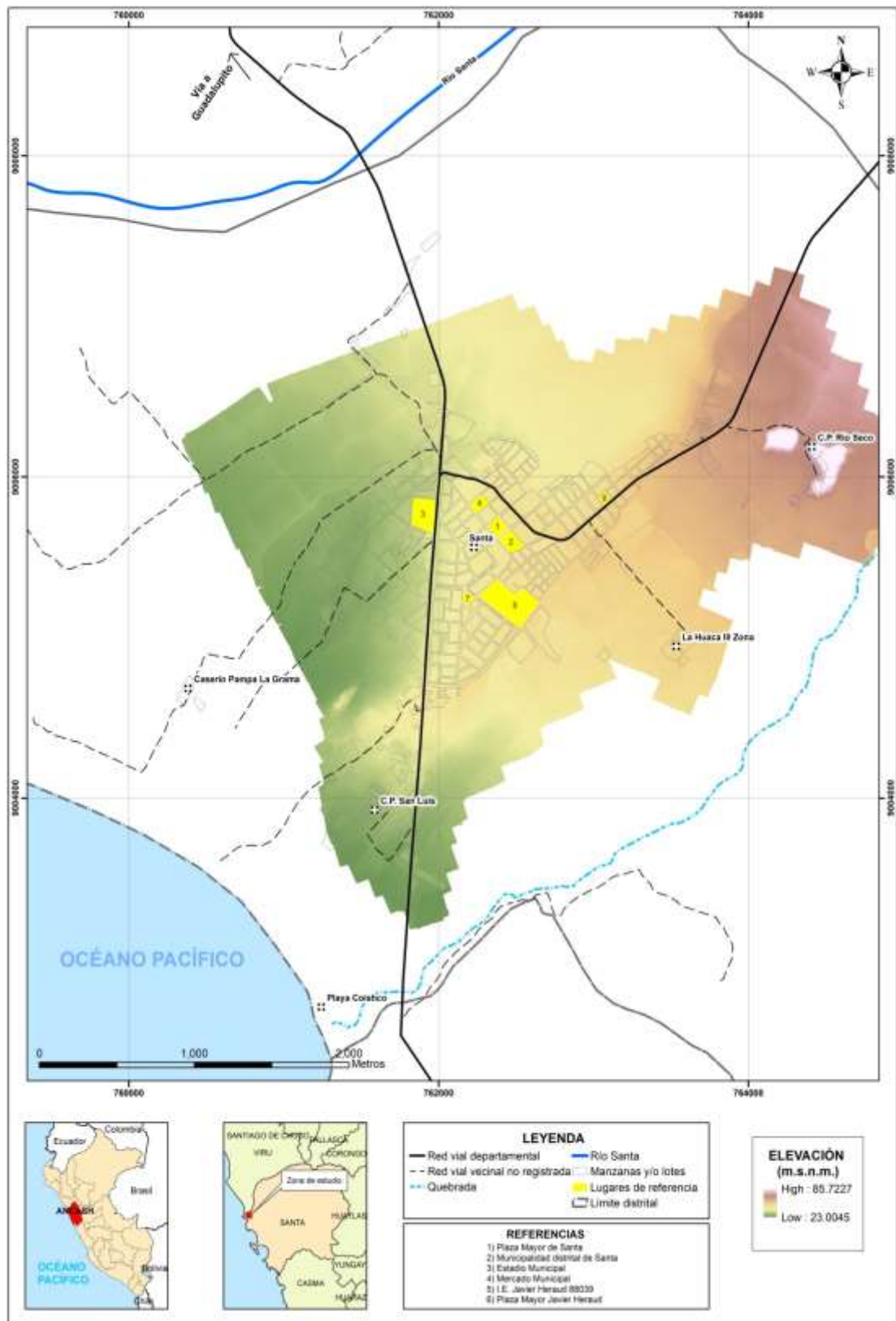


Figura 05: Modelo Digital del Elevación de la ciudad de Santa

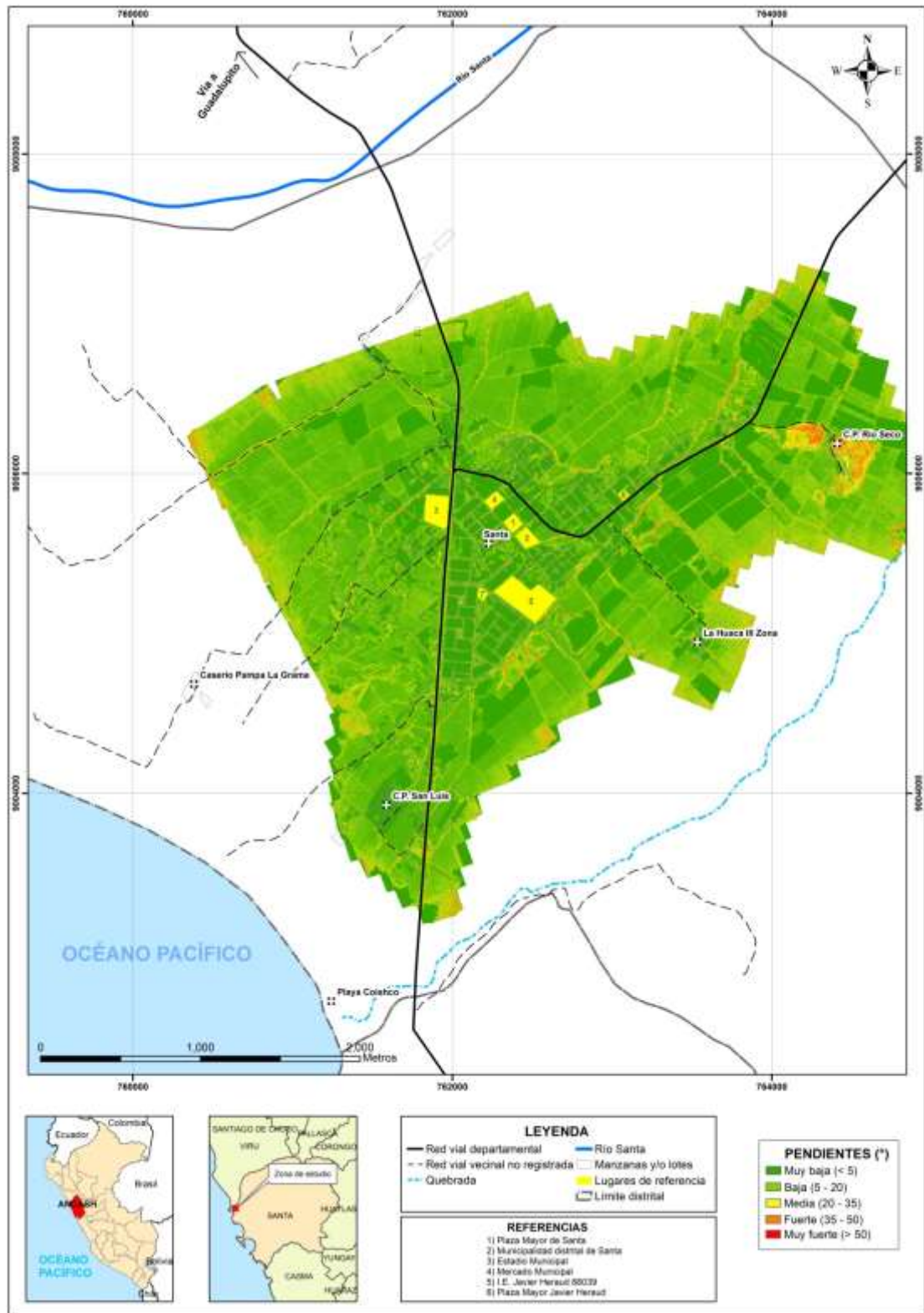


Figura 06: Pendientes del terreno de la ciudad de Santa

### **6.1.1 Unidades Geomorfológicas**

Estas geoformas están compuestas por materiales que presentan una génesis propia que explica la dinámica de cómo se formaron y características físicas que conforman un relieve (forma, altura, pendiente, drenaje, textura de vegetación, color, etc., que las diferencian entre sí.

En conclusión, las geoformas son generadas por procesos geodinámicos de tipo endógeno (internos) y exógenos (externos) que dan lugar a relieves positivos y negativos.

#### **A. Características físicas**

Las características físicas de la forma, es decir, su relieve, expresa una combinación de parámetros como: pendiente, altura, geometría y drenaje (modificado de Pike et al, 2009). Estos parámetros son directamente accesibles a la percepción visual proximal o distal, sea humana o instrumental.

#### **B. Procesos**

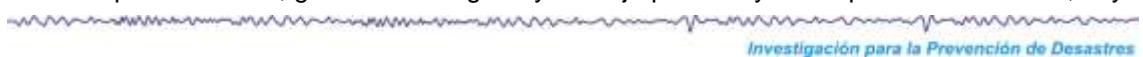
Los agentes modeladores como el agua, el viento, temperatura, entre otros, desencadenan diversos procesos externos tales como: intemperismo, meteorización, erosión, transporte y depositación generando diferentes geoformas, clasificándose de acuerdo a su origen en depositacional, denudacional (erosional). Otros procesos internos como el magmatismo, tectonismo, entre otros, generan geoformas de origen estructural.

