

|                                                                                   |                                                                                            |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
|  | PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS<br>"AUTORIDAD PARA LA RECONSTRUCCIÓN CON CAMBIOS"     | Revisión: R01          |
|                                                                                   | CONTRATO: ENTREGA DE LAS DEFENSAS RIBEREÑAS DEL RÍO<br>CAÑETE Y DEL RÍO HUAURA (PAQUETE 5) | Emisión:<br>19/03/2023 |
|                                                                                   | LIMA                                                                                       | Página: 1 de 96        |



REVISIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

☒ A- ACEPTADO

☐ B- ACEPTADO CON COMENTARIOS

☐ C- RECHAZADO

Rogelio Gonzales 03/04/2023

FIRMA FECHA



PARA CONSTRUCCIÓN

FECHA: 03/04/2023.

# ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA EXPEDIENTE TÉCNICO FAST TRACK TRAMO 2.2 (HUAURA 3 – PAQUETE 4) FINAL RIO HUAURA

400200-OHL001-501-XX-BD-GG-04001

## DIRECCIÓN DE SOLUCIONES INTEGRALES

| REV N° | FECHA      | DESCRIPCIÓN             | ELAB. POR         | REV. POR                                                                                                                                                                                                                                                         | APROB. POR  |
|--------|------------|-------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| R00    | 11/11/2022 | Emitido para Aprobación | A. Bravo (TYP SA) | B. Lucas                                                                                                                                                                                                                                                         | J. López Q. |
| R01    | 19/03/2023 | Emitido para Aprobación | A. Bravo (TYP SA) | B. Lucas                                                                                                                                                                                                                                                         | J. López Q. |
|        |            |                         | FIRMAS:           |    |             |

---

***"ENTREGA DE LAS DEFENSAS  
RIBEREÑAS DEL RÍO HUAURA  
(PAQUETE 5)"***

*Proyecto3: "Creación del servicio de protección en las  
riberas del Río Huaura Vulnerable ante peligro de  
inundaciones en las localidades de 5 Distritos de la  
Provincia de Oyón y 6 Distritos de la Provincia de  
Huaura – Departamento de Lima"*

---

*Octubre 2022*

## Hoja de control de calidad

|              |                                                                                                                                                                                                                                                 |            |            |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| Documento    | ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA                                                                                                                                                                                                             |            |            |
| Proyecto     | Proyecto3: "Creación del servicio de protección en las riberas del Río Huaura Vulnerable ante peligro de inundaciones en las localidades de 5 Distritos de la Provincia de Oyón y 6 Distritos de la Provincia de Huaura – Departamento de Lima" |            |            |
| Código       | 400200-OHL001-501-XX-BD-GG-004001-R01                                                                                                                                                                                                           |            |            |
| Autores:     | Firma:                                                                                                                                                                                                                                          | ODP        | ODP        |
|              | Fecha:                                                                                                                                                                                                                                          | 10/10/2022 | 27/02/2023 |
| Verificado   | Firma:                                                                                                                                                                                                                                          | ABB        | ABB        |
|              | Fecha:                                                                                                                                                                                                                                          | 10/10/2022 | 27/02/2023 |
| Destinatario | Autoridad de la Reconstrucción con Cambios                                                                                                                                                                                                      |            |            |
| Notas        |                                                                                                                                                                                                                                                 |            |            |

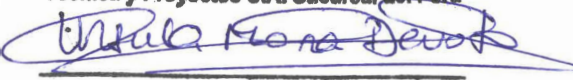


**Odilio N. Dávila Pablo**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 136520



**ALBERTO BRAVO BLANCO**  
Ingeniero Agrónomo  
CIP N° 2735-T

**Técnica y Proyectos S.A. Sucursal del Perú**



**Úrsula Mora Devoto**  
Representante Legal

## ÍNDICE

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....                                              | 9  |
| 1. GENERALIDADES .....                                                                 | 9  |
| 1.1. Introducción .....                                                                | 9  |
| 1.2. Objetivos .....                                                                   | 9  |
| 1.2.1. Objetivos específicos .....                                                     | 9  |
| 1.3. Guías de referencia .....                                                         | 10 |
| 1.4. Alcances .....                                                                    | 10 |
| 1.5. Ubicación .....                                                                   | 10 |
| 2. GEOLOGÍA .....                                                                      | 13 |
| 2.1. Geología regional .....                                                           | 13 |
| 2.1.1. Litoestratigrafía regional .....                                                | 14 |
| 2.2. Geología estructural .....                                                        | 30 |
| 2.2.1. Fallas y pliegues .....                                                         | 31 |
| 2.2.2. Sistemas de fallas Neotectónicas regionales cercanas a la zona de estudio ..... | 33 |
| 2.3. Litoestratigrafía local .....                                                     | 34 |
| 2.3.1. Tramo 1: Fundo Carquin Chico - Puente Huaura .....                              | 35 |
| 2.3.2. Tramo 2: Alrededores del centro poblado de Sayán .....                          | 38 |
| 2.3.3. Puente Sayán: Descripción del perfil geológico del eje de emplazamiento .....   | 42 |
| 3. GEOMORFOLOGÍA .....                                                                 | 43 |
| 3.1. Geomorfología regional .....                                                      | 43 |
| 3.2. Unidades geomorfológicas .....                                                    | 43 |
| 3.2.1. Unidad Flanco Andino Occidental .....                                           | 43 |
| 3.2.2. Unidad Estribaciones bajas del Flanco Andino Occidental .....                   | 44 |
| 3.2.3. Geoformas fluvio aluviales .....                                                | 45 |
| 3.2.4. Unidad Mantos de Arena (M-a) .....                                              | 47 |
| 3.3. Geomorfología Local .....                                                         | 48 |
| 3.3.1. Tramo 1: Fundo Carquin Chico - Puente Huaura .....                              | 49 |
| 3.3.2. Tramo 2: Alrededores del centro poblado Sayán .....                             | 50 |
| 3.4. Evolución del medio fluvial .....                                                 | 52 |
| 3.4.1. Información utilizada .....                                                     | 52 |

## ÍNDICE

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.2. Metodología empleada .....                            | 56 |
| 3.4.3. Delimitación de la zona Inundable.....                | 56 |
| 4. PELIGROS GEOLÓGICOS .....                                 | 59 |
| 4.1. Casos históricos de inundación y erosión fluviales..... | 59 |
| 4.1.1. Inundaciones.....                                     | 59 |
| 4.1.2. Erosión fluvial .....                                 | 60 |
| 4.2. Evaluación de peligros geológicos a nivel local .....   | 62 |
| 4.2.1. Tramo 1: Fundo Carquin Chico – Puente Huaura.....     | 62 |
| 4.2.2. Tramo 2: Alrededores del centro poblado Sayán.....    | 64 |
| 5. HIDROGEOLOGÍA.....                                        | 68 |
| 5.1. Unidades hidrogeológicas .....                          | 68 |
| 5.1.1. Acuífero Fisurado Sedimentario (AFS).....             | 68 |
| 5.1.2. Acuitardo Volcánico Sedimentario (ATVS) .....         | 68 |
| 5.1.3. Acuitardo Intrusivo (ATI) y sedimentarios (ATS).....  | 68 |
| 5.1.4. Acuífero Poroso No Consolidado (APNC) .....           | 69 |
| 6. SISMICIDAD.....                                           | 72 |
| 6.1. Sismicidad Histórica del área de Influencia: .....      | 72 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                      | 91 |
| 8. PANEL FOTOGRÁFICO .....                                   | 92 |
| 9. ANEXOS DE GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA.....                   | 95 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Extensión de la cuenca del río Huaura.....                                                                                                                                                      | 11 |
| Ilustración 2. Extensión de la zona de estudio.....                                                                                                                                                            | 12 |
| Ilustración 3. Mapa Geológico Regional del Área de Estudio. Escala 1:100,000.....                                                                                                                              | 13 |
| Ilustración 4. Afloramientos de limoarcillitas, pertenecientes a la Formación Oyoútún, ubicado en las cercanías al poblado de Churín.....                                                                      | 14 |
| Ilustración 5. Vista de afloramientos de roca Volcánica, pertenecientes a la Formación Casma, ubicado en los Cerros de Jopto. Margen Izquierdo del río Huaura.....                                             | 16 |
| Ilustración 6. Vista de afloramientos de roca calcárea, pertenecientes a la Formación Jumasha, ubicado en los alrededores de Churín.....                                                                       | 17 |
| Ilustración 7. Depósitos eólicos, cubriendo con mantos de arena a los afloramientos rocosos. Margen Izquierdo. Localidad de Naranjo. Subcuenca baja Huaura.....                                                | 20 |
| Ilustración 8. Depósitos coluviales en la margen derecha del río Huaura, conformado por fragmentos de roca sobre las laderas.....                                                                              | 20 |
| Ilustración 9. Depósitos fluvio aluviales, ubicados en margen derecho del río Huaura, con restos de material antrópico (diques rústicos colapsados).....                                                       | 21 |
| Ilustración 10. Depósitos antrópicos conformados por material removido del río para conformación de diques rústicos.....                                                                                       | 21 |
| Ilustración 11. Depósitos fluviales en el cauce del río Huaura, formando playas de cantos rodados. Entre los Cerros San Cristóbal y San Juan.....                                                              | 22 |
| Ilustración 12. Depósitos aluviales, ubicados en las márgenes del río Huaura.....                                                                                                                              | 23 |
| Ilustración 13. Afloramientos de roca intrusiva, correspondiente a dioritas, ubicada hacia el margen izquierdo del río Huaura, cerca de Sayán.....                                                             | 24 |
| Ilustración 14. Afloramientos intrusivos de composición tonalíticos, ubicados en la margen izquierda del río Huaura.....                                                                                       | 25 |
| Ilustración 15. Afloramientos de roca intrusiva constituido por Dioritas a dioritas, ubicado hacia el margen izquierdo del río Huaura. Cercanía a Quintay.....                                                 | 25 |
| Ilustración 16. Vista de afloramiento intrusivo pertenecientes a la Super Unidad Santa Rosa, conformados por tonalitas y granodioritas. Margen Izquierdo. Cerro Blanco, localidad de San Martín de Porres..... | 26 |
| Ilustración 17. Afloramientos intrusivos pertenecientes a la Super Unidad Humaya, conformados por Monzogranitos. Margen Izquierdo. Cerro San José Bajo, localidad del mismo nombre.....                        | 27 |
| Ilustración 18. Afloramientos intrusivos de composición tonalítica, perteneciente a la Súper Unidad La Mina. Margen Izquierdo. Cerro Santa María. Progresiva 36+000.....                                       | 28 |
| Ilustración 19. Afloramientos intrusivos de composición Monzogranítica, perteneciente a la Súper Unidad Puscao. En las cercanías de Sayán, Margen Izquierdo. Cerro Santa María. Progresiva 49+000.....         | 29 |
| Ilustración 20. Afloramientos de Monzogranito, pertenecientes a la Súper Unidad Sayán. Margen Derecho, carretera Sayán Churín. Progresiva 52+000.....                                                          | 30 |
| Ilustración 21. Esquema de fallas regionales.....                                                                                                                                                              | 32 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 22 Esquema de plegamientos a escala regional .....                                                                                                                                                                          | 32 |
| Ilustración 23 Falla y pliegues cuaternarios del Perú.....                                                                                                                                                                              | 34 |
| Ilustración 24. Dique rústico existente constituido de gravas y cantos, afectado por la erosión fluvial.<br>.....                                                                                                                       | 35 |
| Ilustración 25. Predominio de depósitos fluviales, en el cauce del río, formando playas. Hacia el<br>margen derecho se aprecian diques enrocados en buen estado de conservación.....                                                    | 36 |
| Ilustración 26. Depósitos cuaternarios y formación Chilca a lo lejos .....                                                                                                                                                              | 37 |
| Ilustración 27. Vista panorámica de la Bocatoma Carquin, emplazada sobre afloramientos rocosos y<br>cubiertos de depósitos fluvioaluviales. Se aprecia deterioro de las bases de la infraestructura<br>hidráulica.....                  | 37 |
| Ilustración 28. Vista de afloramientos rocosos hacia el margen izquierdo del río y adyacente al Puente<br>de la Panamericana Norte. Se aprecia la formación de terrazas de inundación, afectada por procesos<br>de erosión fluvial..... | 38 |
| Ilustración 29. Vista de depósitos antrópicos, conformado por dique enrocado hacia la margen<br>derecha. Al fondo afloramientos intrusivos de Monzogranito y depósitos coluviales. Progresiva<br>53+000.....                            | 39 |
| Ilustración 30. Depósitos cuaternarios (fluvial y aluvial) en la margen derecha del río Huaura. ....                                                                                                                                    | 40 |
| Ilustración 31. Depósitos cuaternarios y afloramientos de Monzogranito de la Súper Unidad Sayán<br>hacia la margen izquierda.....                                                                                                       | 41 |
| Ilustración 32. Estratigrafía del emplazamiento del puente Sayán (Planta y perfil). ....                                                                                                                                                | 42 |
| Ilustración 33. Mapa Geomorfológico de la Cuenca del Río Huaura. Escala 1:200,000 .....                                                                                                                                                 | 48 |
| Ilustración 34. Predominio de depósitos fluviales en el cauce del río, formando playas fluviales.....                                                                                                                                   | 50 |
| Ilustración 35 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1969 – Tramo 1 .....                                                                                                                                                           | 53 |
| Ilustración 36 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1969 – Tramo 2 .....                                                                                                                                                           | 53 |
| Ilustración 37 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1985 – Tramo 1 .....                                                                                                                                                           | 53 |
| Ilustración 38 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1985 – Tramo 2 .....                                                                                                                                                           | 54 |
| Ilustración 39 Imagen satelital de Landsat 5 de abril de 1998 – Tramo 1 .....                                                                                                                                                           | 54 |
| Ilustración 40 Imagen satelital de Landsat 5 de abril de 1998 – Tramo 2 .....                                                                                                                                                           | 54 |
| Ilustración 41 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 2009 – Tramo 1 .....                                                                                                                                                           | 55 |
| Ilustración 42 Imagen satelital de Landsat de 2009 – Tramo 2.....                                                                                                                                                                       | 55 |
| Ilustración 43 Imagen satelital de Google Earth de abril del 2017 – Tramo 1.....                                                                                                                                                        | 55 |
| Ilustración 44 Imagen satelital de Google Earth de abril del 2017 – Tramo 2.....                                                                                                                                                        | 56 |
| Ilustración 45 Delimitación de zonas inundables entre el Fundo Carquin Chico hasta el puente<br>Huaura.....                                                                                                                             | 57 |
| Ilustración 46 Delimitación de zonas inundables en la zona de los alrededores del centro poblado<br>Sayán .....                                                                                                                         | 58 |
| Ilustración 47 Dinámica del cauce del río Huananque en su desembocadura.....                                                                                                                                                            | 59 |
| Ilustración 48 Distribución de los peligros identificados en la zona de estudio.....                                                                                                                                                    | 61 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 49. Vista de afloramientos rocosos hacia el margen izquierdo, mostrando taludes escarpados por la acción fluvial del río. ....                                                    | 63 |
| Ilustración 50. Dique rústico existente constituido de gravas y cantos, afectado por la erosión fluvia. ....                                                                                  | 63 |
| Ilustración 51. Taludes escarpados, producto de la erosión de laderas, hacia la margen derecha. Progresiva 47+750.....                                                                        | 64 |
| Ilustración 52. Taludes escarpados, producto de la erosión de laderas. Margen derecha, Progresiva 47+620.....                                                                                 | 65 |
| Ilustración 53. Se observa los bordes de las terrazas erosionadas por la acción fluvial. Margen Derecho. Progresiva 49+050.....                                                               | 65 |
| Ilustración 54. Desprendimiento de bloques de roca de composición intrusiva. Hacia las laderas acumulaciones de depósitos coluviales. ....                                                    | 66 |
| Ilustración 55. Mapa de Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca Huaura.....                                                                                                                     | 70 |
| Ilustración 56. Mapa de isoaceleraciones espectrales para un periodo de retorno de 475 años.....                                                                                              | 89 |
| Ilustración 57. Vista del cauce del río Huaura donde su ancho se estrecha hacia las cercanías del puente Huaura y la Bocatoma Carquin. ....                                                   | 92 |
| Ilustración 58. Vista del margen izquierdo del río Huaura, se aprecia la acción fluvial sobre los taludes y viviendas existentes.....                                                         | 93 |
| Ilustración 59. Vista del margen derecho y cauce actual del río, Se aprecia los diques existentes cortados por la acción erosiva del río. Depósitos fluviales sobre el cauce del río.....     | 93 |
| Ilustración 60. Vista del margen izquierdo del río, se aprecia los márgenes escarpados por la acción erosiva fluvial. En el margen derecho dique enrocado en buen estado de conservación..... | 94 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Provincias y distritos que abarca la zona de estudio .....                                                            | 11 |
| Tabla 2. Resumen litológico de los tramos estudiados .....                                                                    | 41 |
| Tabla 3. Resumen de Geomorfología Local de los tramos estudiados .....                                                        | 52 |
| Tabla 4 Principales peligros inventariados en la cuenca del río Huaura .....                                                  | 60 |
| Tabla 5 Resumen de Problemas Geodinámicos identificados .....                                                                 | 67 |
| Tabla 6. Clasificación hidrogeológica de las principales formaciones geológicas que afloran en la cuenca del río Huaura ..... | 70 |
| Tabla 7 Sismicidad Histórica de la zona de estudio .....                                                                      | 72 |
| Tabla 8 Ubicación geográfica de los puntos de análisis .....                                                                  | 88 |
| Tabla 9 Aceleraciones máximas horizontales esperadas .....                                                                    | 90 |

# ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

---

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

El presente informe comprende la geología regional y local de las obras MU-PR-02-I, MU-PR-01A-D, DI-PR-52bis-2-D, MU-PR-53A-D, MU-PR-53B-D, MU-PR-54A-I, MU-PR-54B-I, DI-PR-61bis-D, DI-PR-57-I, DI-PR-58B-I, DI-PR-58C-I, DI-PR-59-I, DE-PR-59-I, P-PR-01, DI-PR-61A-D, DI-PR-61B-D y DI-PR-52bis-1-D que conforman el Paquete 4 del Proyecto 3: “Creación del servicio de protección en las riberas del río Huaura vulnerable ante peligro de inundaciones en las localidades de 5 Distritos de la Provincia de Oyón y 6 Distritos de la Provincia de Huaura – Departamento de Lima”, realizado en base a la información recopilada de campo.

Entre las principales secciones que se divide el informe tenemos la geología, donde se describe de manera regional y local la Litoestratigrafía existente en la zona de estudio. En la sección Geomorfología, se brinda un panorama general acerca de las principales unidades geomorfológicas presentes en la cuenca baja del río Huaura y seguido se detalla las principales geoformas encontradas en la zona de emplazamiento de las estructuras. Así mismo, en la sección de peligros geológicos se detallan aquellos eventos históricos sucedidos en la zona de estudio y se describe los mapeados en campo. Finalmente, las secciones de Hidrogeología y Sismicidad describen las unidades hidrogeológicas y sismicidad de la zona, respectivamente.

### 1.2. Objetivos

Brindar información principal producto del trabajo de campo realizado con la finalidad de dar a conocer la caracterización geológica y geomorfológica tanto a nivel regional y local del área de influencia del río Huaura con énfasis a la zona donde se emplazarán los diques y donde existen peligros geológicos.

#### 1.2.1. Objetivos específicos

- Descripción de la litoestratigrafía regional
- Descripción de las condiciones geoestructurales de la cuenca del río Huaura
- Identificación y descripción de la geología y geomorfología a escala local
- Identificación y descripción de los peligros geológicos a escala local

### 1.3. Guías de referencia

Las guías por considerar principalmente son:

- Guía estratigráfica internacional
- Referencias de información geológica del INGEMMET
- Norma Técnica E0.30 "Diseño sísmoresistente"
- ISRM 1981

### 1.4. Alcances

- Conocer el contexto geológico de toda el área del proyecto, en donde se efectuarán los estudios geológicos, tomando como base la información geológica del INGEMMET, apoyados con los reconocimientos y exploraciones de campo, identificando las formaciones geológicas aflorantes con fines de orientar los trabajos específicos de geología local y regional.
- Identificar la ubicación de las fallas geológicas (conocidas o posibles), incluidas las fallas neotectónicas.
- Conocer la hidrogeología del área del proyecto, incluyendo la distribución y características de los acuíferos.
- Realizar la evaluación geológica-geomorfológica local del proyecto, basándose en la secuencia estratigráfica, contactos geológicos, potencia, orientación y buzamiento de las capas sedimentarias.
- Efectuar mapeos de geología y geomorfología local, específicamente en la zona del emplazamiento de las diferentes obras del proyecto, con la finalidad de conocer los riesgos geológicos y geotécnicos. La elaboración de planos será a escala 1/4000.
- Definición de zonas de deslizamientos, huaycos y aluviones sucedidos en el pasado y de potencial ocurrencia en el futuro.
- Desarrollar el análisis de la evolución del medio fluvial basado en la fotointerpretación y revisión de la información existente. Se deberá identificar la morfometría de las geoformas del terreno y la morfodinámica de los diferentes procesos pasados y recientes, con énfasis en identificar los procesos geomorfológicos en el terreno, donde se han evidenciado cambios como consecuencia de huaycos, fenómenos de El Niño o movimientos de masa.
- Caracterización geomorfológica de la zona de estudio mediante interpretación de las ortofotos y el estudio de la dinámica fluvial, contrastada mediante visitas de campo. Para ello se prevé la utilización de la siguiente información:
  - Ortofoto obtenida en los vuelos con drones
  - Cartografía geológica y geomorfológica y geomorfológica existente
  - Fotografía aérea de otras instituciones oficiales
  - Fotografía aérea de otros orígenes

### 1.5. Ubicación

La zona de estudio forma parte de la cuenca hidrográfica del río Huaura, cuya extensión abarca las provincias de Huaura, cubriendo los distritos de Huaura, Santa María, Santa Leonor, Checra, Leoncio Prado, Sayán,

Huaura y Paccho; la provincia de Oyón con los distritos de Cochamarca, Pachangará, Navan, Caujul, Andajes y Oyón; y por último la provincia de Huaral con el distrito de Ihuari (una parte). La Tabla 1 muestra las provincias y distritos que abarca la zona del proyecto.

**Tabla 1 Provincias y distritos que abarca la zona de estudio**  
(Elaboración propia, 2022)

| Provincia | Distritos                                                         |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| Huaura    | Huaura, Leoncio Prado, Paccho, Santa Leonor, Santa María y Sayán. |
| Oyón      | Andajes, Cochamarca, Naván, Oyón y Pachangará.                    |

La cuenca del río Huaura presenta un área aproximada de 4311 km<sup>2</sup> y una longitud del río de 161.6 km (ANA, 2008). Limita por el norte con las cuencas de los ríos Supe y Pativilca, por el sur con la cuenca del río Chancay, por el este con las cuencas de los ríos Marañón, Huallaga y Mantaro y por el oeste con el Océano Pacífico (ver Ilustración 1)

La Ilustración 1 muestra los límites espaciales que abarca la cuenca hidrográfica del río Huaura.

**Ilustración 1. Extensión de la cuenca del río Huaura**  
(Elaboración propia, 2022)



Para efecto de este estudio se ha considerado la información de la geología regional de toda la cuenca del río Huaura y para la geología de índole local se ha considerado específicamente la zona de influencia donde se emplazarán las estructuras proyectadas del paquete 4.

La Ilustración 2 muestra el ámbito local donde se ha desarrollado el mapeo geológico, geomorfológico, identificación de peligros geológicos y evolución fluvial.

Ilustración 2. Extensión de la zona de estudio  
(Elaboración propia, 2022)



## 2. GEOLOGÍA

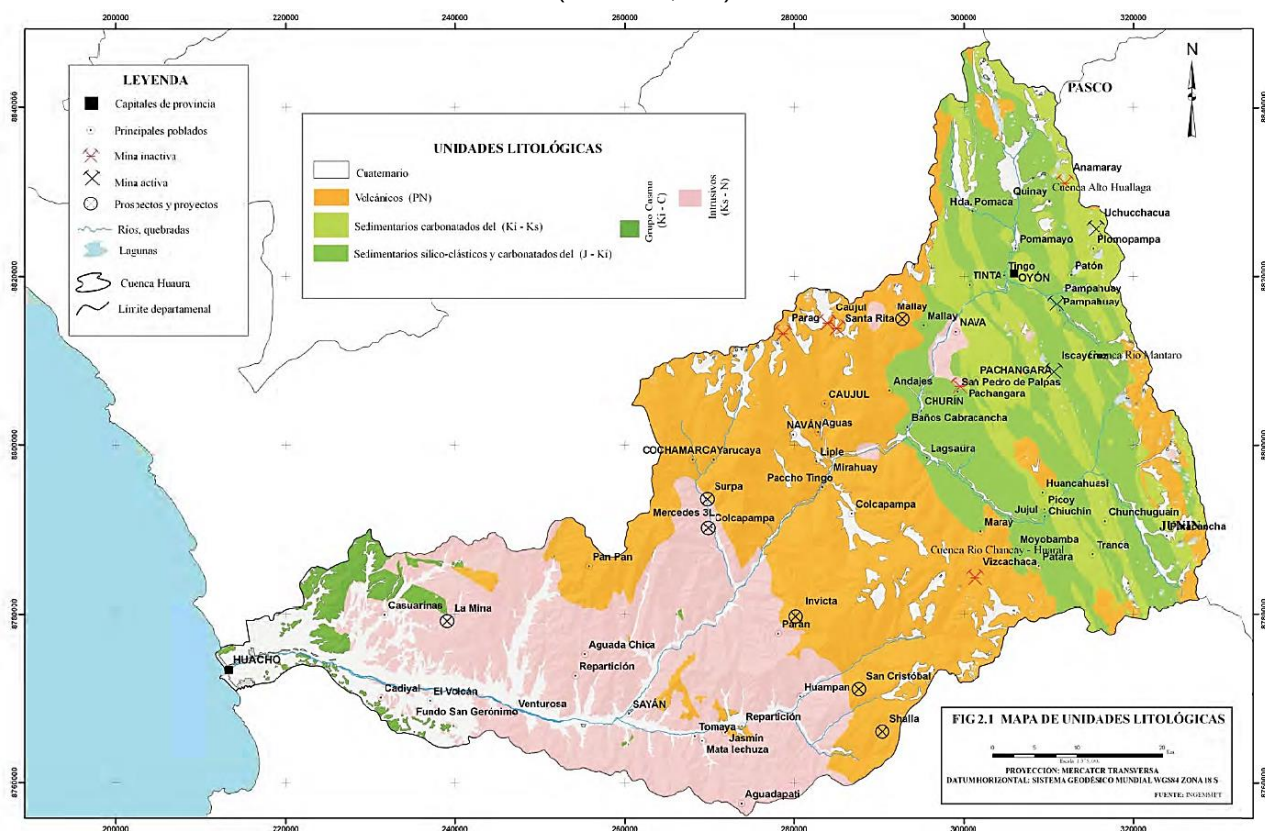
### 2.1. Geología regional

La información geológica regional se ha basado en el Boletín 26, Serie A. Carta Geológica Nacional, Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta (hojas (22-h), (22-i), (22-j), (23-h), (23-i) y (23-j) realizado por INGEMMET, 1973.

El marco geológico de la zona de estudio está caracterizado desde el contexto regional por aspectos geomorfológicos, geodinámicos, tectónicos y estructurales de distintas unidades geológicas, la evolución tectónica, que condiciona el sistema estructural de la cuenca Huaura, el reconocimiento de fallas de carácter regional, lineamientos estructurales generados por los diversos esfuerzos, lineamientos estructurales condicionados bajo los esfuerzos tectónicos y zonas de plegamiento.

El desarrollo de este capítulo se realiza secuencialmente describiendo las diferentes unidades litológicas (de la más antigua a la más reciente), la descripción de los fenómenos tectónicos y su influencia en la evolución tectónica orogénica de la zona de estudio y la descripción de las unidades estructurales, conformadas por fallas, lineamientos, pliegues y contactos.

Ilustración 3. Mapa Geológico Regional del Área de Estudio. Escala 1:100,000  
(INGEMMET, 2009)



### 2.1.1. Litoestratigrafía regional

Geológicamente, el área de estudio está compuesta de una litología variada que abarca edades desde el Mesozoico inferior al Cuaternario reciente. Las unidades más antiguas corresponden rocas sedimentarias de edades Jurásico – Cretácico, rocas intrusivas como granodioritas, dioritas, tonalitas de edad Cretácica-neógeno y volcánicos de edad Paleógeno – neógeno.

La secuencia antes descrita está cubierta por depósitos de edad plioleistoceno-holocenos como depósitos morrénicos, glaciofluviales y coluviales (presentes principalmente en la cuenca alta y media) y aluviales, fluviales, y eólicos ubicados en principalmente en la cuenca baja.

La Ilustración 3 muestra el mapa geológico regional mapeado por INGEMMET a una escala 1:100000, cuyas litologías se describen a continuación.

#### Jurásico Inferior

##### Formación Oyotún (Ji-oy)

Corresponde a un pequeño afloramiento en el núcleo de un anticlinal, ubicado en el valle del río Huaura, próximo a los baños de fierro de Cabracancha, donde infrayace en discordancia erosional a la formación Chicama. Litológicamente consiste en conglomerados polimícticos de color gris verdoso con clastos de 5 a 10 cm de diámetro, de forma subangulosa a subredondeada en la parte inferior. Hacia la parte superior se observan tobas soldadas violáceas y verdes, intercaladas con areniscas y limolitas amarillentas de composición tobácea. Su espesor aproximado es de 280 m. (ver Ilustración 4).

