

INFORME PRELIMINAR CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, GEOLÓGICA, GEODINÁMICA Y GEOTÉCNICA DE SALAVERRY



Lima-Perú

2020

**INFORME PRELIMINAR
CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, GEOLÓGICA,
GEODINÁMICA Y GEOTÉCNICA DE SALAVERRY**

Responsable

Ing. Juan Carlos Gómez

Desarrollo

Unidad de Geodinámica

Giovana Gutiérrez

Apoyo Técnico

Estherfilia Campos

RESUMEN

En el marco del Programa Presupuestal por Resultados N°068: Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres se ejecutó el proyecto “ Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, el mismo que tiene como una de sus actividades la “Caracterización geomorfológica, geológica, geodinámica y geotécnica” obteniéndose como resultado final, los mapas temáticos (geomorfología, geología, geodinámica, ubicación de ensayos geotécnicos) del distrito de Salaverry, provincia de Trujillo y departamento de La Libertad. El estudio permitirá conocer el comportamiento físico del suelo a partir de la recolección de información geológica, geomorfológica, así como de áreas expuestas a eventos geodinámicos y la aplicación de métodos geotécnicos.

En el distrito de Salaverry las unidades geomorfológicas están conformadas por colina, montaña, playa y terraza aluvial, sobre estas dos últimas se asienta la ciudad de Salaverry. El área de estudio está asentada sobre depósitos eólicos y aluviales (grava, arenas y limos) y el substrato rocoso lo conforman roca tipo granodiorita. El evento geodinámico identificado en Salaverry es la caída de rocas.

CONTENIDO

RESUMEN.....	3
CONTENIDO	4
1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVO.....	8
3. METODOLOGÍA	8
4. ANTECEDENTES.....	8
4.1 Recopilación de la información.....	9
5. ASPECTOS GENERALES	12
5.1 Ubicación y accesibilidad	12
5.2 Población, vivienda y actividades económicas	13
5.3 Clima.....	14
5.4 Precipitación.....	15
5.5 Hidrografía	15
6. CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA.....	17
6.1 Geomorfología	17
6.1.1 Unidades geomorfológicas	19
6.2 Geología	21
6.2.1 Geología Local	22
6.3 Geodinámica Superficial	24
7. PROPUESTA PARA EJECUCIÓN DE ENSAYOS GEOTÉCNICOS	25
7.1. Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM 420)	26
7.2. Exploraciones con posteadora manual.....	27
7.3. Ensayo de penetración dinámica ligera-LDPT (norma DIN 4094).....	27
8. CONCLUSIONES.....	28
9. RECOMENDACIONES.....	28
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

RELACIÓN DE FIGURAS

- Figura 01: Mapa de peligros por deslizamiento – Provincia de Trujillo. Fuente: Municipalidad Provincial de Trujillo – PLANDET
- Figura 02: Geología regional del cuadrángulo de Salaverry ,17-F, donde se muestra el área de estudio (recuadro rojo). Fuente: INGEMMET,1998.
- Figura 03: Mapa de clasificación climática del Perú, En el recuadro del color rojo se delimita el área de estudio (distrito de Salaverry) Fuente: SENAHMI, 2010
- Figura 04: Cuenca del río Moche. Fuente: MINEM, 1997
- Figura 05: Plano modelo digital de elevación
- Figura 06: Plano de pendientes
- 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

RELACIÓN DE CUADROS

- Cuadro 01: Elementos expuestos a alta susceptibilidad por movimientos en masa en la provincia de Trujillo. Fuente: Escenario de riesgos ante la temporada de lluvias 2017 – 2018, CENEPRED 2017.
- Cuadro 02: PEA ocupada por actividad económica 2017 en Salaverry.Fuente: INEI 2017.
- Cuadro 03: Precipitación acumulada mensual periodo 2017 – 2020. Fuente: SENAHMI, 2020
- Cuadro 04: Ubicación de coordenadas UTM de las calicatas propuestas
- Cuadro 05: Ubicación de coordenadas UTM de posteos propuestos
- Cuadro 06: Ubicación de coordenadas UTM de ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) propuestos
- Cuadro 07: Coordenadas UTM de las posibles zonas a realizar ensayos geofísicos propuestos

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 Salaverry 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 Salaverry a escala 1:17 500 en un área de 1973 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: 17 500.

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 Salaverry, así mismo, el análisis por elementos expuestos como parte del avance del estudio “Caracterización geológica, geomorfológica, geodinámica y geotécnica de Salaverry”.

3. METODOLOGÍA

Debido a la situación de emergencia sanitaria decretada desde el mes de marzo del presente año, el informe preliminar “Caracterización geomorfológica, geológica, geotécnica de Salaverry” 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). Así mismo, se identificaron posibles puntos para la ubicación de ensayos geotécnicos: 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 la geología regional, ocurrencia de eventos naturales (movimientos en masa, entre otros) que afectaron la seguridad física del distrito de Salaverry.

4.1 Recopilación de la información

- **PLAN DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE LA PROVINCIA DE TRUJILLO 2018 – 2021. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TRUJILLO, (2017)**

El informe describe la geodinámica de la ciudad de Trujillo (escala 1:126 000), que incluye el área de estudio, el cual determina que el distrito de Salaverry presenta nivel de peligro bajo a medio por deslizamientos, Figura 01, siendo el factor detonante la acción pluvial. Cabe mencionar que en menor grado de incidencia en los peligros se da la acción marítima (tsunamis) y las grandes acumulaciones de arena eólica. Así mismo, menciona que el distrito de Salaverry no es afectado por inundaciones (desborde de ríos), flujos de detritos (activación de quebradas).