En base a las características físicas de las geoformas y su origen en la ciudad Santa se han reconocido 07 geoformas tales como: Colina, lecho fluvial, lecho aluvial, llanura aluvial, mantos de arena, montaña y playa, Plano P-02.

**Colina.-** Unidad geomorfológica de origen denudacional, con altura menor a 100 m aproximadamente, cuyo relieve presenta pendientes menores de 35°, se caracteriza por tener forma redondeada y drenaje dendrítico. Esta geoforma se identificó al noreste de Santa y sobre ella se encuentra al centro poblado Río Seco.

**Lecho aluvial.-** Conformado por el lecho una quebrada sin nombre, la cual presenta drenaje dendrítico. En la zona de estudio, esta geoforma presenta dirección noreste-suroeste y se ubica a aproximadamente 2.5 km del centro poblado de Santa.

**Lecho fluvial.-** Esta unidad es de origen denudacional, presenta forma irregular, pendiente <5°, geometría alargada y drenaje paralelo y corresponde al río Santa, cuyo



ancho de cauce promedio es de 400 m. Se ha identificado al noroeste del centro poblado de Santa, aproximadamente a 3 km de distancia y desemboca en el Océano Pacífico.

**Llanura aluvial.-** Corresponden a superficies bajas y planas, sujetas a inundación excepcional o estacional. Esta unidad geomorfológica de origen depositacional presenta una pendiente  $< 5^\circ$ . Sobre esta unidad se asienta el centro poblado de Santa, así como grandes extensiones de terreno con actividad agrícola.

**Manto de arena.-** Acumulaciones de arenas eólicas a manera de mantos, constituidos por sedimentos medianos y finos acarreados por el viento, presenta relieve pequeño o nulo, típico de climas áridos y semiáridos. Se han identificado alrededor del caserío Pampa La Grama y aledaña al lecho aluvial a 500 m al este de la Huaca III Zona.

**Montaña.-** Se disponen en formas irregulares a alargadas, de grandes extensiones y altura superior a los 300 m, se han delimitado al suroeste del centro poblado, a una distancia aproximada de 2.5 km.

**Playa.-** Son unidades formadas por la acción erosiva de las olas y posterior acumulación o acreción de sedimentos de arena, grava o mezcla de ambas, cuyo origen: puede ser fluvial, erosión de los acantilados, sedimentos de fondo marino y eólico. En el área de estudio esta geoforma, se observa a lo largo del litoral al noroeste del centro urbano (se extiende en 2 km y un ancho de 15 m. aproximadamente).

## 6.2 Geología

La geología es la ciencia que estudia la Tierra, los materiales que la componen, las estructuras y los procesos que actúan sobre y debajo de la superficie a lo largo de millones de años desde su origen hasta la actualidad. Los procesos internos como: Tectónica de placas, ascenso de magma, etc. y externos (erosión, transporte y deposición) dan origen a los diferentes tipos de rocas.

La litología como parte de la geología, describe las características físicas de las rocas y depósitos que constituyen una formación geológica (una unidad litoestratigráfica).

En la ciudad de Santa se identificaron las siguientes unidades litoestratigráficas.

### 6.2.1 Geología local

Para describir las unidades litoestratigráficas en la ciudad de Santa, Figura 07, se ha tomado como base la geología del cuadrángulo de **Santa (18-f)**, que corresponden al Boletín A 17, año 1967, del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú-INGEMMET, versión digital 1998, a escala 1:100,000, Plano P-03.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SÍMBOLO	LITOLOGÍA	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	DEPÓSITOS FLUVIALES	Qh-fl	GRAVAS SUB-REDONDEADAS Y SUB-ANGULOSAS EN MATRIZ ARENO-LIMOSA	
			DEPÓSITOS ALUVIALES	Qh-al	GRAVAS SUB-REDONDEADAS Y SUB-ANGULOSAS EN MATRIZ ARENO-LIMOSA	
			DEPÓSITOS EÓLICOS	Qh-e	ARENAS DE GRANO FINO A MEDIO	
			DEPÓSITOS MARINOS	Qh-m	ARENAS MEDIAS A GRUESAS	
	TERCIARIO	SUPERIOR	FORMACIÓN ZAPALLAL	Ts-za	ARENAS CON INTERCALACIONES DE LIMOS Y ARCILLAS	
MESOZOICO	CRETÁCICO	INFERIOR	FORMACIÓN LA ZORRA	Ki-z	FLUJO DE ANDESITAS Y ROCAS PIROCLÁSTICAS	INTRUSIVOS Gabro Diorita (Ki-g-di)