Ilustración 4. Afloramientos de limoarcillitas, pertenecientes a la Formación Oyotún, ubicado en las cercanías al poblado de Churín.

(Fuente: Propia)



#### Jurásico Medio-Superior

##### Formación Chicama

Aflora extensamente en los valles de los ríos Checras y Huaura. Consiste en areniscas con intercalaciones de lutitas gris oscuras a negras, pizarrosas. Se divide en los miembros Cabracancha y Churín, Consisten en una secuencia de areniscas cuarzosas con intercalaciones de limoarcillitas y una secuencia de limoarcillitas con intercalaciones de calizas, areniscas y lentes de yeso respectivamente. Se calcula un espesor promedio en general de 1000m.

### **Cretáceo Inferior**

#### **Formación Oyón (Ki-o)**

Esta unidad se presenta solamente en las zonas axiales de los anticlinales, sin conocerse la base ni la potencia que tiene; sin embargo, se han observado por lo menos 400 metros de espesor, debiendo tener un espesor total mucho mayor.

Esta Formación consiste principalmente de lutitas gris oscuras, con importantes horizontes de areniscas y capas de carbón en la zona transicional a la Formación suprayacente Chimú. El carbón es una antracita de buena calidad.

#### **Grupo Goyllarisquizga**

Este grupo está conformado por las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat, Este grupo guarda concordancia en el piso y techo con las formaciones que infrayacen y sobreyacen. A la base consiste en una intercalación de cuarcitas, areniscas y limoarcillitas de la formación Chimú, al igual que la formación Farrat, la cual consta de una secuencia de areniscas blancas deleznales (en el techo) se han depositado en un ambiente deltaico. Las formaciones intermedias, Santa y Carhuaz constan de calizas azul grisáceas y una intercalación de areniscas y lutitas respectivamente.

#### **Formación Pariahuanca o Inca (Ki-ph)**

Esta formación está conformada por calizas intemperizadas de color gris, masivas, que comúnmente conforman una prominencia entre la formación más suave Chulec (arriba) y las formaciones Goyllarisquizga y Carhuaz (debajo). Generalmente el grosor es muy variable, pero a la mayor parte del área es posible asignarle un grosor promedio de 50 m. Wilson (1963) ha encontrado variaciones entre 210 y 54 metros dentro del área mapeada.

Esta unidad litológica está medianamente fracturada, medianamente alterada y meteorizada, de regular a buena dureza.

#### **Formación Chulec (Ki-chu)**

Aflora en el curso medio del río Huaura, entre Churín y Oyón hasta la divisoria continental. Está constituida por margas con bancos de calizas. Los niveles de margas generalmente tienen más o menos 20 m de espesor, mientras que los de caliza varían de 1 a 5 metros, ofreciendo en conjunto un grosor total de 200 m. en promedio. Esta alternancia, sin embargo, no siempre es general, habiendo localidades donde la formación

consiste totalmente de calizas masivas. Tanto las calizas como las lutitas son de color azul grisáceo, y por intemperismo se tornan de color amarillo y crema que es lo que las caracteriza.

La formación Chulec es una de las más fosilíferas del Cretáceo, correspondiendo al Albiano inferior a medio.

En el ámbito del proyecto aflora al oeste de la localidad de San Felipe, en la cuenca alta del río Huaura.

### **Formación Pariatambo (Ki-pt)**

Esta formación tiene una litología muy uniforme, consiste esencialmente de margas de color marrón oscuro o gris, con horizontes bien marcados de caliza nodular o tabular de color gris oscuro o negro (se hallan a través de todas las secuencias) y otros nodulares de chert gris oscuro. Cuando se les fractura, tanto las margas como las calizas, emiten un olor fétido.

Debido a su color y estructura, esta formación, se identifica fácilmente en la zona axial de los sinclinales.

La formación Pariatambo contiene una fauna característica del Albiano medio a tardío. En el ámbito de estudio aflora entre los sectores de la subcuenca media a alta de río Huaura. Las rocas de esta unidad son medianamente fracturadas, alteradas y medianamente meteorizadas, con una buena dureza.

### **Grupo Casma (Ki-c)**

Esta unidad está constituida por secuencias volcánicas consisten en flujos lávicos y piroclástitas andesítico-dacíticas, que se encuentran bien expuestas en la parte baja del río Huaura, cerro San Cristóbal y Cerro San Juan en su margen derecha en contacto con los depósitos cuaternarios suprayacentes (ver Ilustración 5).

Esta unidad litológica está medianamente fracturada, medianamente alterada, medianamente meteorizada, de regular dureza.

**Ilustración 5. Vista de afloramientos de roca Volcánica, pertenecientes a la Formación Casma, ubicado en los Cerros de Jopto. Margen Izquierdo del río Huaura.**

(Fuente: Propia)



## Cretácico Superior

### Formación Jumasha (Ks-j)

Esta formación es la mayor unidad calcárea en el Perú Central. Consiste en calizas de color gris claro en superficie intemperizada y azul en fractura fresca, una parte compuesta de dolomitas. En las vecindades de Baños y en el sinclinal, al Sureste de Parquín se ha observado que la parte inferior de esta formación es margosa (ver Ilustración 6).

Esta formación se halla entre las formaciones Pariatambo del Albiano y Celendín del Coniaciano, le corresponde una edad comprendida dentro del mencionado intervalo, asumiéndose como más probable el Turoniano. Admitiéndose un cambio de facies, a la formación Jumasha se le considera equivalente con el grupo Quillquiñán, el grupo Puillucana y la Caliza Cajamarca.

Ilustración 6. Vista de afloramientos de roca calcárea, pertenecientes a la Formación Jumasha, ubicado en los alrededores de Churín.

(Fuente: Propia)



### Formación Celendín (Ks-ce)

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Jumasha e infrayace a la Formación Casapalca, estableciéndose un pase rápido de una secuencia netamente marina a las capas rojas continentales. Aflora en el cuadrángulo de Oyón y presenta un sistema complejo de esfuerzos tectónicos ya que ha generado fallas y sistemas estructurales.

La formación, mantiene un espesor regularmente constante de 500 m., donde ha sido subsecuentemente removida por una combinación de factores estructurales y erosionales.

La formación consiste en calizas margosas nodulares, pobremente estratificadas, algo homogéneas, las cuales contienen abundantes fósiles, los que se alteran a un color amarillo grisáceo semejante a la Formación

Chúlec. Se intercalan con las calizas, estratos de limoarcillitas grises y margas; las que, en general, dan lugar a una morfología de moderada a suave, con abundante cobertura de suelos.

### **Formación Casapalca (Ks-ca)**

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Celendín y está cubierta con gran discordancia por los depósitos volcánicos del Grupo Calipuy; su grosor original es desconocido. Aunque la Formación Casapalca descansa concordantemente sobre la Formación Celendín, hacia el este descansa progresivamente sobre formaciones más antiguas; por lo tanto, se le asocia como indicador de discordancia.

La litología de la Formación Casapalca sorprendentemente es diferente de la secuencia cretácica infrayacente y consiste en areniscas rojas friables, suaves, margas, lodolitas y conglomerados que tienen un color rojo característico. Su grosor máximo puede llegar a 600 metros, predominan las areniscas y lodolitas rojas. Ellas son de aguas deltaicas de poca profundidad o depósitos continentales, los cuales probablemente fueron derivados de terrenos emergentes ubicados al oeste en la zona de la cuenca miogeosinclinal. Se observan calizas lenticulares en algunas áreas contiguas las cuales contienen algas de agua fresca (dulce).

### **Paleógeno**

#### **Grupo Calipuy (PN-ca)**

El Grupo Calipuy consiste en por lo menos 2,000 m. de espesor y en algunos lugares más de 3,000 m de estratos volcánicos variados. Estos son principalmente de rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica, pero también son abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas gruesas.

El Grupo Calipuy descansa con gran discordancia sobre todas las formaciones mesozoicas, siendo la unidad más joven la Formación Casapalca y la Formación Chicama la más antigua. También sobreyace a los plutones más orientales del Batolito de la Costa en el sector occidental de los cuadrángulos de Huaraz y Chiquián.

Estratigráficamente, los depósitos descansan sobre una superficie de erosión bien desarrollada. Las rocas más jóvenes de la Formación Casapalca del Cretáceo superior y Paleógeno inferior son cortadas por esta superficie. Es evidente, por lo tanto, que el Grupo Calipuy es del Cenozoico. Es también conocido que el Grupo Calipuy tiene un gran espesor; y, por lo tanto, es posible que su acumulación tomó un intervalo substancial, tal vez gran parte del Paleógeno y parte del Neógeno.

#### **Cuaternario (Pleistoceno – Reciente)**

Los depósitos cuaternarios constituyen los materiales de cobertura, generalmente no consolidados distribuidos irregularmente en la zona de estudio. Tales depósitos se han acumulado esencialmente como resultado de procesos glaciares, aluviales, fluviales, eólicos y en algunos casos por fenómenos geodinámicos de desplazamientos de masas. Su distribución es mayor en las áreas adyacentes a la Cordillera y en los valles donde se encuentran, tanto como aluviales y/o como escombros de talud.

### **Depósitos Morrénicos**

Parte de la zona de interés sufrió efectos de la glaciación durante el Pleistoceno, encontrándose los depósitos glaciares arriba de los 3,800 metros de altitud. Esto significa que toda la superficie Puna sufrió fenómenos de glaciación, juntamente con partes de las etapas de erosión Valle y Cañón.

Las características de ablación están bien desarrolladas, observándose comúnmente valles en forma de “U”, circos glaciares y aborregamientos. La angularidad de los picos más altos se debe mucho a la acción del hielo durante la época glaciación y actual.

En el fondo y laderas de los valles se depositaron morrenas, mientras que muy a menudo se formaban lagos por fusión del hielo detrás de las morrenas terminales. Ejemplos de éstos son los lagos Patón y Cochaquilla.

Es un hecho curioso que las rocas volcánicas parecen tener morrenas en mayor extensión que las rocas sedimentarias, lo que es posible que se deba a su morfología relativamente más uniforme. En la parte oriental se presentan vastas extensiones de depósitos morrénicos sobre las capas rojas, ocultándolas comúnmente en su totalidad.

Dichos depósitos glaciares por lo general se han acumulado con elementos de cantos rodados en una matriz de grano fino y pobremente clasificada.

### **Depósitos Eólicos (Q-e)**

Están presentes casi en toda la faja costanera ingresando a diferentes distancias tierra adentro, según la topografía local y su efecto sobre las corrientes de aire (ver Ilustración 7).

Dichos depósitos eólicos están acumulados tanto en roca in situ como en llanuras aluviales, pero tienden a alcanzar su mayor espesor en los taludes y en los lugares donde se presenta un ligero desnivel.

Estas arenas tienen su origen en la porción más fina de las arenas de playa formadas por la acción de las olas sobre la orilla. A su vez, el origen de las arenas de playa son los sedimentos traídos al mar por los ríos y distribuidos por las corrientes a lo largo de la ribera.

En el ámbito de la zona de estudio, estos depósitos están mayormente localizados en los márgenes del río Huara zona de afloramientos intrusivos de pendiente baja.

Ilustración 7. Depósitos eólicos, cubriendo con mantos de arena a los afloramientos rocosos. Margen Izquierdo. Localidad de Naranjo. Subcuenca baja Huaura.  
(Fuente: Propia)



#### Depósitos coluviales (Q-co)

Estos depósitos se generan por la alteración y desprendimientos de los macizos rocosos a lo largo de las laderas. Por lo general, están conformados por fragmentos rocosos inestables de gravas (guijarros, cantos y bloques) de bordes angulosos transportados por gravedad y pendiente abajo en la forma de derrubios. Tienen matriz limo: arcillosa y su espesor no suele superar los 5m de espesor, esos depósitos están situados en las laderas inferiores de los cerros y pies de monte.

Se ubican en la zona media de la cuenca Huaura, al pie de los cerros con pendientes que llegan hasta los 80 grados de inclinación lo que facilita su deposición, tiene una compacidad baja, con matriz limo-arenosa, adicionalmente está compuesto por bloques de roca de tamaños heterométricos (ver Ilustración 8).

Ilustración 8. Depósitos coluviales en la margen derecha del río Huaura, conformado por fragmentos de roca sobre las laderas.  
(Fuente: Propia)



### Deposito fluvio-aluviales (Q-fl/al)

Es un tipo de depósito reciente que constituye el lecho anterior del río Huaura, está conformado por gravas, cantos y bolones de hasta 20", de formas redondeados a subredondeadas poco cementadas por una matriz suelta de arenas y limos, en los bordes de los ríos se hayan cubiertos por depósitos antrópicos (ver Ilustración 9).

Ilustración 9. Depósitos fluvio aluviales, ubicados en margen derecho del río Huaura, con restos de material antrópico (diques rústicos colapsados).

(Fuente: Propia)



### Deposito antrópicos (Q-an)

Este tipo de depósito está conformado por materiales generados, transportados y depositados por la actividad del hombre, entre ellos se encuentran las vías de acceso, los diques existentes, muro de gaviones, acumulaciones de desmante entre otros (ver Ilustración 10).

Ilustración 10. Depósitos antrópicos conformados por material removido del río para conformación de diques rústicos.

(Fuente: Propia)



### Depósitos fluviales (Q-fl)

Son depósitos más recientes y constituyen el lecho actual del río Huaura, se conforma de gravas redondeadas a subredondeadas en una matriz de arena, presenta una compacidad suelta, contiene cantos y bolones de hasta 30" de diámetro. Estos depósitos son transportados eventual o estacionalmente, debidos a la acción hidráulica que ejercen los ríos sobre los materiales sueltos.

Su mayor concentración se da en el cauce principal del río Huaura y todas las quebradas que confluyen en los diferentes cursos la cuenca Huaura (ver Ilustración 11).

**Ilustración 11. Depósitos fluviales en el cauce del río Huaura, formando playas de cantos rodados. Entre los Cerros San Cristóbal y San Juan.**

(Fuente: Propia)



### Depósitos aluviales (Q-al)

Los depósitos aluviales corresponden a materiales transportados y depositados en los fondos de las quebradas, por acción fluvial. Algunos son depositados en zonas de pie de monte, llanuras y planicies de inundación, estos materiales están conformados por suelos limo arcillosos con arenas y capas de gravas gruesas y finas, bien clasificadas, con elementos redondeados y asociados con capas de arenas, limos y arenas arcillosas en proporciones variables.

Arriba de Sayán, los depósitos son más típicos de corrientes torrenciales, menos clasificadas y contienen frecuentemente bloques hasta de un metro de diámetro. Estos depósitos se han acumulado en los cauces de los principales ríos y aguas debajo de la cuenca del río Huaura, sobre los valles, presentan extensas llanuras aluviales con depósitos que pueden alcanzar de 200 a 400 m. de espesor (ver Ilustración 12).

Estos depósitos actualmente son utilizados para terrenos de cultivo tanto en terrazas o colinas bajas.

Ilustración 12. Depósitos aluviales, ubicados en las márgenes del río Huaura.

(Fuente: propia)



### Rocas Intrusivas

Esta unidad la conforman rocas que son parte del Batolito Andino de la Costa. El Batolito costanero es un complejo de diferentes rocas intrusivas, cuya composición varía de gabro a granito potásico, el cual se encuentra cortado por intrusiones menores como diques y stocks. Sus afloramientos constituyen una faja paralela a la Costa y a una distancia de ella que oscila entre 5 y 20 Kms. Su ancho varía considerablemente, pero, en términos generales, se puede decir que es de 50 km. La mayor extensión se presenta más o menos en la latitud de Sayán, donde alcanza un ancho de 60 km. Es de edad cretáceo – terciario.

### Gabro (KTi-g)

Grandes cuerpos de gabros ocurren en las márgenes oriental y occidental del Batolito, mientras que remanentes más pequeños se encuentran dentro de las intrusiones más jóvenes.

El afloramiento más extenso de gabro se encuentra en el lado Oeste del Batolito, en el cuadrángulo de Huaral. Este cuerpo corta y metamorfiza termalmente a las rocas de caja adyacentes. A su vez, es cortado por la granodiorita Jecuan, por dos stocks satélites de la tonalita Santa Rosa y por la Adamelita Lachay. En el lado oriental, está cortado por el cuerpo principal de la tonalita Santa Rosa, mientras que en la parte Norte otro cuerpo de esta tonalita penetra diagonalmente dentro del gabro.

En el campo, el gabro forma colinas cónicas en cuyas faldas se encuentran esparcidos cantos de regulares proporciones, los que son muy duros y producen un sonido metálico cuando se les golpea con el martillo.

El gabro pese a tener una considerable variación litológica, debido a que ella es irregular e inconsistente y teniendo en cuenta que la roca retiene sus características litológicas generales, puede ser considerado con confianza como una sola unidad de gabro.

### Diorita (KTi-di)

Las variaciones de diorita fueron originadas por contaminación del complejo con el gabro occidental, el cambio se efectúa principalmente por un aumento en la proporción de hornblenda y biotita, aunque estos minerales mantienen el mismo tamaño y textura que presentan en las tonalitas.

Existe una marcada semejanza en textura entre estas rocas, la cual está indicada particularmente por la presencia de hornblenda prismática y de biotita poikilítica.

La diorita situada en el lado oriental de la adamelita Humaya es cortada, tanto por la adamelita como por el complejo, siendo idéntica en apariencia a las dioritas originadas por contaminación (ver Ilustración 13).

**Ilustración 13.** Afloramientos de roca intrusiva, correspondiente a dioritas, ubicada hacia el margen izquierdo del río Huaura, cerca de Sayán.

(Fuente: propia)



### Tonalita (KTi-t-sr)

La mayor parte del complejo está formado por tonalita, pero a pesar de que existen variaciones considerables de un sitio a otro dentro de este cuerpo, aun así, hay una gran semejanza de familias. En general, la tonalita es una roca leucócrata, de grano medio, con grandes cristales de hornblenda prismáticos y hojuelas de biotita. Tanto la hornblenda como la biotita tienden a ser de igual tamaño.

Las variedades más definidas se hallan en áreas restringidas, tal es el caso de las tonalitas expuestas en el valle del río Huaura (bastante máficas), ricas en hornblenda con cristales inusualmente grandes de bordes irregulares y hojosos. También en el lado occidental de la adamelita Humaya, dicho tipo está confinado a una sola intrusión de forma rectangular, mientras que en lado oriental cambia hacia el Sur, transicionalmente en forma muy conspicua a una variedad adamelítica.

Dentro del ámbito del estudio se encuentra zonificada desde el sector de Casa Vieja, extendiéndose por todo el río Huananque hasta la quebrada Canguay, sector de fundo Quinchez Bajo, reapareciendo aguas abajo, sector del río Huaura, sector fundo Eniminga Grande. Se puede observar en los cortes en la vía Huaura – Sayán, continuando en dirección aguas abajo del Río Huaura nuevamente afloran en contacto con los depósitos cuaternarios en el sector Fundo El Carmen, en la zona baja del río Huaura, sector Cerro Caldera y cerro Cenicero (ver Ilustración 14).

Ilustración 14. Afloramientos intrusivos de composición tonalíticos, ubicados en la margen izquierda del río Huaura.

(Fuente: Propia)



#### Súper Unidad Paccho (Ki-bc/p-di,tn)

Constituido por cuarzodiorita y tonalita, su nombre se deriva del distrito de Paccho, que se encuentra al suroeste de Churín. En esta Súper Unidad la roca que predomina es la cuarzodiorita de grano medio por incremento de máficos. En varios sectores por gradación pasan a tonalita por incremento de feldespato potásico respecto a la plagioclasa.

En el paraje de Picunche la Súper unidad Paccho corta a los volcánicos del Grupo Casma, pero aguas arriba cerca del paraje de repartición, está cortada por la Súper Unidad Santa Rosa.

Ilustración 15. Afloramientos de roca intrusiva constituido por Dioritas a dioritas, ubicado hacia el margen izquierdo del río Huaura. Cercanía a Quintay.

(Fuente: Propia)

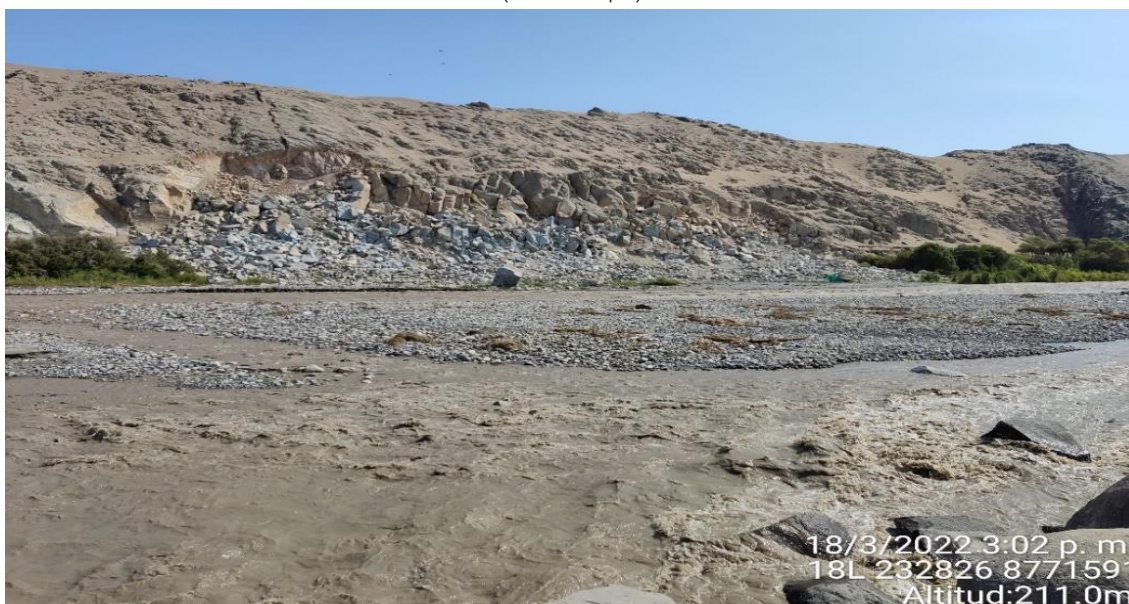


### Súper Unidad Santa Rosa (Ks-bc/sr-tn, gr)

Consiste en una gran área de tonalita, en algunos lugares se hace más ácida, siendo las principales variaciones graníticas, Monzogranito y diorita. Aflora en un Plutón que se observa desde el Fundo Quincez bajo al este de Sayán, y se extiende hacia la parte oriental, constituyendo la parte media de esta Súper Unidad, la cual es cortada por un enjambre de diques andesíticos. Esta unidad es cortada por la Super Unidad San Jerónimo, como se observa cerca de Sayán, en la margen izquierda del río Huaura (ver Ilustración 16).

Ilustración 16. Vista de afloramiento intrusivo pertenecientes a la Super Unidad Santa Rosa, conformados por tonalitas y granodioritas.  
Margen Izquierdo. Cerro Blanco, localidad de San Martín de Porres.

(Fuente: Propia)



### Súper Unidad Humaya (Ks-bc/hu-mgr)

Esta unidad intrusiva, se expande en forma de franja con dirección Nor oeste a Sur este, desde la quebrada río Seco en la localidad de Palmeras, atraviesa el río Huaura de Humaya, extendiéndose hasta el cerro Llario, a cinco kilómetros al norte del fundo Santa Fe.

Dentro de esta Unidad se encuentran cierto número de intrusiones de un tipo de roca característica. Presentando un color blanco a crema con prominentes paquetitos de biotita esporádicamente dispersa de  $\frac{1}{2}$  a 1 cm. de tamaño. En algunos lugares cuando la biotita es más pequeña y dispersa, comúnmente se aprecia un incremento en el feldespato potásico y la roca adquiere un color rosado. Muy parecido al de las variaciones potásicas de la tonalita de Santa Rosa, siendo característicos en los afloramientos monzograníticos localizados en ambos lados del río Huaura y típico del distrito de Humaya (ver Ilustración 17).

Ilustración 17. Afloramientos intrusivos pertenecientes a la Super Unidad Humaya, conformados por Monzogranitos. Margen Izquierdo. Cerro San José Bajo, localidad del mismo nombre.

(Fuente: Propia)



#### Tonalita (Complejo la Mina) (KTi-t-lm)

Los miembros de este complejo se presentan como intrusiones individuales ampliamente separadas, y generalmente en forma de stocks. Están caracterizados por una litología definida que permite considerarlos en dos grupos de intrusiones bastante alejados el uno del otro. Uno está localizado entre el río Pativilca y el río Supe y el otro está en el lado Sur del río.

En referencia al estudio estas rocas afloran en ambas márgenes del río Huaura; margen derecho en el fundo Los Ángeles y Chambara; y fundo San Miguel, con una extensión del orden de 3 kilómetros de afloramientos discontinuos, en la zona de la margen izquierda desde la localidad de Venturosa hasta el sector Chico, con una extensión de 4 kilómetros de afloramiento en forma masiva. De acuerdo con el mapa geológico del cuadrángulo de Huaral, este afloramiento está delimitado por dos fallas inferidas, con dirección noreste - suroeste, que se encuentran casi paralelas entre sí.

Sus contactos son siempre verticales y están cortados en el lado oriental por una gran falla. Posee una zona interior de tonalita clara y otra exterior de tonalita más máfica, cuyo límite común es visible en las fotografías aéreas. Los contactos con otros cuerpos intrusivos están ocultos bajo el aluvión del río Huaura, pero es probable que la intrusión corte a dioritas y sea cortado por la adamelita de Sayán (ver Ilustración 18).

Ilustración 18. Afloramientos intrusivos de composición tonalítica, perteneciente a la Súper Unidad La Mina. Margen Izquierdo. Cerro Santa María. Progresiva 36+000.

(Fuente: Propia)



#### Adamelita de Puscao (Kti-a-p)

Esta litología se encuentra aflorando en ambas márgenes del río Huaura, en el sector de Andahuasi. En la margen derecha se presenta desde el cerro Piedra Agacha, hasta el Fundo Mani, y en la margen izquierda en el cerro San Julián.

Es el miembro más antiguo del complejo, definiendo claramente la forma de los sectores norte y sur de éste. En el sector sur ha sido ampliamente reemplazado por adamelitas posteriores, pero considerando la distribución de los relictos de esta adamelita, es evidente que ocupó inicialmente la mayor parte del área que ahora ocupa la adamelita de Sayán. En consecuencia, la adamelita Puscao se emplazó como dos bloques rectangulares alargados en una dirección noroeste-sureste.

Litológicamente consiste en una adamelita de color crema y de grano medio a grueso, con pequeños cristales redondeados de cuarzo y prismas bien formados de hornblenda, así como hojuelas dispersas de biotita. La roca está moteada con feldespatos potásicos rosados sin formar fenocristales (ver Ilustración 19).

Ilustración 19. Afloramientos intrusivos de composición Monzogranítica, perteneciente a la Súper Unidad Puscao. En las cercanías de Sayán, Margen Izquierdo. Cerro Santa María. Progresiva 49+000.

(Fuente: Propia)



21/3/2022 3:45 p. m.  
18L 259652 8767987  
Altitud: 684.7m

#### Adamelita de San Jerónimo (Kti-a-sja)

Hay dos afloramientos separados representantes de esta adamelita, uno al sur del río Huaura y el otro en el mismo río Supe. El primero constituye el miembro más meridional y el segundo el más septentrional del complejo en general.

El cuerpo ubicado al sur del río Huaura forma uno de los principales componentes del complejo centrado del río Huaura, intruyendo a las dioritas más antiguas, a la tonalita de Santa Rosa, a la tonalita-granodiorita de La Hoyada y a la adamelita del Puscao.

En cuanto a su forma, se aproxima a un stock central con un dique anular exterior.

En general, se han generado tres tipos distintos de roca considerados como las facies San Jerónimo, porfirítica y Andahuasi.

La distribución de los afloramientos de esta roca se distingue fácilmente en el campo por su color anaranjado, además del marcado diaclasamiento horizontal que la caracteriza. La textura granofírica se observa en las muestras de mano y ocasionalmente se ven fenocristales de plagioclasa blanca. Las cavidades drúsicas son comunes y pueden alcanzar un diámetro de ½ cm.

Petrográficamente, presenta muy ocasionalmente cristales dispersos de hornblenda de color verde azulado, y en forma ligeramente más abundante cristales euhedrales de biotita marrón. La biotita puede estar cloritizada, hallándose grupos irregulares de ilmenita asociados a ella.

### Adamelita de Sayán (KTi-a-s)

Afloran en el cuadrángulo de Huaral, esta litología aflora en grandes extensiones en el río Huaura se presenta de forma intercalada, principalmente predomina desde la localidad de Puente Alco, en el cerro Ranihuanco, a 15 km al noreste, desde la confluencia del río Huanangue, en dirección al cauce del río Huaura.

Desde la confluencia del río Huaura y río Huananque en el margen izquierdo también afloran la roca Adamelita hasta el cerro San Julián, a partir de este punto la formación pasa a la margen derecha hasta el sector fundo San Miguel, extendiéndose 10 km aproximadamente hacia el noreste, hasta la zona de quebrada Carricillo, cerro Piedra parada y Cerro negro.

La adamelita intruye discordantemente a las siguientes unidades: San Jerónimo, Puscao, La Mina - La Hoyada, Santa Rosa, diorita intermedia, diorita biotítica y meladiorita. La adamelita de Sayán es una de las rocas más características de la zona, siendo de grano bastante grueso con grandes fenocristales rosados de ortosa pertítica que muestran un maclado prominente. También existen grandes cristales de cuarzo y plagioclasa blanca, destacándose hojuelas dispersas de biotita en la matriz clara (ver Ilustración 20).