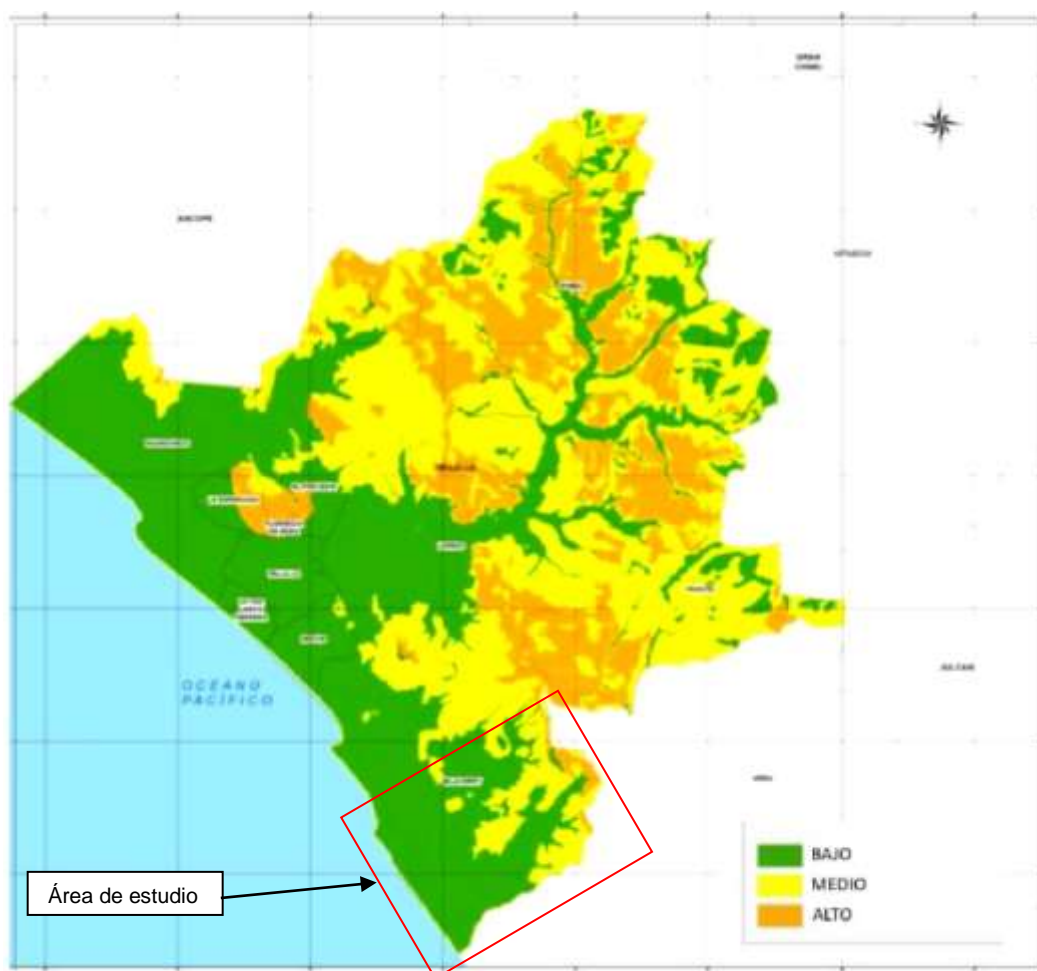


Figura 01: Mapa de peligros por deslizamiento – Provincia de Trujillo. Fuente: Municipalidad Provincial de Trujillo – PLANDET

- **ESCENARIO DE RIESGOS ANTE LA TEMPORADA DE LLUVIAS 2017 – 2018. CENEPRED. (2017).**

De acuerdo al escenario de riesgos ante la temporada de lluvias 2017 – 2018, preparado por CENEPRED17, la población de Salaverry. Cuadro 01, determina que 3 443 viviendas se asientan en zonas con niveles de susceptibilidad alta ante movimientos en masas, con lo que se verían afectados 13 842 habitantes.

Distritos	Susceptibilidad alta a movimientos en masa					
	C. Poblados	Población	Vivienda	Est. Salud	Inst. Educativas	Vías (Km)
TRUJILLO	2	168	44	7	87	3
EL PORVENIR	1	140507	32756	14	152	2
FLORENCIA DE MORA	1	40014	7584	7	38	0
HUANCHACO	13	44420	12433	10	84	62
LA ESPERANZA	1	151845	35028	10	121	0
LAREDO	27	30820	7925	4	46	65
MOCHE	11	10672	2448	3	10	5
POROTO	10	1314	405	1	3	16
SALAVERRY	4	13841	3443	3	14	51
SIMBAL	6	1067	307	3	3	18
VICTOR LARCO HERRERA	0	0	0	1	1	0

Cuadro 01: Elementos expuestos a alta susceptibilidad por movimientos en masa en la provincia de Trujillo. Fuente: Escenario de riesgos ante la temporada de lluvias 2017 – 2018, CENEPRED 2017.

- **COSSIO, A., JAEN, H. (1967) – GEOLOGIA DE LOS CUADRANGULOS DE PUEMAPE, CHOCOPE, OTUZCO, TRUJILLO, SALAVERRY Y SANTA 16-D, 16-E, 16-F, 17-E, 17-F, 18-F - [BOLETIN No 17]**

Este boletín indica que el área de estudio está conformada por depósitos aluviales, fluviales y eólicos, así mismo, hacia el suroeste y este de Salaverry, los afloramientos rocosos están constituidos por rocas intrusivas (diorita y granodiorita).
Figura 02.

5. ASPECTOS GENERALES

En este capítulo se describe la ubicación, datos de población, aspectos económicos, clima, precipitación e hidrografía del área de estudio:

5.1 Ubicación y accesibilidad

El distrito de Salaverry se encuentra ubicado en la costa norte del Perú aproximadamente 13 km. al suroeste de la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, en las coordenadas UTM: 722938.43 E y 9090683.77 N, con una altura de 3 m.s.n.m. Limita:

Norte: Distritos de Moche y Laredo

Sur: Distritos de Virú y Laredo

Este: Distrito de Virú

Oeste: Océano Pacífico

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

El acceso al distrito de Salaverry se realiza de la siguiente manera:

Vía terrestre: Desde la ciudad de Lima hasta el distrito de Salaverry por la carretera Panamericana Norte, en un recorrido de 474 km. aproximadamente, en un tiempo de 6 horas.

Vía aérea: Lima - Trujillo (30 minutos), luego se continua por la carretera Panamericana Norte, en dirección suroeste, desde el aeropuerto internacional FAP Carlos Martínez de Pinillos, hasta el distrito de Salaverry, en un recorrido aproximado de 20 km. en un tiempo de 30 minutos.