**Figura 07: Columna cronolitoestratigráfica de la zona de estudio**

#### Grupo Casma - Formación La Zorra (Ki-z)

Constituida principalmente flujos de andesita en capas delgadas y rocas piroclásticas que se encuentran bien estratificadas. Se han identificado en aproximadamente a 1.5 km al sur del centro poblado de Santa, se encuentran parcialmente cubiertas por depósitos eólicos, principalmente en sus quebradas.

#### Depósitos Cuaternarios

En el área de estudio predominan los depósitos Cuaternarios de edad Holocena tales como:

##### Depósitos fluviales (Qh-fl)

Están conformados mayormente por suelos gravosos de diferentes diámetros y origen, envueltos en matriz arenosa o areno-limosa, transportados por la dinámica, evolución del curso y cauce del río Santa hasta su desembocadura hacia el Océano Pacífico.

### **Depósitos aluviales (Qh-al)**

Constituidos por capas de gravas gruesas a finas, bien clasificadas, redondeadas, asociadas a capas de arena y limos en proporciones variables. Sobre esta unidad se han asentado el centro poblado de Santa y los demás sectores poblados y se desarrolla la actividad agrícola.

### **Depósitos eólicos (Qh-e)**

Están conformados por arenas de grano medio a fino, color beige. Se han identificado en los cauces de quebradas y/o cobertura de parte de montaña, principalmente en caserío Pampa La Grama y aledaña al lecho aluvial a 500 m al este de la Huaca III Zona.

### **Depósitos marinos (Qh-m)**

Conformados por arenas medias a gruesas, color gris. Se encuentran distribuidos a lo largo del litoral, en las bahías y entrantes ubicados al oeste de Santa.

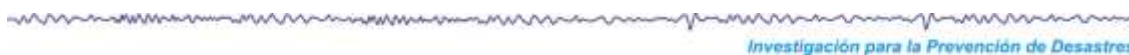
### **Rocas intrusivas - Gabro-Diorita (Ki-g-di)**

Consiste en una secuencia de cuerpos intrusivos de gabros y dioritas, los afloramientos de esta roca se encuentran en forma de stocks y cuerpos menores, identificadas aproximadamente a 2.5 km al este del centro poblado de Santa, siendo cubiertos por depósitos eólicos principalmente en los piedemontes.

## **6.3 Geodinámica Superficial**

Comprende todos aquellos eventos geodinámicos producto de la interacción de procesos geológicos (internos y externos) que originan cambios físicos, químicos y/o morfológicos que modifican el actual relieve.

Es importante recalcar que, analizar factores como la litología permite explicar el origen de los materiales que constituyen las geformas (colinas, lomas, entre otras) y en las cuales se generan procesos como meteorización y erosión que contribuyen a la ocurrencia de eventos geodinámicos.



Los procesos de erosión (carcaveo, incisión y desgaste laminar), son originados por las precipitaciones que se presentan en la cuenca fluvial, la cual genera la escorrentía superficial, esto provoca el arrastre progresivamente de los materiales a posiciones de menor energía potencial (menor pendiente). La carga de sedimentos transportados por la quebrada o río incrementen la acción erosiva y son capaces de producir remoción de los materiales, (Brusi, 2013), como: Movimientos en masa e inundación.

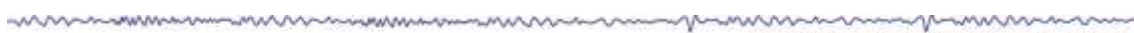
**6.3.1 Movimientos en masa.-** Son procesos en lo que se movilizan materiales por la acción de la gravedad y pueden ser peligrosos (Bromhead, 1996). Existen diferentes clasificaciones, las más consistente son la de Varnes (1986), Hutchinson (1998) y Cruden & Varnes (1996).

**Caída de rocas.-** En este tipo de evento los clastos o fragmentos de rocas preexistentes se desprenden de una ladera, como resultado de procesos de erosión y meteorización, ya sea de origen natural o antrópico (construcción de vías de acceso, que desestabilizan las laderas de las lomas). Este evento podría ocurrir a 1 km al sur del distrito de Santa.