**Ilustración 20. Afloramientos de Monzogranito, pertenecientes a la Súper Unidad Sayán. Margen Derecho, carretera Sayán Churín.**

**Progresiva 52+000.**

(Fuente: Propia)



## 2.2. Geología estructural

Las condiciones geo estructurales de la Cuenca del río Huaura están relacionadas con la evolución y emplazamiento del Batolito mostrando un protagonismo importante en la disposición del tectonismo y la orogenia en la evolución andina con una secuencia de intrusiones diapíricas y el desarrollo de las cuencas sedimentarias mesozoicas.

### 2.2.1. Fallas y pliegues

Las fallas con dirección andina se encuentran principalmente en la parte oriental del área, en la zona de fallas y sobre escurrimientos y en la zona de fallamiento en bloques. Al Oeste de esta área son raras y en los cuadrángulos de la Costa no existen. A pesar de su ausencia, la dirección andina en el área costanera está bien definida por la misma línea de Costa y por la orientación del Batolito costanero, pudiendo ser que las fallas están pobremente desarrolladas debido a la gruesa cobertura eugeosinclinal.

En la parte oriental del área estas fallas afectan al basamento, el cual está cerca de la superficie con una cobertura de plataforma relativamente delgada. Tienen una larga historia, habiendo controlado la sedimentación a través de gran parte del Mesozoico y posiblemente desde antes. En ciertos períodos de su historia han actuado como fallas normales, pero el sentido de movimiento más reciente ha sido como sobre escurrimientos de alto ángulo generalmente orientados hacia el Noreste. La dirección de compresión que está de acuerdo con la orientación de estas fallas inversas de alto ángulo es de  $245^\circ - 65^\circ$ , esto es, aproximadamente de Suroeste a Noreste.

En la zona de pliegues y sobre escurrimientos muchas de las fallas que siguen esta dirección son deslizamientos asociados con el desarrollo de pliegues con despegamiento.

Indudablemente existen fallas en el basamento, pero éstas son difíciles de distinguir de las fallas asociadas al plegamiento.

De acuerdo con el sistema de fallas reconocidas en el Mapa geológico del Perú, publicado por el INGEMMET, se tiene que el mayor sistema de cizallamiento está ubicado en la zona de la subcuenca alto Huaura y Checras, donde se generó el movimiento en el sistema de rumbo andino, el control estructural está regida por la orogenia andina. En la zona de subcuenca de Alto Huaura y Checras se presenta una serie de sobre escurrimientos con direcciones Este – Oeste, se tiene una serie de fallas inferidas paralelas con dirección noroeste-sureste, posiblemente relacionados a los pliegues formados por los esfuerzos de compresión, que a su vez forma los sobre escurrimientos, los ejes de los sinclinales también presentan esta dirección, las capas de los estratos tienen buzamientos entre 20 y 40 grados, también se observan que los ejes de los anticlinales y sinclinales presentan semejanza en su orientación. Esto mismo ocurre con la zona de subcuenca Checras, otro sistema estructural son los que se tienen dirección perpendicular a los lineamientos de dirección rumbo andino; estos sistemas cortan sectores con capas de estratos de moderada inclinación ( $20^\circ - 40^\circ$  grados), estos sectores como los ubicados a 08 kilómetros de la localidad de Oyón sector Llamapaca, Carbón, se observa un lineamiento casi definido formando dos lagunas con orientaciones noreste-suroeste, denominadas: Anilcocha y Paton, conformando un sistema de zonas de cizalla, estos movimientos repercuten en la geomorfología local, formando zonas de escarpas y depresiones fuertes, que a su vez está siendo suavizados por la fuerte, actividad de los agentes erosivos.

En la Ilustración 21 e Ilustración 22, se muestra un esquema de fallas y pliegues mapeadas a escala regional, donde se observa que estas estructuras ocurren principalmente en la cuenca alta sobre la secuencia de rocas sedimentarias carbonatadas cretácicas y la secuencia de sedimentos silicoclásticos y carbonatados del jurásico-cretácico. En menor medida, las rocas volcánicas aflorantes en la cuenca media son afectadas,

posiblemente debido que no fueron susceptibles a deformarse por ser más rígidos, excepto por lo movimientos verticales que permitieron a los sedimentos mesozoicos depositarse sobre él.

En la cuenca baja, no se observan mayores sistemas estructurales definidos, en general los sistemas muy locales son imperceptibles bajo las imágenes satelitales debido que se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios y en áreas donde se presenta afloramiento se encuentra dominado por los sistemas intrusivos. Estas estructuras presentan direcciones norte-sur y noreste-suroeste en esta zona.

**Ilustración 21 Esquema de fallas regionales**

(Fuente: GEOCATMIN)

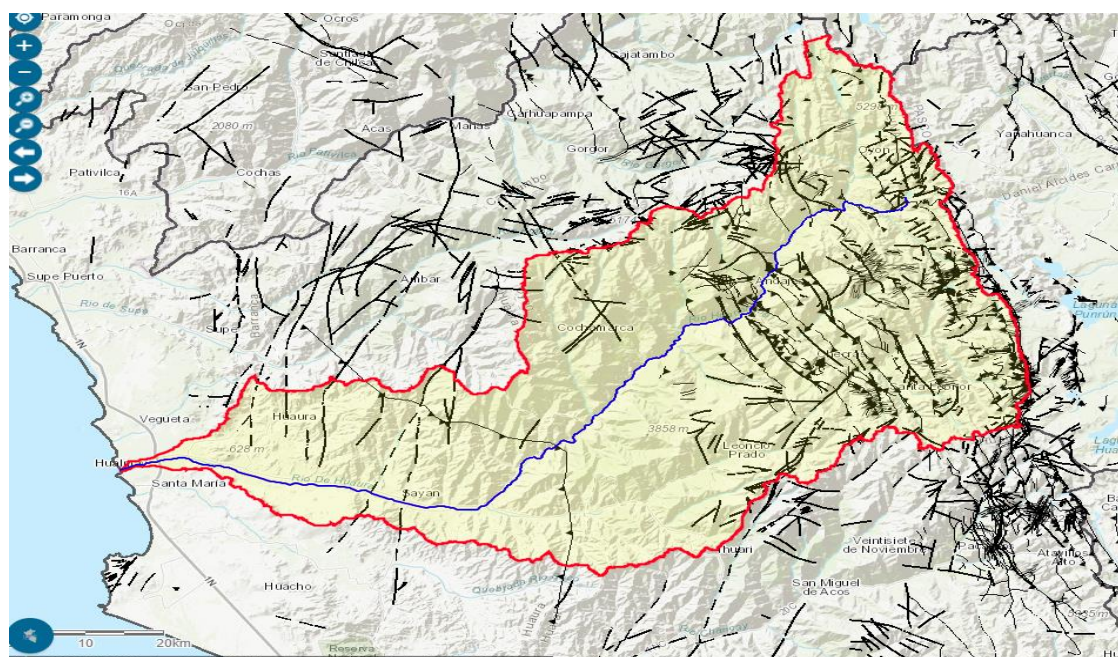
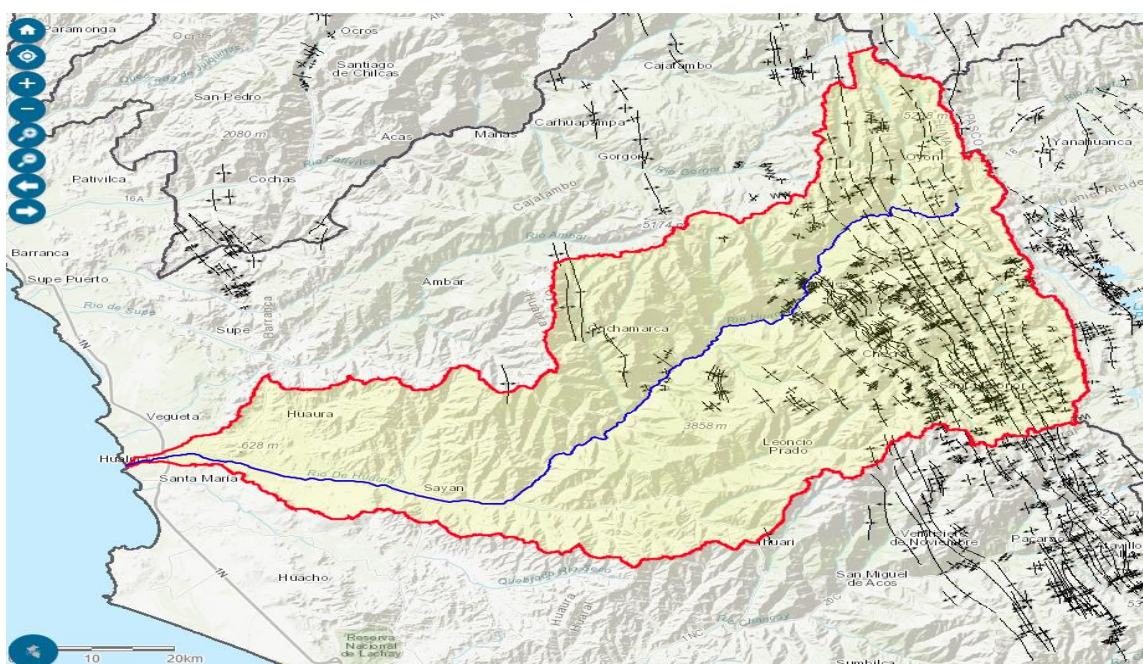


**Ilustración 22 Esquema de plegamientos a escala regional**

(Fuente: GEOCATMIN)



### 2.2.2. Sistemas de fallas Neotectónicas regionales cercanas a la zona de estudio

Las fallas son producidas por la ruptura de una parte de la corteza, lo que ocasiona una discontinuidad en la estructura geológica. Existen tres tipos de fallas en función de su geometría, estos son: fallas normales, que indican alargamiento de la corteza, fallas inversas, que indican acortamiento de la corteza, y fallas de desplazamiento o transcurrentes, que indican desplazamiento paralelo al rumbo de la falla. Debido a la estrecha relación entre la actividad sísmica y la tectónica, se describen a continuación los sistemas de fallas cercanas a la zona del proyecto.

#### PE - 07 Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca

Es el sistema de fallas activas más grande del Perú, bordea el flanco occidental de la Cordillera Blanca, extendiéndose por 220 km entre Corongo y Chiquián, norte y sur de Huaraz, respectivamente en la región Ancash. El sistema de fallas de la Cordillera Blanca está conformado por fallas normales. Cada una de las fallas que lo conforman no tiene más de 8 km de longitud y los saltos verticales están comprendidos entre 1 y 50 m.

La sección sur, la más cercana al proyecto que se extiende desde Huaraz hacia las ruinas de Colca, presenta varios segmentos y ramales con buzamientos, tanto al Oeste como al Este. Estos ramales no tendrían influencia directa sobre las rocas aflorantes en la cuenca alta del río Huaura.

#### PE - 11 Falla Cayesh

La falla Cayesh se encuentra en la Cordillera Oriental del Perú central, en la región Junín, cerca del pueblo del mismo nombre.

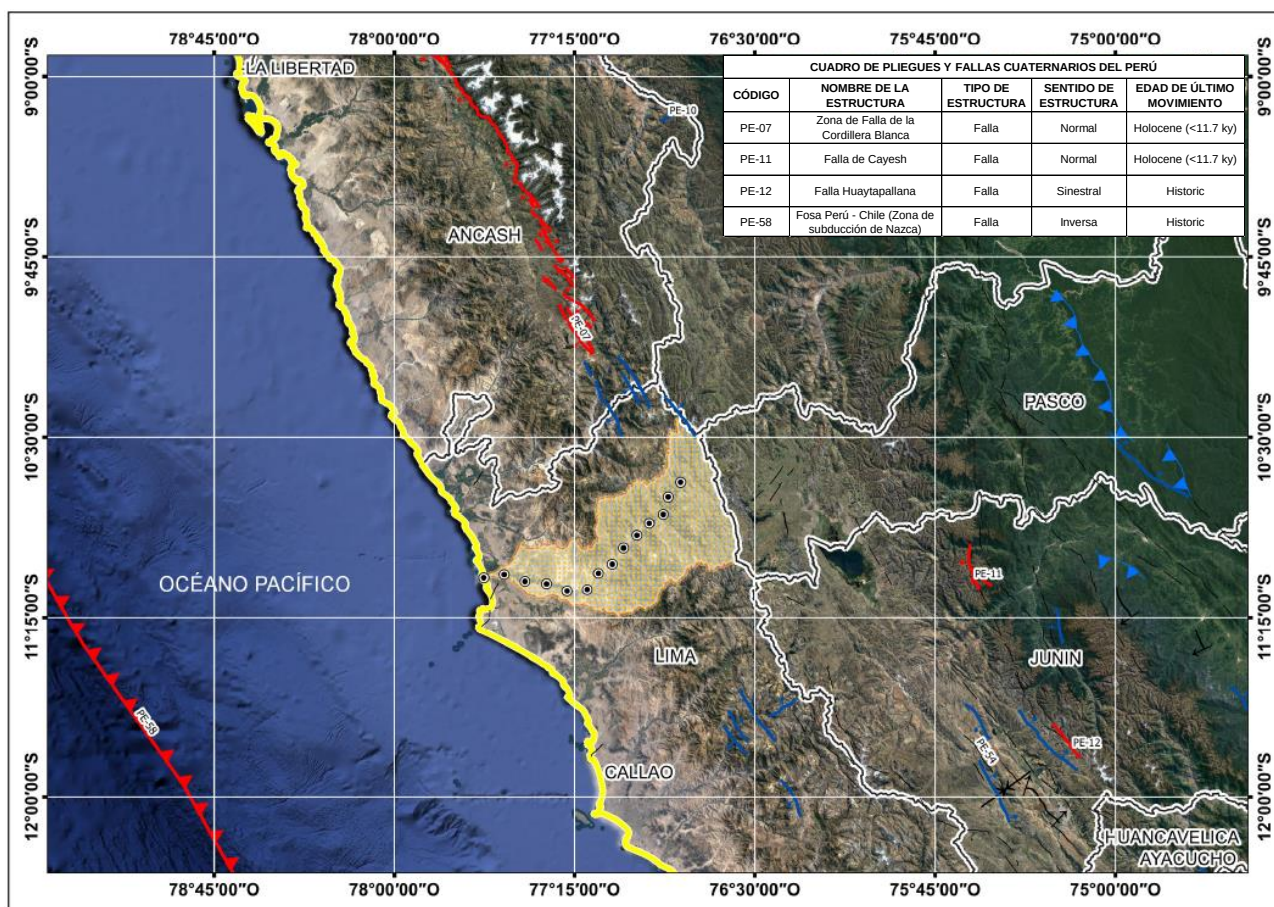
El estudio aerofotográfico muestra que esta estructura puede seguirse de forma casi continua, pero con ligeras variaciones en su geometría, por lo cual se ha dividido en cuatro segmentos (Macharé et al., 1997).

El primer segmento, al este de Cayesh, tiene una longitud de 2,8 km y rumbo N8°E - N10°E, es subvertical y corta principalmente a las rocas del basamento diorítico. El segundo segmento, entre la quebrada Huaye y la laguna Tingo, tiene una longitud de 2,6 km, rumbo N19°E y un buzamiento aproximado de 75° hacia el oeste y afecta los depósitos glaciales de la quebrada Huaye. El tercer segmento se ubica entre Las Lagunas y Carpacocha, tiene una longitud de 3,7 km, rumbo N32°E y unos 60° de buzamiento hacia el oeste; la traza es discontinua y en el extremo sur se observan pequeñas fracturas transversales a la principal. El cuarto segmento se emplaza unos 2 km al sur de la laguna Carpacocha, con rumbo N26°E y buzando alrededor de 60° hacia el oeste en el extremo sur; se caracteriza por la terminación en cola de caballo.

#### PE-12 Falla Huaytapallana

Se encuentra en la cordillera de Huaytapallana, al NE de Huancayo. Está formada por dos segmentos de rumbo promedio de N°135°O y buzamiento entre 60° y 70°NE, que se extienden por una longitud de 20 kilómetros. La escarpa actual fue generada durante dos sismos localmente muy intensos en el año 1969, que reactivaron esta falla con movimiento inverso sinistral.

Ilustración 23 Falla y pliegues cuaternarios del Perú  
(Elaboración propia, 2021)



De acuerdo a la descrito líneas arriba, se concluye que estas fallas activas que predominan en la cabecera de la cuenca alta de la cuenca no tendrán influencia directa sobre las estructuras de protección a emplazar en la cuenca baja, sin embargo, se recomienda considerar dentro de los diseños geotécnicos las aceleraciones resultantes del estudio de Peligro Sísmico.

### 2.3. Litoestratigrafía local

Para realizar el mapeo geológico local se ha procedido a reconocer y cartografiar las unidades litológicas aflorantes en la zona de influencia de la huella de los diques proyectados.

Los materiales que conforman el cauce del río son producto de los procesos erosivos del río aguas arriba, por lo que es común observar presencia de sedimentos tipo cantos rodados, gravas, arenas, limos y en menor proporción arcillas.

En las riberas del río es notorio el predominio de materiales finos como arcillas y limos, además de cantos rodados, estos materiales son de origen aluvial. Se observa que algunos sectores del cauce actual del río se encuentran colmatados por cantos rodados y arenas, que constituyen depósitos fluviales.

A continuación, se describe la geología de las estructuras proyectadas del paquete 4 subdividida en dos tramos:

### 2.3.1. Tramo 1: Fundo Carquin Chico - Puente Huaura

Este tramo se ubica en la zona proximal del abanico aluvial del río Huaura, por lo que en sus márgenes se empiezan a observar la presencia de colinas y lomas, frenando el desarrollo de los depósitos aluviales, fluviales y fluvioaluviales.

Las estructuras proyectadas en este tramo son: MU-PR-02-I y MUR-PR-01A-D

Las características geológicas de este tramo se presentan en el mapa de Geología local 400200-OHL001-501-XX-MP-GE-004005.

#### Depósitos antrópicos (Q-an)

Constituyen aquellos depósitos dejados por la acción humana en el periodo reciente, ya sea por la conformación de terraplenes de vías principales, como la panamericana antigua y nueva; los asentamientos de poblaciones en las márgenes del río y los diques rústicos construidos en las márgenes.

Entre los depósitos más resaltantes tenemos al distrito de Huaura asentado principalmente en la margen derecha del río, sumado a las vías que conectan a éste con los centros poblados de su alrededor.

Además, a lo largo del río se han identificado obras de hidráulica como la Bocatoma Carquin y diques rústicos, como el dique existente en la margen derecha entre los puentes de la panamericana nueva y antigua. Estos diques de regular estado de conservación están conformados por cantos, gravas y arenas. (Ver Ilustración 24).

**Ilustración 24. Dique rústico existente constituido de gravas y cantos, afectado por la erosión fluvial.**

(Fuente Propia, 2022)



### Depósitos fluviales (Q-fl)

Estos depósitos se ubican a lo largo del cauce activo del río, las cuales quedan expuestas en épocas de vaciante y forman playas centrales y laterales adosadas en las márgenes del río. Estos depósitos tienen gradación decreciente conforme se acercan más a la desembocadura del río (zona distal del abanico). Están conformadas principalmente por arenas, gravas y limos.

**Ilustración 25. Predominio de depósitos fluviales, en el cauce del río, formando playas. Hacia el margen derecho se aprecian diques enrocados en buen estado de conservación.**

(Fuente Propia, 2022)



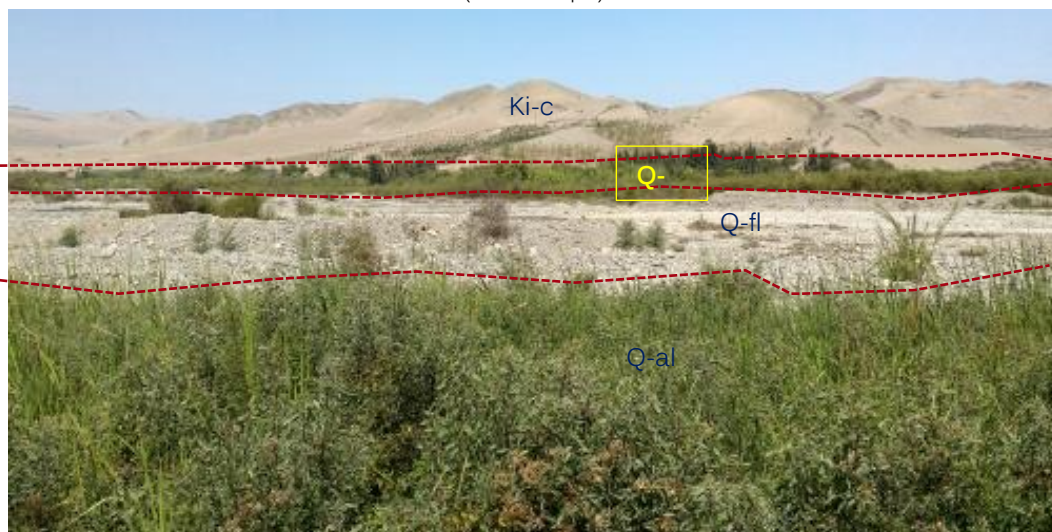
### Depósitos fluvioaluviales (Q-flal)

Constituidos por depósitos de gravas soportadas en una matriz arenosa. Se ubican adyacentes al cauce del río. Constituyen las áreas inundables del río durante eventos de máximas inundaciones, debido que se encuentran casi al mismo nivel del río. Se cubren de vegetación herbácea de carácter temporal y presentan canales abandonados semicirculares. Estos depósitos son susceptibles a la erosión durante las máximas avenidas.

### Depósitos aluviales (Q-al1; Q-al2)

Conforman las diferentes terrazas fluviales del río, se han podido diferenciar dos terrazas marcadas a lo largo del río. Están conformadas por gravas heterométricas soportadas en matriz limoarenosa. Sobre estas terrazas se asientan centros poblados y extensas áreas de cultivo.

Ilustración 26. Depósitos cuaternarios y formación Chilca a lo lejos  
(Fuente: Propia)



#### Formación Chilca (Ki-c)

Aflora en la margen izquierda del río, cerca de la bocatoma Carquin y en la margen izquierda aguas abajo de la Nueva Panamericana Norte, constituyen las colinas más elevadas de esta zona y se encuentran ocupadas por las poblaciones de las cercanías de Huara.

Además, aguas arriba en las inmediaciones del C.P. Acaray estos afloramientos conforman las colinas que son la continuación de las estribaciones andinas ubicadas aguas arriba. En estas colinas se observan depósitos eólicos constituidos de arena fina que las cubren en ciertos sectores.

Estos afloramientos están constituidos por secuencias de areniscas y lutitas fracturadas de estratificación subhorizontal (entre 10° a 15°) en los afloramientos ubicados en la bocatoma Carquin, tal como muestra la Ilustración 27. Sin embargo, la secuencia volcánica de composición andesítica con niveles de arenisca y lutita afloran en las inmediaciones de la panamericana Norte, tal como muestra la Ilustración 28.

Ilustración 27. Vista panorámica de la Bocatoma Carquin, emplazada sobre afloramientos rocosos y cubiertos de depósitos fluvioaluviales.  
Se aprecia deterioro de las bases de la infraestructura hidráulica.

(Fuente Propia, 2022)



Ilustración 28. Vista de afloramientos rocosos hacia el margen izquierdo del río y adyacente al Puente de la Panamericana Norte. Se aprecia la formación de terrazas de inundación, afectada por procesos de erosión fluvial.

(Fuente Propia, 2022)



### 2.3.2. Tramo 2: Alrededores del centro poblado de Sayán

Litológicamente este tramo presenta áreas cubiertas por depósitos aluviales (Q-al1, Q-al2), fluvio-aluviales (Q-flal) y fluviales (Q-fl) y emplazamientos de afloramientos rocosos correspondiente a la Súper Unidad Sayán, distribuidos a lo largo de relieves de colinas suaves y montañas adyacentes a ambas márgenes.

Sobre las laderas de colinas adyacentes a la margen derecha del río, se presentan depósitos coluvio deluviales distribuidos irregularmente y en el piedemonte de estas colinas se observan depósitos coluviales que son el producto del desprendimiento de fragmentos rocosos del afloramiento. Estos depósitos presentan composición heterométrica, de litología homogénea (monzogranito), angulosos e inconsolidados.

Las características geológicas de este tramo se presentan en los mapas de Geología local 400200-OHL001-501-XX-MP-GE-004006 y 400200-OHL001-501-XX-MP-GE-004007.

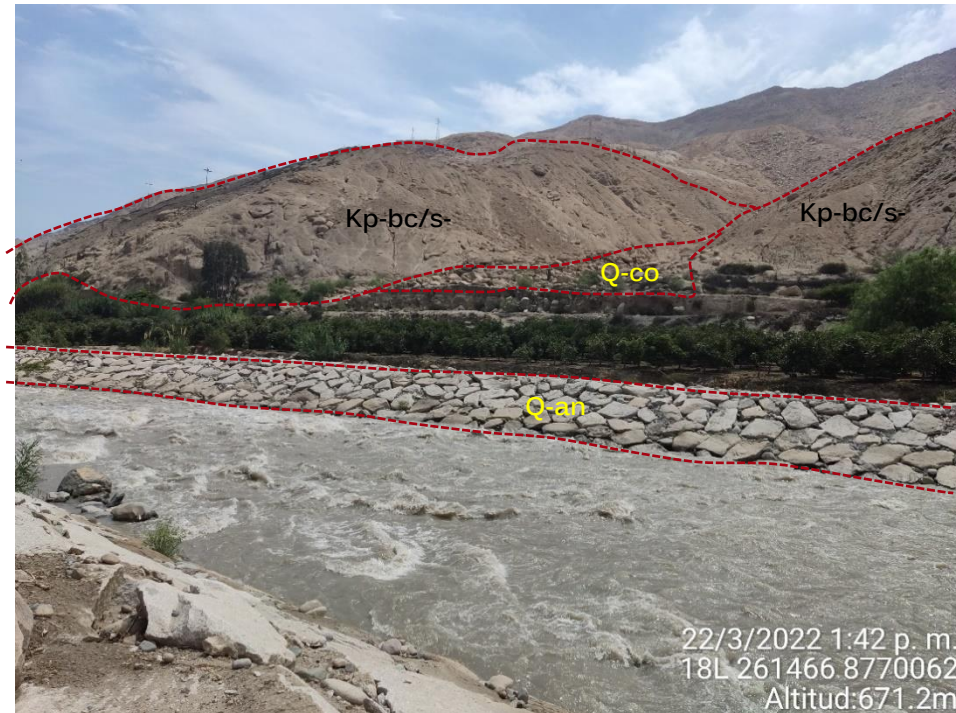
#### Depósitos antrópicos sobre depósitos aluviales (Q-an+Q-al)

Los depósitos antrópicos son acumulaciones artificiales de suelos naturales o de fragmentos de roca dejados por acción humana en el periodo reciente, para la construcción de vías, centros poblados y/o diques rústicos construido en las márgenes de los ríos. En la zona de estudio los depósitos antrópicos más resaltante que se identifican, lo constituyen el distrito de Sayán, la que se encuentra asentado principalmente en la margen izquierda del río, sumado a las vías que conectan a éste con los centros poblados de su alrededor.

Además, a lo largo del río se han identificado algunas obras de hidráulica como la Bocatoma Santa Rosa hacia la margen izquierda y un conjunto de diques rústicos y enrocados, en ambas márgenes (ver ilustración 57).

Ilustración 29. Vista de depósitos antrópicos, conformado por dique enrocado hacia la margen derecha. Al fondo afloramientos intrusivos de Monzogranito y depósitos coluviales. Progresiva 53+000

(Fuente: Propia)



#### Depósitos fluviales (Q-fl)

Los depósitos fluviales se hacen presentes en este tramo en tiempos de vaciante, pero en menor medida. Se encuentran colmatando el cauce principal del río Huaura, son de origen heterométrico, constituido por gravas con arena media a gruesa, con inclusión de cantos rodados, todos ellos sostenidos en matriz arenosa de compacidad suelta.

Ilustración 30. Depósitos cuaternarios (fluvial y aluvial) en la margen derecha del río Huaura.  
(Fuente: Propia)



#### **Depósitos fluvioaluviales (Q-flal)**

Se ubican adyacentes al cauce del río Huaura, y están delimitados por las terrazas aluviales. Constituyen las áreas inundables, debido que se encuentran casi al mismo nivel del río. Se cubren de vegetación herbácea de carácter temporal. Su distribución en este tramo es limitada por las terrazas aluviales y obras de defensas ribereñas, por ello ocupa una franja delgada a lo largo de ambos márgenes del río.

#### **Depósitos aluviales (Q-al1; Q-al2)**

Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo del río Huaura y Huananque (en su confluencia). Se presentan formando terrazas en ambas márgenes, las que indican los periodos de fluctuaciones del caudal y la migración lateralmente de las aguas, generalmente están conformadas por grava heterométricas en matriz limo arenosa.

#### **Deposito Coluvio deluvial (Q-code)**

Son depósitos de laderas originadas por la movilización incipiente de materiales provenientes de las partes altas de las colinas, por acción de la gravedad y precipitaciones temporales.