5.2 Población, vivienda y actividades económicas

La ciudad de Salaverry cuenta con una población total de 18944 habitantes (INEI, 2017), el 98% de ellos se concentra en el sector urbano. Así mismo, Salaverry se encuentra constituida por 4918 viviendas (INEI, 2017), las cuales el 62% de ellas, están construidas por ladrillo o bloque de cemento como material predominante en las paredes; del mismo modo, el 85% del total de viviendas cuenta con una conexión de agua potable a una red pública y el 90% a una red de alumbrado eléctrico.

En lo concerniente a las actividades económicas desarrolladas en el lugar, se observa la concentración mayoritaria de la población económicamente activa (PEA) ocupada (7507 pobladores) agricultura, comercio y transporte, Cuadro 02.

Cuadro 02: PEA ocupada por actividad económica 2017 en Salaverry. Fuente: INEI 2017.

ACTIVIDAD ECONÓMICA	PEA Ocupada	ACTIVIDAD ECONÓMICA	PEA Ocupada
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1 280	Actividades financieras y de seguros	28
Explotación de minas y canteras	41	Actividades inmobiliarias	8
Industrias manufactureras	707	Actividades profesionales, científicas y técnicas	322
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	1	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	343
Suministro de agua; evacua. de aguas residuales, gest. de desechos y descont.	10	Adm. pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	207
Construcción	793	Enseñanza	239
Comerc., reparación de veh. autom. y motoc.	1 253	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	139
Transporte y almacenamiento	1 100	Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	47
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	585	Otras actividades de servicios	257
Información y comunicaciones	46	Act. de los hogares como empleadores; act. no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	101
DISTRITO DE SALAVERRY: PEA OCUPADA TOTAL			7 507

5.3 Clima

Se ha tomado como fuente para la descripción del clima en el distrito de Salaverry, el mapa de clasificación climática de SENAEMI, se clasifica como E(d) B'1 H3, que corresponde a una precipitación mínima a nula (deficiencia de lluvias) en todas las estaciones y con temperaturas semicálida. Figura 03.

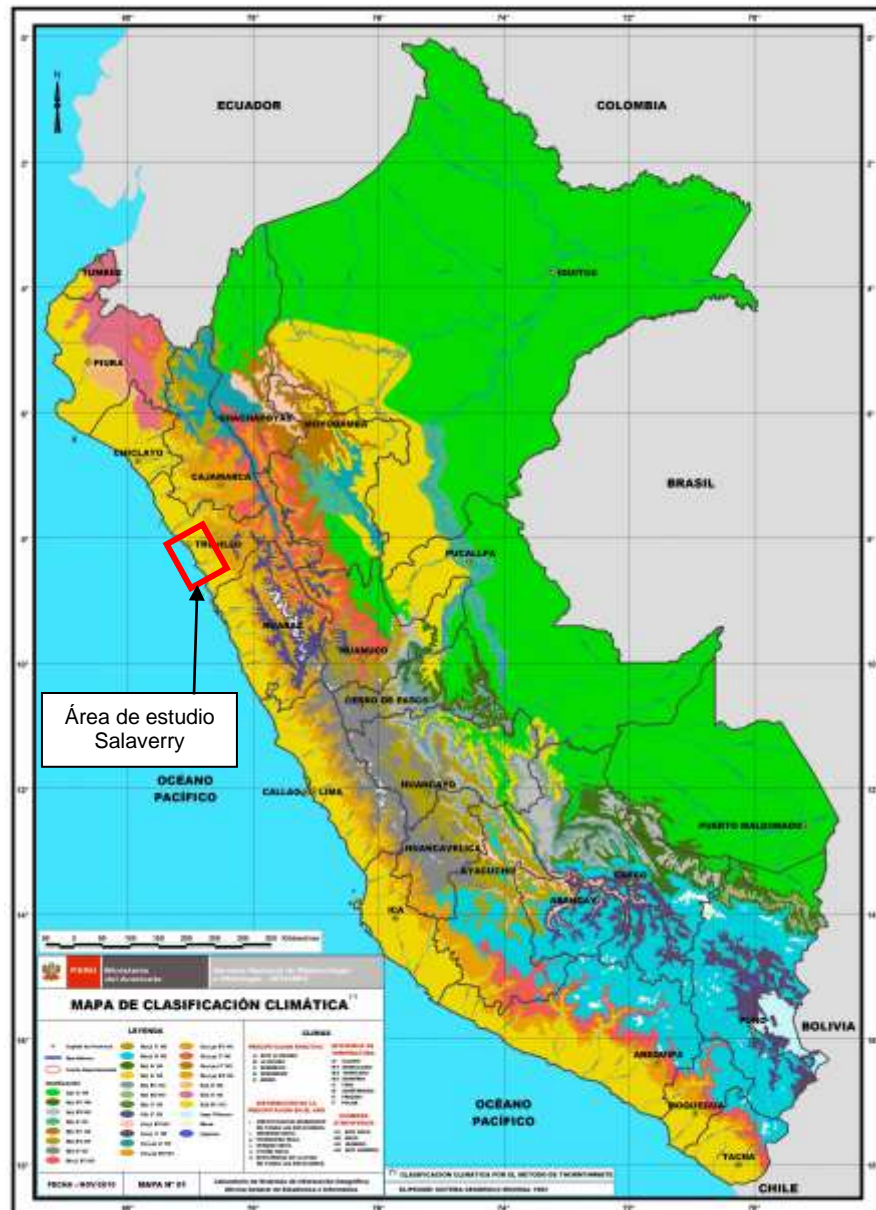


Figura 03: Mapa de clasificación climática del Perú, En el recuadro del color rojo se delimita el área de estudio (distrito de Salaverry) Fuente: SENAEMI, 2010

5.4 Precipitación

El área de estudio no cuenta con una estación meteorológica in situ, sin embargo, se ha tomado como referencia datos de la estación meteorológica Trujillo ubicada aproximadamente a 10 km. al suroeste de Salaverry en las coordenadas geográficas: 8° 6'43.29"S, 78°59'6.36"O, a una altura de 4 m.s.n.m. en el distrito de Laredo, Cuadro 03.