**Deslizamiento.-** Es un tipo de movimiento en masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud. Se produce cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y se desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño espesor, se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Probablemente, los deslizamientos se deben a la infiltración de las aguas de escorrentía en los taludes inestables de las montañas que ubicadas en la zona de estudio. Este evento podría ocurrir a aproximadamente 1 km al sur del distrito de Santa.

**6.3.2 Inundación.-** Producida por el desborde del cauce de las quebrada y/o ríos en épocas de incremento de las precipitaciones como ocurre durante el Fenómeno “El Niño”. Estudios anteriores identificaron el nivel de Peligro Alto en el ámbito de estudio por desborde del río Santa, que afectaría principalmente a los sectores de Fundo Puerto Viejo, Barrio Guapo, Guapo II Zona, Casa Colorada, ubicados hacia el norte, aproximadamente a 1 km del distrito de Santa.

Además, según el informe de Estudios de Identificación de Zonas Vulnerables ante Inundaciones en ríos y quebradas (Puntos críticos por inundación), elaborados por la



Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), la ciudad de Santa se encuentra expuesta a inundación.

**6.3.3 Escorrentías y/o afluentes de las principales quebradas.-** Otros eventos que generan inundación son las escorrentías las cuales se caracterizan por el escurrimiento del agua de origen pluvial provenientes de las partes altas de la localidad de Santa. Éstas, además, producen cárcavas en los taludes inestables constituidos por materiales sueltos, que se desprenden y/o desplazan hacia las partes bajas. Se producen por el desborde de los canales de agua de escorrentía que pasan por los drenajes que cruzan la llanura aluvial. Esta probable zona de inundación se ubica al sur, aproximadamente a 1 km del distrito de Santa.

## **7. PROPUESTA DE UBICACIÓN DE ENSAYOS GEOTÉCNICOS**

La geotecnia es la rama de la geología aplicada a la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de cimentación, en condiciones estáticas mediante la aplicación de técnicas de exploración (calicatas, auscultaciones, perforaciones, ensayos de DPL, SPT, etc.), por ello, la clasificación del suelo es de suma importancia para la elaboración de modelos geotécnicos y el diseño de cimentaciones en un terreno específico.

Los suelos son materiales inconsolidados conformados por minerales, materia orgánica, agua y aire entre sus poros, generados a partir de la alteración de la roca madre por agentes atmosféricos mediante procesos de meteorización y erosión hasta formar una cobertura de variado espesor de sedimentos, que posteriormente han sido transportados y redepositados en las partes bajas de las cuencas hidrográficas, sobre los cuales se asientan las áreas urbanas.

En el diagrama líneas abajo se indica el origen de los suelos, Figura 08.