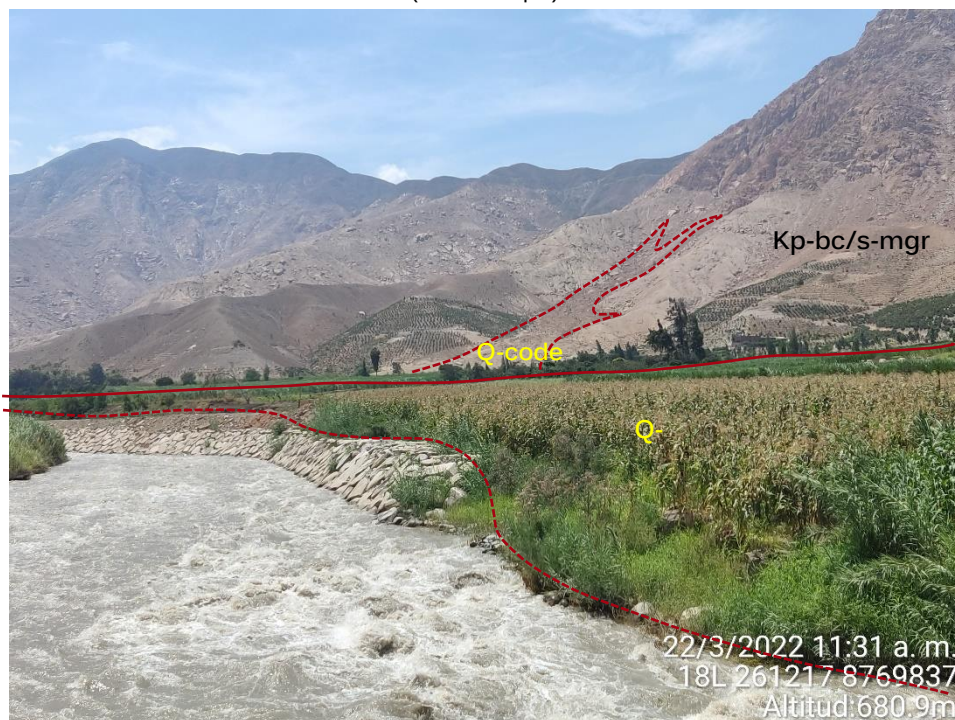
Estos depósitos son observados en la margen derecha, principalmente, por lo que se constituyen de rocas angulosas intrusivas tipo monzogranito dispuestos caóticamente y con escasa matriz, inconsistentes.

#### **Súper Unidad Sayán (Kp-bc/s-mgr)**

Se observan principalmente en la margen derecha del río Huaura y están constituidos de rocas intrusivas tipo monzogranito con un grado de meteorización moderado y considerablemente resistentes, pertenecientes a

la Súper Unidad Monzogranito Sayán (Kp-bc/s-mgr). El Monzogranito de Sayán es una de las rocas más características de la zona, por lo que es una roca representativa del sitio.

Ilustración 31. Depósitos cuaternarios y afloramientos de Monzogranito de la Súper Unidad Sayán hacia la margen izquierda.  
(Fuente: Propia)



La Tabla 2 muestra un resumen general de la litología local

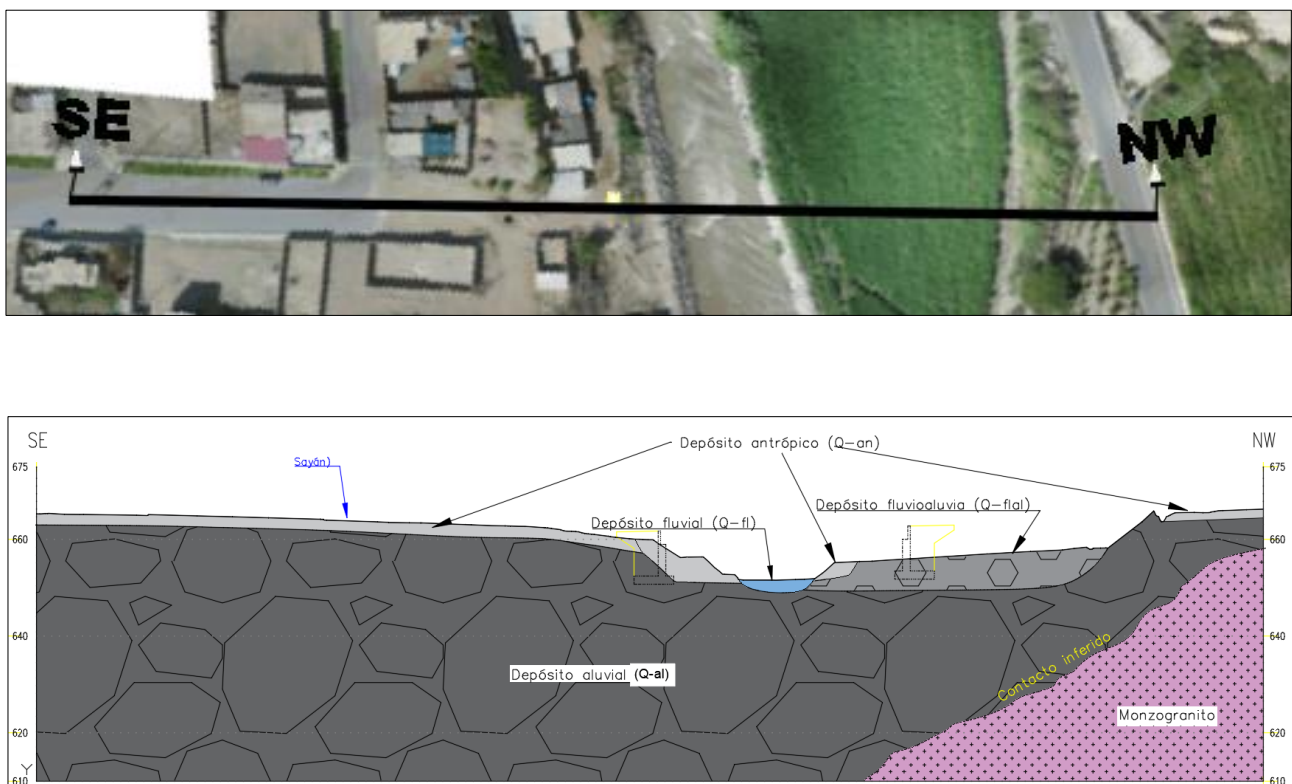
Tabla 2. Resumen litológico de los tramos estudiados  
(Elaboración Propia, 2022)

| Tramo                                            | Litología                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tramo 1: Fundo Carquin Chico –<br>Puente Huaura  | Depósitos antrópicos (Q-an)<br>Deposito Fluvial (Q-fl)<br>Depósito Fluvioaluvial (Q-flal)<br>Depósito Aluvial (Q-al1, Q-al2)<br>Formación Chilca (Ki-c)                                                                             |
| Tramo 2: Alrededores del centro<br>poblado Sayán | Depósitos antrópicos sobre<br>depósitos aluviales (Q-an + Q-al)<br>Deposito Fluvial (Q-fl)<br>Depósito Fluvio-aluvial (Q-flal)<br>Depósito Aluvial (Q-al1, Q-al2)<br>Depósito deluvial (Q-code)<br>Súper unidad Sayán (Kp-bc/s-mgr) |

### 2.3.3. Puente Sayán: Descripción del perfil geológico del eje de emplazamiento

La estratigrafía local de la zona de emplazamiento del puente Sayán comprende principalmente a depósitos cuaternarios, como los depósitos fluvioaluviales en la margen derecha, que está conformado por una capa de espesor menor a 2 m de suelo limoso, seguido de una mezcla de gravas y bolonería, no consolidados. Todo ello, sobreyacen a los depósitos aluviales dejados por el río Huaura a lo largo de los años, los cuales están conformados por una mezcla de gravas en matriz arenosa con una gran cantidad de bolones y bloques que se acentúan en la margen derecha, estos depósitos presentarían mayor densificación según se profundiza. Como contacto inferido, a la base de los depósitos cuaternarios, se estima la presencia del macizo rocoso tipo monzogranito cuyos afloramientos se observan principalmente en la margen derecha. Además, se identifican depósitos antrópicos que se distribuyen superficialmente, los cuales son suelo disturbado y depositados por la acción humana tal como rellenos para las carreteras (Vía Huaura – Sayán), cimentaciones (Centro poblado Sayán) y diques existentes.

Ilustración 32. Estratigrafía del emplazamiento del puente Sayán (Planta y perfil).  
(Fuente: Propia)



### 3. GEOMORFOLOGÍA

#### 3.1. Geomorfología regional

Las unidades geomorfológicas han sido modeladas debido a procesos de erosión, intemperismo y meteorización generando depósitos sueltos que posteriormente son transportados por el río, a lo largo de las quebradas, sumándose a ello materiales provenientes de valles glaciares.

#### 3.2. Unidades geomorfológicas

A continuación, se presenta las principales unidades geomorfológicas identificadas en la cuenca baja del río Huaura.

##### 3.2.1. Unidad Flanco Andino Occidental

###### Sub unidad Cadena de Laderas y Cumbres

Esta sub unidad geomorfológica es parte de la cuenca media a baja, con cumbres y laderas en rocas intrusivas, sedimentarias con drenajes tributarios al Río Huaura. Esta unidad está compuesta de macizos intrusivo-graníticos cretácicos y sedimentarios, estos macizos rocosos presentan la ocurrencia predominantemente de fenómenos de meteorización y remoción en masa, debido a que los cuerpos intrusivos están intensamente fracturados y alterados, favoreciendo al desplazamiento de materiales detríticos en las laderas y en los cauces de las quebradas.

Corresponde a esta unidad geomorfológica las siguientes geoformas:

- Relieve de Montaña en Roca Ígnea Intrusiva (RM-ri)

Esta geoforma está relacionado a la intensa actividad ígnea ocurrida entre el Cretáceo y Terciario, donde se dieron estas geoformas de cadenas montañosas modeladas en rocas intrusivas, cuyas características más importantes se presentan en la cuenca media del río Huaura con relieves elevados, laderas y crestas de pendiente moderadamente empinadas. Se distribuyen ampliamente en la parte alta de la cuenca cubiertas parcialmente con vegetación y en menor proporción en la parte baja y media de la cuenca del río Huaura. Esta geoforma es susceptible a posibles ocurrencias de derrumbes, caídas de roca donde la roca esta intensamente fracturada, flujos de detritos y erosión de laderas.

- Relieve de Montaña en Roca Sedimentaria (RM-rs)

Esta geoforma se presenta sobre afloramientos de roca sedimentaria del Cretáceo, ocupando terrenos en la cuenca media y parte de la cuenca alta del río Huaura en ambas márgenes, con laderas de pendientes empinadas a moderadamente empinadas y ocasionalmente se presentan pendientes extremadamente empinadas. Este relieve condiciona a pequeñas ocurrencias de derrumbes y deslizamientos, pero predominan los flujos de detritos (huaycos) y erosión de laderas.

- Relieve de Montaña en Roca Volcánica (RM-rv).

Se manifiesta en la parte media de la cuenca del río Huaura y corresponde a afloramientos de la unidad geológica de rocas volcánicas de edad cretácico, con laderas de pendiente muy empinada y a veces extremadamente empinada, con cumbres agrestes donde han actuado los procesos de erosión diferencial, un grado de fracturas moderado a intenso, el intemperismo y las lluvias extraordinarias que ocurren periódicamente en los meses de verano, los que condicionan el terreno a posible ocurrencia de fenómenos como pequeños derrumbes, pequeños deslizamientos, caída de rocas, huaycos y flujos de detritos y lodos.

#### **Subunidad de Vertiente coluvio deluvial (V-cd)**

Están ubicados preferentemente en la parte media a baja de los cerros de pendiente fuerte, se pueden encontrar mayores concentraciones en la parte media alta y alta de la cuenca Huaura, están conformados por materiales sueltos depositados por la acción de la física y química del medio ambiente y la gravedad, son depósitos de rocas de tamaños polimétricos, generalmente monomigóticos muy sueltos, los depósitos más antiguos pueden presentar matriz limoarenosa, forman también abanicos de detritos y cerca de los ríos forman terrazas de detritos.

#### **Subunidad de Vertiente coluvial de detritos (V-c)**

Están ubicados preferentemente en la parte media a baja de los cerros de pendiente fuerte, se pueden encontrar mayores concentraciones en la parte media alta y alta de la cuenca Huaura, están conformados por materiales sueltos depositados por la acción de la física y química del medio ambiente y la gravedad, son depósitos de rocas de tamaños polimétricos, generalmente monomigóticos muy sueltos, los depósitos más antiguos pueden presentar matriz limoarenosa, forman también abanicos de detritos y cerca de los ríos forman terrazas de detritos.

### **3.2.2. Unidad Estribaciones bajas del Flanco Andino Occidental**

#### **Sub unidad Colinas, Lomadas y Laderas, Volcánico-Sedimentario e intrusivas**

Esta unidad está modelada por colinas alargadas, lomadas y laderas, teniendo como basamentos macizos de rocas volcánico-sedimentarias, en el cual se desarrollan valles tributarios con abanicos aluviales de intensa descarga aluvial (abanicos aluviales). Corresponden a esta unidad geomorfológica las siguientes geoformas identificadas: Relieve de colinas y lomadas en roca volcánica, y Relieve de colinas y lomada en roca intrusiva.

- Relieve de Colinas y Lomadas en roca Volcánica (RCL-rv)

Esta geoforma ocurre sobre afloramientos de rocas volcánicas, formando laderas de pendiente moderada a fuerte, siendo su distribución hacia la parte noroccidental de la cuenca media a baja. En esta geoforma se relaciona con procesos de erosión diferencial, con un grado de intemperismo y fracturamiento moderado, generando pequeños derrumbes y desprendimiento de fragmentos de roca, así como pequeños deslizamientos.

- Relieve de Colinas y Lomadas en roca Sedimentaria (RCL-rs)

Está conformado sobre formaciones geológicas sedimentarias, de altitudes variadas entre 100 a 300 m. La erosión sobre esta geoforma ha moldeado cumbres aplanadas y alargadas, suaves, poco elevados, con pendientes ligeramente inclinada; se ubican en algunas partes bajas de los afloramientos de roca sedimentaria, siendo poco probable la ocurrencia de movimientos de masas y en época de lluvias intensas ocurren procesos de erosión laminar en las laderas, flujos de detritos y flujos de lodo.

- Unidad de Colinas y Lomadas de Roca Intrusiva (RCL-ri)

Esta unidad geomorfológica se encuentra en la zona de subcuenca Baja, en las zonas bajas de los cerros y escarpes que forman los intrusivos del batolito de la costa, son zonas donde el aglomeramiento de esta roca no fueron tan pronunciadas, fueron suavizadas por la erosión superficial dándole la apariencia suave de pendiente moderada a baja, en algunos casos se encuentran cubiertos por material cuaternario, como depósitos de arena y suelos limo arenosos, están más pegados a la costa formando un relicto del intrusivo, están situados principalmente en la subcuenca de Bajo Huaura y Medio bajo Huaura, desde el sector fundo Puente chico, en la confluencia del río Huanangue y Huaura, hasta el sector de Fundo San Jorge en la subcuenca Bajo Huaura.

#### **Subunidad de Vertiente aluvio-torrencial (V-at)**

Corresponde a los depósitos dejados por flujos de detritos (huaicos) y de lodo excepcional. Se caracteriza por tener una pendiente suave. Está compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques, bolones y detritos), subangulosos, en matriz limo-arenoso, transportados por las quebradas y depositados en forma de cono a la salida de las quebradas.

### **3.2.3. Geoformas fluvio aluviales**

Esta unidad geomorfológica está conformada por cauces itinerantes y sistemas de terrazas fluviales, presentando pendientes bajas, condición que favorece los desbordes del río Huaura e inundación a lo largo y ancho de la planicie o abanico fluvio aluvial distal. La baja pendiente del río trae como consecuencia que el río pierda capacidad de arrastre y se produzcan mayormente la colmatación, de sedimentos.

Esta unidad geomorfológica comprende cinco geoformas, siendo las siguientes: Planicie aluvial (P-al), Terraza Baja Inundable, Abanico Fluvial Distal, Abanico Fluvial Proximal, Terrazas Indiferenciada y Mantos de Arena.

#### **Planicie Aluvial (P-al)**

Esta geoforma se origina por corrientes de agua que fluyen rápidamente y entran a una zona tendida y semi plana, cuya velocidad disminuye progresivamente según disminuye su gradiente aguas abajo. En algunos sectores las llanuras son amplias conformadas por terrazas en ambos márgenes, lo cual favorece su uso como terrenos de cultivo y lugares de asentamiento poblacional.

Están compuestos por una mezcla de cantos, gravas y bloques pequeños, de bordes sub redondeados, de granulometría variable y arenas, limos y arcillas con mezcla de elementos heterogéneos de distinta composición.

### **Terraza Baja Inundable (TBI)**

Esta geoforma se presenta en el curso variado del río Huaura, compuestos por materiales depositados, no consolidados, con relieves de pendiente casi plana, formando el cauce actual y una serie de terrazas de inundación en forma fraccionada e irregular, hacia la margen derecha, centro y margen izquierda del lecho del río.

En épocas de fuertes precipitaciones estas geoformas tienden a sufrir los efectos de la acción erosiva como consecuencia de las inundaciones. Estas geoformas se presentan a lo largo del cauce del río, así como en el curso medio y bajo.

### **Abanico Fluvial Distal (AFD)**

Esta geoforma corresponde a la zona baja, del cauce del río Huaura representado por una extensa planicie fluvial, en la que el cauce del río discurre por esta planicie, se identifican por la sedimentación de materiales que son arrastrados cerca del cauce del río. Los depósitos que lo conforman están compuestos de arenas de grano fino, medio a grueso, con mínima presencia de grava, debido a la baja pendiente del río en esta parte.

En periodos de fuerte avenidas generan erosión de riberas, llanuras de inundación y colmatación de sedimentos.

### **Abanico Fluvial Proximal (AFP)**

Esta geoforma predomina en la cuenca baja y media, donde el lecho del río se encuentra limitado por elevaciones de lomadas y cadena de laderas en ambas márgenes, con pendientes ligeramente inclinadas y se caracteriza por presentar acumulación de material grueso, como cantos, gravas y arena gruesa con finos limosos.

Estas geoformas se presentan en ambas márgenes del río Huaura.

### **Terraza Indiferenciada (Ti)**

Esta geoforma predomina en la cuenca media y alta, conocida como terrazas poligénicas, son superficies planas, remanentes de diferentes niveles de sedimentación, ubicadas por encima del nivel máximo de las aguas de un río. Se forma por la fusión de numerosas terrazas de diferentes edades, pero pertenecientes a un mismo ciclo erosivo, en la cuenca del río Huaura se manifiesta sobre sectores del margen izquierdo. Litológicamente está constituido principalmente por sedimentos de depósitos fluviales acarreados por los ríos y quebradas.

#### 3.2.4. Unidad Mantos de Arena (M-a)

Estos depósitos están situados preferentemente en la zona de costa, son grandes y moderadas acumulaciones de arena transportados por la actividad eólica, se depositan en zonas pendiente baja a casi a nivel de mar, estos depósitos son modelados por los vientos y están conformados por arenas de granulometría fina a media producto de la erosión supérgea de la zona, dentro del ámbito del proyecto está situado en la zona de subcuenca Bajo Huaura, a unos 6 km de la desembocadura al mar del río Huaura.

La Ilustración 33 muestra el mapa geomorfológico regional de la cuenca del río Huaura elaborado por INGEMMET.

[illegible]

En el contexto local se definen geoformas variadas que guardan relación con agentes morfogenéticos externos asociados al clima, viento, temperatura, altitud, acción del agua en este caso fluvial, principalmente. Así también, la pendiente es considerada como un factor de alta importancia.

400200-OHL001-501-XX-BD-GG-004001-R01  
Página 48 de 95

### 3.3.1. Tramo 1: Fundo Carquin Chico - Puente Huaura

En este tramo se tiene la unidad geomorfológica Valle Amplio la cual está conformada por las geoformas Terraza Baja Inundable y Terrazas fluviales. El primero caracterizado por un relieve plano al mismo nivel del río y la segunda por estar delimitadas por escarpas a desnivel con el río. Estas terrazas fluviales se diferencian por su formación en distintos tiempos, por lo que las más alejadas del cauce son las más antiguas y las más próximas, las más jóvenes. En este tramo predomina el carácter deposicional debido que el río pierde fuerza de arrastre al entrar a la zona llana del abanico y deposita su carga de sedimentos desde los más pesados en las zonas proximales y los más finos y livianos en las zonas distales.

El cauce principal del río se encuentra medianamente colmatado por sedimentos y depósitos fluvio aluviales de granulometría variada, además, presenta un alineamiento ligeramente recto a curvo, con dirección NE-SW y tramos de cauce ligeramente trenzados, con anchos de lecho promedio entre 25.0 y 50.0 m, estrechándose cerca al Puente Huaura (Nueva y Antigua Panamericana Norte).

#### Cauce activo del río

Este tramo presenta tramos con relieves moderadamente lineales y ligeramente sinuosos con erosión en las curvas cóncavas del río, con presencia de material tipo arena limosa y predominio de acumulaciones de cantos rodados y bolonería en el cauce principal formando pequeñas playas. El ancho promedio de lecho va de 25.00 m a 50.00 m, con bordes erosionados y gradiente muy suave (1.0% a 1.1%). Ambas márgenes presentan vegetación arbustiva y áreas de cultivo.

#### Terraza baja inundable (TBI)

Las terrazas de inundación presentes en ambas márgenes se encuentran ocupadas por cultivos de la población cercana al lecho del río. Las terrazas o llanuras de inundación presentan un relieve casi plano, la misma que se inunda cuando el río rebasa su capacidad de carga. Están ocupadas por predios agrícolas temporales en ambas márgenes del río.

#### Terrazas fluviales (TFL-1, TFL-2)

Son planicies a desnivel con el cauce del río, delimitados por una escarpa de erosión con las terrazas bajas inundables, han sido formadas en distintos tiempos y en muchas ocasiones son cortadas por superficies erosivas, cuyas huellas han quedado marcadas en las áreas de cultivo. En este tramo se han podido diferenciar dos terrazas fluviales de carácter agradacional conformados por gravas y arenas principalmente.

#### Relieve de Colinas y Lomadas en roca volcánica Sedimentaria (RCL-rvs).

En este tramo también se encuentra comprendido la Unidad Geomorfológica de Colinas, Lomadas y Laderas, Volcánico-sedimentario con su geoforma de Relieve de Colinas y Lomadas en roca volcánico Sedimentaria (RCL-rvs). Estas geoformas se encuentran alejadas del cauce del río.

Las características geomorfológicas presentes en este tramo se presentan en el mapa geomorfológico 400200-OHL001-501-XX-MP-GG-004050.

Ilustración 34. Predominio de depósitos fluviales en el cauce del río, formando playas fluviales.

(Fuente: Propia)



### 3.3.2. Tramo 2: Alrededores del centro poblado Sayán

Este tramo se encuentra comprendido por las unidades geomorfológicas Valle Amplio conformado por las geoformas de relieve Terraza Baja Inundable y Terrazas Fluviales (TFL-1; TFL-2) y la Unidad Geomorfológica Colinas, Lomadas y Laderas, Intrusiva con su geoforma de relieve de Colinas y Lomadas en roca Ígnea Intrusiva (RCL-ri) y la Unidad Geomorfológica Cadena de Laderas y Cumbres Intrusiva con las geoforma de Relieve de Montaña en Roca Ígnea Intrusiva (RM-ri).

Las terrazas fluviales se ven limitadas por las laderas de cadenas de rocas intrusivas y fragmentos de abanico aluvial. También se presentan superficies planas al pie de las áreas montañosas, las que conforman las Terrazas Indiferenciadas (Ti), que son remanentes de niveles de sedimentación antigua. Sobre estas terrazas se localiza el poblado de Sayán. En este último tramo hacia las proximidades de Sayán, se observa en ambos márgenes la presencia de colinas y montañas rocosas de composición intrusiva. Sobre las laderas de estas colinas intrusivas se presentan abanicos coluvio deluviales.

#### Cauce activo del río

Este tramo presenta sectores ligeramente sinuosos y trenzados con formación de pequeñas playas y terrazas inundables recientes, con presencia de arena limosa y acumulaciones de cantos rodados y bolonería en el cauce principal. El cauce principal presenta un ancho promedio que va desde los 90 m hasta hacerse más estrecho hacia las cercanías del poblado de Sayán, llegando a un ancho promedio de 20 m. con un régimen regular y caudal mayor. La pendiente o gradiente moderada va desde 0.13 %.

#### Terraza baja inundable (TBI)

Estas geoformas se presentan a lo largo del cauce del río ocupando una franja delgada que limita con el cauce y las terrazas fluviales. En la zona de confluencia del río Huaura y Huananque el área ocupada se

amplía ligeramente, así como aguas abajo. Las terrazas están conformadas por suelos granulares no consolidados.

#### **Terrazas fluviales (TFL-1, TFL-2)**

Son remanentes de anteriores niveles de sedimentación. Los niveles más altos corresponden a terrazas antiguas. Geodinámicamente, esta subunidad está asociada a procesos de erosión fluvial, cuando el río recupera cursos fluviales antiguos. En este tramo se han podido diferenciar dos terrazas fluviales conformadas por gravas y arenas principalmente. Actualmente, las terrazas están ocupadas por áreas de cultivo y viviendas aledañas, principalmente en la margen izquierda que presenta un mayor desarrollo.

#### **Vertiente coluvial de detritos**

Esta geoforma se presenta hacia la margen derecha del río y en las cercanías del poblado de Sayán. Se producen por el intercalamiento de depósitos coluviales y deluviales de manera interestratificada lo que hace difícil individualizarlas. Se presentan en las laderas de montañas y colinas intrusivas con pendientes moderadas y son producto de la meteorización de las rocas ígneas del tipo monzogranito que afloran en esta zona. Los materiales deluviales están conformados por limoarcillitas intercalados con gravas, no consolidadas lo que los hace vulnerables al transporte por algún flujo de agua extraordinario, provocando un flujo de detritos.

#### **Relieve de Colinas y Lomadas en roca ígnea intrusiva (RCL-ri).**

Esta unidad geomorfológica se encuentra comprendida entre las zonas bajas de los cerros y escarpes que forman los intrusivos del batolito de la costa, sus alturas son menores a 300 m, las colinas presentan drenajes dendríticos característicos de esta unidad geomorfológica, la mayoría presenta cimas redondeadas estrechas, están conformadas por rocas intrusivas del Batolito de la Costa (monzogranitos, tonalitas, etc.), todas tienen laderas cubiertas por bloques de roca producto del fracturamiento y la meteorización física,

Esta geoforma se localiza hacia la margen izquierda del río Huara y adyacente al poblado de Sayán.

#### **Relieve de Montaña en roca ígnea intrusiva (RM-ri).**

Esta geoforma corresponde a afloramientos de roca intrusiva, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas y de pendiente moderada a alta.

Son perceptibles en la margen derecha del río Huaura y al frente al poblado de Sayán. Esta geoforma es susceptible a posibles ocurrencias de derrumbes y caídas de roca debido al fracturamiento intenso del macizo.

La Tabla 13 muestra un resumen general de la geomorfología local.

Las características geomorfológicas presentes en este tramo se presentan en los mapas geomorfológicos 400200-OHL001-501-XX-MP-GG-004051 y 400200-OHL001-501-XX-MP-GG-004052.

La Tabla 3 muestra un resumen general de la geomorfología local.

**Tabla 3. Resumen de Geomorfología Local de los tramos estudiados**  
(Elaboración Propia, 2022)

| Tramo                                         | Geoforma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tramo 1: Fundo Carquin Chico - Puente Huaura  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cauce activo</li> <li>- Terrazas Baja Inundable (TBI)</li> <li>- Terrazas fluviales (TFL1, TFL2)</li> <li>- Relieve de colinas y lomadas en roca volcánico sedimentaria (RCL-rvs)</li> </ul>                                                                                                 |
| Tramo 2: Alrededores del centro poblado Sayán | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cauce activo</li> <li>- Terrazas Baja Inundable (TBI)</li> <li>- Terrazas fluviales (TFL1, TFL2)</li> <li>- Vertiente coluvial de detritos</li> <li>- Relieve de Colinas y Lomadas en Roca Ígnea Intrusiva (RCL-ri)</li> <li>- Relieve de Montaña en Roca Ígnea Intrusiva (RM-ri)</li> </ul> |

### 3.4. Evolución del medio fluvial

En la cuenca del río Huaura se han generado crecidas intensas provocadas por eventos hidrometeorológicos extremos, como los fenómenos de El Niño que finalmente afectan a la población y áreas de cultivos situadas en las márgenes. Estos eventos históricos han contribuido a los cambios en la morfología de la zona de estudio, por ello, en este apartado se describirán aquellos principales cambios que se pudieron interpretar mediante imágenes satelitales.

#### 3.4.1. Información utilizada

Se utilizaron las imágenes satelitales obtenidas del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) del satélite Landsat 5 para el año 1998 (FEN histórico) con el menor porcentaje de nubosidad posible. Además, se han empleado las imágenes satelitales disponibles en el Google Earth para los años 1969 y 1985 con una resolución de baja calidad; y para los años 2009/2010 (FEN moderado) y el año 2017 (Fenómeno del Niño Costero) con mejor resolución. Las imágenes satelitales utilizadas corresponden a fechas antiguas como es el caso de 1969 y 1985; y las demás fechas corresponden a eventos del fenómeno de El Niño (moderado y fuerte) en las fechas de máximas precipitaciones entre diciembre y abril.