Cuadro 03: Precipitación acumulada mensual periodo 2017 – 2020. Fuente: SENAHMI, 2020

ESTACIÓN: TRUJILLO												
Departamento	LA LIBERTAD				Provincia: TRUJILLO				Distrito: LAREDO			
Latitud:	8° 6'43.29"S				Longitud: 78°59'6.36"O				Altitud: 44 m.s.n.m			
Tipo:	Convencional- Meteorológica				Código: 108068							
Año	Enr	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
2018	1.40	2.20	0.00	12.80	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	3.50
2019	2.50	1.10	12.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60
2020	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	—

La temporada de lluvias en el área de estudio se presenta en los meses de diciembre a abril, registrando precipitación máxima de 12.80 mm. (abril 2018) y precipitación mínima de 1.10 mm. (abril 2019), el resto del año las precipitaciones son ausentes.

5.5 Hidrografía

El distrito de Salaverry se encuentra dentro de la cuenca del río Moche, tiene una longitud 110 km, y se origina cerca de Quiruvilca en los andes de la libertad, en el cerro Pelón Chico ubicado a 4,450 m.s.n.m. Se denomina Río Shori en su nacimiento, cambia a nombre de Río Moche, desemboca al sur de la ciudad de Trujillo, es de gran importancia debido a la explotación agropecuaria que se produce en el valle, la distribución de agua para riego se realiza a través de canales.

La descarga del río Moche se comporta con iguales características a la mayoría de los ríos de la Costa peruana, es decir muy irregular, con marcadas diferencias en sus valores de descargas medias (medio, máximo y mínimo), llegando inclusive a secarse.

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).

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 Salaverry 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 (Figura 05) y Pendientes (figura 06).