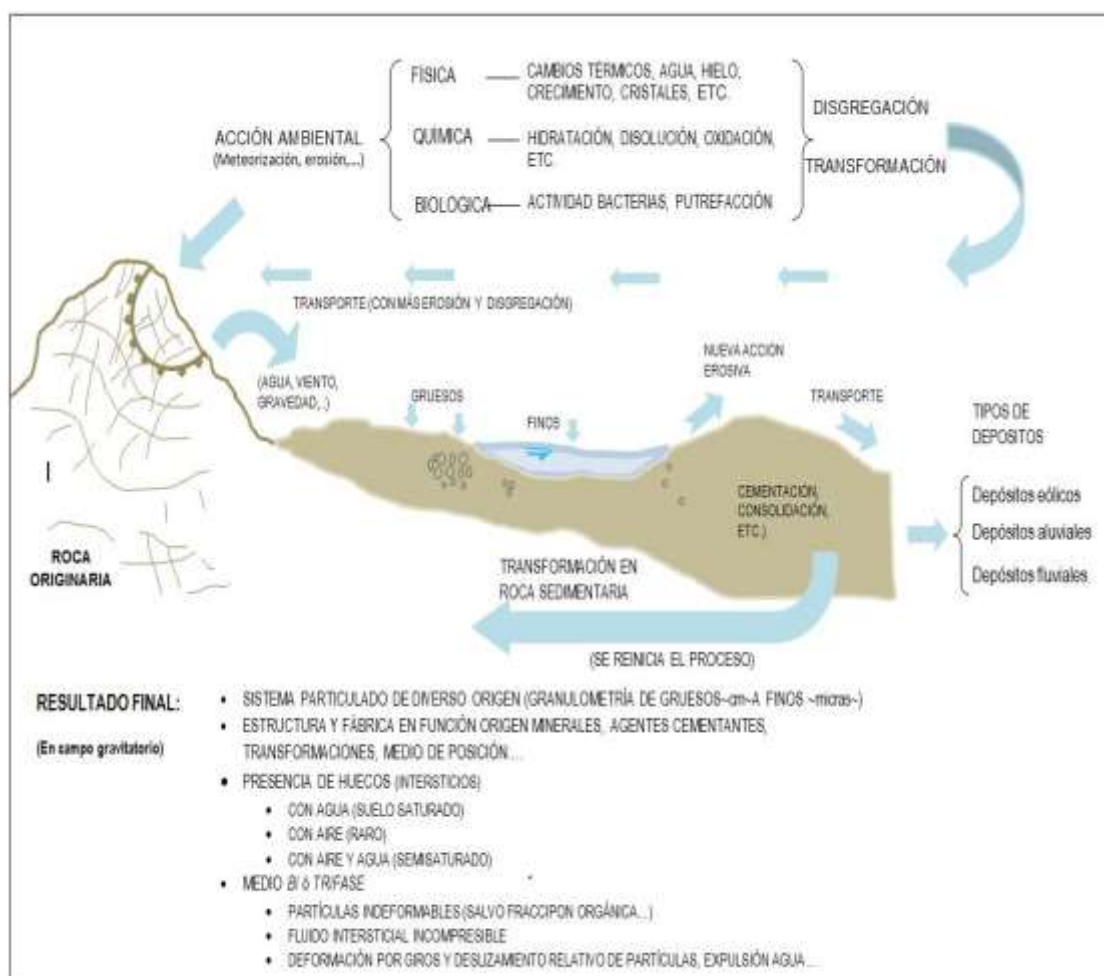


Figura 08: Formación de suelos, (Adaptado de Gonzáles de Vallejo, 2002)

Para la zonificación geotécnica de los suelos, se usará el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y parámetros de resistencia (capacidad de carga de los materiales, por ello, para obtener la información antes descrita es necesario la elaboración de ensayos geotécnicos.

En este ítem se describen los puntos probables para la elaboración de ensayos geotécnicos entre las cuales se tienen: 05 exploraciones a cielo abierto, 06 auscultaciones manuales (posteos) y 06 ensayos de Penetración Dinámica Ligera (DPL), distribuidos en el área de estudio, Plano P-05.

A continuación se detallan las técnicas de exploración geotécnica a realizar:

### 7.1. Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM 420)

Se propone elaborar 05 calicatas distribuidas en el área urbana y de expansión orientadas hacia el este y oeste de Santa. Cuadro 03. Asimismo, los ensayos de densidad in situ se realizarán dentro de las calicatas dependiendo del tipo de material encontrado.



**Cuadro 03: Ubicación de coordenadas UTM de las calicatas propuestas**

CÓDIGO DE CALICATA	COORDENADAS UTM		REFERENCIA
	ESTE (m)	NORTE (m)	
C-S-01	764046	9006257	Terrenos de cultivo en dirección al C.P. Río Seco.
C-S-02	763235	9005548	Terrenos de cultivo en dirección al C.P. La Huaca III zona
C-S-03	761923	9004101	Acceso en dirección al C.P. San Luis
C-S-04	761989	9005581	Parte posterior de la I.E. 88320 San Bartolo
C-S-05	761338	9005883	A 160 m al este de la Av. Camino Real

## 7.2. Exploraciones con posteadora manual

Estos se elaborarán en zonas intermedias a las calicatas, con el objetivo de obtener mayor información del suelo sobre el cual se asienta la población del distrito de Santa, Cuadro 04.

**Cuadro 04: Ubicación de coordenadas UTM de posteos propuestos**

CÓDIGO DE POSTEO	COORDENADAS UTM		REFERENCIA
	ESTE (m)	NORTE (m)	
POST-01	763782	9006690	Paralela a la carretera en dirección Alto Perú
POST-02	764284	9005890	
POST-03	763654	9005195	
POST-04	763149	9006046	A 190 m al norte de la Plaza San Carlos
POST-05	761226	9004972	Av. Camino Real
POST-06	762333	9006083	

## 7.3. Ensayo de penetración dinámica ligera-LDPT (norma DIN 4094)

Este ensayo se realizará de 1 a 5 m de distancia con respecto a la ubicación de las calicatas y/o posteos con la finalidad de conocer la resistencia del suelo en condiciones naturales, Cuadro 05.