Ilustración 35 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1969 – Tramo 1  
(Google Earth, 1969)



Ilustración 36 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1969 – Tramo 2  
(Google Earth, 1969)

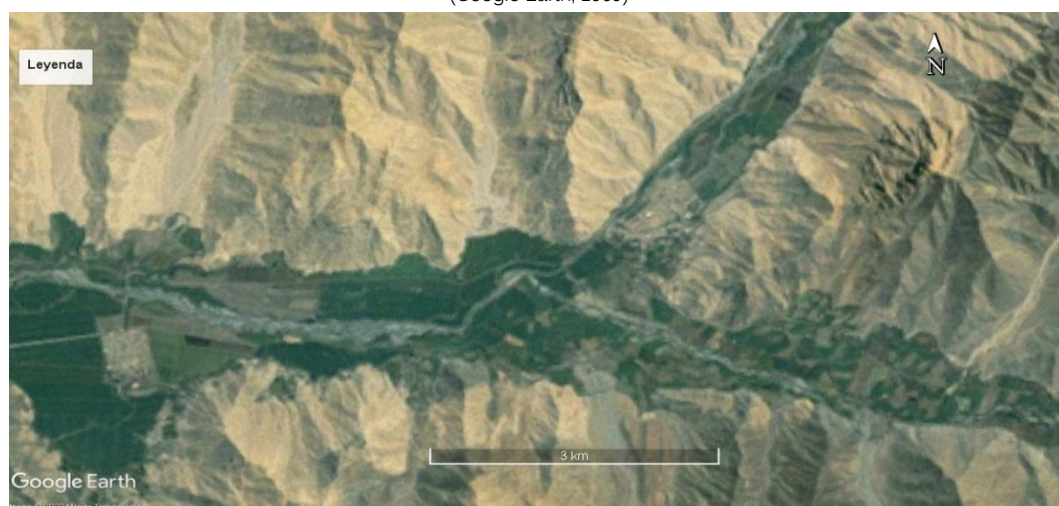


Ilustración 37 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1985 – Tramo 1  
(Google Earth, 1985)



**Ilustración 38** Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 1985 – Tramo 2  
(Google Earth, 1985)

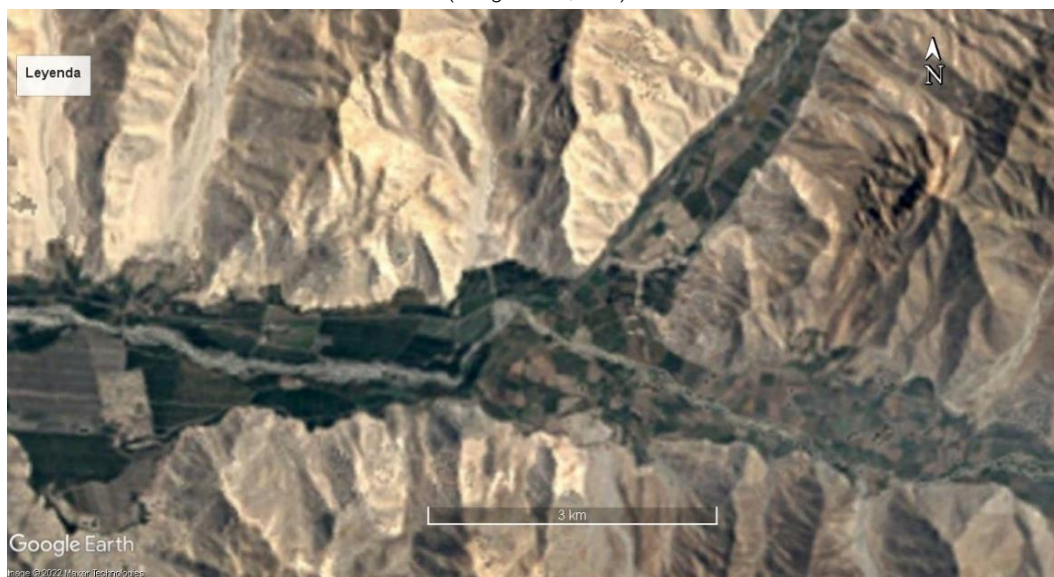


**Ilustración 39** Imagen satelital de Landsat 5 de abril de 1998 – Tramo 1  
(USGS, 2022)

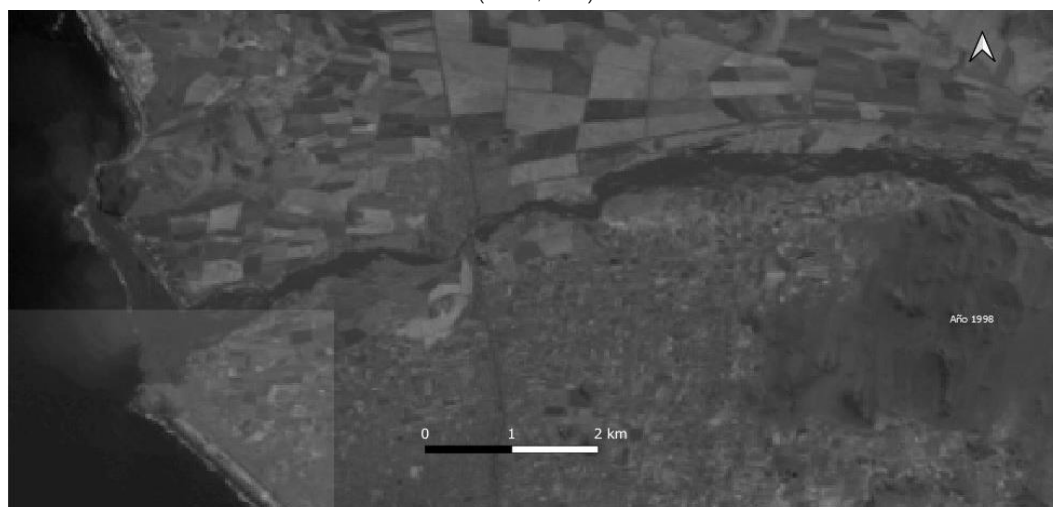


**Ilustración 40** Imagen satelital de Landsat 5 de abril de 1998 – Tramo 2  
(USGS, 2022)

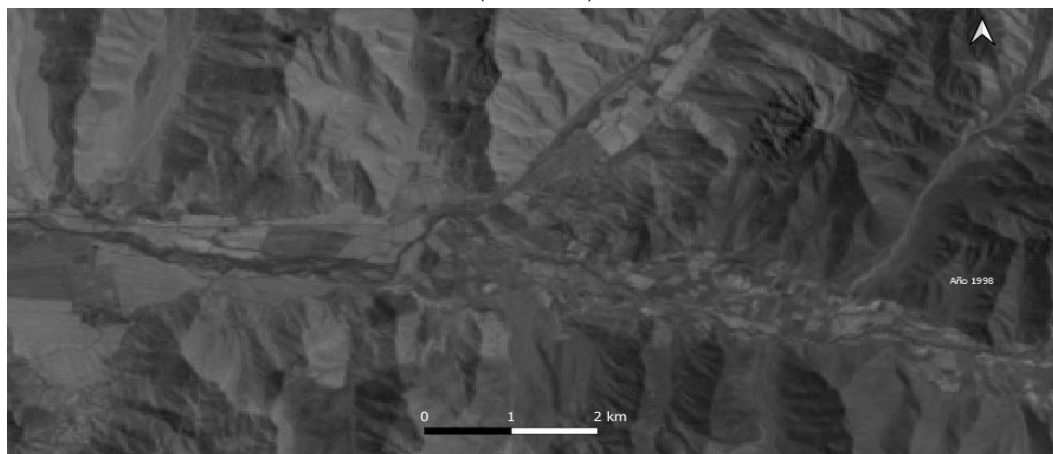


**Ilustración 41 Imagen satelital de Landsat/Copernicus de 2009 – Tramo 1**  
(Google Earth, 2009)



**Ilustración 42 Imagen satelital de Landsat de 2009 – Tramo 2**  
(Google Earth, 2009)

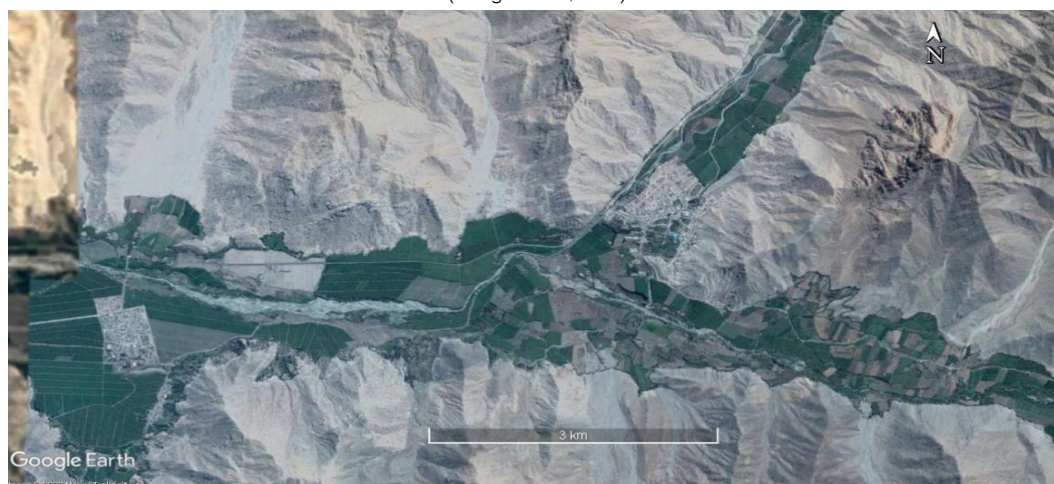


**Ilustración 43 Imagen satelital de Google Earth de abril del 2017 – Tramo 1**  
(Google Earth, 2017)



Ilustración 44 Imagen satelital de Google Earth de abril del 2017 – Tramo 2  
(Google Earth, 2017)



### 3.4.2. Metodología empleada

La delimitación del cauce histórico del río se determina a partir de las imágenes satelitales de las fechas descritas en el apartado anterior, teniendo en cuenta las siguientes indicaciones: los límites del cauce se situarán preferentemente sobre la coronación del talud que separa la zona deprimida del medio fluvial, de los márgenes adyacentes más elevados.

Existen métodos históricos que se emplean para reconstruir la extensión cubierta o la cota alcanzada por las aguas durante una crecida desencadenada en el período histórico. Los métodos geológicos-geomorfológicos emplean la disposición y tipología de las formas de terreno y los depósitos generados durante o tras un evento de crecidas. Con ello se pueden delimitar las áreas geomorfológicamente activas dentro del cauce fluvial y sus márgenes; y por tanto susceptibles de ser inundadas en el marco de la dinámica natural de la corriente fluvial.

Es así como las huellas dejadas por estas crecidas a lo largo del tiempo se pueden evidenciar por las formas de canales semicirculares abandonados y por los depósitos recientes dejados en las zonas próximas al cauce. En la actualidad, estas zonas inundadas, están cubiertas por vegetación relacionada al uso agrícola.

### 3.4.3. Delimitación de la zona Inundable

A continuación, se presenta la descripción y la explicación de las diferentes huellas de inundación y cambios geomorfológicos ocasionados a partir de los diferentes eventos del Fenómeno de El Niño, a partir de la imagen satelital y fotointerpretación geológica utilizada a partir de imágenes históricas en los años 1969, 1985, 1998, 2009 y 2017. Con la imagen satelital de cada año se procedió a realizar la delimitación de las huellas de inundación de la zona de influencia al emplazamiento de los diques del paquete 4).

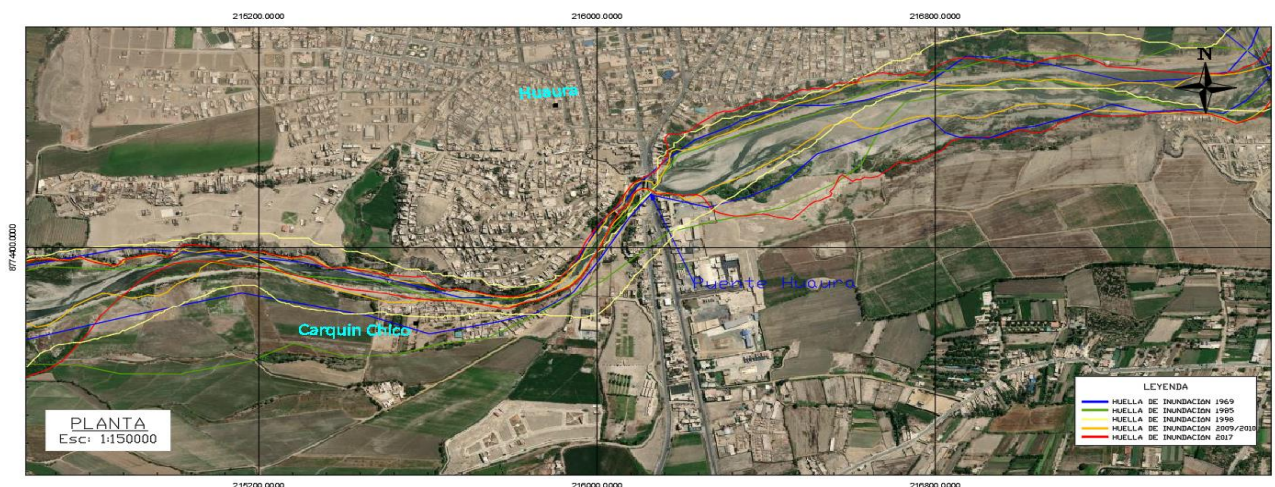
## Huellas de inundación entre el tramo Fundo Carquin Chico hasta el puente Huaura

El río presenta un cauce marcado en la margen derecha aguas abajo y arriba del puente Huaura, puesto que se encuentra delimitado por una terraza aluvial con desnivel pronunciado, por ello su área inundable no alcanza a los cultivos ni población que se encuentran sobre este desnivel, sin embargo, se observa la susceptibilidad de sus márgenes a la erosión debido a la incompetencia de los depósitos aluviales. Por otro lado, en la margen izquierda los terrenos se encuentran casi al mismo nivel del cauce del río por lo que en los años de 1985, 1998 y 2017 el cauce presentó una migración con tendencia al sur, provocando inundaciones en esta margen. Sumado el hecho que a inicios del año 2000 el centro poblado Carquin Chico empezaba a asentarse hacia la margen izquierda (al frente de Huaura) sobre un área donde el río había ocupado su cauce años anteriores. En los eventos del FEN 2009/2010 y 2017, no se observan evidencias de inundación hacia este poblado; sin embargo, al presente año, la densidad de esta población se ha incrementado tornándose susceptibles a sufrir inundaciones, combinado a posibles erosiones en su margen (ver Ilustración 45).

En este tramo se observa que los años 1998 y 2017 fueron los que inundaron más terrenos de cultivo por la margen derecha, así mismo el ancho de su cauce fue mayor en comparación de los demás años

**Ilustración 45 Delimitación de zonas inundables entre el Fundo Carquin Chico hasta el puente Huaura**

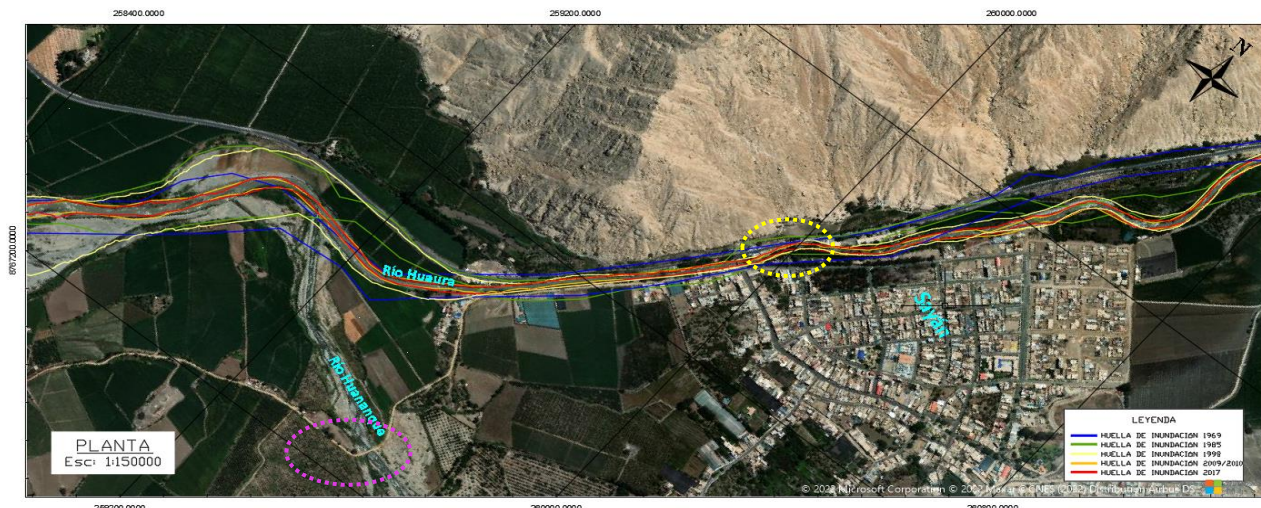
(Elaboración propia, 2022)



Con base en las imágenes satelitales históricas se determina que los eventos registrados de mayor significancia corresponden a los años 1998 principalmente y el 2017. A lo largo de estos eventos se pueden observar la variación del ancho del cauce, debido a las inundaciones.

## Huellas de inundación entre el tramo de los alrededores del centro poblado Sayán

Ilustración 46 Delimitación de zonas inundables en la zona de los alrededores del centro poblado Sayán  
(Elaboración propia, 2022)



A la altura de Sayán, el cauce de río se torna estrecho puesto que está delimitado por un macizo rocoso por la margen derecha y obras de defensas ribereñas por la margen izquierda, que debido al cauce casi rectilíneo lo largo de esta zona, no se forman codos de erosión o zonas de colmatación de sedimentos, a excepción de la zona delimitada por un círculo amarillo en la Ilustración 46, cuya erosión al pie de la vía podría causar la pérdida de su plataforma.

De igual manera en la zona de confluencia del río Huaura con el río Huananque, se observa que antes del año 2017, las aguas del río Huananque discurrían libremente con un cauce sinuoso, formando barras de material detrítico en ambas márgenes; y en épocas de avenidas, las aguas se desbordaban hacia la margen derecha, principalmente, ocasionando daños al puente y a la trocha que cruza el río (círculo magenta de la Ilustración 46). Después del año 2017, se observan obras de defensas ribereñas construidos, en primer lugar aguas arriba, y seguido de las márgenes del río en su desembocadura. Estas obras han permitido el encauzamiento de forma rectilínea de la desembocadura del río Huananque hacia el río Huaura que a la vez sigue una trayectoria NW-SE. Así mismo, se forma un codo erosivo en el río Huaura (en la zona de confluencia), donde se observan que actualmente existen obras de defensas ribereñas, debido que en esta zona el poder erosivo de ambos ríos se incrementa. Se recomienda que las estructuras de defensas sean robustas cuya funcionalidad debes estar orientado a evitar la socavación de esta margen derecha y la protección de las zonas de cultivo adyacentes que a la vez es un segundo frente de protección para la vía Sayán.

Ilustración 47 Dinámica del cauce del río Huananque en su desembocadura  
(Elaboración propia, 2022)



## 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

### 4.1. Casos históricos de inundación y erosión fluviales

La cuenca del río Huaura es una cuenca desarrollada desde una altitud de 5500 msnm hasta los 0 m (en la desembocadura del río en el mar) por lo que las condiciones geodinámicas varían de acuerdo al lugar. En la cuenca alta con niveles glaciares suelen suceder caída de rocas y deslizamientos, en las quebradas generalmente suceden huaycos y erosión; y en las zonas bajas suelen suceder inundaciones principalmente.

Estas inundaciones son originadas principalmente por el Fenómeno de El Niño, que origina lluvias intensas anómalas y consecuentemente da lugar a las grandes avenidas de flujos con carga sólida. Así mismo, se generan erosión de las márgenes del río.

#### 4.1.1. Inundaciones

Las inundaciones son procesos naturales y recurrentes en la historia dinámica de un río. Están asociadas a precipitaciones pluviales excepcionales por la excesiva descarga y aumento del caudal de los ríos, que originan avenidas que rebasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga del cauce.

La cuenca del río Huaura presenta susceptibilidad a inundaciones desde la Cuenca alta hacia la cuenca baja debido a la falta de un mayor número de defensas en sus riberas.

En el río Huaura, este fenómeno ha afectado a poblados, terrenos agrícolas (ubicados en las márgenes de dichos ríos y próximos a estos), puentes, alcantarillas, pontones, plataformas de carretera y demás obras de infraestructura.

Acciones antrópicas como la deforestación de la cobertura vegetal ribereña también contribuye a que se produzca erosión fluvial e inundaciones.

#### 4.1.2. Erosión fluvial

Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos. Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son, la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima. En la región de la Cuenca baja del río Huaura, en condiciones climáticas normales, la erosión fluvial es muy acentuada. Esta condición cambia radicalmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño, donde se registran precipitaciones intensas, donde se activan quebradas secas y cargan los ríos, registrando caudales elevados, produciendo una intensa erosión fluvial a lo largo de sus márgenes; así como migración y cambios en sus cursos.

La Tabla 4 describe un listado de inundaciones, erosión fluvial, flujo de detritos y caída de rocas que ha sufrido la zona de influencia donde se emplazarán las estructuras de defensa del paquete 4. Esta información se ha basado en el “Estudio de Riesgos geológicos del Perú – Franja 3” publicado por INGEMMET el año 2003 y la información disponible en la página de Geocatmin.

Tabla 4 Principales peligros inventariados en la cuenca del río Huaura  
(INGEMMET, 2003)

| Código | Peligro                                     | Provincia, paraje, distrito, Fundo                   | Daños a la Vida y la Propiedad/Medidas de control propuestos por INGEMMET                                                                                                                                                                       |
|--------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Flujo de detrito, nivel de peligro alto     | Sector Pampa de Maní                                 | En 1998 afectó 2 ha de terrenos de cultivo                                                                                                                                                                                                      |
| 2      | Caída de roca, nivel de peligro alto        | Salida de Sayán a Huaura - Oyón                      | Puede afectar a viviendas del poblado Sayán, ubicadas cercano al cerro, así como también a terrenos de cultivo y carretera afirmada Sayán-Huara en un tramo de 200 m.                                                                           |
| 3      | Caída de roca, nivel de peligro medio       | Margen izquierda de la carretera Sayán - Churin      | Carretera Sayán - Churin                                                                                                                                                                                                                        |
| 4      | Flujo de detrito, nivel de peligro muy alto | Quebrada Catalina / Sayán                            | En 1998 afectó viviendas ubicadas en la plaza de armas y alrededores, destruyo canal de regadío. Puede afectar viviendas en construcción, de la localidad de Sayán, específicamente del barrio de El Catalino y canal de irrigación Santa Rosa. |
| 5      | Caída de roca, nivel de peligro muy alto    | Cementerio de Sayán/ Sector Buenos Aires-Portachuelo | Puede afectar viviendas de la localidad de Sayán, específicamente del barrio de Buenos Aires-Portachuelo y canal de irrigación Santa Rosa.                                                                                                      |
| 6      | Caída de roca, nivel de peligro muy alto    | Sector Vista Alegre                                  | Afecta tramo de 500 m de la vía Sayán-Santa Cruz.                                                                                                                                                                                               |

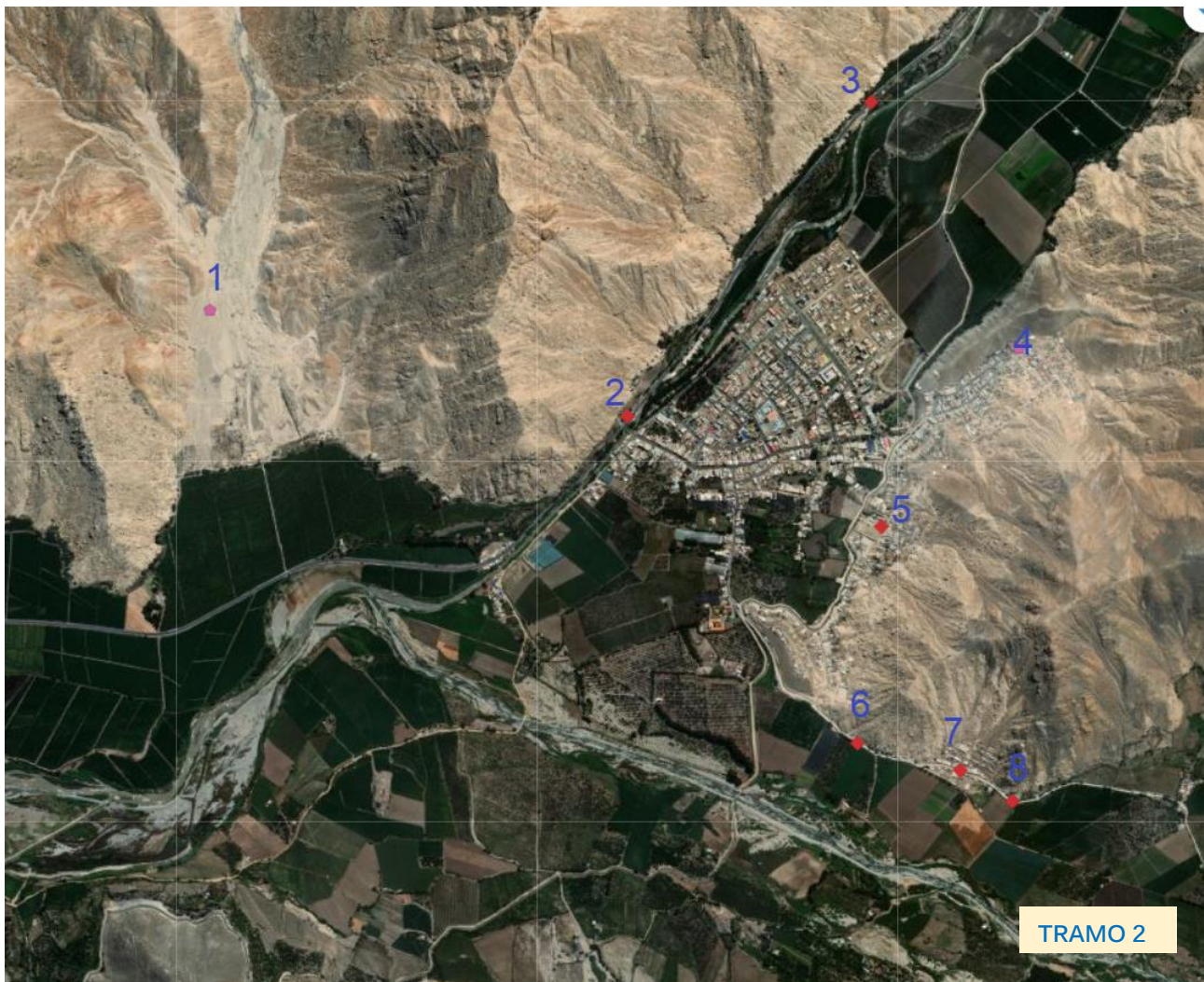
|   |                                           |                     |                                                                                                                      |
|---|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Caída de roca, nivel de peligro muy alto  | Sector Vista Alegre | Afecta viviendas del poblado de Vista Alegre, ubicadas al pié del talud y tramo de 300 m de la vía Sayán-Santa Cruz. |
| 8 | Caída de roca, nivel de peligro medio     | Sector Vista Alegre | Afecta tramo de la vía Sayán-Santa Cruz.                                                                             |
| 9 | Inundación Fluvial, nivel de peligro alto | Fundo Carquín Chico | Puede afectar terrenos de cultivo.                                                                                   |

La Ilustración 48 muestra la ubicación de cada peligro listado en la Tabla 4.

Ilustración 48 Distribución de los peligros identificados en la zona de estudio.

(Geocatmin, 2003)





## 4.2. Evaluación de peligros geológicos a nivel local

A continuación, se detallan los peligros geológicos identificados en campo:

### 4.2.1. Tramo 1: Fundo Carquin Chico – Puente Huaura

El fenómeno predominante es la erosión fluvial (proceso estacional) causado por la socavación de las márgenes del río y cauce. La acción erosiva del río se ve incrementado por el aumento de los caudales en temporadas de lluvias, al entrar en contacto con materiales aluviales sostenidos en una matriz arenosa de compacidad suelta. A la altura del fundo Carquin Chico, se observa la formación de un codo erosivo que poco a poco socavaría la margen izquierda del río, por lo que es recomendable la intervención y emplazamiento de estructuras de protección ribereñas. Así mismo, este tramo es muy vulnerable a las inundaciones, generando deposición de sedimentos y desbordamiento en ambas márgenes del río, afectando propiedades, población, áreas agrícolas e infraestructura en general.

Las llanuras de inundación son los terrenos sujetos a inundaciones según el caudal de avenida presentado, y se ubican en las zonas adyacentes al curso principal del río. Se puede apreciar que actualmente las llanuras están siendo ocupadas por malezas, árboles y zonas agrícolas.

A lo largo del río, es común observar diques rústicos en mal estado, producto de la erosión y transporte del río (ver Ilustración 50)

**Ilustración 49. Vista de afloramientos rocosos hacia el margen izquierdo, mostrando taludes escarpados por la acción fluvial del río.**

(Fuente: Propia)



**Ilustración 50. Dique rústico existente constituido de gravas y cantos, afectado por la erosión fluvia.**

(Fuente: Propia)



El mapa de Peligros geológicos 400200-OHL001-501-XX-MP-GE-004100 muestra gráficamente ambos fenómenos descritos.