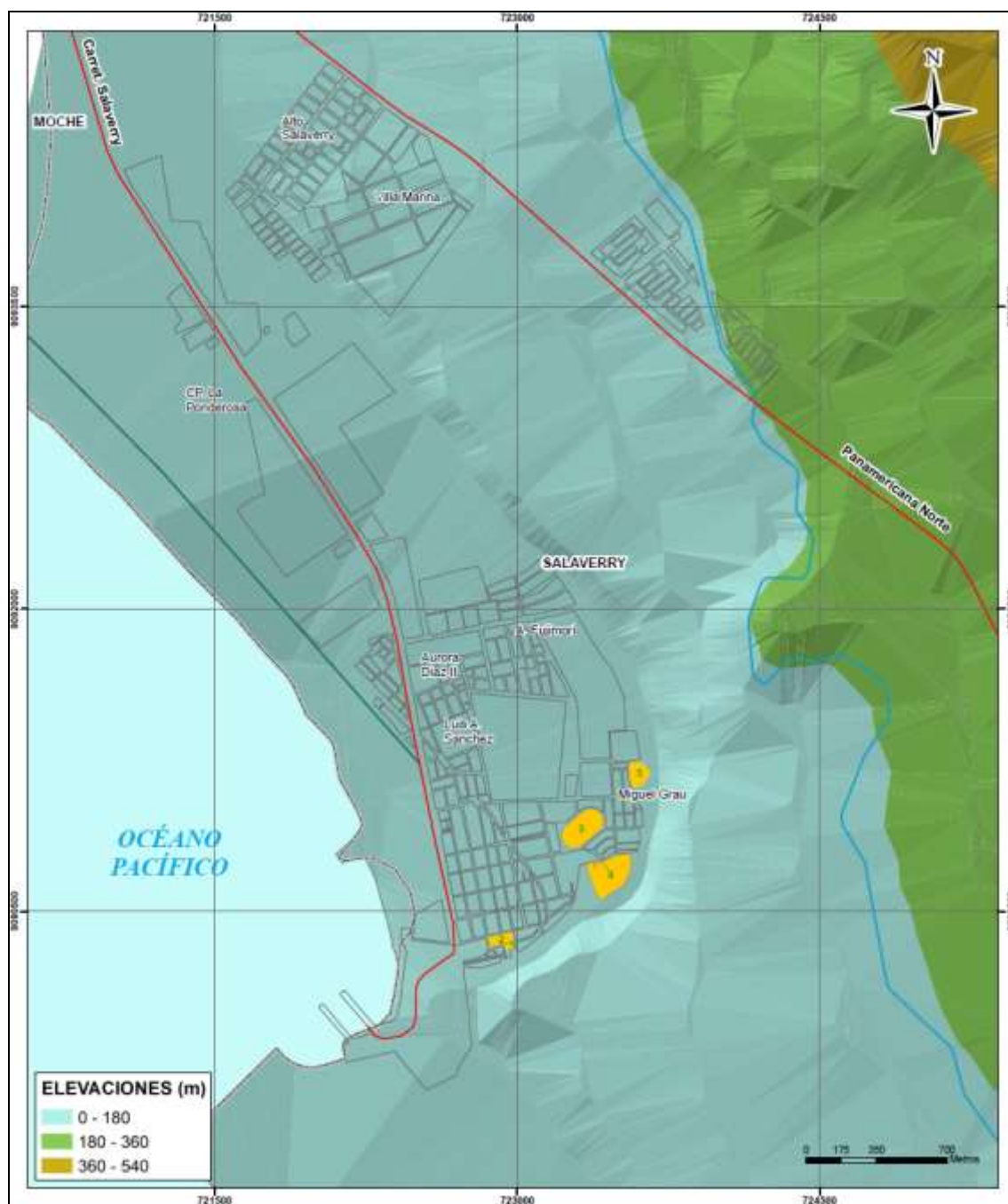


Figura 05: Modelo digital de elevación

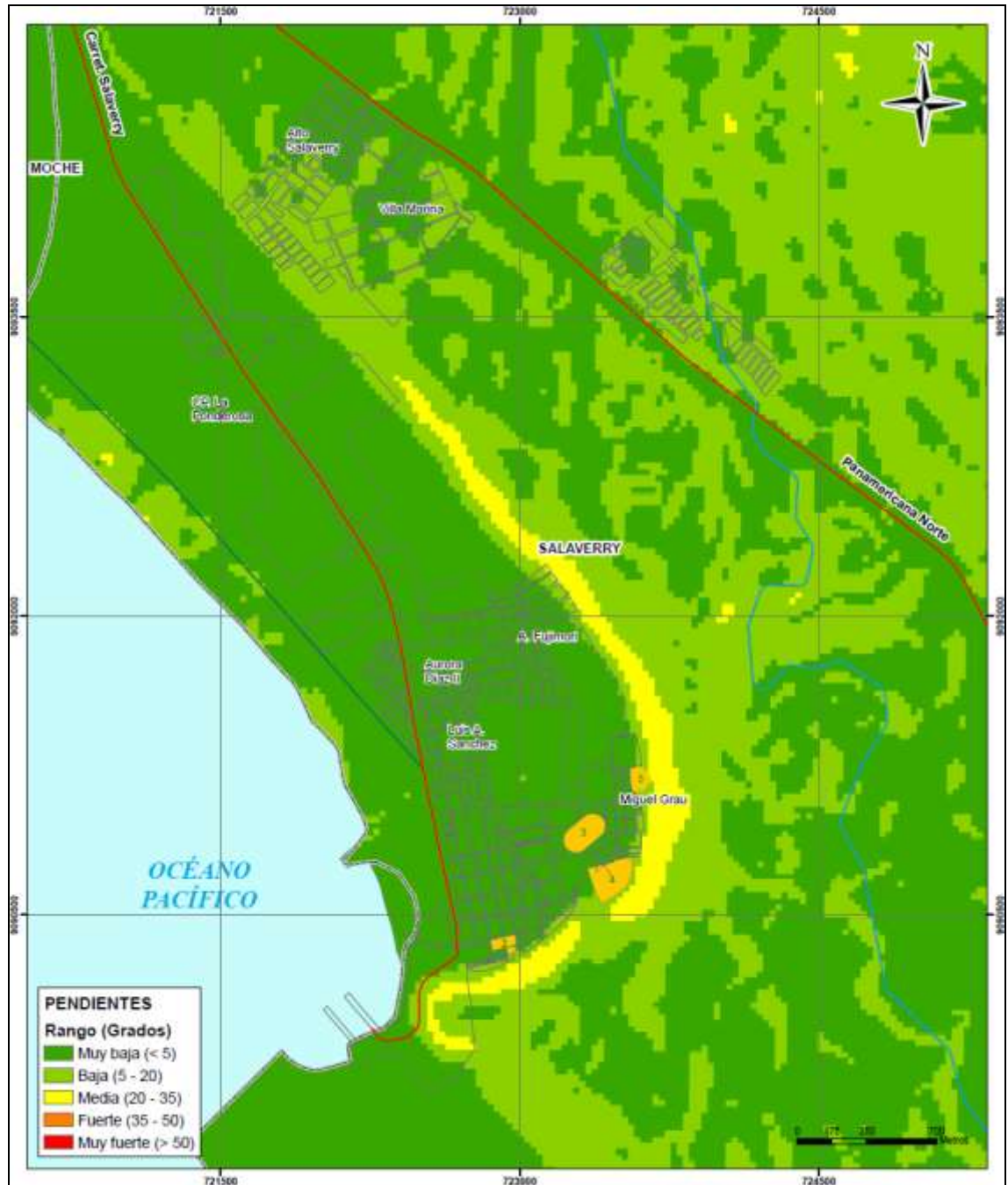


Figura 06: Pendientes

6.1.1 Unidades geomorfológicas

Estas geofomas 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 Salaverry se delimitaron 04 geoformas tales como: terraza aluvial, colina, playa y montaña, Plano P-02.

-Terraza aluvial.

Las terrazas aluviales son plataformas planas, más o menos extensas y continuas que presentan un desnivel. Esta unidad geomorfológica de origen depositacional presenta una pendiente $< 10^\circ$, así como una geometría irregular y drenaje variable.

En el distrito de Salaverry la terraza presenta una altura de 40 metros aproximadamente con respecto al nivel del mar y de longitud 4 km. conformadas por arenas y limos, sobre esta geoforma se asienta el sector Villa Marina y terrenos de cultivo.

-Colina

Esta geoforma presenta pendiente menor a 35°, altura menor a 300 m., geometría cónica, drenaje dendrítico y un origen denudacional que ha sido modificadas (redondeadas y/o cubiertas por mantos de arena) por la acción del viento (erosión eólica), escorrentía de las aguas superficiales y por la actividad antrópica.

La unidad geomorfológica colina se ubica al suroeste aproximadamente a 120 metros de la plaza principal de Salaverry, con una altura de 84 m.s.n.m. Las laderas de la colina están cubiertas por arenas eólicas.

-Playa

Corresponden a las zonas costeras, se constituyen de materiales erosionados del litoral, además de materiales de provienen del transporte fluvial. Se encuentran localizadas al oeste de Salaverry.

-Montaña

Elevaciones topográficas con alturas mayores a 300 m, cuyas pendientes varían de 35° a 50°, en el distrito de Salaverry esta geoforma está ubicada al noreste representada por el cerro Aguja, que presenta una altura aproximada de 500 metros, las laderas del este se encuentran cubiertas por arenas eólicas.

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 los externos (erosión, meteorización, transporte y depositación) 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 (unidad litoestratigráficas).

En el distrito de Salaverry se identificaron las siguientes unidades litoestratigráficas:

6.2.1 Geología Local

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

CRONOESTRATIGRAFÍA			LITOESTRATIGRAFÍA		
ERA TEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	SÍMBOLO	LITOLÓGÍA
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos eólicos	Q-e	Constituidos por arenas
			Depósitos aluviales	Q-al	Constituida por arenas, arcillas y limos
			Depósitos marinos	Q-m	Constituidos por coquinas, gravas y conglomerados
MESOZOICO	TERCIARIO	INFERIOR	Rocas intrusivas	KTi-gd	Constituido por granodiorita

Figura 07: Columna cronolitoestratigráfica de la zona de estudio

-Rocas Intrusivas:

Granodiorita (KTi-gd)

El Batolito de la Costa es una intrusión múltiple y compleja formada predominantemente por tonalitas y granodioritas que ocupan el núcleo de la cordillera occidental. Tiene 1,600 Km. de largo y más de 65 Km. de ancho.

La roca tipo granodiorita en el distrito de Salaverry aflora al lado suroeste (puerto de Salaverry) conformando la unidad geomorfológica colinas.