**Cuadro 05: Ubicación de coordenadas UTM de ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) propuestos**

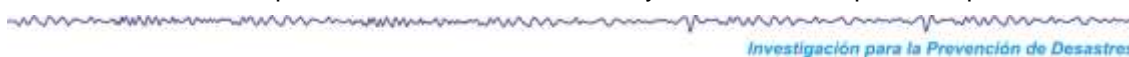
CÓDIGO DE DPL	COORDENADAS UTM		REFERENCIA
	ESTE (m)	NORTE (m)	
DPL-01	764278	9005583	C.P. Río Seco
DPL-02	763335	9006178	A 400 m al norte de la Plaza Mayor San Carlos
DPL-03	762030	9004994	Losa deportiva de la calle José Olaya
DPL-04	761939	9005671	Estadio Municipal de Santa
DPL-05	761394	9005324	Av. Camino Real
DPL-06	761865	9006466	A 180 m al sur de COGECO, ingreso hacia puerto Santa desde la Panamericana

## 8. CONCLUSIONES

- Santa se caracteriza por presentar siete unidades geomorfológicas como son: Colina, lecho fluvial, lecho aluvial, llanura aluvial, mantos de arena, montaña y playa, mayormente conformados por arenas, limos, arcillas, asimismo, sobre la llanura aluvial se asienta el área urbana de la ciudad en mención. Los eventos geodinámicos reconocidos en la zona de estudio fueron: Los movimientos en masa (caídas de rocas y deslizamientos), así como, inundaciones (fluviales y pluviales).
- Se han propuesto elaborar 05 exploraciones a cielo abierto, 06 posteos y 06 ensayos de Penetración Dinámica Ligera-DPL.

## 9. RECOMENDACIONES

- Para definir los contactos geológicos y/o delimitar nuevas unidades litológicas volcánicas, intrusivas o depósitos Cuaternarios) es necesario realizar un cartografiado en el área de estudio a escala local.
- La ejecución de los ensayos geotécnicos, así como, el análisis de las muestras extraídas permitirán clasificar los suelos y elaborar los mapas de Tipos de Suelos



y Capacidad Portante. Estos ensayos se han ubicado en lugares estratégicos (cercado y periferias), con una distribución equidistante de tal forma que abarque el área de estudio como: colegios, centros médicos, instituciones que puedan verse seriamente afectados por algún peligro geológico y/o del cual se requiera conocer el tipo de suelo de cimentación para una futura edificación. Asimismo, estos ensayos se contrastarán con los resultados del Plan de acondicionamiento territorial de la provincia del Santa 2012-2022 (2012), en el cual se indica que el suelo está conformado por detritos angulosos, arenas de grano fino, limos y arcillas de buena permeabilidad.

- Programar ensayos geofísicos: Método sísmico con la finalidad de estimar el espesor de los materiales inconsolidados y método eléctrico para identificar posible presencia de agua en el subsuelo, así determinar zonas de potencial de licuación. Las coordenadas de las zonas propuestas se indican en el Cuadro 06 y Figura 09.

**Cuadro 06: Ubicación de coordenadas UTM de ensayos geofísicos propuestos**

LÍNEA	MÉTODO	COORDENADAS UTM			
		ESTE_inicial (m)	NORTE_inicial (m)	ESTE_final (m)	NORTE_final (m)
Línea 1-1'	Sísmico	763348	9006187	763171	9006059
Línea 2-2'	Sísmico	761892	9005549	761734	9005405
Línea 3-3'	Sísmico	761389	9005309	761328	9005484
Línea 4-4'	Sísmico	763166	9005509	763328	9005333
Línea 5-5'	Sísmico	764380	9006168	764472	9006029
Línea 6-6'	Eléctrico	763257	9005554	763165	9005501
Línea 7-7'	Eléctrico	763149	9006254	763291	9006157