#### 4.2.2. Tramo 2: Alrededores del centro poblado Sayán

Geodinámicamente el tramo evaluado presenta procesos geodinámicos tales como erosión de laderas, caída de rocas, flujos de detrito e inundaciones, que se acentúan en temporadas de fuertes precipitaciones con una escorrentía torrencial, las que confluyen en el río Huaura incrementando su caudal y afectando ambas márgenes del río. Se puede apreciar que en algunos tramos las márgenes se encuentran con obras de defensa ribereña colapsadas o desprotegidas, incrementando la vulnerabilidad ante estos procesos geodinámicos con niveles de riesgo muy alto por inundaciones y movimientos de masa que produce la cuenca, que afectarían a zonas agrícolas y viviendas.

En este sector se presentan procesos de erosión de laderas, manifestados por taludes escarpados a lo largo de la margen derecha en forma intermitente (progresiva 45+500 al 45+680, 47+400 al 48+000, 48+950 al 49+100). Así mismo se presentan erosión de laderas en ambas márgenes del río (progresiva 49+050 al 49+150) y en el margen derecho, desde la progresiva 49+100 al 49+000 (dique proyectado DI-PR-52bis-1-D). La caída o desprendimiento de rocas es muy frecuente en este sector (progresiva 51+480 al 52+100, 52+400 al 52+600 y 52+800 al 52+850).

En este tramo se ubica el poblado Sayán y a la vez el cauce del río se estrecha. La zona más estrecha es donde se emplaza el puente Sayán, cuya luz aproximada es de 20 m. En la margen izquierda se desarrolla la población.

**Ilustración 51. Taludes escarpados, producto de la erosión de laderas, hacia la margen derecha. Progresiva 47+750**

(Fuente: Propia)



Ilustración 52. Taludes escarpados, producto de la erosión de laderas. Margen derecha, Progresiva 47+620.

(Fuente: Propia)



Ilustración 53. Se observa los bordes de las terrazas erosionadas por la acción fluvial. Margen Derecho. Progresiva 49+050

(Fuente: Propia)



Ilustración 54. Desprendimiento de bloques de roca de composición intrusiva. Hacia las laderas acumulaciones de depósitos coluviales.  
Margen derecho. Progresiva 52+800.

(Fuente: Propia)



Como medidas de prevención, se recomienda la construcción de estructuras de defensas ribereñas en cuyas márgenes se observan codos erosivos y mapeados como vulnerables ante inundaciones, además, de la descolmatación del cauce en el lado opuesto del codo (zona de sedimentación). En caso de la caída de rocas, se debe realizar un desquinche permanente y la limpieza de estos depósitos coluviales formados en el piedemonte de las laderas.

Los peligros geológicos identificados en este tramo se presentan en los mapas 400200-OHL001-501-XX-MP-GE-004101 y 400200-OHL001-501-XX-MP-GE-004102.

La Tabla 5 presenta un resumen de los problemas de inundación y erosión fluvial que se dan a lo largo de la zona de estudio.

**Tabla 5 Resumen de Problemas Geodinámicos identificados**  
(Elaboración Propia, 2022)

| Tramo | Nº | PROGRESIVAS<br>(km) | PROBLEMA<br>GEODINÁMICO          | DESCRIPCIÓN                                                                                                         |
|-------|----|---------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 1  | 3+750               | Erosión Fluvial,<br>Inundaciones | Zona de inundación y erosión fluvial hacia los taludes y viviendas aledañas. Margen Izquierdo y derecho.            |
|       | 2  | 4+500 – 5+200       | Erosión Fluvial,<br>Inundaciones | Terrazas erosionadas por acción fluvial. Margen Izquierdo. Sector con huellas de inundación.                        |
| 2     | 3  | 45+600 – 46+000     | Erosión de laderas               | Taludes escarpados, afectados por la acción erosiva del río. Margen izquierdo.                                      |
|       | 4  | 46+850 – 47+000     | Erosión de laderas               | Taludes escarpados, afectados por la acción erosiva del río. Margen derecho                                         |
|       | 5  | 47+400 – 48+000     | Erosión de laderas               | Taludes escarpados, afectados por la acción erosiva del río. Margen derecho                                         |
|       | 6  | 48+950 – 49+100     | Erosión de laderas               | Taludes escarpados, afectados por la acción erosiva del río. Margen derecho                                         |
|       | 7  | 49+050 – 49+150     | Erosión Fluvial                  | Taludes escarpados, afectados por la acción erosiva del río. Margen izquierdo                                       |
|       | 8  | 49+100 – 50+800     | Erosión Fluvial                  | Márgenes escarpados, afectados por la acción erosiva, margen derecho e izquierdo.                                   |
|       | 9  | 51+480 – 52+100     | Caída de Rocas                   | Desprendimiento de fragmentos de rocas de las laderas, de composición intrusiva.                                    |
|       | 10 | 52+400 – 52+600     | Caída de Rocas                   | Desprendimiento de fragmentos de rocas de las laderas, de composición intrusiva.                                    |
|       | 11 | 52+800 – 52+850     | Caída de Rocas                   | Desprendimiento de fragmentos de rocas de las laderas, de composición intrusiva.                                    |
|       | 12 | 52+600 – 52+800     | Inundación                       | Zona Vulnerable ante inundaciones. Sector Casa Blanca, Sayán, Margen Izquierdo.                                     |
|       | 13 | 52+400 – 53+000     | Erosión Fluvial                  | Erosión por acción del río que puede afectar a la carretera Churín - Sayán y terrenos de cultivo en ambas márgenes. |

## 5. HIDROGEOLOGÍA

La caracterización de los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del río Huaura, se realizó tomando como base la información secundaria consignada del estudio “Hidrogeología de la cuenca del río Huaura (13756) – Región Lima” realizada por la Dirección de geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET, 2019.

La cuenca del río Huaura presenta diferentes características hidrogeológicas debido a la variedad de litologías con diferentes grados de fracturamiento, depósitos cuaternarios de variada granulometría y morfología con pendientes variadas.

Dentro del ámbito de estudio de la cuenca Huara se tienen cinco unidades hidrogeológicas cada una determinada por sus características litológicas y estructurales, estas son los acuíferos fisurados sedimentarios, relacionados a zonas donde predominan rocas sedimentarias que se ubican principalmente en la cabecera de la cuenca alta, acuitados volcánico sedimentarios los que se sitúan en la cuenca alta-media relacionados a depósitos de origen volcánico con secuencias sedimentarias, acuitados intrusivos situados en la zona media y baja de la cuenca Huaura relacionados a depósitos intrusivos, acuitados sedimentarios relacionados a secuencias sedimentarias ubicadas principalmente en la cuenca media y baja, acuíferos porosos no consolidados situados principalmente en la cuenca baja constituidos de depósitos cuaternarios no consolidados constituidos de suelos como gravas y arenas.

### 5.1. Unidades hidrogeológicas

En el área de estudio se ha diferenciado unidades hidrogeológicas, que se describe a continuación:

#### 5.1.1. Acuífero Fisurado Sedimentario (AFS)

Se ubican en la parte alta de la cuenca conformados por areniscas cuarzosas y/o cuarcitas intercaladas con lutitas, o de calizas fracturadas. La mayoría de esas rocas se encuentran plegadas y fracturadas, lo que les confiere una importante porosidad secundaria. Entre las formaciones más representativas de esta unidad se tiene a la formación Chimú y Formación Farrat, además de algunos acuíferos de moderada productivas en rocas calcáreas. Es uno de los acuíferos de mayor importancia en esta cuenca.

#### 5.1.2. Acuitado Volcánico Sedimentario (ATVS)

Esta unidad se presenta de forma masiva predominando en la zona media de la cuenca Huaura, grupo Casma los cuales están compuestos por secuencias volcánicas de flujos lávicos y piroclastos andesíticos y dacíticos, presentando en su secuencia volcano sedimentario limo arcillitas y areniscas finas de color gris, esta litología presenta menor fracturamiento, para las secuencias andesíticas le corresponde una porosidad de 1% a 10%, también le corresponde una permeabilidad de  $10^{-2}$  a  $10^{-4}$  m/día.

#### 5.1.3. Acuitado Intrusivo (ATI) y sedimentarios (ATS)

Esta unidad hidrogeológica, está situada principalmente en la zona baja de la cuenca Huaura, se sitúa dentro de las subcuencas Huaura Sayán, Subcuenca Huaura medio y subcuenca Huaura bajo, comprende las

unidades litológicas intrusivas como el complejo intrusivo Paccho, conformado por tonalitas y dioritas, complejo Adamelítico del río Huaura, adamelitas de San Jerónimo, tonalita del complejo Santa Rosa, estas unidades presentan secuencias masivas con fracturamiento moderado a bajo lo que hace que no sean buenas receptoras de agua mediante su porosidad, sin embargo la apertura de sus discontinuidades hace que el agua se deposite y se transmita.

Cuando se encuentran en estratos delgados e intercalados con rocas fracturadas de mayor espesor, los acuitardos, conformados por rocas sedimentarias como lutitas, limoarcillitas y margas, constituyen acuíferos fisurados, como, por ejemplo, los acuíferos de Chimú, Santa y Farrat. Sin embargo, los materiales impermeables, como lutitas y margas en horizontes delgados, intercalados con rocas fracturadas con el mismo espesor (horizontes delgados de caliza o arenisca), constituyen acuitardos.

#### 5.1.4. Acuífero Poroso No Consolidado (APNC)

Esta unidad Hidrogeológica está situada principalmente en la zona de cauce de río Huaura y ríos tributarios, abarca principalmente la Subcuenca Huaura – Sayán, Subcuenca Huaura Medio y Huaura Bajo, conformado principalmente por depósitos de origen aluvial y fluvial, conformado por gravas arenosas con bolonería y algunos bloques de roca, generalmente situado en los cauces de los ríos y zonas de cauces abandonados, esta unidad presenta una porosidad de 25% a 40%, y una permeabilidad de 102 a 104 m/día, lo que se traduce cualitativamente como una porosidad alta; y de alta a muy alta permeabilidad.

La zona de influencia para el paquete 4 se ubica sobre este acuífero, por estar ubicados sobre depósitos aluviales y fluviales constituidos de suelo detrítico transportados y depositados por el río Huaura principalmente.

Los acuíferos que se encuentran en la planicie costera, muy cerca a la desembocadura del río, constituyen una unidad hidrogeológica muy importante debido que, de ella se extraen la mayor cantidad de aguas subterráneas.

A continuación, la Ilustración 55, muestra la distribución de las unidades hidrogeológicas en la cuenca del río Huaura y la Tabla 6 muestra las características de cada unidad descrita.

Ilustración 55. Mapa de Unidades Hidrogeológicas de la Cuenca Huaura

(Fuente: GEOCATMIN)

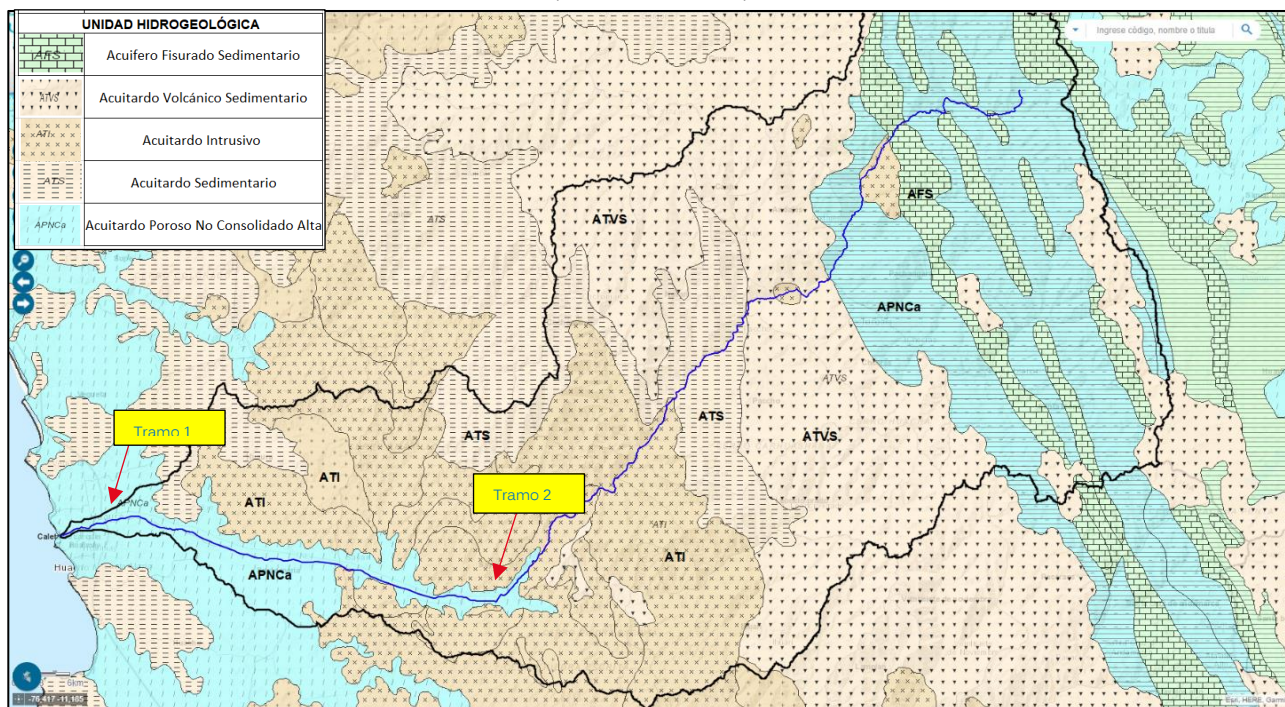


Tabla 6. Clasificación hidrogeológica de las principales formaciones geológicas que afloran en la cuenca del río Huaura

(Adaptado de INGEMMET, 2016)

| Formación/<br>Deposito   | Clasificación<br>Hidrogeológica               | Litología                                                                                                                                                                                                        | Porosidad                                                                  | Permeabilidad |
|--------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Formación Oyón           | Acuitardo<br>Sedimentario (ATS)               | Areniscas en capas delgadas<br>intercaladas con capas de<br>carbón y restos de plantas                                                                                                                           | Media                                                                      | Baja          |
| Grupo<br>Goyllarisquiza  | Acuitardo Fisurado<br>Sedimentario (AFS)      | Areniscas cuarzosas con<br>limoarcillas (Formación Chimú),<br>Calizas con intercalaciones de<br>lutitas (Formación Santa),<br>Areniscas intercaladas con<br>limolitas y microconglomerados<br>(Formación Farrat) | Alta por<br>fracturas<br>(Fm. Chimú y<br>Farrat) y<br>Media (Fm.<br>Santa) | Media         |
| Formación<br>Pariahuanca | Acuitardo en rocas<br>sedimentarias (ATS)     | Calizas intercaladas con margas,<br>areniscas cuarzosas y areniscas<br>calcáreas                                                                                                                                 | Baja                                                                       | Baja          |
| Formación<br>Chulec      | Acuitardo Fisurado<br>Sedimentario (AFS)      | Calizas arenosas, areniscas<br>calcáreas en capas medianas,<br>coloraciones parduzcas a beige.                                                                                                                   | Media                                                                      | Alta          |
| Fm. Casma<br>(Ki-c)      | Acuitardo Volcánico<br>Sedimentario<br>(ATVS) | Andesitas, areniscas, Caliza,<br>lutitas                                                                                                                                                                         | Baja                                                                       | Baja          |

| Formación/<br>Deposito                    | Clasificación<br>Hidrogeológica             | Litología                                                                                    | Porosidad | Permeabilidad |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------|
| Súper Unidad<br>Sayán<br>KP-bc/s-mgr      | Acuitardo Intrusivo<br>(ATI)                | Monzogranito                                                                                 | Baja      | Baja          |
| Súper Unidad La<br>Hoyada<br>KP-bc/lh-mgr | Acuitardo Intrusivo<br>(ATI)                | Monzogranito                                                                                 | Baja      | Baja          |
| Súper Unidad La<br>Mina<br>KP-bc/lm-mgr   | Acuitardo Intrusivo<br>(ATI)                | Monzogranito                                                                                 | Baja      | Baja          |
| Súper Unidad<br>Humaya<br>Ks-bc/hu-mgr    | Acuitardo Intrusivo<br>(ATI)                | Monzogranito                                                                                 | Baja      | Baja          |
| Súper Unidad<br>Paccho<br>Ks-bc/p-di,tn   | Acuitardo Intrusivo<br>(ATI)                | Tonalita, granodiorita                                                                       | Baja      | Baja          |
| Diorita<br>KP-di                          | Acuitardo Intrusivo<br>(ATI)                | Diorita                                                                                      | Baja      | Baja          |
| Gabro<br>KP-gb                            | Acuitardo Intrusivo<br>(ATI)                | Gabro                                                                                        | Baja      | Baja          |
| Depósitos Aluvial<br>(Q-al)               | Acuífero Poroso no<br>consolidado<br>(APNC) | Depósitos aluviales - Gravas y<br>arenas mal seleccionados en<br>matriz, limo arenoso.       | Alta      | Alta          |
| Depósitos Fluvio-<br>aluvial<br>(Q-fl/al) | Acuífero Poroso no<br>consolidado<br>(APNC) | Depósitos aluviales - Gravas y<br>arenas mal seleccionados en<br>matriz, limo arenoso.       | Alta      | Alta          |
| Depósitos Fluvial<br>(Q-fl)               | Acuífero Poroso no<br>consolidado<br>(APNC) | Depósitos fluviales - Gravas y<br>arenas en matriz limo arenoso,<br>incluye conos aluviales. | Alta      | Alta          |
| Depósitos eólicos<br>(Q-e)                | Acuífero Poroso No<br>Consolidado<br>(APNC) | Arenas cuarzosas de grano<br>medio a fino, bien seleccionadas,<br>con moderado contenido     | Alta      | media         |

INGEMMET, 2019 en su estudio “Hidrogeología de la cuenca del río Huaura (13756) – Región Lima” ha inventariado un total de 215 fuentes de aguas subterráneas, de las cuales 131 son manantiales, 22 fuentes termales, 1 túnel de drenaje o perforación horizontal, 51 puntos de registro de agua superficial (la medida se realizó en lugares donde no se pudo encontrar un solo punto de surgencia u ojo de manantial; es decir, en la intermitente escorrentía) y 10 pozos y sondajes monitoreados de un total de 566 pozos y sondeos. Se tiene que en la subcuenca Huaura Churín se ha inventariado la mayor cantidad de fuentes de aguas frías o manantiales, sumando un total de 30; del mismo modo, en esta subcuenca se tienen 10 fuentes termales.

## 6. SISMICIDAD

La sismicidad del territorio peruano tiene su origen en el proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y en la deformación de zonas continentales que produce fallas, con la consecuente ocurrencia de sismos de diferentes magnitudes (Tavera y Buforn, 2001). Esto hace que en Perú los sismos signifiquen uno de los mayores peligros geológicos.

En este acápite se presentan datos procedentes de la revisión y análisis de la sismicidad histórica e instrumental para la cuenca del río Huaura

### 6.1. Sismicidad Histórica del área de Influencia:

Los registros históricos de los efectos de los movimientos sísmicos pueden confirmar la ocurrencia de eventos sísmicos pasados y estimar la distribución geográfica de sus intensidades.

La información sísmica histórica está basada fundamentalmente en el trabajo de Silgado y en el Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Silgado (1969, 1973, 1978 y 1992) hace una recopilación de datos sobre los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú desde el año 1513. Los principales y más destructivos eventos han sido los sismos de 1725, 1940 y 1966 (ver Tabla 7 y Silgado, 1978).

Tabla 7 Sismicidad Histórica de la zona de estudio  
(Actualizado de Silgado, 1978)