- Depósitos Cuaternarios

En el área de estudio predominan los depósitos cuaternarios, tales como eólicos, aluviales y marinos, las cuales se describen a continuación:

Depósitos Eólicos (Q-e)

Son depósitos causados generalmente por la acción del viento que los deposita en extensas planicies y consiste mayormente de arenas de grano medio a grueso, sobre este tipo de depósitos se asienta el sector Villa Miramar, se desarrolla la actividad agrícola.

Depósitos aluviales (Q-al)

Materiales que resultan de procesos de erosión, productos del transporte, están conformados por elementos como las arenas, arcillas, gránulos, cantos rodados, de formas distintas tales como angulosas y redondeadas como consecuencia del transporte, sobre este tipo de depósitos se asienta la ciudad de Salaverry.

Depósitos Marinos (Q-m)

Constituyen a las zonas de playas que se encuentran a lo largo de litoral, conformados por arenas gruesas. Estos depósitos se encuentran ubicados al oeste y suroeste del distrito de Salaverry.

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 dan como producto eventos que modifican el actual relieve.

Es importante recalcar que, analizar factores como la litología permite explicar el origen de los materiales que constituyen las geoformas (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 incrementan la acción erosiva y son capaces de producir remoción de los materiales, (Brusi, 2013), como: movimientos en masa e inundación.

En la ciudad de Salaverry se ha identificado un tipo de evento geodinámico: caída de rocas. Plano P-04:

6.3.1 Movimientos en Masa

Según el informe “Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres de la provincia de Trujillo 2018 – 2021. Municipalidad provincial de Trujillo, (2017)” ha elaborado un mapa de peligros ante deslizamiento a escala 1:126 000, y señala que el distrito de Salaverry presenta peligro de Medio a Bajo, sin embargo, haciendo uso de las imágenes de Google Earth, no se ha identificado indicios de deslizamientos, por lo contrario, se ha podido identificar que en el distrito de Salaverry en el cerro del mismo nombre (laderas) es una zona donde puede ocurrir caída de rocas.

6.3.1.1 Caída de rocas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido.

En el distrito de Salaverry se ha identificado caídas de rocas provenientes del cerro Salaverry que afectaría al terminal marítimo de Salaverry y viviendas asentadas en la parte baja del cerro en mención.

7. PROPUESTA PARA EJECUCIÓN 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.

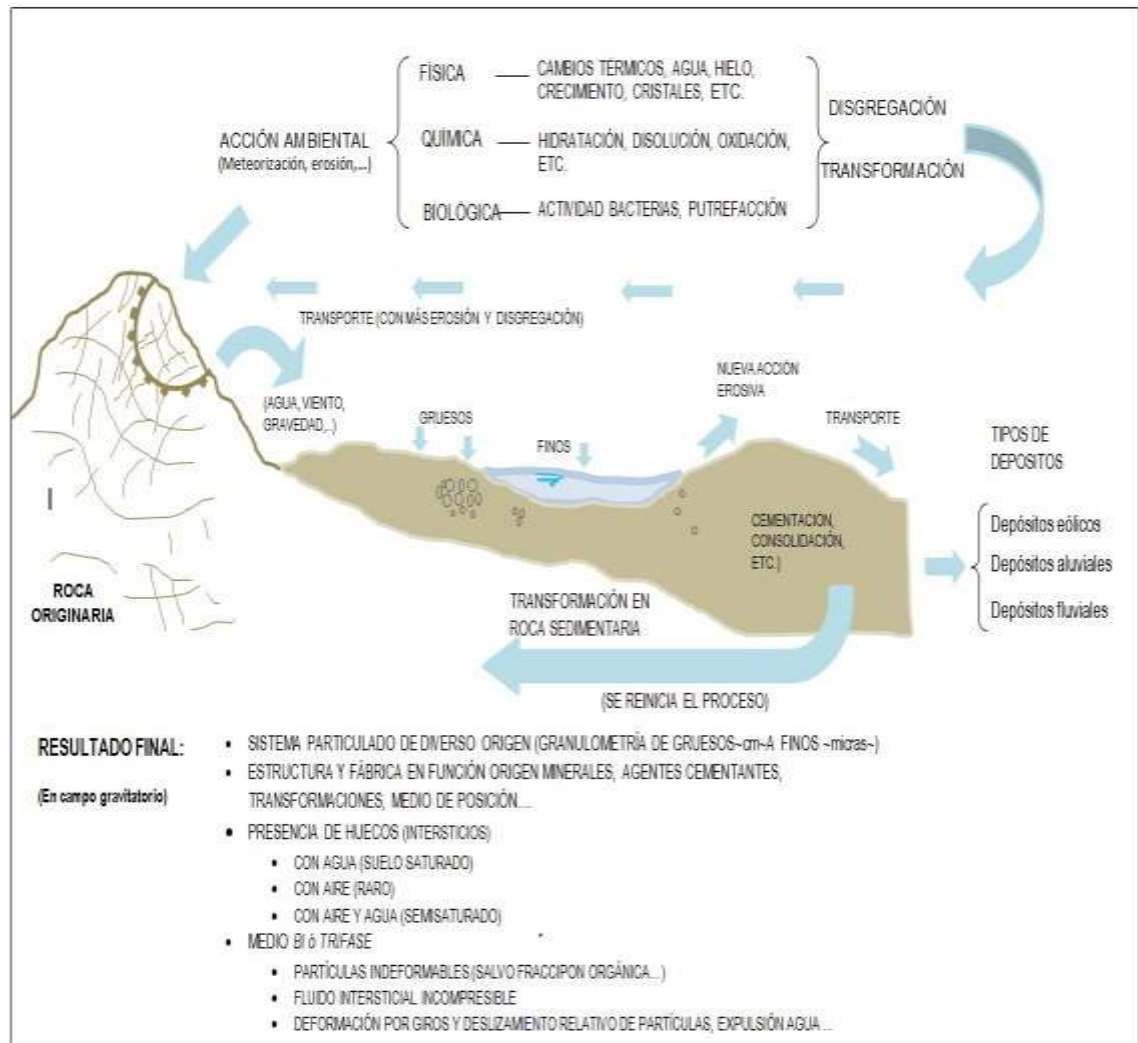


Figura 08: Formación de suelos, (Adaptado de Gonzáles de Vallejo, 2002)

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 07 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 áreas de expansión orientadas hacia el este y oeste de Salaverry Cuadro 04. Asimismo, los ensayos de densidad in situ se realizarán dentro de las calicatas dependiendo del tipo de material encontrado.

Cuadro 04: Ubicación de coordenadas UTM de las calicatas propuestas

CÓDIGO DE CALICATA	COORDENADAS UTM		REFERENCIA
	ESTE (m)	NORTE (m)	
C-SA-01	721861.00	9094204.00	AA.HH. Alto Salaverry
C-SA-02	723062.99	9091685.00	Urb Alberto Fujimori
C-SA-03	723419.00	9090727.00	Urb. Miguel Grau
C-SA-04	722563.00	9090166.00	Cercado de Salaverry, frente a terminal marítimo
C-SA-05	722312.00	9091762.00	Aurora Díaz II

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 Salaverry, Cuadro 05.

Cuadro 05: Ubicación de coordenadas UTM de posteos propuestos

CÓDIGO DE POSTEO	COORDENADAS UTM		REFERENCIA
	ESTE (m)	NORTE (m)	
POST-01	722060	9093630	Urb. Villa Marina
POST-02	721661	9093087	Frente del hogar de esperanza
POST-03	722114	9092294	Frente a almacenes HKS
POST-04	722549	9091833	Urb. Aurora Díaz II
POST-05	722970	9090377	Cercado de Salaverry
POST-06	722540	9090903	Sector Luis Sánchez

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 06.

Cuadro 06: Ubicación de coordenadas UTM de ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) propuestos

CÓDIGO DE DPL	COORDENADAS UTM		REFERENCIA
	E (m)	N (m)	
DPL-01	721885	9094180	AA.HH. Alto Salaverry
DPL-02	723219	9091953	Urb. Alberto Fujimori
DPL-03	723221	9090809	Urb. Luis A. Sánchez
DPL-04	723612	9090880	Urb. Miguel Grau
DPL-05	722596	9090589	Cercado de Salaverry, frente a terminal marítimo
DPL-06	721872	9093734	Urb. Villa Marina
DPL-07	722454	9094209	Urb. Villa Marina

8. CONCLUSIONES

- En el distrito de Salaverry se han identificado 4 unidades geomorfológicas: colina, montaña, playa y terraza, las dos primeras conformadas por rocas tipo granodioritas y las dos restantes constituidas por materiales aluviales (arenas, limos y arcillas), eólicos (arenas) y marinos (arenas) sobre los cuales se asienta la zona urbana del distrito en mención. El evento geodinámico reconocido en la zona de estudio es la caída de rocas.
- Se ha propuesto elaborar 05 exploraciones a cielo abierto, 06 posteos y 07 ensayos de penetración dinámica ligera (DPL).
- El análisis de elementos expuestos este sujeto a la salida de campo por lo tanto hasta la fecha no se ha realizado debido a la coyuntura sanitaria (Covid-19).
- Mediante la observación de imágenes satelitales se determina que el crecimiento urbano está migrando hacia el noreste y este de Salaverry sobre la terraza aluvial.

9. RECOMENDACIONES

- Se proponen realizar Ensayos Geofísicos (EG) utilizando el método sísmico y el método eléctrico. En el Cuadro 07 se detalla la ubicación de los EG.

Cuadro 07: Coordenadas UTM de las posibles zonas a realizar ensayos geofísicos propuestos

Línea	Método	COORDENADAS UTM				Referencia
		E. inicial (m)	N. inicial (m)	E. final (m)	N. final (m)	
Línea 1 - 1'	Sísmico	721903	9093180	722141	9093358	Urb. Villa Marina – frente a Hogar esperanza
Línea 2 - 2'	Sísmico	722723	9092727	722934	9092388	Cerca de HKS almacenes
Línea 3 - 3'	Sísmico	723486	9091805	723560	9091578	Sector A. Fujimori
Línea 4 - 4'	Sísmico	723018	9090262	723221	9090425	Cercado de Salaverry Cerca de plaza de armas
Línea 5 - 5'	eléctrico	722171	9091698	722311	9091566	Sector Aurora Diaz II
Línea 6 - 6'	eléctrico	723100	9091964	723350	9092019	Sector A. Fujimori Frente de comercio Famesa
Línea 7 - 7'	eléctrico	722545	9090768	722589	9090559	Cercado de Salaverry Frente de restaurante Ramada
Línea 8 - 8'	eléctrico	721618	9093926	721744	9093773	Urb. Alto Salaverry

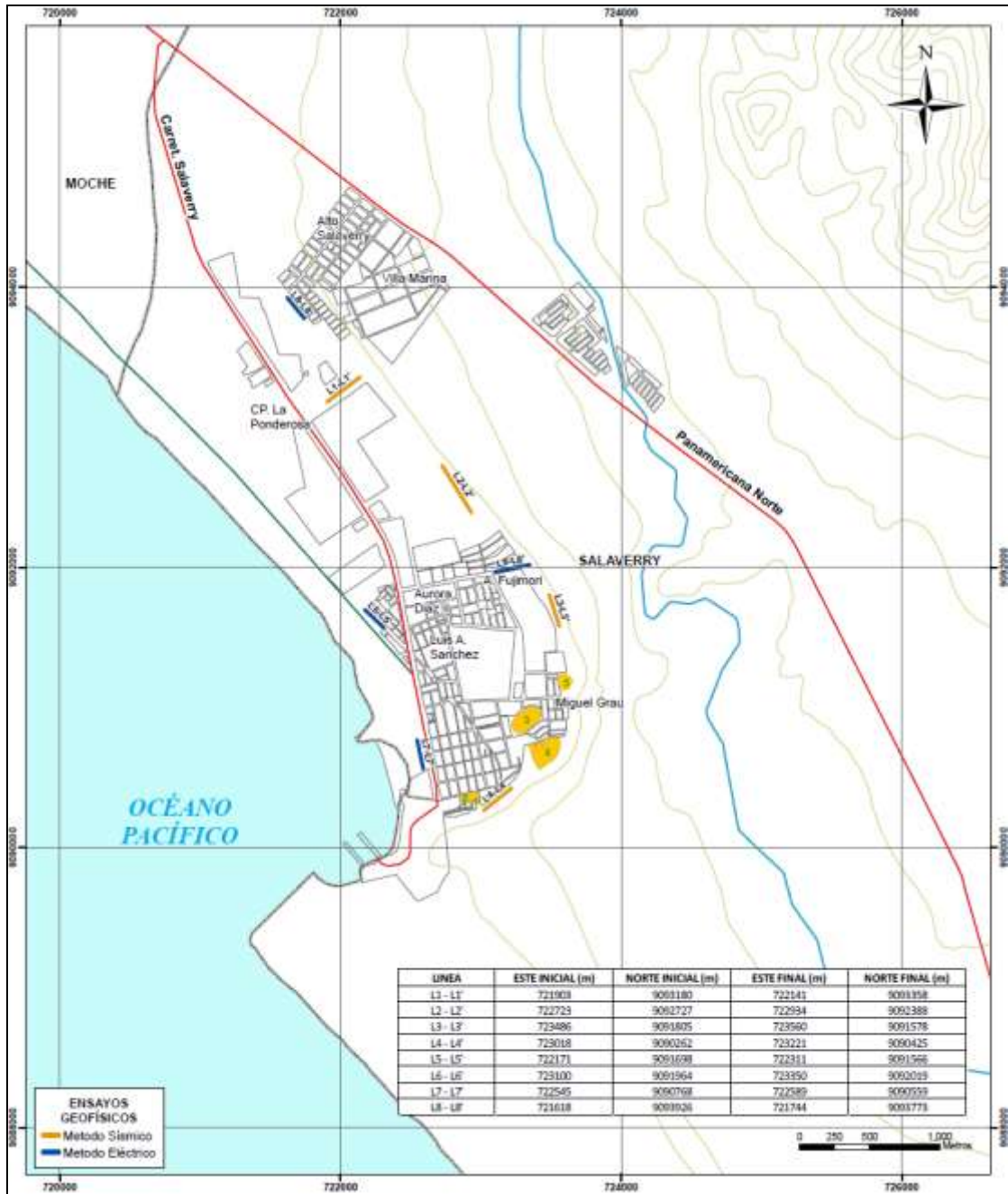


Figura 09: Ubicación de ensayos geofísicos

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braja Das, (2011) - Principles of Foundation Engineering, Seven Edition, pág. 139-140.
- Brusi, D., et al (2013) - Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. ISSN: 1132-9157. Pág. 181-194.
- Cahill & Isacks (1992) - Seismicity and shape of the subducted Nazca Plate. Journal Geophys. Res., 97, 17503-17529.
- CENEPRED, (2017) - Escenario de riesgos ante la temporada de lluvias 2017-2018.
- Crespo V., C., (2004) - Mecánica de Suelos y Cimentaciones, 5ta edición.
- CISMID, (2016) - Densidad de campo. Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. Laboratorio Geotécnico.
- Chow, V., T., Maidment, D., R., & Mays, L., W., (1994) - Hidrología Aplicada Bogotá, McGrawHill, pág. 584.
- Cossío, A., Jaén, H. (1967) – Geología de los cuadrángulos de Puémape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa 16-d,16-e,16-f,17-f,18-f – (Boletín N°17).
- De Marco, Pietro, (2002) - Corrección del índice de resistencia a la penetración. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2002. 315 p.
- GITS-Grupo de Investigación de Transporte de Sedimentos.
- Gerencia Regional de Agricultura (2010).La Libertad : Clima y Ríos en cifras, Estadísticas de seis décadas.
- Harvey, A., M., 1987.Patterns of Quaternary aggradational and dissectional landform development in the Almeria region, southeast Spain: a dry-region tectonically-active landscape. Die Erde 118, 193-215.
- Howie D., & Sy, (2003) - A method for correlating large penetration test (LPT) to standard penetration test (SPT) blow counts.
- Hutchinson, J., N., (1968) - Mass Movement. In the Enciclopedia 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.
- INEI. (2017). Censo Nacional 2017: XII de Población, VII Vivienda y III de comunidades indígenas. Lima- Perú. INEI. Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/cpv2017/tabulados/#>

- Juárez, E., y Rico, A. (2005) - Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Segunda Edición. Limusa S.A. México D.F.
- JICA (Agencia de Cooperación Internacional Japonesa- Ministerio de Agricultura, (2012) Hidrología de Máximas avenidas del río Chira, Apéndice - 5
- Meyerhof, G., G., (1956) – Penetración Test and Bearing Capacity of Cohesionless Soils. Journal of the Soils Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol 82 N°SM1, Proc. Paper 886, Jan. 1956, pp-19.
- Ministerio de Economía y Finanzas, (2017) - Informe de seguimiento y Gestión a la Inversión Pública.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015) - <http://renac.mtc.gob.pe/inventariovial/default2.aspx>.
- Equipo Técnico de la Municipalidad Provincial de Trujillo (2018-2021). Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres de la Provincia de Trujillo.
- Pike, R. J., I. S. Evans, and T. Hengl. 2009. Geomorphometry: A brief Guide. Dev. Soil Sci. 33: 3-30.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), (2018). <http://www.senamhi.gob.pe/>
- Sepúlveda, S.A., (2000) - Metodología de Evaluación del Peligro de Flujos de Detritos en Ambientes Montañosos. Revista Comunicaciones, Departamento de Geología, Universidad de Chile, No.51, p. 3-28.
- Seed HB, Tokimatsu K, Harder LH & Chung R., (1984) - "The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations," Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Report No. EERC 84-15.
- Silgado, E (1978) Historia de sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974) primera edición digital, noviembre 2012.
- Tarbuck, E., D. Lutgens, F., K., (2005) - Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física Pretince Hall. Cap16. 8a edición. 710 pp.
- Terzaghi, K. Peck, B., G. & Mesri, G., (1948) – Soil mechanics in engineering practice, New York: Wiley.
- 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.
- Academy Press, Transportation Research Board Special report 176. 9-33 p.
- Zinck, J. & Valenzuela, C., (1990) – Soil geographic database: structure and application examples. ITC Journal, 1990(3), 270-294.