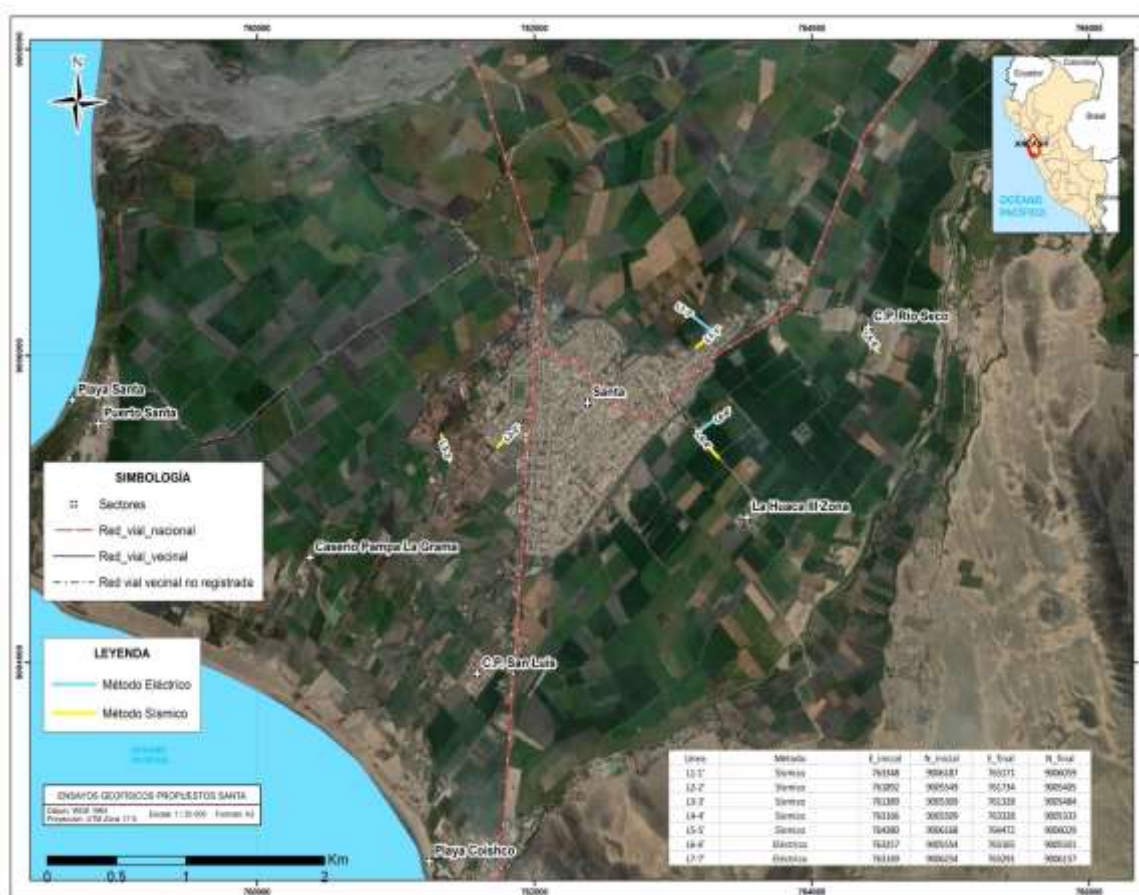


Figura 09: Ubicación de ensayos geofísicos propuestos en la ciudad de Santa

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brusi, D., et al (2013) - Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. ISSN: 1132-9157. Pág. 181-194.
- CENEPRED, (2017) - Informe de Evaluación de Riesgo por Inundación Pluvial y Flujos de Detritos en el Centro Poblado De Coishco, Distrito de Coishco, Provincia de Santa, Departamento de Ancash.
- Cossio, A. & Jaén, H., (1967) - Geología de los cuadrángulos Puemape 16-d, Chocope 16-e, Otuzco 16-f, Trujillo 17-e, Salaverry 17-f y Santa 18-f. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 59. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico- INGEMMET.
- GORE-Ancash, (2011) - Estudio de Diagnóstico y Zonificación con Fines de Demarcación Territorial de la Provincia de Santa.
- Hutchinson, J., N., (1968) - Mass Movement. In the Encyclopedia of Geomorphology (Fairbridge, R.W., ed., Reinhold Book Corp., New York). 668-696 p.

- Hutchinson, J., N., (1988) - General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides, (Ed: Bonnard, C.). 1, 3-35 p. Rotterdam: Balkema.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015) - <http://renac.mtc.gob.pe/inventariovial/default2.aspx>.
- Municipalidad provincial de Santa (2012) – Plan de Acondicionamiento de la provincia de Santa 2012-2022.
- Municipalidad distrital de Santa - Plan de Desarrollo Concertado del Distrito de Santa 2012 – 2025
- PNUD-CERE-INDUR, (2000) - Mapa de Peligros y Plan de Usos del Suelo de la Ciudad de Chimbote. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Centro Ejecutivo.
- Varnes, D.J., (1958) - Landslide types and processes in Eckel E.B., ed., Landslides and Engineering Practice, Highway Research Board Special Report 29, NAS-NRC Publication 544, Washington, D.C. 20-47 p.
- Zinck, J. & Valenzuela, C., (1990) – Soil geographic database: structure and application examples. ITC Journal, 1990(3), 270-294.