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |      |             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------|------|-------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora | Localidades | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1555-11-15                                                  | ---  | Lima        | VII        | Ocurrió en Lima un temblor, el más fuerte desde su fundación, que causó muchos desperfectos en sus edificaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1568-04-04                                                  | ---  | Lima        | ---        | Por la tarde, se sintió en Lima un fuerte temblor al comenzar la prédica del padre jesuita Jerónimo Ruiz del Portillo, en el convento de Santo Domingo. Fue tan fuerte y largo el estremecimiento que todos los fieles allí congregados salieron despavoridamente. No ha quedado registro de daños materiales. Polo, anota que el sismo se sintió en Ica y otros puntos.                      |
| 1581                                                        | ---  | Lima        | ---        | Según la versión de los antiguos vecinos de Lima — que recogiera años más tarde el virrey Conde del Villar— hubo por este año un gran temblor que maltrató las casas de la ciudad. La fecha exacta es desconocida. En la crónica de Charcas, Fray Diego de Mendoza menciona otro terremoto que hizo hundir con todos sus habitantes al pueblo de Yanaoca, situado a unas 24 leguas del Cuzco. |
| 1582-08                                                     | ---  | Lima        | ---        | Fuerte temblor durante la celebración del Concilio Provincial, cuya apertura tuvo lugar el 15-08-1582.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |                          |                         |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora                     | Localidades             | Intensidad  | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1584                                                        | ---                      | Lima                    | ---         | Gran temblor en Lima, el cual averió edificios. El cabildo acordó que debían evaluarse los edificios dañados, repararse los que tenían necesidad y apuntalarse los que ofrecían peligro de desplome. En el Callao, quedó dañado el edificio de Casas Reales. Por espacio de dos días quedó temblando la tierra y se contaron de 8 a 9 movimientos.                 |
| 1586-07-09                                                  | 19:00:00                 | Lima-Ica-Trujillo       | VI-IX       | En el interior, el movimiento fue sentido en Huánuco, Cuzco y posiblemente en otros lugares intermedios. Por 60 días continuos quedó temblando la tierra. Intensidades: Lima IX, Ica VI Trujillo III.                                                                                                                                                              |
| 1609- 10-19                                                 | 20:00:00                 | Lima                    | VII         | Violento temblor que derribó y arruinó muchas de sus edificaciones. La catedral en construcción quedó tan maltratada que hubo necesidad de demoler sus bóvedas de ladrillo y labrar otras de crucería.                                                                                                                                                             |
| 1630-11-27                                                  | 11:30:00                 | Lima                    | VII         | Ocurrió cuando la población de Lima estaba congregada en la Plaza de Armas, observando una corrida de toros. Se trató de un fortísimo movimiento de tierra que causó varios muertos y contusos. El diario de Lima estimaba los daños causados a los edificios en más de un millón de pesos y anotaba "muy pocas son las casas cuyas paredes no han sido abiertas". |
| 1655-11-13                                                  | 14:38:00                 | Lima-Callao             | VIII-IX     | Fuerte movimiento de tierra que derribó muchas casas y edificios en Lima, abriéndose grietas en la Plaza Mayor y cerca del convento de Guadalupe. Graves daños en el presidio de la isla San Lorenzo.                                                                                                                                                              |
| 1678-06-17                                                  | 19:45:00                 | Lima-Callao             | VII         | Fortísimo temblor averió muchas edificaciones en Lima, entre ellas, el Palacio del Virrey. Reparaciones en el orden de tres millones de pesos. Estragos en el Callao. 9 muertos en Lima, Callao y Chancay. Ocurrieron dos terremotos en Lima.                                                                                                                      |
| 1687- 10-20                                                 | 04:15:00<br>y<br>5:30:00 | Lima-Callao-Ica- Cañete | VII-VIII-IX | El puerto de Pisco, destruido en el terremoto, sufrió gran inundación y ruina con el embravecido oleaje que siguió. Los terremotos se sintieron en toda la extensión del reino. En Trujillo, se los percibió como ruidos sin conmoción. La tierra quedó temblando en Lima, hasta el 12 de diciembre de ese año.                                                    |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1690-11-20                                                  | 14:30:00 | Lima        | ---        | Gran temblor. Según el escribano Don Diego Fernández Montaña, acabó de arruinar los edificios y templos de la ciudad que habían quedado en pie luego del terremoto de 1687. El acuerdo del cabildo fue que se derribasen todas las paredes que amenazaban desplome y de hacer un reconocimiento de los daños causados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1699-07-14                                                  | 4:00:00  | Lima        | VII        | Fuerte temblor en Lima. Derribó algunas casas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1725-01-06                                                  | 23:25:00 | Huaura      | VIII       | Notable movimiento sísmico que afectó la región norte de Lima. Ocasionó la rotura de una laguna glaciar, la cual se desbordó y arrasó un pueblo cercano a Yungay, donde murieron 1500 personas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1732-12-02                                                  | 1:00:00  | Lima        |            | Recia sacudida de tierra en Lima, maltrató muchos edificios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1746-10-28                                                  | 22:30:00 | Lima-Callao | X-XI       | Terremoto en Lima y tsunami en el Callao. En Lima, de las 3000 casas existentes distribuidas en 150 manzanas, sólo 25 quedaron en pie. Cayeron a tierra los principales y más sólidos edificios, la Catedral, monasterios, conventos, hospitales y otros. El movimiento, según Llano y Zapata, fue de 3 a 4 minutos. Según el relato oficial, perecieron en Lima 1141 de un total de 60 000 personas; otros cronistas suben estas cifras por diversas causas y por las epidemias que luego se desataron. En el puerto del Callao quedaron arruinadas casi la totalidad de las edificaciones, sólo resistieron algunas torres y parte de las murallas; media hora después de que se habían recuperado los ánimos sus habitantes, el mar se erizó y elevándose a gran altura irrumpió sobre la población ahogando a gran parte de ella, llevando la vaciante mar adentro, todo lo que encontró a su paso. De 4 000 habitantes de que se componía la población del Callao, sólo se salvaron unos 200. Del puerto no quedó sino vestigios, cascajos y arenas se depositaron sobre sus escombros. Fueron arrasadas por el tsunami en la costa, las pequeñas poblaciones de Guañape y Pta. Caballas. En algunos parajes de Lucanas (Ayacucho) ocurrieron agrietamientos del terreno y deslizamientos. La conmoción sísmica se llegó a sentir en Cuzco, en pueblos aledaños y en Tacna. Las irrupciones del mar fueron continuas en |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                             |          |             |            | casi todo el litoral peruano. En las 24 horas que siguieron se contaron en Lima 200 temblores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1828-03-30                                                  | 7:35:00  | Lima        | ---        | Terremoto causó grandes daños en los edificios y viviendas. Las pérdidas se calcularon en 6 millones de pesos. Hubo 30 muertos y numerosos heridos. Sufrieron el puerto del Callao, Chorrillos, Chancay, Huarochirí y el pueblo de San Jerónimo. Se sintió fuerte en Trujillo y Huancayo. Fue leve en Arequipa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1897-09-20                                                  | 11:25:00 | Lima        | ---        | Fuerte sismo que causó destrucción en Lima y Callao. En el interior, sufrieron las edificaciones de Huarochirí y hubo derrumbes de las partes altas. El movimiento se sintió más allá de Ancón por el norte y hasta Pisco por el sur.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 04/03/1904                                                  | 5:17:00  | Lima        | VII-VIII   | La intensidad máxima se estima con el grado VI. El profesor Antonio Alvarado (1909), del estudio de los efectos macrosísmicos, fijó el epicentro en una región de los andes del NE de Lima.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 19/01/1932                                                  | 21:33:00 | Lima        | V-VII      | Violento temblor que hizo caer cornisas, tapias y paredes viejas. En el puerto del Callao, el temblor fue tan fuerte como en la capital y ocasionó diversos daños en las edificaciones. Se sintió fuerte en Huacho, ligeramente en Cañete, Chinchá, Ica, Pisco, Trujillo y Chiclayo. En la ciudad de Huaraz, en Callejón de Huaylas, el temblor fue recio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5/08/1933                                                   | 21:55:00 | Lima        | ---        | La ciudad de Lima y poblaciones cercanas fueron sacudidas por un terremoto; se extendió hasta el puerto de Guayaquil, Ecuador, al norte, y el puerto de Arica, Chile, al sur. Ocasiónó la destrucción de muchas edificaciones en Lima, Callao, Chorrillos, Barranco, Chancay y Lurín. El sismo dejó un saldo de 179 muertos y 3500 heridos, los daños materiales se estimaron en unos 3 600 000 soles de oro. Las estadísticas oficiales consignaban que sufrieron daños un 38% de las viviendas de quincha, 23% de las de adobe; 20% de las casas de ladrillo; 9% de cemento, y 10% de las casas construidas de diversos materiales. El puerto del Callao, que sufrió ruina considerable, está edificado sobre terreno arenoso, saturado de agua, y el balneario de Chorrillos está situado en una zona próxima a barrancos de terreno aluvial incoherente. Las construcciones cercanas a los cerros que bordean el abanico fluvial del valle también fueron afectadas. |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 24/05/1940                                                  | 11:35:00 | Lima        | VII-VIII   | En Ancón el mar se retiró unos 150 m. Dejó en seco el muelle y se llenó lentamente, luego inundó la tierra y pasó por encima del muro de defensa del malecón, anegando los hangares de la Base Aérea. El fenómeno de retroceso del mar se observó en la Punta (Callao) y en Pisco.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15/06/1945                                                  | 4:10:00  | Lima        | ---        | Temblor muy fuerte. Causó cuarteaduras en las construcciones modernas del barrio obrero del Rímac. Sentido desde Supe hasta Pisco por la costa. En el interior, en Canta, Matucana, Morococha, Casapalca y Huaitará. Área aproximada de percepción de 1 300.000 km <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15/06/1945                                                  | 4:10:00  | Lima        | ---        | En la merced quedaron inhabitables las casas de adobe; en Satipo se desplomaron las gruesas paredes de ladrillo reforzado con varillas de fierro de la iglesia en construcción, así como también muchos edificios recientes de ese material. Hubo derrumbes en San Ramón y Satipo, los cuales causaron represamientos.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 31/01/1951                                                  | 11:39:00 | Lima        | VI-VII     | Fuerte temblor comenzó con un ruido sordo, segundos después, hubo un fuerte remezón que hizo crujir paredes. Ocasionó una fina rajadura vertical en la fachada de un edificio de concreto armado de la plaza San Martín. El Observatorio de Lima, registró aceleraciones máximas de 68 cm/seg <sup>2</sup> , con períodos de 0,1 segundos en las componentes horizontales. El movimiento fue sentido desde el paralelo 10° hasta el 14° de latitud sur. El Observatorio de Huancayo inscribió este movimiento a una distancia de 220 km. El foco, posiblemente, estuvo localizado en el Océano, cerca de la costa. |
| 03/08/1952                                                  | 8:19:00  | Lima-Callao | V-VI       | Fuerte sismo sentido en casi todo el Departamento de Lima; el área de percepción fue unos 26 000 km <sup>2</sup> . Se registró una aceleración máxima de 21 cm/seg <sup>2</sup> , con período de 0,2 segundos en sus componentes horizontales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 21/04/1954                                                  | ---      | Lima        | VI         | Movimiento ligeramente destructor en el sur del departamento de Lima. El área de percepción estuvo confinada entre los paralelos 9° y 5° de latitud sur, a lo largo de la costa, y hasta Tarma y Huancayo, hacia el interior. En la costa ocurrieron ligeros desperfectos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                 |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------|----------|-----------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades     | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                             |          |                 |            | en las antiguas construcciones de adobe en Mala, Cañete y San Antonio. En la ciudad de Lima fue fuerte; se registró una aceleración máxima de 25 cm/seg <sup>2</sup> , con períodos de 0,1 segundos. Derrumbe en el sector Pacasmayo y en el talud de falla de Jahuay (Km. 184 de la Carretera Sur).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 09/02/1955                                                  | 11:06:00 | Lima            | ---        | Temblor fuerte, resultaron accidentadas 10 personas. Aceleración promedio 27 cm/seg <sup>2</sup> con períodos de 0,2 segundos. Desprendimiento del material suelto en los barrancos de los balnearios y en el sector de Pasamayo, al norte de Lima. Fue ligeramente destructor para los edificios y viviendas de la ciudad de Cañete. Sentido en Huaraz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 18/02/1957                                                  | 18:50:00 | Huarmey-Chincha | IV-V       | Movimiento sentido a lo largo de la costa. En las cercanías del pueblo de Sayán, en el río Huaura, los deslizamientos de grandes bloques de piedras rompieron el muro de contención de un canal de irrigación. Derrumbes de arena en los acantilados de Pasamayo. En la ciudad de Canta la intensidad fue ligeramente superior al grado V, lo mismo que en la ciudad de Huacho. En Lima, el movimiento fue precedido de un fuerte ruido y su intensidad fue de IV-V. El epicentro de este sismo estaría localizado en las nacientes del río Chancay El desplome de una pared causó una muerte en Malvas. Destrucción de Viviendas contiguas de adobe en el puente y ciudad de Huarmey. |
| 18/02/1957                                                  | 18:50:00 | Huarmey-Chincha | IV-V       | En Huaraz fueron dañadas varias construcciones. La caída de tejas y cornisas accidentó a varias personas. Algunas rajaduras en inmuebles vetustos situados al norte de la ciudad de Lima. Sentido con fuerte intensidad en Chimbote y Salaverry.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                   |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------|----------|-------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades       | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 17/10/1966                                                  | 16:41:00 | Lima              | VIII       | Uno de los sismos más intensos desde 1940. Dejó un saldo de 100 muertos y daños materiales ascendentes a mil millones de soles de oro. El área de percepción cubrió aproximadamente 524 000 km <sup>2</sup> y fue destructor a lo largo de la franja litoral comprendida entre Lima y Supe. La aceleración registrada en Lima estuvo acompañada de periodos dominantes del orden de un décimo de segundo. La amplitud máxima fue de 0,4 g, entre ondas de aceleraciones menores de 0,2 g. Rotura de vidrios por doquier y ruidos intensos. En el centro de Lima y en algunos sectores, se veían caídas de cornisas y enlucidos. En la hacienda San Nicolás a unos 156 km al norte de Lima, aparecieron numerosas grietas y de varias de ellas surgió agua de color amarillo; en el tramo 169 de la carretera Panamericana Norte se observaron otras. El Km. 51 y el Km. 22 de la carretera Central quedaron bloqueados a consecuencia de los derrumbes. En la costa hubo deslizamientos de material suelto de los acantilados de Chorrillos, Miraflores y Magdalena. |
| 31/05/1970                                                  | 15:23:00 | Costa de Lima-Ica | V-VI       | Uno de los más catastróficos terremotos en la historia del Perú, se sintió en casi toda la costa del país hasta las cordilleras, con diferentes intensidades. Al sur y este fue de grado VI, MM en Lima. Fuerte en Pisco e Ica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 19/06/1972                                                  | 10:51:00 | Lima              | ---        | Fuerte temblor que causó ligeros desperfectos en el centro de Lima. Alarma en Mala y Cañete. Por el norte se sintió en Chancay y Huacho. Los remezones en Ica fueron casi imperceptibles.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 03/10/1974                                                  | 9:21:00  | Lima              | VII-VIII   | Lima fue sacudida por un largo y recio temblor que ocasionó 78 muertos, unos 2500 heridos y pérdidas materiales estimadas en unos 2700 millones de soles. Duración de más de minuto y medio del movimiento, contribuyó a acentuar la destrucción de muchas casas antiguas de adobe y quinchas en el área litoral, comprendida entre 12° y 14° de latitud sur.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 03/10/1974                                                  | 9:21:00  | Lima        | VII-VIII   | <p>En Lima Metropolitana sufrieron daños, entre leves a considerables, las iglesias y monumentos históricos, los edificios públicos y privados, las viviendas antiguas de adobe de Barrios Altos, El Rímac, el Cercado, Callao, Barranco y Chorrillos. Los efectos destructores del sismo se extendieron a Mala, Chincha, Cañete, Pisco y otras poblaciones con saldo de 13 muertos y numerosos heridos. Se observaron derrumbes de material aluvial en los acantilados situados entre Magdalena y Chorrillos, y agrietamientos de la plataforma de la carretera Panamericana en el tramo III. A los pocos minutos del sismo, se observó en las playas cercanas a Lima una retirada del mar, que en Agua Dulce alcanzó unos 120 m para luego volver las aguas a su cauce de manera gradual. En Pisco después del retroceso, el mar inundó algunas casas del puerto próximo a la orilla. El mareógrafo de La Punta registró un máximo de ola de 5 pies, mientras que en el puerto San Juan alcanzó 4 pies. Después del sismo principal, y durante 7 días, el IGP informó haber registrado 1317 réplicas.</p> |
| 18/04/1993                                                  | 04:16:00 | Lima        | V-VII      | <p>El sismo sacudió la ciudad de Lima y alrededores. El sismo originó daños considerables en las viviendas construidas con materiales inestables en los alrededores de la ciudad, y en las zonas altas de Lima. Presento una Intensidad: VII (MMI) en San José de Palle y La Molina; VI (MMI) en Ñaña y Chosica; V (MMI) en Canta, Santa Rosa de Quives; IV (MMI) en Huaros, Cañete y Chimbote; III (MMI) en Ica, Huaraz y Cerro de Pasco y II (MMI) en Chiclayo. Se reportaron 03 muertos, 35 damnificados y 07 viviendas destruidas; según el Instituto Nacional de Defensa Civil.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 25/09/2005                                                  | 20:55:00 | San Martín  | V          | <p>La región nororiental fue sacudida por un sismo de magnitud 7.0 de la Escala de Richter con intensidad V. El epicentro fue localizado a 90 KM. al NE de la localidad de Moyabamba. El sismo ocurrió a una profundidad de 115 Km. Se registraron daños personales en los siguientes departamentos: En Amazonas, 08 heridos; en Cajamarca, 06 heridos; en La Libertad, 01 fallecido y 30 heridos; en San Martín, 04 fallecidos y 22 heridos. De igual forma, se registraron familias afectadas: En Amazonas: 100 familias; en Ancash, 01 familia; en La Libertad, 129 familias; en Loreto, 82 familias; en San Martín 635 familias. También se registraron familias damnificadas: En Amazonas, 125 familias; en Cajamarca, 78 familias damnificadas; en La Libertad, 12 familias; en Loreto, 07 familias; en San Martín, 436 familias. En cuanto a daños en viviendas se registró lo siguiente: En Amazonas, 100 viviendas afectadas y 125 destruidas; en Ancash, 01 vivienda afectada; en Cajamarca, 78 viviendas destruidas; en La Libertad, 133 viviendas afectadas y 14 viviendas destruidas; en Loreto 82 viviendas afectadas y 07 viviendas destruidas; en San Martín, 635 viviendas afectadas y 436 viviendas destruidas.</p> |
| 20/10/2006                                                  | 05:48:52 | Ica         | V          | <p>El día 20 de Octubre de 2006, ocurre un sismo de magnitud 6.4Mw en el extremo sur-oeste de la región central de Perú con epicentro ubicado a 90 km al oeste de la localidad de Pisco (Ica); sin embargo, no produjo tsunami ni alteraciones en el nivel medio de oscilación del mar. El sismo fue sentido desde la localidad de Barranca al norte de Lima, hasta Atico en Arequipa por el sur. Hacia el extremo oriental, el sismo fue sentido hasta Huancavelica. El IGP informó que durante las primeras 24 horas se han contabilizado 247 réplicas. Hasta el domingo 22 de octubre se había llegado a registrar un total de 456 réplicas con magnitudes menores.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 15/09/2007                                                  | 18:40:57 | Ica         | VII        | <p>Afectó la zona sur de la región central del Perú, este sismo alcanzó una magnitud de 7.0 en la escala de Richter (ML) y 7.9 en la escala de "magnitud de momento". (Mw). Este último fue localizado a 60 km al Oeste de la localidad de Pisco; es decir en el mar. El sismo tuvo su origen en la superficie de fricción de las</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                             |          |             |            | placas de Nazca y Sudamericana, siendo estas a nivel mundial, las de mayor velocidad de convergencia (10cm/año). La intensidad máxima evaluada en la escala de Mercalli Modificada (MM) fue de VII afectando un radio de 250 km alrededor del epicentro. El sismo sentido con intensidades de V (MM) en Lima ciudad capital y de II – III (MM) en las ciudades de Chiclayo y Arequipa. Este sismo del 15 de agosto tuvo como particularidad la gran duración de su proceso de ruptura o de liberación de energía, aproximadamente 4 minutos. Este sismo provocó muchas pérdidas de vidas humanas y materiales, siendo el más grave de los últimos años. |
| 08/2007-2008                                                | ---      | Lima-Callao | ---        | Con epicentros en Pisco y Lima. Los sismos más significativos en este periodo han sido el sismo del 7 de diciembre del 2007 con ML = 5,8, y el sismo del 16 de abril del 2008 con ML=4,0, sentido en todo Lima y Callao.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 30/01/2012                                                  | 00:10:00 | Ica         | VI         | El sismo registrado fue de 6.3 el epicentro se ubicó a 40km al sureste de Ica con una Intensidad de VI en la ciudad de Ica. Ocasiono daños tanto en la población e infraestructura.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 05/05/2012                                                  | ---      | Pisco - Ica | ---        | El sismo registrado fue de 5.5, el epicentro fue localizado a unos 11km al sur de Pisco; la réplica fue de 4.3 con epicentro a 20 km al sureste de Pisco.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10/04/2013                                                  | 11:21:00 | Junin       | ---        | Según el IGP la magnitud del sismo fue 5.0, el epicentro se localizó a 31 km al suroeste de Chanchamayo, Junín a 120 km de profundidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 05/05/2013                                                  | 08:18:00 | Chimbote    | ---        | Según el IGP el sismo de magnitud 5.5 se registró en la zona costera de Chimbote. El movimiento telúrico tuvo un epicentro a 87 km al suroeste de Chimbote, tuvo una profundidad de 40 km. El sismo causó alarma en los pobladores debido a su mediana duración.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 15/07/2013                                                  | 17:35:00 | Pozuzo      | ---        | Según el IGP la magnitud del sismo fue 5.1, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 82 km al este de Pozuzo, a 135 km de profundidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------|----------|----------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades    | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 29/03/2014                                                  | 20:11:00 | Pisco – Ica    | II-IV      | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 5.2 en la escala de Richter, el epicentro fue ubicado a 36 km al noroeste de Pisco. Tuvo una profundidad de 36 km, se sintió de manera moderada en el poblado de Tambo de Mora y débilmente en Pisco.                                |
| 25/10/2014                                                  | 13:41:00 | Chincha - Ica  | III-IV     | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 5.1 en la escala de Richter, el epicentro fue ubicado a 59 km al oeste del distrito de Tambo de Mora (Chincha), a una profundidad de 33km                                                                                            |
| 26/10/2014                                                  | 05:45:32 | Satipo-Junin   | III        | Según el IGP la magnitud del sismo fue 6, el epicentro fue a 86 km al noroeste de la ciudad de Satipo, a 131 kilómetros de profundidad. Fue sentido en las ciudades de Huancayo, Satipo, Atalaya y Lima.                                                                                      |
| 14/05/2015                                                  | 13:33:30 | Ica            | III-IV     | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 5.2 en la escala de Richter, ocurrió a 41 kilómetros al oeste de la ciudad de Ica, el sismo alcanzó una profundidad de 45 km. No se reportaron daños personales ni materiales a causa del sismo.                                     |
| 29/08/2015                                                  | 06:43:41 | Yauyos-Lima    | III        | El sismo de magnitud 5.1 se registró en la región Lima, el epicentro se ubicó a 40 km al noroeste de Yauyos con una Intensidad de grado III.                                                                                                                                                  |
| 10/09/2015                                                  | 11:44:00 | Cañete-Lima    | III-IV     | Según el IGP el sismo de magnitud 5.0 se registró en la región Lima, el epicentro se ubicó a 45 km al suroeste de San Vicente de Cañete a una profundidad estimada de 45 km.                                                                                                                  |
| 18/07/2016                                                  | 20:35:00 | Huacho-Lima    | III        | Según el IGP el sismo de magnitud 5.3 se registró en la región Lima, el epicentro se ubicó a 66 km al suroeste de Huacho, intensidad III Lima                                                                                                                                                 |
| 15/09/2018                                                  | 10:13:13 | Huarmey-Ancash | III-VI     | Según el IGP el sismo de magnitud 5.5 se registró en la región Ancash. El movimiento telúrico tuvo un epicentro a 82 km al oeste de la ciudad de Huarmey, tuvo una profundidad de 16 km y la intensidad del movimiento fue III- VI en la escala de Mercalli.                                  |
| 15/10/2018                                                  | 11:33:00 | Pozuzo         | III        | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 5.5, el epicentro del movimiento telúrico se ubicó a 34 km al noroeste de la ciudad de Codo de Pozuzo, en la Provincia de Puerto Inca al sureste de Puerto Inca con una profundidad de 142km y una intensidad de III Codo de Pozuzo. |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                     |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------|----------|---------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades         | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 20/11/2018                                                  | 01:38:02 | Ancash              | III-VI     | Según el IGP el sismo de magnitud 5.7 se registró en la región Ancash. El movimiento telúrico tuvo un epicentro a 96 km al suroeste de la ciudad de Ancash, tuvo una profundidad de 36 km y la intensidad del movimiento fue III- VI en Casma.                                                                                |
| 15/01/2019                                                  | 15:24:07 | Chimbote-<br>Ancash | II-III     | Según el IGP el sismo de magnitud 5.3 se registró en la región Ancash. El movimiento telúrico se ubicó a 84 km al oeste de Chimbote, en la provincia de Santa, este mismo tuvo una profundidad de 24km. La intensidad del movimiento fue II- III Chimbote.                                                                    |
| 24/01/2019                                                  | 10:55:58 | Puerto Inca         | V          | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 5.3, el epicentro del movimiento telúrico se ubicó a 25 km al sureste de Puerto Inca a 30km de profundidad, con un nivel de intensidad de V.                                                                                                                         |
| 19/02/2019                                                  | 03:32:15 | Ica                 | IV         | El sismo registrado según el IGP fue de magnitud 5.2 en la región Ica el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 54 km de profundidad con un nivel de intensidad de IV Ica.                                                                                                                                          |
| 11/04/2019                                                  | 10:50:31 | Ica                 | II-VI      | El sismo registrado según el IGP fue de magnitud 5.3 en la región Ica el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 63 km de profundidad con un nivel de intensidad de II-IV Pisco.                                                                                                                                     |
| 13/05/2019                                                  | 02:10:29 | Huancavelica        | II         | Según el IGP la magnitud del sismo fue 5.5, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 12 km al norte de Ñahuimpuquio en Tayacaja en la región de Huancavelica a 88 km de profundidad con una intensidad de II Ñahuimpuquio.                                                                                         |
| 18/05/2019                                                  | 16:36:34 | Puerto<br>Bermúdez  | II         | Según el IGP la magnitud del sismo fue 4.0, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 51 km al norte del puerto Bermúdez, en la provincia de Oxapampa se originó a 18 km de profundidad, con una intensidad de II Puerto Bermúdez.                                                                                  |
| 28/05/2019                                                  | ---      | Lima                | III-IV     | Según el IGP el sismo de magnitud 5.5 se registró en la región Lima, el epicentro se ubicó a 30 km al suroeste de Mala, Cañete, al sur de Lima el temblor duro 10 segundos aproximadamente generando temor entre los ciudadanos, en especial en quienes se encuentran en zonas altas. 2 km, con una intensidad III-IV Callao. |
| 31/05/2019                                                  | 19:09:06 | Puerto<br>Bermúdez  | II-III     | Según el IGP la magnitud del sismo fue 4.3, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 25km al sur del puerto Bermúdez, en la provincia de Oxapampa se originó a 112 km de profundidad, con una intensidad de II-III Puerto Bermúdez.                                                                                |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                 |            |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------|----------|-----------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades     | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 05/06/2019                                                  | 23:25:55 | Carhuaz-Ancash  | II-III     | Según el IGP el sismo de magnitud 4.0 se registró en la región Ancash. El movimiento telúrico se ubicó a 14 km al sur de Carhuaz, en la provincia del mismo nombre, en la región Ancash y a 17 km de profundidad. La intensidad del movimiento fue II- III Carhuaz.   |
| 08/06/2019                                                  | ---      | Casma-Ancash    | II-III     | Según el IGP el sismo de magnitud 4.4 se registró en la región Ancash. El movimiento telúrico se ubicó a 69 km al sur oeste de Casma, en la provincia del mismo nombre, en la región Ancash y a 25 km de profundidad. La intensidad del movimiento fue II- III Casma. |
| 11/06/2019                                                  | ---      | Canta-Lima      | III        | Según el IGP el sismo de magnitud 4.1 se registró en la región Lima, el epicentro se ubicó a 17km al sur de Yungas, en la provincia de Canta en la región de Lima a 97 km de profundidad. Con una intensidad III Yungas.                                              |
| 19/06/2019                                                  | 23:43:01 | Canta-Lima      | III        | Según el IGP el sismo de magnitud 4.4 se registró en la región Lima, el epicentro se ubicó a 17km al sur de Yungas, en la provincia de Canta en la región de Lima a 97 km de profundidad. Con una intensidad III Yungas.                                              |
| 26/06/2019                                                  | 15:35:20 | Chilca-Lima     | II         | Según el IGP el sismo de magnitud 4.3 se registró en Cañete, al sur de Lima, el epicentro se ubicó a 79km al suroeste del distrito de Chilca, en la provincia de Cañete, al sur de Lima con una profundidad de 45 km y con una intensidad de II Chilca.               |
| 28/06/2019                                                  | 20:06:32 | Ica             | II         | El sismo registrado según el IGP fue de magnitud 4.6 en la región Ica a 93 km al sureste de la provincia de Ica, región del mismo nombre a 18km de profundidad y una intensidad de II Ica.                                                                            |
| 11/07/2019                                                  | 01:39:56 | Chimbote-Ancash | II         | Según el IGP el sismo de magnitud 4.0 se registró en la región Ancash. El movimiento telúrico se ubicó a 77 km al oeste de Chimbote, en la provincia de Santa, en la región Ancash a 41 km de profundidad. La intensidad del movimiento fue II Chimbote.              |
| 18/07/2019                                                  | 22:25:52 | Ica             | II         | El sismo registrado según el IGP fue de magnitud 4.4 en la región Ica a 36 km al sureste de la provincia de ICA, región del mismo nombre a 81km de profundidad y una intensidad de II Ica.                                                                            |
| 05/08/2019                                                  | 02:48:46 | Matucana-Lima   | II         | Según el IGP el sismo de magnitud 4.50 se registró en la región Lima, el epicentro se ubicó a 24km al norte de Matucana en Huarochirí en la región Lima a 100 km de profundidad con una intensidad de II Matucana.                                                    |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                     |            |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------|----------|---------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades         | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                            |
| 07/08/2019                                                  | 23:39:20 | Ica                 | II-III     | El sismo registrado según el IGP fue de magnitud 4.8 en la región Ica a 124 km al sureste de Ica, a una profundidad de 35 km con una intensidad de II-III Ica.                                                                                           |
| 13/08/2019                                                  | 10:50:00 | Ancash              | IV         | Según el IGP el sismo de magnitud 5.2 se registró en la región Ancash. El movimiento telúrico también se sintió en Lima. El epicentro fue a 40 km al sur de la provincia de Aija con una profundidad de 25 km. La intensidad del movimiento fue IV Aija. |
| 15/08/2019                                                  | 11:06:51 | Curimana-Ucayali    | II         | Según el IGP la magnitud del sismo fue 5.3, el epicentro fue a 15 km al norte del distrito Curimana, provincia de Padre Abad, región Ucayali, a 125 km de profundidad con una intensidad de II Curimana.                                                 |
| 19/08/2019                                                  | 00:37:39 | Huancayo-Junin      | III-IV     | Según el IGP la magnitud del sismo fue 4.6, el epicentro fue a 7 km al sureste de Huasicancha, en Huancayo en la región Junín, a 22 kilómetros de profundidad con una intensidad III-IV Huasicancha.                                                     |
| 27/09/2019                                                  | 23:32:37 | Huánuco             | ---        | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 4.5 en Huánuco. El epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 47 km del noreste de la provincia de Puerto Inca, ubicada en la región Huánuco, a 106km de profundidad.                     |
| 24/10/2019                                                  | 21:35:47 | Lima-Callao         | III-IV     | Según el IGP el sismo de magnitud 4.5 se registró en la región Lima, el movimiento telúrico se ubicó a 83 km al oeste de Callao, Callao-Lima a 30 km de profundidad, con una intensidad de III-IV Callao.                                                |
| 04/12/2019                                                  | 22:23:19 | Chincha-Ica         | ---        | El sismo registrado según el IGP fue de magnitud 5.8 en la región Ica 24 km al sureste de Tambo de Mora, Chincha-Ica a una profundidad de 44 km, el sismo también se sintió en algunos distritos de Lima.                                                |
| 07/12/2019                                                  | 21:24:45 | Puerto Inca-Huanuco | II         | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 4.6, se ubicó a 28km al oeste de Codo de Pozuzo, Puerto Inca-Huánuco a 138km de profundidad, con una intensidad II Huánuco.                                                                     |
| 19/12/2019                                                  | 08:55:35 | Pisco-Ica           | II         | El sismo registrado según el IGP fue de magnitud 4.3 en la región Ica a 8 km al noreste de Pisco en la región Ica a 44 km de profundidad y una intensidad II Pisco                                                                                       |
| 29/12/2019                                                  | 19:38:31 | Merced-Junín        | II-III     | Según el IGP la magnitud del sismo fue 4.0, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 43 km al este de la Merced, en la provincia de Chanchamayo en la región de Junín a 10 km de profundidad, con una intensidad de II-III la Merced.         |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                             |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades                 | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 29/02/2020                                                  | 15:02:00 | Castrovirreyna-Huancavelica | ---        | Según el IGP la magnitud del sismo fue 4.1, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 25 km al noreste del distrito de Castrovirreyna, en la provincia del mismo nombre, en la región de Huancavelica, y a 88 km de profundidad.                                                                      |
| 06/03/2020                                                  | 02:24:06 | Pozuzo-Pasco                | III        | Según el IGP la magnitud del sismo fue 4.1, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 25km al noreste de Pozuzo, en Oxapampa en la región de Pasco a 20 km de profundidad con una intensidad de III Pozuzo.                                                                                           |
| 05/04/2020                                                  | 12:26:04 | Chilca-Lima                 | II-III     | Según el IGP el sismo de magnitud 4.0 se registró en Cañete, región Lima. El epicentro se ubicó a 17 kilómetros al noreste de Chilca, en Cañete, en la región Lima, y a 25 kilómetros de profundidad, con una intensidad II-III Chilca.                                                                         |
| 12/04/2020                                                  | 00:00:26 | Puerto Bermúdez-Pasco       | II-III     | Según el IGP la magnitud del sismo fue 4.4, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 15 km al suroeste del distrito de Puerto Bermúdez, provincia de Oxapampa, región de Pasco y a 119 km de profundidad. La intensidad fue de II-III Puerto Bermúdez.                                               |
| 24/04/2020                                                  | 20:58:44 | Lima-Callao                 | II         | Según el IGP el sismo fue de magnitud 4.3, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 8 kilómetros al norte del Callao, situado en la provincia del mismo nombre, en Lima, y a 66 kilómetros de profundidad. Con una intensidad II Callao.                                                             |
| 29/04/2020                                                  | 09:53:58 | Chilca-Lima                 | II         | Según el IGP el sismo fue de magnitud 4.0, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 13 kilómetros al suroeste de Chilca, en Cañete, y a 39 kilómetros de profundidad. Con una Intensidad II Chilca.                                                                                                  |
| 01/05/2020                                                  | 01:08:10 | Ica                         | ---        | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 4.0 en la región de Ica, se ubicó a 100 kilómetros al suroeste del distrito de Ica en la provincia y región del mismo nombre tuvo una profundidad de 35 km. Las autoridades de defensa civil no reportaron daños.                                      |
| 12/05/2020                                                  | 10:10:32 | Barranca                    | III-IV     | Según el IGP el sismo fue de magnitud 5.0, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 41 kilómetros al norte de Barranca, y a 85 kilómetros de profundidad. INDECI no reportó daños personales ni materiales a causa del sismo, que ocurrió esta mañana y tuvo intensidad de nivel III-IV en Barranca. |

**Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada**

| Fecha      | Hora     | Localidades         | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|----------|---------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 24/05/2020 | 07:15:47 | Huacho-Lima         | II         | De acuerdo con el IGP, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 64 km al oeste de Huacho. El sismo tuvo una magnitud de 4.0, en la provincia de Huaura, en la región de Lima y tuvo una profundidad de 35 km.                                                               |
| 25/05/2020 | 23:41:26 | Oyón-Lima           | III        | El sismo de magnitud 4.8 fue registrado en la provincia de Oyón, en la región Lima provincias, según el IGP, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 6 kilómetros al noreste de la localidad de Oyón. Tuvo una profundidad de 92 kilómetros.                               |
| 01/12/2020 | 22:27:15 | Chilca-Lima         | IV         | El sismo se registró en el distrito de Chilca en la provincia de Cañete, tuvo una magnitud de 4.8. De acuerdo con el IGP, el epicentro de este movimiento telúrico se ubicó a 73 kilómetros al sureste de Chilca y tuvo una profundidad de 32 km.                                      |
| 09/03/2021 | 14:16:30 | Aucayacu-Huanuco    | IV         | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 5.4 en el departamento de Huánuco, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) precisó que el epicentro del movimiento telúrico se ubicó a 20 kilómetros al noroeste de Aucayacu, en la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. |
| 19/04/2021 | 23:53:29 | Chilca-Lima         | IV-V       | Sismo de magnitud 5.0, de acuerdo con el reporte, el epicentro de este temblor se ubicó a 18 kilómetros al suroeste de la localidad de Chilca, en Cañete (Lima), y a una profundidad de 44 km. Según el IGP el sismo ha tenido una intensidad de nivel IV-V.                           |
| 01/05/2021 | 11:28:43 | Cañete-Lima         | III        | Sismo de magnitud 4.0 se reportó en San Vicente, de acuerdo con el reporte, el epicentro de este temblor se ubicó a 28 kilómetros al oeste de la localidad de San Vicente de Cañete (Lima), y a una profundidad de 56 km. Según el IGP el sismo ha tenido una intensidad de nivel III. |
| 11/05/2021 | 03:43:47 | Puerto Inca-Huánuco | III        | El sismo registrado según el IGP alcanzó una magnitud de 4.5, ocurrió a 22km al sur de Codo de Pozuzo, Puerto Inca-Huánuco, con una profundidad de 53 km y una intensidad de III en Codo del Pozuzo.                                                                                   |
| 12/05/2021 | 10:56:56 | Santiago-Ica        | IV         | Fuerte sismo de magnitud 5.6 en el distrito de Santiago en la provincia y región de Ica. El presidente Ejecutivo del Instituto Geofísico del Perú (IGP) informó que el evento natural no causó daños materiales ni víctimas mortales.                                                  |
| 13/05/2021 | 10:18:13 | San Mateo - Lima    | III        | Se reportó en Huarochirí un sismo de magnitud 3.8 fue registrado en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, en Lima, informó el Instituto Geofísico del Perú (IGP).                                                                                                         |

| Descripción de los Datos Macrosísmicos de la Zona Estudiada |          |                  |            |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------|----------|------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fecha                                                       | Hora     | Localidades      | Intensidad | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 07/06/2021                                                  | 17:00:48 | Huachochiri-Lima | III        | Sismo de magnitud 4.0 en Lima en el distrito de Ricardo Palma de Huachochiri el epicentro de este temblor se ubicó a 5 kilómetros al noroeste de la localidad de Ricardo Palma, y a una profundidad de 102 km. Según el IGP el sismo ha tenido una intensidad de nivel III. |

De acuerdo con los registros históricos el sismo del 6 de enero de 1725, con epicentro en la provincia de Huaura y grado entre VII y VIII, afectó a los poblados de Huacho Barranca, Huaura, Sayán, Andahuasi y con grado VII a los poblados de Rapaz, Oyón, Churín y Andajes.

El terremoto del 24 de mayo de 1940 ( $M_b = 8$ ), cuyo epicentro se ubicó en las coordenadas  $10^{\circ}30'$  lat. S y  $77^{\circ}00'$  long. W, muy cerca de la cuenca, ocasionó efectos desastrosos en la zona costera. La variación de las isosistas alcanzó intensidades entre VI-VIII (entre Huacho, Huaura, Sayán hasta Oyón).

El terremoto del 17 de octubre de 1966 ( $M_b = 9$ ), cuyo epicentro se ubicó en las coordenadas geográficas  $10^{\circ}17'$  lat. y  $78^{\circ}48'$  long. (IGP, 2005), ocasionó efectos desastrosos en Huarmey, Hualmay, Vegueta, Chacarilla, Sayán, ex cooperativa Andahuasi, Caujul y Naván, aunque también se registraron daños en Rapaz, Oyón, Churín y Andajes. Este sismo dejó 100 muertos registrados y daños materiales ascendentes a mil millones de soles de oro de la época, el área de percepción fue aproximadamente de 524 000 km<sup>2</sup>. La variación de las isosistas fue entre las intensidades VI-VIII.

El número de sismos ocurridos en esta cuenca ha permitido estimar las aceleraciones máximas esperadas para un periodo de retorno de 75, 100, 200, 475, 975, 2475 y 5000 años, esto tomado del Informe de Peligro Sísmico (TYPESA, 2021).

Dado que el proyecto cubre un área considerable, se han desarrollado los cálculos en ubicaciones espaciadas a 10 km dentro del eje del río Huaura. Las coordenadas y la distribución espacial se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Ubicación geográfica de los puntos de análisis  
(Elaboración propia, 2021)

| Progresiva | Latitud     | Longitud    |
|------------|-------------|-------------|
| 0+000      | -11.084397° | -77.628439° |
| 10+000     | -11.071219° | -77.543327° |
| 20+000     | -11.099682° | -77.457227° |
| 30+000     | -11.109891° | -77.367279° |
| 40+000     | -11.139668° | -77.282021° |
| 50+000     | -11.134042° | -77.197884° |
| 60+000     | -11.066204° | -77.151509° |
| 70+000     | -11.028061° | -77.093886° |

| Progresiva | Latitud     | Longitud    |
|------------|-------------|-------------|
| 80+000     | -10.960339° | -77.046914° |
| 90+000     | -10.907117° | -76.991071° |
| 100+000    | -10.857632° | -76.939579° |
| 110+000    | -10.820841° | -76.881308° |
| 120+000    | -10.747960° | -76.861027° |
| 130+000    | -10.687066° | -76.809133° |

Asi mismo, la Ilustración 56 muestra el mapa de isoaceleraciones para un periodo de retorno de 475 años y la Tabla 9 muestra las aceleraciones máximas horizontales esperadas para periodos de retorno 75, 100, 200, 475, 975, 2475 y 5000 años.

Ilustración 56. Mapa de isoaceleraciones espectrales para un periodo de retorno de 475 años

(Elaboración propia, 2021)

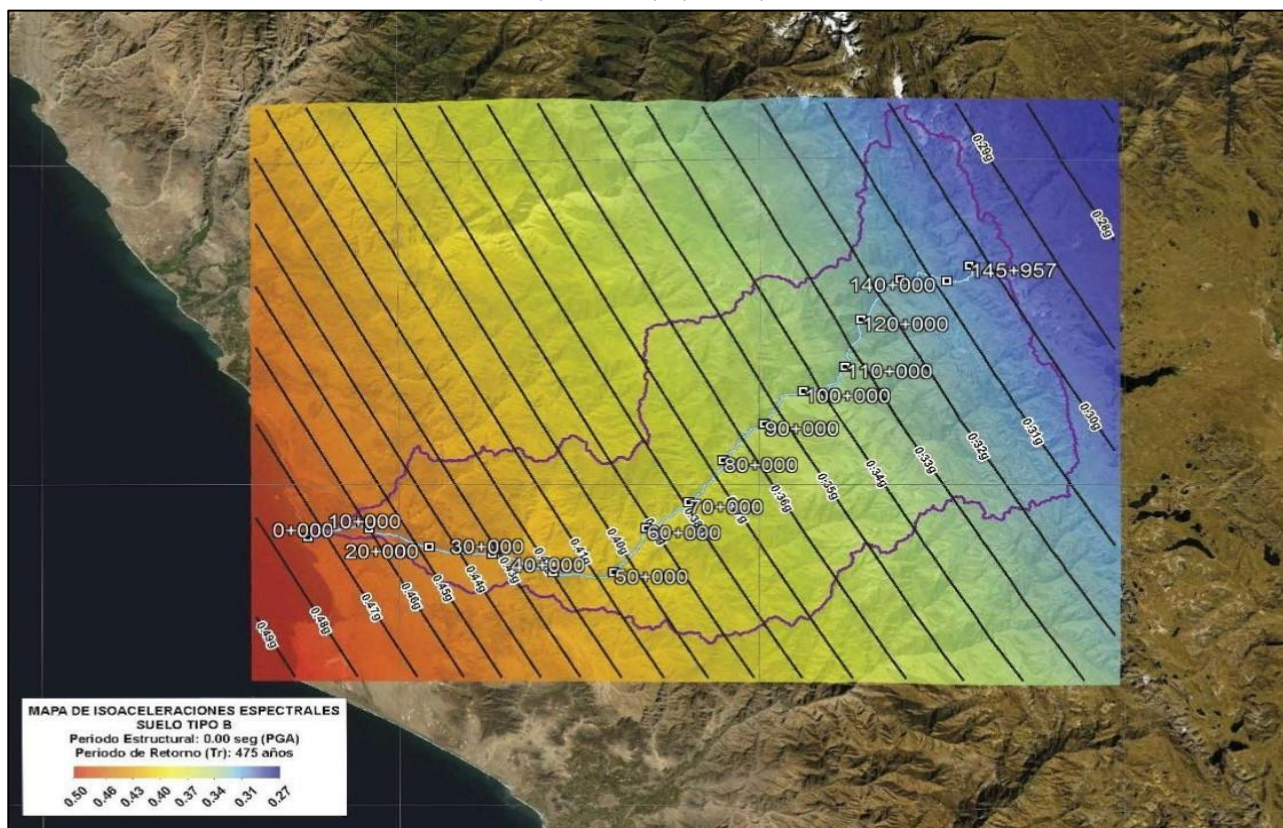


Tabla 9 Aceleraciones máximas horizontales esperadas  
(Elaboración propia, 2021)

| PROGRESIVA | METODO          | PONDERACIÓN | ACEL (g) | TOTAL | ACEL (g) | TOTAL | ACEL (g) | TOTAL | ACEL (g) | TOTAL | ACEL (g) | TOTAL | ACEL (g)  | TOTAL | ACEL (g)  | TOTAL |
|------------|-----------------|-------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| KM 0+000   | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.226    | 0.091 | 0.250    | 0.100 | 0.323    | 0.129 | 0.455    | 0.182 | 0.544    | 0.218 | 0.689     | 0.276 | 0.824     | 0.329 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.200    | 0.080 | 0.224    | 0.090 | 0.304    | 0.122 | 0.458    | 0.183 | 0.578    | 0.231 | 0.787     | 0.315 | 0.996     | 0.398 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.361    | 0.072 | 0.381    | 0.076 | 0.441    | 0.088 | 0.540    | 0.108 | 0.645    | 0.129 | 0.815     | 0.163 | 0.974     | 0.195 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.243 | Tr = 100 | 0.266 | Tr = 200 | 0.339 | Tr = 475 | 0.473 | Tr = 975 | 0.578 | Tr = 2475 | 0.753 | Tr = 5000 | 0.923 |
| KM 10+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.222    | 0.089 | 0.244    | 0.097 | 0.312    | 0.125 | 0.440    | 0.176 | 0.529    | 0.212 | 0.667     | 0.267 | 0.797     | 0.319 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.196    | 0.078 | 0.218    | 0.087 | 0.295    | 0.118 | 0.444    | 0.178 | 0.561    | 0.224 | 0.760     | 0.304 | 0.958     | 0.383 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.357    | 0.071 | 0.376    | 0.075 | 0.435    | 0.087 | 0.531    | 0.106 | 0.633    | 0.127 | 0.796     | 0.159 | 0.949     | 0.190 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.239 | Tr = 100 | 0.260 | Tr = 200 | 0.330 | Tr = 475 | 0.460 | Tr = 975 | 0.562 | Tr = 2475 | 0.730 | Tr = 5000 | 0.892 |
| KM 20+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.218    | 0.087 | 0.239    | 0.095 | 0.304    | 0.122 | 0.425    | 0.170 | 0.517    | 0.207 | 0.650     | 0.260 | 0.776     | 0.310 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.193    | 0.077 | 0.214    | 0.086 | 0.287    | 0.115 | 0.429    | 0.172 | 0.547    | 0.219 | 0.740     | 0.296 | 0.931     | 0.372 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.354    | 0.071 | 0.373    | 0.075 | 0.431    | 0.086 | 0.525    | 0.105 | 0.624    | 0.125 | 0.784     | 0.157 | 0.932     | 0.186 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.235 | Tr = 100 | 0.256 | Tr = 200 | 0.323 | Tr = 475 | 0.447 | Tr = 975 | 0.550 | Tr = 2475 | 0.713 | Tr = 5000 | 0.869 |
| KM 30+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.213    | 0.085 | 0.232    | 0.093 | 0.294    | 0.117 | 0.407    | 0.163 | 0.502    | 0.201 | 0.630     | 0.252 | 0.750     | 0.300 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.188    | 0.075 | 0.209    | 0.084 | 0.278    | 0.111 | 0.413    | 0.165 | 0.531    | 0.212 | 0.716     | 0.286 | 0.898     | 0.359 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.350    | 0.070 | 0.369    | 0.074 | 0.425    | 0.085 | 0.517    | 0.103 | 0.613    | 0.123 | 0.768     | 0.154 | 0.912     | 0.182 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.230 | Tr = 100 | 0.250 | Tr = 200 | 0.314 | Tr = 475 | 0.431 | Tr = 975 | 0.536 | Tr = 2475 | 0.692 | Tr = 5000 | 0.842 |
| KM 40+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.209    | 0.084 | 0.227    | 0.091 | 0.286    | 0.115 | 0.393    | 0.157 | 0.490    | 0.196 | 0.615     | 0.246 | 0.730     | 0.292 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.179    | 0.072 | 0.205    | 0.082 | 0.270    | 0.108 | 0.399    | 0.159 | 0.519    | 0.208 | 0.696     | 0.278 | 0.872     | 0.349 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.347    | 0.069 | 0.366    | 0.073 | 0.421    | 0.084 | 0.511    | 0.102 | 0.605    | 0.121 | 0.756     | 0.151 | 0.896     | 0.179 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.225 | Tr = 100 | 0.246 | Tr = 200 | 0.307 | Tr = 475 | 0.419 | Tr = 975 | 0.525 | Tr = 2475 | 0.676 | Tr = 5000 | 0.820 |
| KM 50+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.204    | 0.082 | 0.221    | 0.088 | 0.277    | 0.111 | 0.377    | 0.151 | 0.476    | 0.190 | 0.594     | 0.238 | 0.704     | 0.282 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.169    | 0.068 | 0.199    | 0.080 | 0.262    | 0.105 | 0.382    | 0.153 | 0.503    | 0.201 | 0.672     | 0.269 | 0.839     | 0.336 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.344    | 0.069 | 0.362    | 0.072 | 0.415    | 0.083 | 0.503    | 0.101 | 0.594    | 0.119 | 0.741     | 0.148 | 0.876     | 0.175 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.218 | Tr = 100 | 0.240 | Tr = 200 | 0.299 | Tr = 475 | 0.404 | Tr = 975 | 0.510 | Tr = 2475 | 0.655 | Tr = 5000 | 0.793 |
| KM 60+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.204    | 0.082 | 0.221    | 0.088 | 0.277    | 0.111 | 0.376    | 0.150 | 0.476    | 0.190 | 0.594     | 0.238 | 0.704     | 0.282 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.161    | 0.064 | 0.194    | 0.077 | 0.253    | 0.101 | 0.366    | 0.146 | 0.486    | 0.194 | 0.647     | 0.259 | 0.805     | 0.322 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.340    | 0.068 | 0.357    | 0.071 | 0.410    | 0.082 | 0.495    | 0.099 | 0.584    | 0.117 | 0.726     | 0.145 | 0.857     | 0.171 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.214 | Tr = 100 | 0.237 | Tr = 200 | 0.294 | Tr = 475 | 0.396 | Tr = 975 | 0.502 | Tr = 2475 | 0.642 | Tr = 5000 | 0.775 |
| KM 70+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.195    | 0.078 | 0.211    | 0.084 | 0.261    | 0.104 | 0.350    | 0.140 | 0.450    | 0.180 | 0.560     | 0.224 | 0.662     | 0.265 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.154    | 0.062 | 0.189    | 0.075 | 0.246    | 0.098 | 0.352    | 0.141 | 0.471    | 0.188 | 0.626     | 0.250 | 0.777     | 0.311 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.336    | 0.067 | 0.353    | 0.071 | 0.405    | 0.081 | 0.488    | 0.098 | 0.574    | 0.115 | 0.712     | 0.142 | 0.839     | 0.168 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.207 | Tr = 100 | 0.230 | Tr = 200 | 0.284 | Tr = 475 | 0.378 | Tr = 975 | 0.483 | Tr = 2475 | 0.617 | Tr = 5000 | 0.743 |
| KM 80+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.191    | 0.076 | 0.206    | 0.082 | 0.253    | 0.101 | 0.336    | 0.135 | 0.432    | 0.173 | 0.543     | 0.217 | 0.641     | 0.256 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.146    | 0.058 | 0.178    | 0.071 | 0.236    | 0.095 | 0.337    | 0.135 | 0.456    | 0.182 | 0.602     | 0.241 | 0.745     | 0.298 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.333    | 0.067 | 0.349    | 0.070 | 0.399    | 0.080 | 0.480    | 0.096 | 0.564    | 0.113 | 0.697     | 0.139 | 0.820     | 0.164 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.201 | Tr = 100 | 0.224 | Tr = 200 | 0.276 | Tr = 475 | 0.366 | Tr = 975 | 0.468 | Tr = 2475 | 0.598 | Tr = 5000 | 0.719 |
| KM 90+000  | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.183    | 0.073 | 0.201    | 0.080 | 0.246    | 0.098 | 0.325    | 0.130 | 0.415    | 0.166 | 0.527     | 0.211 | 0.622     | 0.249 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.140    | 0.056 | 0.168    | 0.067 | 0.228    | 0.091 | 0.323    | 0.129 | 0.436    | 0.175 | 0.579     | 0.232 | 0.716     | 0.286 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.328    | 0.066 | 0.345    | 0.069 | 0.393    | 0.079 | 0.472    | 0.094 | 0.553    | 0.111 | 0.683     | 0.137 | 0.802     | 0.160 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.195 | Tr = 100 | 0.217 | Tr = 200 | 0.268 | Tr = 475 | 0.354 | Tr = 975 | 0.451 | Tr = 2475 | 0.579 | Tr = 5000 | 0.695 |
| KM 100+000 | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.172    | 0.069 | 0.197    | 0.079 | 0.240    | 0.096 | 0.315    | 0.126 | 0.400    | 0.160 | 0.514     | 0.206 | 0.604     | 0.242 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.135    | 0.054 | 0.160    | 0.064 | 0.221    | 0.088 | 0.310    | 0.124 | 0.416    | 0.166 | 0.559     | 0.223 | 0.687     | 0.275 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.324    | 0.065 | 0.340    | 0.068 | 0.388    | 0.078 | 0.465    | 0.093 | 0.544    | 0.109 | 0.670     | 0.134 | 0.785     | 0.157 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.188 | Tr = 100 | 0.211 | Tr = 200 | 0.262 | Tr = 475 | 0.343 | Tr = 975 | 0.435 | Tr = 2475 | 0.563 | Tr = 5000 | 0.674 |
| KM 110+000 | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.163    | 0.065 | 0.193    | 0.077 | 0.233    | 0.093 | 0.306    | 0.122 | 0.386    | 0.155 | 0.501     | 0.200 | 0.588     | 0.235 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.129    | 0.052 | 0.153    | 0.061 | 0.214    | 0.086 | 0.298    | 0.119 | 0.397    | 0.159 | 0.538     | 0.215 | 0.660     | 0.264 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.320    | 0.064 | 0.336    | 0.067 | 0.382    | 0.076 | 0.457    | 0.091 | 0.534    | 0.107 | 0.657     | 0.131 | 0.768     | 0.154 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.181 | Tr = 100 | 0.205 | Tr = 200 | 0.255 | Tr = 475 | 0.333 | Tr = 975 | 0.420 | Tr = 2475 | 0.547 | Tr = 5000 | 0.653 |
| KM 120+000 | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.157    | 0.063 | 0.190    | 0.076 | 0.229    | 0.092 | 0.300    | 0.120 | 0.377    | 0.151 | 0.491     | 0.197 | 0.577     | 0.231 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.125    | 0.050 | 0.148    | 0.059 | 0.209    | 0.084 | 0.288    | 0.115 | 0.383    | 0.153 | 0.523     | 0.209 | 0.639     | 0.256 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.316    | 0.063 | 0.332    | 0.066 | 0.378    | 0.076 | 0.451    | 0.090 | 0.526    | 0.105 | 0.646     | 0.129 | 0.755     | 0.151 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.176 | Tr = 100 | 0.201 | Tr = 200 | 0.251 | Tr = 475 | 0.325 | Tr = 975 | 0.409 | Tr = 2475 | 0.535 | Tr = 5000 | 0.637 |
| KM 130+000 | Young+Sadigh    | 0.4         | 0.149    | 0.060 | 0.181    | 0.073 | 0.224    | 0.090 | 0.291    | 0.116 | 0.365    | 0.146 | 0.478     | 0.191 | 0.562     | 0.225 |
|            | Zhao+Sadigh     | 0.4         | 0.121    | 0.049 | 0.142    | 0.057 | 0.202    | 0.081 | 0.276    | 0.110 | 0.364    | 0.146 | 0.501     | 0.200 | 0.611     | 0.244 |
|            | BC Hydro+Sadigh | 0.2         | 0.311    | 0.062 | 0.326    | 0.065 | 0.371    | 0.074 | 0.442    | 0.088 | 0.515    | 0.103 | 0.631     | 0.126 | 0.737     | 0.147 |
|            |                 |             | Tr = 75  | 0.170 | Tr = 100 | 0.194 | Tr = 200 | 0.245 | Tr = 475 | 0.315 | Tr = 975 | 0.395 | Tr = 2475 | 0.518 | Tr = 5000 | 0.616 |

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El tramo de estudio del paquete 4 está emplazado sobre Unidades Geológicas que datan del cretácico hasta el cuaternario reciente. Las rocas más antiguas la conforman la formación Chilca con secuencias volcánicas sedimentarias y los monzogranitos de la Súper Unidad Sayán. Los depósitos cuaternarios que predominan son los aluviales, fluvio aluviales, fluviales, antrópicos y coluviodeluviales. Este último se ubica en las laderas y piedemonte de las montañas intrusivas en los alrededores de Sayán.
- El puente Sayán proyectado se ubica principalmente sobre depósitos cuaternarios como depósitos fluvioaluviales (en la margen derecha) y depósitos aluviales (en la margen izquierda). Estos depósitos están conformados principalmente por grava en matriz arenosa con predominancia de bolones y bloques polimicticos y heterométricos, los cuales muestran mayor densificación según se profundiza. A la base se infiere la presencia de monzogranito por la cercanía a afloramientos por la margen derecha.
- Localmente, en el tramo 1 se presentan geoformas agradacionales principalmente, los cuales son las terrazas inundables y aluviales formadas por el río Huaura, entre las geoformas denudativas tenemos las escarpas que se presentan en las márgenes de los terrenos de cultivo, producto de la erosión del río. Así mismo, en el tramo 2, las geoformas agradacionales fluviales no alcanzan un mayor desarrollo debido a la estrechez del valle, por lo que las márgenes erosivas a lo largo del río son evidentes. En las montañas de los alrededores se aprecian conos coluviodeluviales formados por acción de la gravedad y escorrentía pluvial.
- Los fenómenos geodinámicos que predominan son la erosión fluvial e inundaciones, ambas intensificadas durante los eventos de máximas avenidas causados por las intensas precipitaciones. En el tramo 1, la zona del fundo Carquin Chico ha sido afectado por procesos erosivos en la margen izquierda y por inundaciones, debido a la topografía e incompetencia del terreno que lo constituye. Se recomienda reforzar la actual defensa ribereña para evitar posibles afectaciones a la población que se ha asentado los últimos años hasta las márgenes del río. En el tramo 2, se presentan procesos erosivos en las márgenes debido a la estreches del cauce del río en la zona que cruza Sayán, por lo que se recomienda emplazar estructuras orientadas a la protección de la vía Huaura – Sayán y el puente Sayán.
- La zona donde se emplazarán las obras proyectadas se ubica dentro de la unidad hidrogeológica Acuífero Poroso No Consolidado (APNC), la cual presenta una alta porosidad y desde alta a muy alta permeabilidad, debido a los sedimentos granulares subredondeados que lo conforman.
- La aceleración horizontal máxima definido en el estudio de Peligro sísmico, deberá considerarse dentro del diseño de los diques. Esta aceleración deberá ser tabulada de acuerdo a la ubicación de las estructuras proyectadas.

- Para la evaluación del medio fluvial se han analizado las imágenes más antiguas disponibles (1969 y 1985) y los años que sucedieron Fenómenos de El Niño, con la finalidad de delimitar las áreas de máximas inundaciones. Como resultado se ha obtenido que el río en los tramos estudiados ha sufrido desplazamientos hacia ambas márgenes, provocando daños a los cultivos y estructuras existentes. Como referencia, para el tramo 1 se tiene que durante los FEN de 1998 y 2017 la llanura de inundación del río ha alcanzado un máximo desarrollo, inundando la margen izquierda y afectando áreas de cultivo (en 1998) y población (en 2017). Para el tramo 2, el cauce del río no ha tenido variaciones significativas en la zona de Sayán debido que se encuentra encajonado entre el macizo rocoso y la terraza aluvial donde se ubica la población, sin embargo, se observa que el desarrollo urbano está creciendo hacia las laderas de las montañas y hacia quebradas inactivas principalmente, lo que conduciría a riesgos por flujo de detritos en eventuales precipitaciones extremas.

## 8. PANEL FOTOGRÁFICO

Ilustración 57. Vista del cauce del río Huaura donde su ancho se estrecha hacia las cercanías del puente Huaura y la Bocatoma Carquin.

(Fuente: Propia)

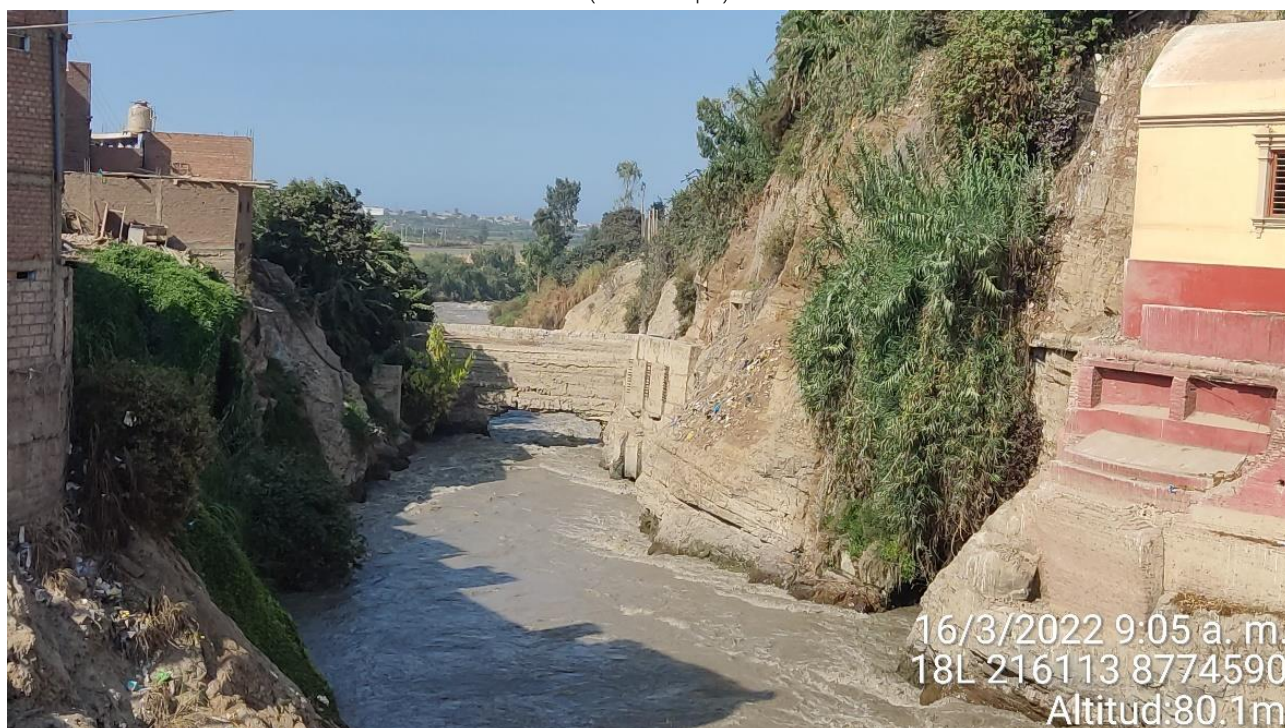


Ilustración 58. Vista del margen izquierdo del río Huaura, se aprecia la acción fluvial sobre los taludes y viviendas existentes.  
(Fuente: Propia)



Ilustración 59. Vista del margen derecho y cauce actual del río, Se aprecia los diques existentes cortados por la acción erosiva del río.  
Depósitos fluviales sobre el cauce del río  
(Fuente: Propia)

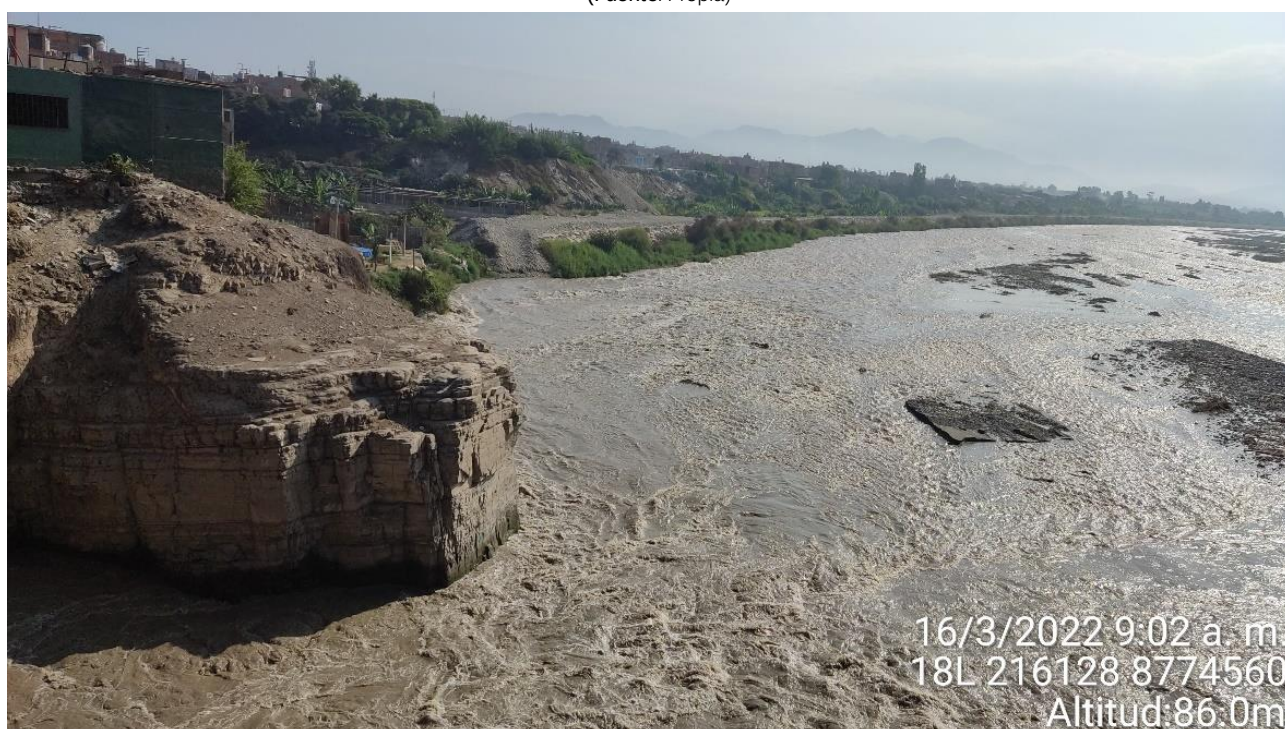


Ilustración 60. Vista del margen izquierdo del río, se aprecia los márgenes escarpados por la acción erosiva fluvial. En el margen derecho dique enrocado en buen estado de conservación.

(Fuente: Propia)



## 9. ANEXOS DE GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA