

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LAS  
FILTRACIONES EN LA PRESA HUACATINA,  
PROVINCIA DE JULCÁN, DEPARTAMENTO DE  
LA LIBERTAD, 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

**Autora:**

Sandra Giovana Viteri Montes

**Asesor:**

Mg. German Sagastegui Vásquez

<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>SONIA RUBIO HERRERA</b>	<b>42984416</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>ROXANA AGUILAR VILLENA</b>	<b>44465453</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>NIXON PECHE MELO</b>	<b>70615775</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

TESIS\_SANDRA\_VITERI\_MONTES\_23.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

**17%**

INDICE DE SIMILITUD

**17%**

FUENTES DE INTERNET

**5%**

PUBLICACIONES

**1%**

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

7%

★ [hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación lo dedico a mi familia, en especial a mis padres que han estado acompañándome en todo este proceso, brindándome su apoyo y dándome ánimos para seguir esforzándome para lograr cumplir esta meta tan anhelada. Por creer y confiar en mí, este arduo trabajo es en nombre de ellos, porque son mi motivación diaria y mi alegría en estos momentos, esto es para ustedes.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco el apoyo de mis padres, el confiar en mí, sobretodo de mi madre que se ha vuelto mi motivación diaria, es la que siempre me da palabras de aliento en los momentos en los que las necesito, por enseñarme a ser fuerte y demostrarme que todo es posible, con dedicación y esfuerzo. El apoyo moral ha sido fundamental para poder concluir esta tesis.

Agradezco a los docentes que fueron parte de mi formación académica, pero tengo que destacar la paciencia y comprensión de mi asesor el Ingeniero German Sagastegui Vásquez, que estuvo en todo momento durante la elaboración de este trabajo y fue la guía que necesité.

¡GRACIAS!

## TABLA DE CONTENIDO

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>12</b>
1.1.1. ANTECEDENTES.....	13
1.1.2. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	18
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>41</b>
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	<b>41</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	41
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	41
<b>1.4. HIPÓTESIS .....</b>	<b>41</b>
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	41
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>42</b>
<b>2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>42</b>
2.1.1. SEGÚN EL PROPÓSITO .....	42
2.1.2. SEGÚN EL DISEÑO.....	42
<b>2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>42</b>
2.2.1. POBLACIÓN.....	42
2.2.2. MUESTRA .....	42
2.2.3. MUESTREO .....	42
<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....</b>	<b>44</b>
<b>2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>45</b>

2.3.1.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	45
2.3.2.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
<b>2.4.</b>	<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>48</b>
2.4.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO .....	49
	<i>Etapa de campo .....</i>	<i>49</i>
	<i>Procedimiento de recolección de datos .....</i>	<i>49</i>
	<i>Equipos de protección personal.....</i>	<i>49</i>
	<i>Etapa de gabinete .....</i>	<i>49</i>
<b>2.5.</b>	<b>ASPECTOS ÉTICOS .....</b>	<b>54</b>
	<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>3.1.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>55</b>
3.1.1.	UBICACIÓN.....	55
3.1.2.	ACCESIBILIDAD .....	56
3.1.3.	GEOMORFOLOGÍA .....	56
3.1.4.	FORMACIONES GEOLOGICAS LOCALES .....	59
	<i>Nota. Ubicación según Carta Nacional. Fuente: INGEMMET .....</i>	<i>61</i>
	<i>RESPONDIENDO AL OBJETIVO 01: DIAGNOSTICO DEL ANÁLISIS GEOLOGICO – GEOTECNICO.....</i>	<i>62</i>
	<i>RESPONDIENDO AL OBJETIVO 02: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS REGISTRADOS MEDIANTE PROYECCIONES ESTEREOGRÁFICAS .....</i>	<i>65</i>
	<i>RESPONDIENDO AL OBJETIVO 03: ANÁLISIS DE LA PRESA HUACATINA MEDIANTE GEOSTUDIO .....</i>	<i>71</i>
	<i>RESPONDIENDO AL OBJETIVO 04: SOLUCIONES BASADAS EN EL ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LAS FILTRACIONES EN LA PRESA HUACATINA.....</i>	<i>75</i>
	<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>4.1.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>4.2.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>83</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Particularidades Destacados .....	20
<b>Tabla 2</b> Cuadro de Variables .....	44
<b>Tabla 3</b> Instrumentos de recolección de datos .....	45
<b>Tabla 4</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable independiente .....	46
<b>Tabla 5</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable dependiente .....	46
<b>Tabla 6</b> Procedimientos para el desarrollo de la tesis .....	48
<b>Tabla 7</b> Ubicación Políticamente .....	56
<b>Tabla 8</b> Ubicación Geográficamente .....	56
<b>Tabla 9</b> Estribo Izquierdo .....	65
<b>Tabla 10</b> Eje de Presa.....	66
<b>Tabla 11</b> Estribo derecho de Presa Huacatina .....	68



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ley de Darcy .....	25
<b>Figura 2</b> Impacto de una pantalla impermeable vertical sobre la red hidrodinámica de la cimentación de una presa de gravedad. ....	27
<b>Figura 3</b> La influencia de los métodos de impermeabilización en la red del diseño básico de una presa multimaterial con núcleo central. (Attewell y Farmer. 1976). ....	28
<b>Figura 4</b> Efecto de una corriente empinada no permeable y una baja pendiente del dique en la red de flujo de la fundación de una presa de gravedad. ....	29
<b>Figura 5</b> Erosión interna de la infraestructura .....	30
<b>Figura 6</b> Materiales de diferentes tipos de relleno (modificado de Dapena, 2000).....	30
<b>Figura 7</b> Diagramas que ilustran los tipos de presas de materiales sueltos. ....	32
<b>Figura 8</b> Ejemplos de múltiples depósitos de almacenamiento con diferentes condiciones de flujo	33
<b>Figura 9</b> Materiales y drenes.....	33
<b>Figura 10</b> Excavación y tratamiento de cimentación para soportar la cimentación en la piscina principal. ....	36
<b>Figura 11</b> Sección transversal de la presa de materiales sueltos de Gribaile. Jaén. ....	37
<b>Figura 12</b> Tratamientos de consolidación y drenaje en una presa de contrafuertes. ....	38
<b>Figura 13</b> Ubicación de zona de estudio .....	43
<b>Figura 14</b> Introducción de datos a Software Dips .....	50
<b>Figura 15</b> Dip/Dip Direction.....	51
<b>Figura 16</b> Diseño en GeoStudio - Seep .....	52
<b>Figura 17</b> Resultado de GeoStudio - Seep.....	53
<b>Figura 18</b> Calderas Volcánicas en la Formación Calipuy .....	57
<b>Figura 19</b> Estructura Paleo Tectónica, área del Reservorio Huacatina .....	58
<b>Figura 20</b> Carta Nacional 17g Santiago de Chuco.....	61
<b>Figura 21</b> Geología Regional del Ingemmet Hoja 17-G Santiago de Chuco .....	61
<b>Figura 22</b> Caudal de Estiaje.....	63
<b>Figura 23</b> Condicionante Hidrogeológica que afecta la Estanqueidad del Reservorio.....	64

<b>Figura 24</b> Proyección estereográfica del estribo izquierdo - Presa Huacatina .....	65
<b>Figura 25</b> Proyección estereográfica Eje de Presa Huacatina .....	67
<b>Figura 26</b> Proyección ortogonal en Estribo derecho para programa de Inyecciones .....	68
<b>Figura 27</b> Estructura Paleo Tectónica en paquete inferior - Plano de falla N° 10 .....	69
<b>Figura 28</b> Bancos de andesita con disyunción columnar, juntas abiertas .....	70
<b>Figura 29</b> Altura de Presión Total .....	71
<b>Figura 30</b> Presión de Poros De Agua.....	72
<b>Figura 31</b> Representación de Flujo.....	73
<b>Figura 32</b> Altura de Presión Total sin Vectores .....	74
<b>Figura 33</b> Altura de Presión Total – Etiquetas .....	75
<b>Figura 34</b> Esquema Hidrogeológico generalizado.....	77
<b>Figura 35</b> Tratamiento – Fase de Limpieza e identificación de daños. Longitud de la excavación mayor a 15m.....	77
<b>Figura 36</b> Instalación de tubos para rellenos de cavidades y losa de concreto para evitar fugas en la fase de consolidación.....	78
<b>Figura 37</b> Consolidación superficial para las juntas abiertas; la roca se impermeabilizará desde la Pantalla de Inyecciones.....	78
<b>Figura 38</b> Pantalla de Inyecciones; Cobertura propuesta. ....	80
<b>Figura 39</b> Esquema de trastornos en la Estanqueidad de la Presa .....	80

## RESUMEN

La presente tesis es una investigación denominada "ANÁLISIS GEOTECNICO DE LAS FILTRACIONES EN LA PRESA HUACATINA, PROVINCIA DE JULCÁN, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD, 2023", se realizó debido a la necesidad de mejorar las condiciones actuales de los servicios de irrigación agrícola que brinda la Presa Huacatina a las comunidades de los distritos de Calamarca y Huaso de la Provincia de Julcán. Además de crear fuentes de trabajo permanente para los agricultores de la zona y así lograr levantar el nivel económico del poblador, con mejores ingresos, mayor acceso a la cultura y al bienestar social. Se pretende evaluar las características geotécnicas las cuáles provocan las filtraciones en la Presa Huacatina.

Corresponde a una investigación aplicada, no experimental. Para realizar el propósito de este trabajo, se realizará un análisis documentario del expediente técnico y antecedentes geológicos y geotécnicos, dicha información fue ingresada al software Dips 7.0 y GeoStudio.

La información adquirida mediante diferentes técnicas, serán de utilidad para realizar un diagnóstico y planear soluciones a la problemática encontrada. Lo cual además será de gran utilidad para futuras investigaciones.

**PALABRAS CLAVES:** Geotécnica, filtraciones, presa, macizo rocoso.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Ticona, R. (2017). Actualmente como en la historia las presas de tierra siguen siendo las más frecuentes, debido a que aparentemente es mas faicl por el material que usan, que son en estado natural y que además no requieren un tratamiento exhaustivo. Estas son infraestructuras hidráulicas que requieren de la intervension de multiples profesionales, especialistas de diferentes ramas.

Según Huanacuni, F. (2014) los estudios realizados determinaron que en este caso la presa tiene una capacidad grande en volumen de agua, asi como también cuando se presentan algún tipo de filtración, permeabilidad o falla en alguna parte de la estructura, frecuentemente el vaso donde se almacena el agua, lo primero que se debe realizar es un análisis geológico y geotécnico que pueda garantizar la sostenibilidad de la construcción.

Nina, M. (2017) En el Perú y en el mundo numerosas presas se han construido sin considerar ningún tipo de problema geológico o geotécnico, esto es el caso de muchas presas, pero en esta ocasión podríamos mencionar la de Lagunillas, la cual era una obra que generaba mucha expectativa, pero que debido a su falta de precaucion y estudio, presentaron como principal falla la excesiva humedad, la filtración de agua por fracturamiento en el eje de esta.

Apaza, P. (2016) afirma que el análisis geológico y geotécnico mundialmente asume un rol escencial, debido a que involucra la estabilidad de taludes, del suelo su capacidad portante y porque de esta depende el diseño de las presas, porque se debe considerar ciertas características, criterios, paramentos que se vinculen con el suelo.

Esquivel, C. & Pinares, G. (2019). La ejecución de estudios geológicos y geotécnicos, genera que el proyecto sea una construcción que garantice durabilidad y que

con el transcurrir de los años no presente ningún tipo de molestias. El estudiar este tema, logrará presentar un aporte sobre los diversos métodos de análisis, generando posibles soluciones de mejora, en los próximos proyectos de investigación referente al tema con un impacto en Perú.

### **1.1.1. ANTECEDENTES**

#### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

El primer trabajo corresponde a Montenegro, R. (2015), quién realizó el levantamiento con el objetivo de encontrar condiciones geológicas o estructuras, así como requerimientos geológicos, que ayudaran a crear y utilizar el modelo más preciso de las estructuras de la presa El Tigre. La información recopilada durante este programa se refleja en el historial que se encontrará en la base de datos. El objetivo de ambos es clasificar geotécnicamente el terreno para encontrar el tipo de yacimiento adecuado a las características de los diferentes recursos de la zona. Con ayuda externa, perforación, geofísica y excavación, se identificaron cuatro aspectos geotécnicos: miembro naranjos, miembro El Tigre, miembro brecha volcánica, taludes y depósitos coluviales. Debido a las características geológicas y geotécnicas de la zona del naranjal, es posible construir un tipo complejo de presa en muchas zonas básicas.

Un segundo trabajo de Oyarzo, M. (2018) tiene como objetivo realizar estudios geológicos y geotécnicos del embalse de Valle Hermoso para el Ministerio de Obras Públicas (MOP). Se realizaron 101 pruebas de permeabilidad Lugeon y 14 sondeos. Los testigos de perforación se clasificaron geotécnicamente mediante el método RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski (1989). Según los resultados, las clases de la roca se situaban en gran medida entre la clase III y la clase II, y en general son de buen grado geotécnico. En general, la roca es impermeable. El análisis del riesgo geológico reveló que la región presenta un índice

significativo de actividad sísmica, aunque la mayoría de estos movimientos telúricos tienen magnitudes en la escala de Richter comprendidas entre 3,5 y 4. Se puede concluir que el sitio propuesto para el embalse de Valle Hermoso corresponde a las condiciones morfológicas, geológicas, estructurales y geotécnicas correctas a las características de su funcionamiento sin imprevistos.

### **ANTECEDENTES NACIONALES**

Entre los trabajos nacionales, se encuentra Apaza, P. (2016) que realizó la investigación en la que determinó las particularidades geológicas y también las geotécnicas dentro de la región de impacto. Esta corresponde a investigación descriptiva y también analítica, en la cual se ha realizado revisiones de diferentes antecedentes bibliográficos que sean referentes al tema. También se realizó visita de campo y levantamiento topográfico. De acuerdo a las conclusiones, se determinó que el RMR es de Clase Regular Mala a Muy mala, mayormente es clase III, IV y también V.

Diaz et al. (2021) El objetivo principal de este estudio fue evaluar las especificidades geomecánicas del macizo rocoso utilizando el enfoque de Bieniawski con el fin de proponer un esquema de fortificación para la mina artesanal de nivel 0 Paucartambo Pasco 2021. El diseño explicativo-correlacional, científicamente aplicado y cuasi-experimental fueron los principales componentes de la metodología de investigación. Todas las galerías de la mina artesanal Paucartambo Pasco conformaron la población, mientras que el nivel cero constituyó la muestra no probabilística que fue seleccionada de acuerdo a los intereses de los investigadores. Considerando el ángulo de cohesión del macizo rocoso KPa 300 a 400, el ángulo de fricción del macizo rocoso 35° a 45°, y el tiempo de autosostenimiento de 6

meses con 7 m de Span, se concluye que la caracterización geomecánica está en el rango de 61 a 80 puntos que la describe como buena roca.

Esquivel, M. & Pinares, G. (2019) en la investigación se realizó la evaluación de los parámetros geológicos y geotécnicos que permitirán mantener la presa con características adecuadas al suelo de cimentación y garantizar la estanqueidad de la presa. Se prevé embalsar un volumen total de 5,00 MMC para uso agrícola en el embalse que forma parte de la estructura. Debido a la erosión provocada por el río Ilabaya y, más especialmente, por el río Camilaca, que confluye con el arroyo Borogueva a esta altura, sobre el sustrato andesítico, la zona de la boquilla presenta una morfología en forma de V desde el punto de vista geomorfológico. La falla regional del Incapuquio, que es una falla regional reconocida y cartografiada desde la frontera con Chile, penetra por el borde sur cerca de la hacienda Putina, desde donde continúa con rumbo N 50° O por el extremo suroccidental de la sábana hasta abandonarla por la localidad de Chejaya. Esta falla forma parte de un grupo de fallas que afectan la zona de estudio. Impacta principalmente a los volcánicos de Toquepala en esta localidad, desalojando a la formación Ataspaca sólo en una pequeña porción del extremo sureste de su trazo de aproximadamente 31 km de longitud y extremadamente notorio.

Alvarado, M. & Villanueva, L. (2018) la investigación muestra el análisis geomecánico de estabilidad de taludes en el sitio de la cantera "Agocucho"; otro análisis muestra que en algunos lugares hay inestabilidad del suelo provocada por derrumbes y explosiones. Las correcciones geométricas, la construcción de bermas, el drenaje y el control de explosiones se encuentran entre las recomendaciones de resiliencia que se han hecho.

Chuquiruna, L. (2019). Este proyecto tiene como propósito mirar el comportamiento de la línea frente al agente sísmico; la línea que forma parte de la vía en la zona de San Juan

utilizará métodos estáticos y pseudoestáticos para determinar el comportamiento; línea agrietada persistente; Este tipo de estrés puede provocar la erosión del suelo; Para ello, se realizaron pruebas sobre el tipo de suelo: La grava tiene pocas partículas finas o GW, que es muy sensible a los eventos sísmicos; tanto de diseño como de resultados geotécnicos. A pesar de ello, se estudiaron el análisis granulométrico y el ensayo de cizalladura directa para realizar un análisis adecuado de la mecánica del suelo y determinar el fenómeno que produciría un deslizamiento; por último, se creó un modelo en el software Slide V 6.0, que es crucial para ver el comportamiento sísmico. Debido a que la influencia del factor sísmológico es un agente de inestabilidad para un criterio pseudoestático, se analizan los resultados utilizando criterios estáticos y pseudoestáticos para el cálculo del factor de seguridad que indica qué tan seguro es el talud en la carretera; para ello se identificaron las características litológicas, físicas y mecánicas de los materiales que conforman el talud, así como los condicionantes susceptibles a deslizamientos.

Vega, D. (2019) La presente investigación ha sido desarrollada para el almacenamiento de agua y la ampliación de las fronteras agrícolas de las comunidades locales en la región de Huancavelica, provincia de Huancavelica. El proyecto se realizó entre junio de 2016 y enero de 2017. La tesis contiene el estudio geológico y geotécnico a nivel de factibilidad del proyecto, en el cual se presenta el levantamiento geológico geotécnico de la presa y la franja de eje, así como detalles de la excavación y muestreo realizado en California, interpretación de las perforaciones diamantinas utilizando las clasificaciones RMR Bieniawski 1989, análisis de las muestras al laboratorio con la ejecución de ensayos estándar y especiales de las muestras obtenidas. Este proyecto contempla la construcción de una presa denominada Totoraccocha, ubicada en Tantaccato, en la provincia de Ascensión,



que protegerá el agua de la Quebrada Totoraccocha, para regar los terrenos de Pomacocha, el de Caja Espíritu, además el de Acobamba, la presa tendrá altura. más de 30 metros.

Nina, M. (2017) Esta tesis realiza un análisis geotécnico del lugar de estudio, evaluando el material de una presa, la cual cuenta con una capacidad para contribuir con la irrigación. Los objetivos planteados son el análisis geotécnico, su filtración en la estructura, la estabilidad que cuenta su salud. Es una investigación cuantitativa y descriptivo, la metodología incluye visitas a campo, realización de ensayos y análisis los diferentes criterios geotécnicos. La zona muestra presencias de arenas, generalmente limosas o de material aluvial, ese es por el lado de la geología, sin embargo, en la geomorfología nos presenta pendientes no empinados o suaves. En este caso se realizará un tratamiento en la pantalla ubicada aguas arriba e implantará inyecciones en la base del talud. La presa es totalmente estable debido a que posterior a la evaluación los parámetros obtenidos mostraron factores de seguridad optimos.

Ticona, R. (2017) La presente investigación tiene como objetivo evaluar las particularidades geológicas. Se realizó diferentes evaluaciones para lograr determinar su diseño de la presa. Tiene características en la zona de rocas de origen volcánico y suelos fluvio glacial. Otra particularidad es la presencia de riodacitas y ignimbritas.

## **ANTECEDENTES REGIONALES**

Viteri, S. (2023) se realizó debido a la necesidad de mejorar las condiciones actuales de los servicios de irrigación agrícola que brinda la Presa Huacatina en los asentamientos de los distritos de Calamarca y Huaso en la provincia de Julcan. Asimismo, brindará a los agricultores locales oportunidades de empleo a largo plazo y mejorará las condiciones económicas de la comunidad a través de mayores ingresos, mejor acceso a los cultivos y

seguridad social. Se pretende evaluar las características geotécnicas las cuáles provocan las filtraciones en la Presa Huacatina. Corresponde a una investigación aplicada, no experimental. Para realizar el propósito de este trabajo, se realizará un análisis documental del expediente técnico y antecedentes geológicos y geotécnicos, dicha información fue ingresada al software Dips 7.0 y GeoStudio. La información adquirida mediante diferentes técnicas, serán de utilidad para realizar un diagnostico y planear soluciones a la problemática encontrada. Lo cual además será de gran utilidad para futuras investigaciones.

## **1.1.2. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **1.1.2.1. PRESA**

Este término significa una estructura sea de piedra o de diverso material, el cual se construye por el recorrido de un río, con el objetivo de almacenar el agua de este. Esta recaudación es gran utilidad para riego de cosechas y para distribuir a la población aledaña, inclusive para generar energía. Sandoval (2019).

Pacompa, J. (2014) es una estructura diseñada para almacenar agua con dos propósitos, generar la elevación del nivel para así poder derivarse por un conducto y también para lograr tener un embalse que sea capaz de almacenar agua en épocas de sequía.

Según Esquivel y Pinares (2019) es una construcción que bloquea el flujo de agua para retenerla y/o dirigirla para su uso posterior o para proteger una región de sus consecuencias destructivas. Las funciones de una presa se consideran las siguientes:

La conservación consiste en captar la escorrentía y retenerla durante la estación húmeda para utilizarla más tarde.

El control de las crecidas consiste en almacenar sus picos para liberarlos posteriormente de forma controlada.

La razón principal por la cual se construyen es para captar el agua y generar energía, también porque es de gran utilidad en la agricultura en épocas de escasez, también ayuda a controlar o hacer manejables los caudales.

Necesita construirse para soportar la presión ejercida sobre él. Las fuerzas que deben ser consideradas por los ingenieros incluyen la gravedad, que empuja el depósito hacia abajo, la presión hidrostática, que es la fuerza ejercida por el agua dentro de él, y la presión hidrostática debajo, que crea una fuerza hacia arriba, lo que reduce el peso de la estructura, la energía que usaría el agua si se congelara, y el suelo se vuelve más fuerte como resultado de los terremotos.

Vega, D. (2019) Nos indica los componentes de la presa: cuenta con un embalse o vaso, el cual nos sirve para almacenar el agua dentro de la estructura. La cerrada es el lugar donde se construye. La pantalla es un lado busca la estabilidad y por el otro evita la filtración de agua. Esta estructura cuenta también con la corona que es la parte superior de la presa, la cimentación que es en si la estructura, las compuertas que buscan regular el caudal y los estribos, los cuales son las partes laterales que tienen contacto con el macizo en el que se apoya.

Según Escobar, E. (2002), son partículas solidad de sedimentos no consolidados a causa de la alteración de rocas, agua, hielo o viento. Las fallas que podemos encontrar en un suelo son: deslizamiento, disgregamiento. Parámetros para identificar el suelo:

- a) Parámetros de identificación: La granulometría y la plasticidad.
- b) Parámetros de estado: La humedad y la densidad.
- c) Parámetros estrictamente geo mecánicos: Resistencia al esfuerzo cortante, deformidad o la permeabilidad

## CLASIFICACIÓN UNA PRESA

Entre las clasificaciones se encuentran:

Esquivel y Pinares (2019) clasifica la presa, según su función; es útil para almacenar agua, generar energía y derivar corriente de agua. Según el material; Existen de tierra, de hormigón y de enrocamiento. Según su estructura; hay la presa de arco, la cual es una de las mas innovadoras por el diseño, también están las presas de bóveda y las de arco-gravedad. Otra clasificación es elegir un modelo de represa en este caso el material es la tierra:

Para crear la forma de presa más rentable es preciso realizar una serie de estudios y consideraciones en función de las características singulares de un determinado emplazamiento objeto de investigación. Los elementos más cruciales que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir un determinado tipo de presa pueden dividirse en cuatro categorías, cada una de las cuales se muestra en la siguiente tabla según los tipos de presas ya mencionados:

**Tabla 1**

*Particularidades Destacados*

TIPO	SITIO	FUNDACIÓN	DISPONIBLES	OTRAS CARACTERISTICAS
		TIERRA		
Zonificada	No limitante, salvo en casos de presas estrechas donde pudiese dificultarse el movimiento de maquinaria pesada.	Se adaptan a cualquier tipo de fundación, si no son aconsejables tampoco lo es ningún otro tipo. Se adaptan bien a los sismos.	Cantidades adecuadas de materiales permeables, impermeables, bien diferenciados o enrocado, materiales apropiados para filtros y drenes.	No tiene limitaciones razonables de altura, requiere de aliviadero y tomas por lo general separados y, por lo tanto, exige espacios adicionales.

Homogénea	Usualmente en sitios llanos, no es limitante salvo por las dificultades con maquinaria pesada.	Similar a las zonificadas; menor adaptabilidad a los sismos.	Materiales que tengan proporciones adecuadas de finos y gruesos, materiales apropiados para filtros, drenes y protección de taludes.	Usualmente son bajas por limitaciones del volumen y comportamiento de los materiales. En lo demás similares a las zonificadas.
<b>ENROCADO</b>				
Enrocado	No limitante, similares a las de tierra.	Requiere de fundaciones con mayor capacidad de soporte que las de tierra, pero pueden ser permeables. Excelente adaptabilidad a los sismos.	Canteras explotables y suficiente enrocado disponible al igual que materiales para filtros.	Similares a las de tierra zonificadas.
<b>CONCRETO</b>				
Gravedad	Este aspecto no es limitante, usualmente se escoge para sitios no demasiado estrechos.	Rocha sana o relativamente sana y poco fracturada. Para presas bajas (menores a 15m de altura) se puede utilizar en fundaciones permeables.	Prácticamente no son limitantes salvo en sitios donde no se encuentren cercanos agregados para el concreto.	No tiene limitación de altura razonable, no requiere de espacio adicional para ubicar aliviaderos y tomas.
Arco	Son ideales en valles relativamente estrechos (En forma de "U" o "V")	Roca sana o que pueda sanearse a bajo costo, tanto en el cauce como en los estribos; se adaptan a los sismos.	Similares a las de gravedad, pero requieren de menores volúmenes de material.	Usualmente son presas altas, son algo más limitantes que las de gravedad para ubicar aliviaderos y tomas.

*Nota.* Identificación de los diversos diseños de presas. Fuente: Elaboración propia

## ESTANQUEIDAD DE EMBALSES

Gonzales (2002) La característica que debe cumplir un embalse es su estanqueidad.

Basándose en criterios hidrogeológicos, litológicos y estructurales, los análisis de estanqueidad de los yacimientos suelen incluir:

- En general, es más probable que se produzcan estancamientos en rocas duras y poco fracturadas (como rocas volcánicas, metamórficas, grandes rocas sedimentarias, etc.).

- Las rocas sedimentarias con mucha arcilla, incluidas las margas y pizarras, son ideales.

- Las rocas sedimentarias que se han fracturado también son ventajosas, a menos que sean extremadamente porosas.

-Las características geológicas, como los pliegues, deben examinarse minuciosamente, junto con su relación con las fallas y discontinuidades con las que están conectadas, ya que podrían afectar a la forma en que los fluidos fluyen hacia el interior o el exterior del yacimiento.

-En las rocas duras cristalinas y sedimentarias, donde las fallas ponen frecuentemente en contacto rocas con permeabilidades muy diferentes, las fracturas importantes, diques, zonas de alteración, etc., pueden constituir vías preferentes de flujo; el control hidrogeológico de estas fracturas y su relación estructural son decisivos.

- Las rocas calcáreas, calizas y dolomías afectadas por procesos de karstificación son las formaciones menos ventajosas y donde se prevén los peores problemas de filtración. Al igual que las areniscas, algunas rocas volcánicas, los depósitos cuaternarios y algunos rasgos sedimentarios como los paleocanales, otras rocas porosas como algunos tipos de areniscas, estas rocas no suelen ser apropiadas para el sellado.

-Los problemas de filtración también pueden surgir en las proximidades de explotaciones mineras activas o cerradas, siendo las cuencas carboníferas las que plantean el mayor desafío porque los problemas de filtración pueden coexistir con los de hundimiento.

### 1.1.2.2. FILTRACIONES

#### FILTRACIONES EN SUELOS Y ROCAS

Gonzales (2002) Habitualmente, el suelo está compuesto de diversos estratos, frecuentemente la condición del suelo cambia mucho de un nivel a otro. El equilibrio entre agua permeable y no permeable debe establecerse antes de construir una presa. Para reducir la pérdida de grandes cantidades de agua en el suelo por infiltración, en la realización de estanques se debe evitar la presencia de una capa porosa en el suelo.

#### LEY DE DARCY

Gonzales (2002) A través del coeficiente de permeabilidad, la velocidad del fluido en medios porosos es proporcional al gradiente hidráulico. Tiene unidades de velocidad, pero no es un aspecto fundamental del suelo.

Demuestra que el caudal  $Q$  a través de un medio permeable es directamente proporcional al área de paso del medio. Demuestra que la meable  $A$  del medio permeable, que es normal al flujo, y el gradiente de niveles piezométricos entre la entrada y la salida del flujo,  $i$ . La permeabilidad del medio, también conocida como conductividad de Darcy o conductividad hidráulica, es la constante de proporcionalidad porque tiene en cuenta las propiedades del fluido. En consecuencia y globalmente:

$$Q = -kAi$$

Entonces:

$$Q = \text{caudal } [L^3T^{-1}]$$

$$k = \text{permeabilidad } [LT^{-1}]$$

$$A = \text{área } [L^2]$$

$I =$  gradiente

Se sabe que el gradiente escalar viene a ser un vector, módulo, dirección y su significado indicativo. El módulo es la integral de una función escalar; La dirección es la dirección de aumento del valor del trabajo y sigue las líneas de los pasos de la función escalar. El gradiente y el flujo tienen direcciones diferentes cuando el flujo pasa de zonas piezométricas altas a zonas bajas o, en este caso, de la función escalar, lo que explica la expresión negativa del segundo término en la ecuación de Darcy.

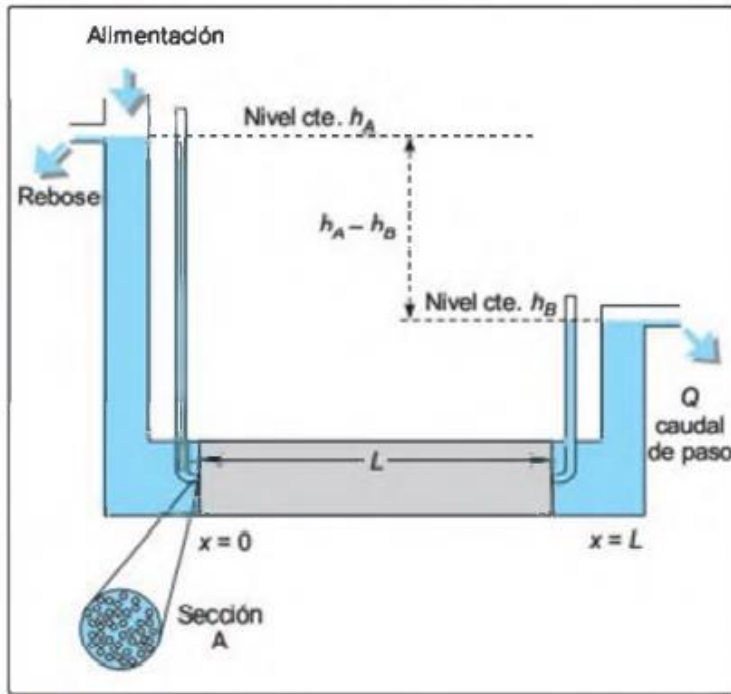
La ecuación puede enunciarse en forma diferencial, teniendo en cuenta la variación de los niveles piezométricos a lo largo de la trayectoria del flujo a través de un medio poroso, designando  $h$  como el nivel piezométrico y  $x$  como el espacio a lo largo de la dirección del flujo:

$$Q = -kA \frac{dh}{dx}$$



**Figura 1**

*Ley de Darcy*



*Nota.* Representación de Ley de Darcy. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

### 1.1.2.3. PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS CARACTERÍSTICOS DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS

#### POROSIDAD

Gonzales (2002) Cuenta con una relación que se da entre el Vol total de la roca y el de agujeros. Este es un parámetro considerado adimensional que sólo depende de la composición de la roca o del suelo, o de su textura distintiva, y no tiene en cuenta la forma geométrica y la resistencia de la formación ni su mecanismo de funcionamiento hidráulico en el mundo natural. La porosidad puede referirse tanto a huecos y grietas intergranulares en formaciones detríticas como a fisuras y grietas en rocas kársticas o fisuradas, dependiendo del tipo de formación. La porosidad de una formación puede estar relacionada simplemente

con su textura o puede depender también de las propiedades del fluido que se mueve a través de ella. El primero de ellos es la porosidad total  $n$ , que denota el volumen total de poros independientemente de si el fluido puede pasar a través de ellos o no:

$$n = \frac{\text{volumen de los poros}}{\text{volumen total}}$$

La segunda idea es la  $n_e$  porosidad efectiva, también conocida como porosidad cinemática, que describe la cantidad de poros interconectados que permiten el transporte de fluidos y está relacionada tanto con las propiedades de los fluidos como con la textura de la formación:

$$n_e = \frac{\text{volumen de poros conectados}}{\text{volumen total}}$$

## **PERMEABILIDAD**

Gonzales (2002) El criterio denominado permeabilidad permite evaluar la capacidad de una formación para transferir agua basándose únicamente en su textura, independientemente de su estructura o forma geométrica. Dentro de esta noción, pueden definirse los dos conceptos siguientes:

-La permeabilidad efectiva, también conocida como conductividad hidráulica, es la propiedad de un material que está relacionada tanto con sus propiedades físicas como con el fluido que transmite. Está representada por el coeficiente de permeabilidad,  $k$ .

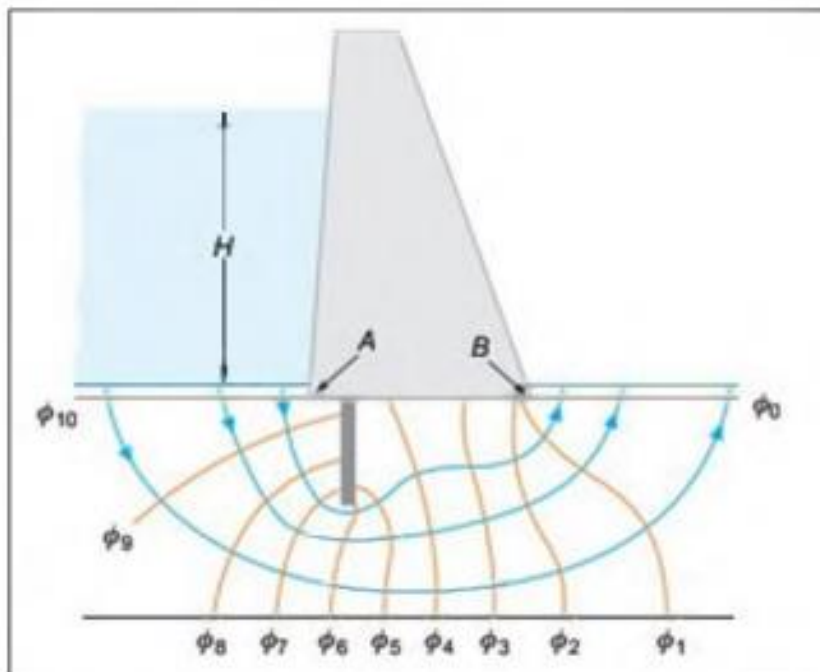
-  $K$ , también llamada permeabilidad intrínseca, está determinada únicamente por las propiedades internas del material permeable. El caudal que puede atravesar una sección unitaria de un acuífero bajo un gradiente piezométrico unitario se conoce como permeabilidad efectiva, o  $k$ .

## SUBPRESIONES

Gonzales (2002) La red de flujo creada por la presa puede tener un diseño diferente. La siguiente figura muestra un ejemplo donde la presión intersticial (o la presión intersticial en la pierna del yacimiento) es alta en A y casi cero en B.

### Figura 2

*Impacto de una pantalla impermeable vertical sobre la red hidrodinámica de la cimentación de una presa de gravedad.*

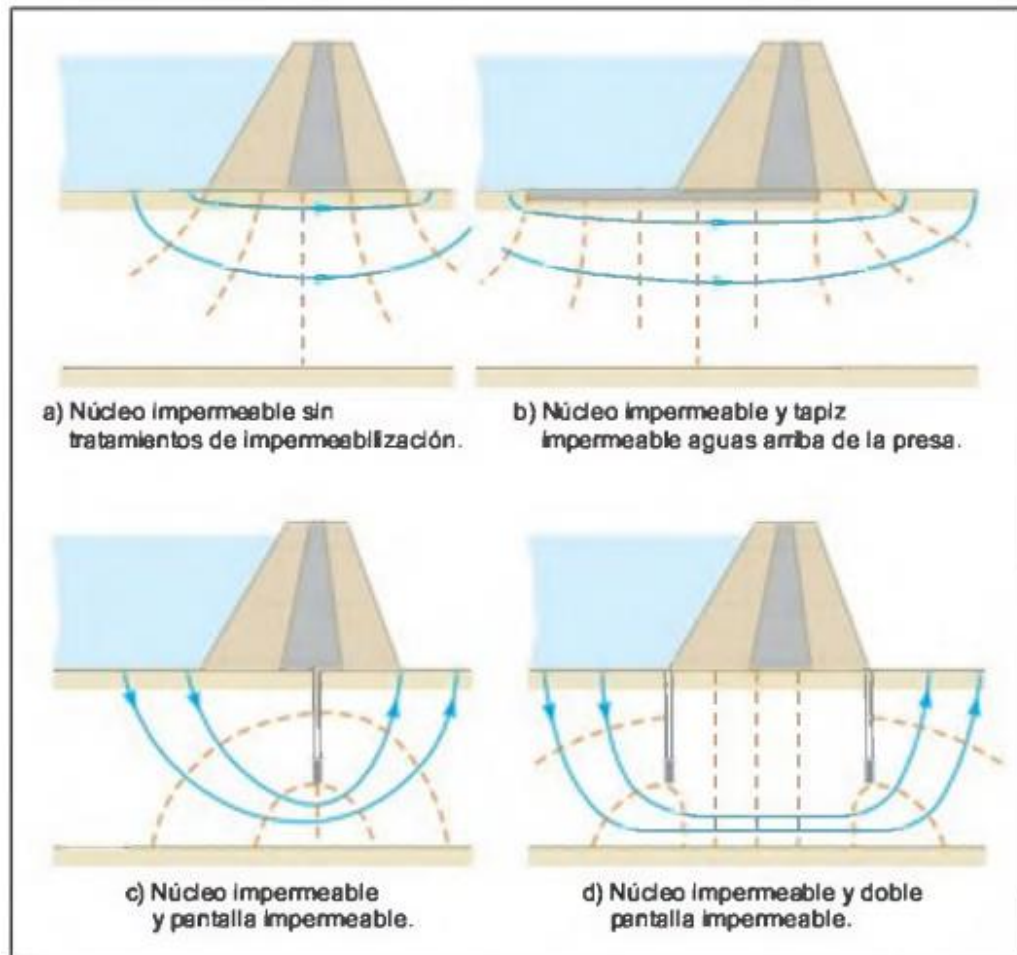


*Nota.* Representación de una presa y una pantalla impermeable. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

Para evitar estas caídas de presión, se construyen pantallas impermeables que cambian la red de flujo como se muestra en la imagen a continuación. Los resultados de estas pantallas son los siguientes:

**Figura 3**

*La influencia de los métodos de impermeabilización en la red del diseño básico de una presa multimaterial con núcleo central. (Attewell y Farmer. 1976).*

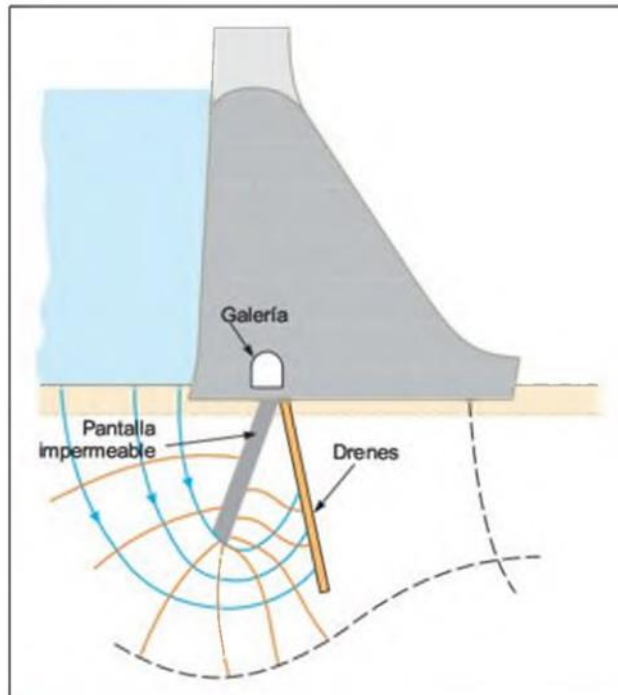


*Nota.* Representación de una presa y sus diferentes pantallas impermeables. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

La siguiente imagen muestra la pantalla para la impermeabilización de los inyectores instalados por los desagües. Dependiendo de las condiciones del agua y del tipo de lago, se toman otras medidas.

**Figura 4**

*Efecto de una corriente empinada no permeable y una baja pendiente del dique en la red de flujo de la fundación de una presa de gravedad.*



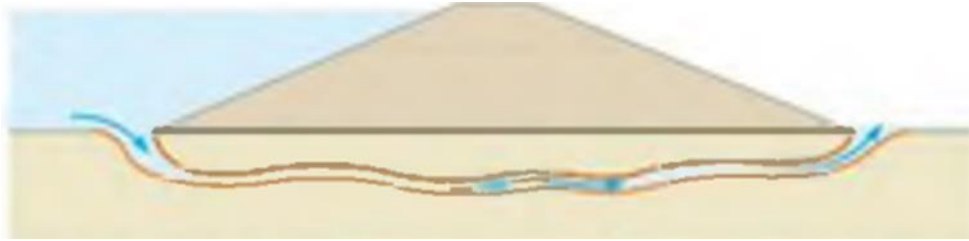
*Nota.* Representación de Presa, pantalla no permeable y dren. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

## **EROSIÓN INTERNA**

Gonzales (2002) La erosión interna es muy importante para el mantenimiento de muchas presas, siendo la segunda causa de rotura de presas en este tipo de presas (31% por desbordamiento, 15% por erosión interna de la presa y 12% por erosión interna del embalse). reservorio. reservorio). piscina) base). La erosión interna consiste en la apertura de canales o canales en el suelo provocados por altas presiones hidráulicas.

**Figura 5**

*Erosión interna de la infraestructura*

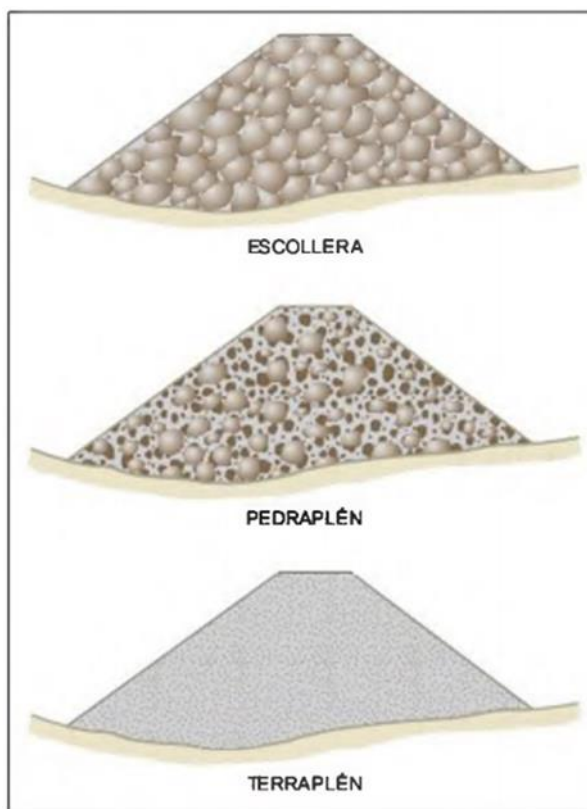


*Nota.* Representación de una presa y la erosión en ella. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

Los materiales más afectados por la erosión interna son las arenas finas y los limos, y su eficacia se evalúa mediante pruebas de tubo.

**Figura 6**

*Materiales de diferentes tipos de relleno (modificado de Dapena, 2000)*



*Nota.* Representación de diferentes rellenos en presas. Fuente: L. González de Vallejo,  
2002

La erosión interna puede producirse en las siguientes condiciones (Gálvez, 1994)

- En las zonas de contacto entre la cimentación y la presa a favor de fisuras en el núcleo de la presa y su contacto con la cimentación; en excavaciones de cimentación mal ejecutadas o deficientemente rejuntadas; en superficies de discontinuidad del macizo de cimentación no tratado sobre el que se apoya el núcleo; en zonas de contacto entre el núcleo y las obras de fábrica; por irregularidades en los taludes; etcétera.

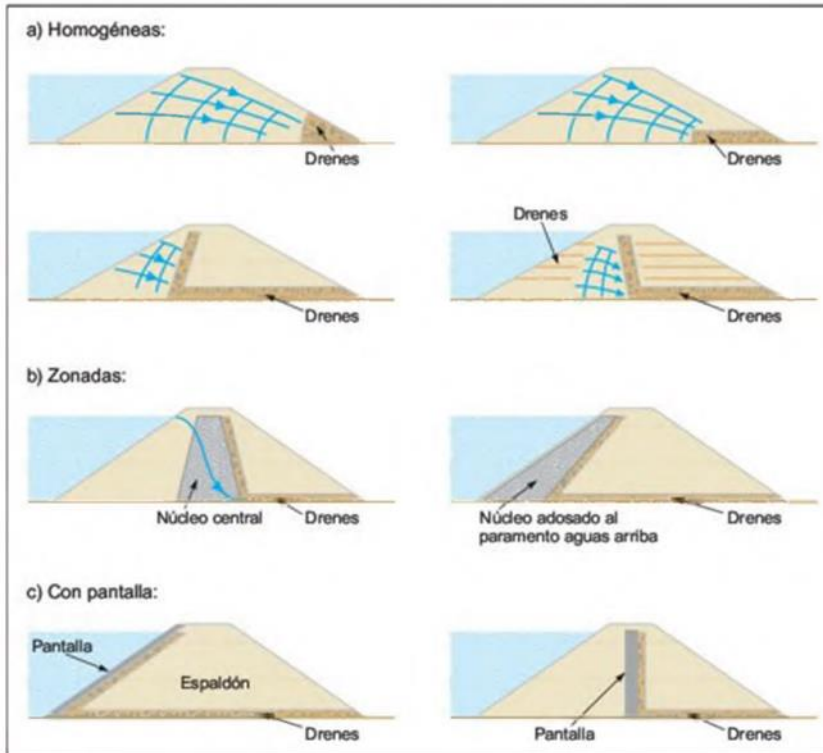
- En los elementos que constituyen el cuerpo de la presa: lugares con drenaje inadecuado o materiales mal compactados.

- A través de la cimentación por socavación de zonas afectadas por filtraciones aguas abajo de la presa. Una de las estrategias para evitar la erosión interior es la instalación de filtros y drenajes.

Una de las estrategias para evitar la erosión interna es la instalación de filtros y desagües. Los filtros evitan que las partículas se desplacen hacia el centro o agujeros en material denso, impidiendo la penetración de partículas finas; los drenajes son dispositivos de alta permeabilidad que tienen la función de reducir la presión interporal.

**Figura 7**

*Diagramas que ilustran los tipos de presas de materiales sueltos.*

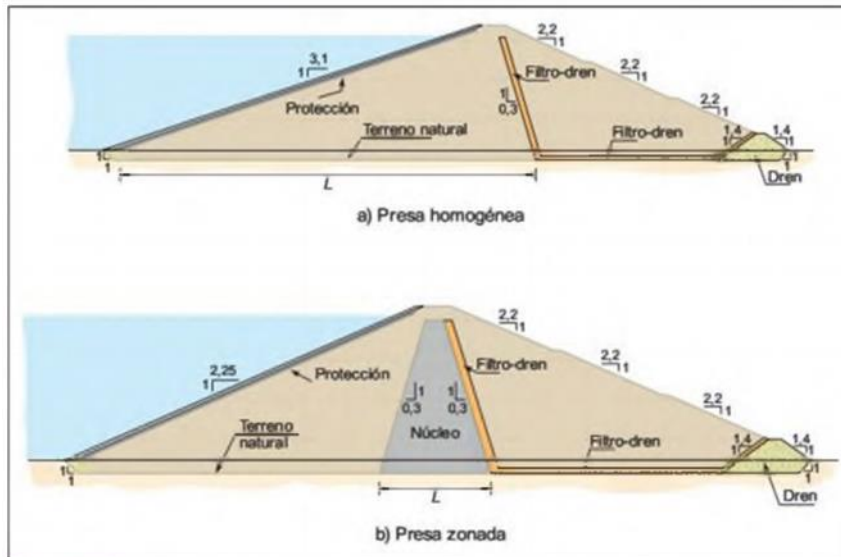


*Nota.* Representación de tipos de presas. Fuente: L. González de Vallejo, 2002



**Figura 8**

*Ejemplos de múltiples depósitos de almacenamiento con diferentes condiciones de flujo*



*Nota.* Representación de muchos embalses. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

**Figura 9**

*Materiales y drenes*



*Nota.* Materiales y dren. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

## PERMEABILIDAD Y CONTROL DE FILTRACIONES

Gonzales (2002) El drenaje, que puede ocurrir en la base y taludes del embalse, se analiza principalmente en la red de flujo. Sin embargo, independientemente del método elegido, es necesario encontrar el coeficiente de permeabilidad del suelo a partir de diferentes pruebas. En estudios de yacimientos, es relativamente "normal" utilizar la prueba de Lujon para determinar la cantidad de agua absorbida en las condiciones descritas en esta prueba, ya que el volumen está vacío o la absorción de agua es menor o igual a 1 l/min.m línea de metro con una presión de 10 kp / cm<sup>2</sup> (10 bar) durante 10 minutos, con una distancia de sonido de 5 m, es decir una unidad Lugeon (UL).

Teniendo en cuenta estos factores, se puede utilizar el ensayo de Lujon, reduciendo el esfuerzo del límite de fractura, o el esfuerzo específico del ensayo. Con esta afirmación se han descrito algunas conexiones entre el fenómeno Lujon y la extinción (Shibata, 1981; en Foyo et al., 1998):

— Para sondeos de 6,5 cm de diámetro: 1 UL — 1.3 x 10<sup>-5</sup> cm/s.

— Para sondeos de 4,5 cm de diámetro: 1 UL = 1.4 x 10<sup>-5</sup> cm/s.

De forma semejante, Shimizu, 1985 (en Foyo y otros, 1998), propone la siguiente expresión:

$$k = \frac{UL}{12x10^4} \ln \frac{L}{r}$$

En donde:

k = coeficiente de permeabilidad en centímetros x seg.

Ul = und Lugeon.

L = long de ensayo.

r = radio del sondeo.

Para evitar la ocurrencia de fracturamiento hidráulico y la pérdida o detención de todo el flujo de inyección, luego de no poder utilizar la prueba estándar de Lugeon para evaluar la penetración en masa, Foyo et al. (1998) recomienda realizar el análisis con los siguientes cambios (texto Lugeon modificado):

— Escalones de caiga (bares): 0-2-3-5-7-10-7-5-3-2.

— Tramo de ensayo = 3,0 m.

— Tiempo de ensayo = 5 minutos.

La relación entre el ensayo Lugeon convencional y el modificado es la siguiente:

$$1,0 \text{ UL (convencional)} = 1 \text{ UL (modificado)}/3.5$$

Cuando se determina la red de penetración y flujo a través de la cimentación, se comprueba si los niveles de permeabilidad son aceptables, y si las fuerzas de filtración, contrapresiones y pendientes son igualmente aceptables. De no ser así, se debe controlar esta capacidad de filtración reduciendo las concentraciones y reduciendo la presión a través de diferentes métodos de impermeabilización y/o tratamiento del agua, por ejemplo:

— El tratamiento de la superficie de contacto de la presa cimentación consiste en ampliar el soporte de la presa, normalmente su núcleo hasta descubrir una masa resistente y poco permeable.

**Figura 10**

*Excavación y tratamiento de cimentación para soportar la cimentación en la piscina principal..*

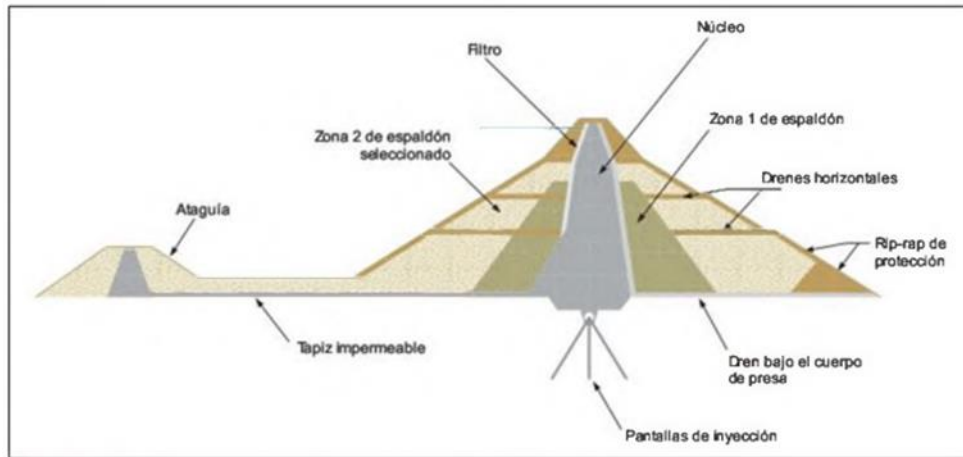


*Nota.* Preparación para una presa de materiales sueltos. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

- Instalación de una manta impermeabilizante con tierra compactada con bajo contenido de agua desde el centro hasta la parte superior de la piscina..

**Figura 11**

*Sección transversal de la presa de materiales sueltos de Gribaile. Jaén.*

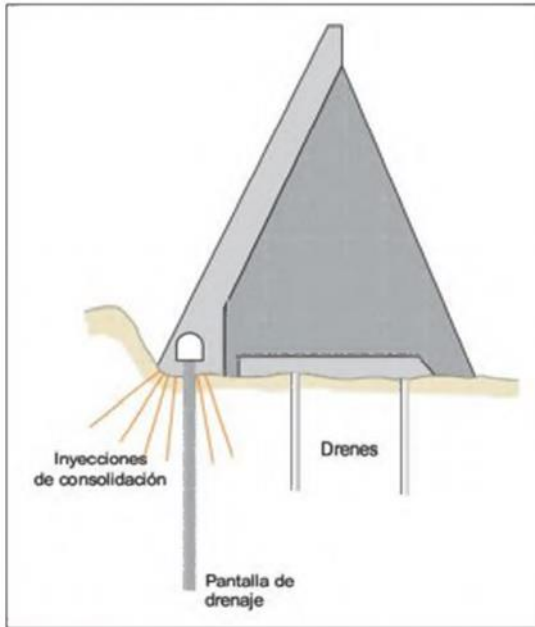


*Nota.* Vista transversal de la presa. Fuente: L. González de Vallejo, 2002

Construya una pared para evitar que el agua ingrese al fondo de la presa; Estas pantallas pueden ser macizas o rellenas de hormigón, arcilla, cemento bentonítico, o jet-grouting, o mezclas convencionales de cemento, resina, geles, etc.

**Figura 12**

*Tratamientos de consolidación y drenaje en una presa de contrafuertes.*



*Nota.* Representacion de dren, pantalla de drenaje e inyecciones en una presa. Fuente: L. González de Vallejo

La inyección es el método más utilizado para el tratamiento de los cimientos de un estanque y consiste en inyectar fluidos (que se endurecen rápidamente) en grietas, hoyos u orificios en rocas grandes mediante la perforación de agujeros e inyección de agua a presión. La vacunación en grupo se evalúa mediante el test de Lujon según los siguientes criterios (ICOLD, 1993):

- Para valores inferiores 1 UL no es necesaria la inyección.
- Para 10 UL es necesaria la inyección.
- Para 100 UL las inyecciones son para rellenar fracturas abiertas y huecos. Las distintas técnicas de inyección se describen en ICOLD (1993) y en Bielza (1999).

## **ENSAYO LUGEON**

Gonzales (2002) Es el más tradicional, el que más se practica y, en ocasiones, el más pobre. Este experimento consiste en inyectar agua a presión en perforaciones de masas rocosas mecánicamente robustas cuya permeabilidad suele deberse a fracturas tectónicas o grietas de disolución. La prueba proporciona una idea de la permeabilidad "del conjunto" del macizo rocoso; es un procedimiento sencillo que produce mediciones cualitativas de inmediato y, mediante el uso de ciertas fórmulas, el valor del coeficiente  $k$ ; sin embargo, se argumenta que la fiabilidad es con frecuencia escasa. Aun reconociendo la historia de esta prueba y, sobre todo, sus innegables ventajas con respecto a los métodos de laboratorio en muestras de testigos procedentes de la perforación, es necesario presumir que su nivel de fiabilidad es bajo. Las pruebas de bombeo son sin duda las más fiables. En cambio, en los pozos de inyección se inyectan cantidades relativamente pequeñas de agua en la formación que se examina, lo que sugiere que sólo tienen un carácter puntual. Las pruebas de bombeo suelen durar un tiempo considerable (normalmente de 1 a 3 días), durante el cual se extrae una cantidad importante de agua de la formación desde lugares alejados del pozo de bombeo. Esto pone a prueba una cantidad significativa del medio físico y, en consecuencia, los resultados tienen un alto grado de representatividad espacial.

### **1.1.2.4. DIPS 7.0**

Diaz et al. (2021) es un software especializado para realizar el profundo estudio y análisis de una estructura en el espacio. Nos facilita visualizar estos datos en estereoscopios.

### **1.1.2.5. GEOSTUDIO**

Kulkarni Anjali, A., & Hangargekar (2017) GEOSTUDIO es capaz de realizar análisis tales como tensión-deformación, filtración, estabilidad de taludes, análisis dinámico.

SEEP/W, un subproducto de GEOSTUDIO es un software de elementos finitos que puede simular los recorridos y la presión ejercida en diferentes puntos de la estructura.

SEEP/W puede simular matemáticamente el proceso físico real del agua que fluye a través de una partícula medio.

Los datos de entrada dados al software son la geometría de la presa y su material propiedades

La red de flujo es generada por el software SEEP/W que muestra vectores de velocidad, línea freática, línea equipotencial, línea de corriente. También la filtración la descarga (flujo) y el gradiente de salida se calculan mediante el software. La validación de cualquier modelo se realiza comparando resultados observados y simulados.

El análisis consta de tres partes principales:

1) La creación de la estructura, con datos reales del proyecto, dimensiones y tipo de malla, así como la especificación de las propiedades del material a las diversas subregiones de la estructura tratada.

2) Especificación de las condiciones de contorno apropiadas.

3) Comparaciones de datos de campo y simulados filtración

Con el software SEEP - GeoStudio se completó el análisis de infiltración de los distintos materiales de construcción. Se trata de un programa informático que permite al usuario aplicar numéricamente métodos de elementos finitos para estudiar el flujo en un modelo bidimensional a través de medios porosos. Al modelo se le pueden aplicar restricciones de contorno y a los materiales atributos particulares. El programa está diseñado exclusivamente para flujos sujetos a la ley de Darcy, que establece que la cantidad de agua



que puede fluir a través de un medio poroso está inversamente relacionada con su permeabilidad, gradiente hidráulico y área de flujo.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el análisis geotécnico de las filtraciones en la Presa Huacatina, Provincia de Julcán, Departamento De La Libertad?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar las características geotécnicas que causan filtraciones en la Presa Huacatina, Provincia de Julcán, Departamento De La Libertad.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

O.E.1. Identificar las características geotécnicas y determinar la clasificación de la Roca presentes en el área de estudio.

O.E.2. Interpretar los parámetros geotécnicos registrados mediante proyecciones estereográficas.

O.E.3. Analizar la Presa Huacatina mediante software GeoStudio.

O.E.4. Plantear soluciones basadas en el análisis geotécnico de las filtraciones en la Presa Huacatina.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El análisis geotécnico permitirá evaluar las causas de las filtraciones en la presa Huacatina, Provincia de Julcán, Departamento de La Libertad.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1. SEGÚN EL PROPÓSITO**

Según Alfaro (2019), "la investigación aplicada se caracteriza por la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos adquiridos." El presente estudio tiene como finalidad la obtención de datos mediante la aplicación de conocimientos obtenidos en las investigaciones básicas.

#### **2.1.2. SEGÚN EL DISEÑO**

No Experimental, se trabajará con hechos de experiencia directa no manipulados, para después analizarlos. Muchas lecciones se basan en experiencias pasadas y se revisan más adelante. Velásquez (2023)

### **2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **2.2.1. POBLACIÓN**

Las presas en la provincia de Julcán.

#### **2.2.2. MUESTRA**

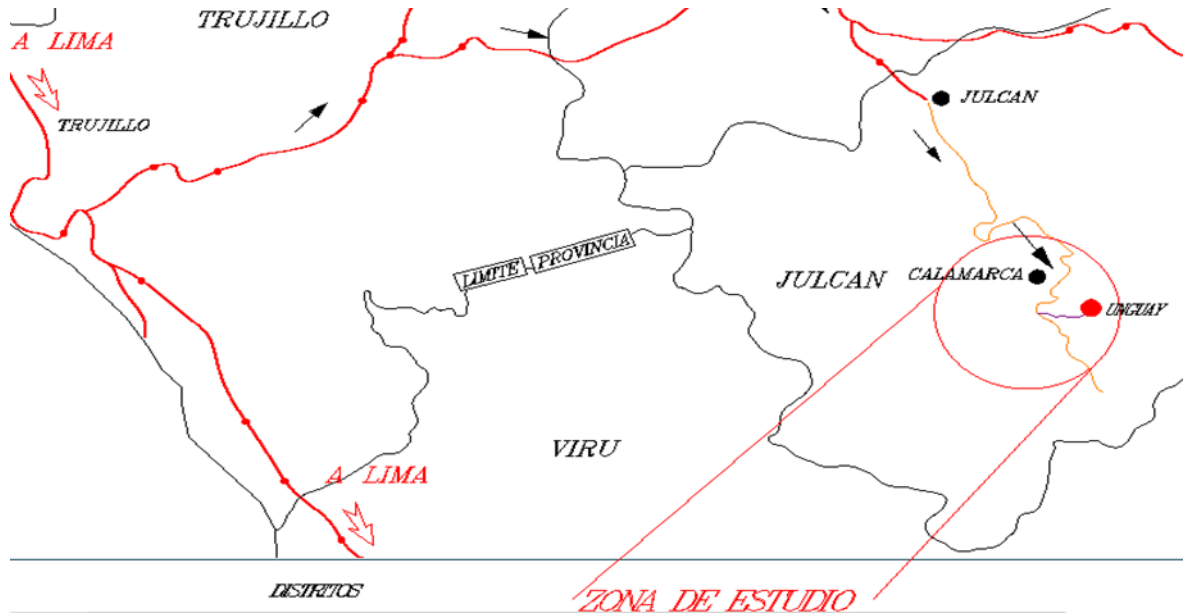
La Presa Huacatina, provincia de Julcán

#### **2.2.3. MUESTREO**

No probabilístico a conveniencia. Es a conveniencia, debido a que cuenta con problemas estructurales, el suelo

**Figura 13**

*Ubicación de zona de estudio*



*Nota.* Ubicación de presa. Fuente: Expediente técnico

## MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

**Tabla 2**

*Cuadro de Variables*

Variables	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Und.	Herramienta	Instrumento
V. Independiente: Análisis Geotécnico	Esta es una colección de muchos detalles o particularidades sobre el proceso en el terreno en relación con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica. (Pleiades, 2020)	Para obtener las características del análisis geotécnico se elabora un estudio minucioso de las diferentes fuentes de información, como son el expediente técnico, antecedentes geológicos, proyectos con similitud de problemática.	Propiedades Físicas	Tipo de roca	Und	-Expediente Técnico	
				Fisuramiento	Und	-Antecedentes geológicos	Hoja de recolección de datos
				Características de suelo	Und	- Software Dips	
V. Dependiente: Filtraciones	Son aquellas que se produce por el acceso de agua a través de huecos o grietas, o a través de elementos porosos, y que normalmente da lugar a manchas. (Salcedo, 2017)	El comportamiento de las filtraciones se muestra de diversas formas, pero una manera de medir su complejidad es mediante softwares especializados en el tema hidráulico.	Propiedades Mecánicas	Humedad	Und	-Evaluación in situ	
				Fractiuras	Und	-Expediente técnico	
				Sifonamiento	Und	-Software GeoStudio	Software

## 2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

### 2.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizó el reconocimiento de la zona de influencia mediante la observación directa.

Se realizó el análisis documentario (expediente técnico, informe geológico y de antecedentes) para brindar un diagnóstico.

Analizar, sintetizar y describir las variables de estudios.

Se usó el software Dips 7.0 y GeoStudio.

### 2.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En el presente estudio de investigación los instrumentos serán Guía de Observación para la recolección de datos, serán los siguientes:

**Tabla 3**

*Instrumentos de recolección de datos*

INSTRUMENTOS	TIPO
Expediente Técnico	Este fue el instrumento fundamental para la realización de este trabajo.
Bibliografía, tesis, antecedentes y artículos científicos.	Este fue un medio para involucrarse más con temas relacionados al tema de investigación.
Carta Nacional	Ubicar la carta nacional en la cual Julcán pertenezca para poder observar detalles geológicos a tener en cuenta en nuestro análisis.
Equipos computacionales	Se usaron laptops y smartphones, para digitalizar documentos y datos registrados anteriormente en campo.
Software	GeoStudio – Dips 7.0
Cámara fotográfica	Mediante una cámara fotográfica digital, se registraron las imágenes en el estado en que se encuentra la presa de Julcán.

Trasporte privado Para lograr llegar hasta el lugar investigado, se utilizó un transporte privado, debido a que no había acceso mediante otro medio por la poca concurrencia.

*Nota.* Instrumentos utilizados. Fuente: Elaboración propia

Los datos serán validados por el Ing. German Sagastegui Vasquez, quien revisará que la ficha cuente con los requisitos necesarios para que los valores que se hallen en su contenido expresen de manera clara y precisa lo que representa. Para este estudio se toma la Tabla N 6 como indicación del método de preparación de la técnica, herramienta y del instrumento.

**Tabla 4**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable independiente*

VARIABLES	RECOLECCIÓN DE DATOS			
	Fuente	Técnica	Herramienta	Instrumento
<b>Análisis Geotecnico</b>	Propiedades físicas	Observación directa	Expediente técnico y documentación geológica y geotécnica.	Hoja de ficha de Datos

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la variable dependiente*

VARIABLES	RECOLECCIÓN DE DATOS			
	Fuente	Técnica	Herramienta	Instrumento
<b>Filtraciones</b>			Softwares	

Propiedades  
mecánicas

Observación  
directa

Hoja de  
fichas de  
Datos

---

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

## 2.4. PROCEDIMIENTO

**Tabla 6**

*Procedimientos para el desarrollo de la tesis*

<b>PROCEDIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE LA TESIS</b>			
<b>Planeamiento y metodología de la investigación</b>	<b>Trabajo de campo</b>	<b>Trabajo de gabinete</b>	<b>Interpretación de los resultados</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el título de investigación.</li> <li>• Identificar el lugar de estudio.</li> <li>• Identificar el problema y los objetivos de la investigación.</li> <li>• Identificar las variables de estudio</li> <li>• Identificar el tipo de investigación.</li> <li>• Detallar los materiales, instrumentos y técnicas para la recolección de datos.</li> <li>• Planeamiento para la recolección de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ir a la zona de estudio propuesta.</li> <li>• Analizar el terreno a estudiar.</li> <li>• Identificar las fracturas que pueden estar provocando el problema.</li> <li>• Equipos de protección personal.</li> <li>• Observar las dimensiones de las discontinuidades, así como el estado de estas.</li> <li>• Tomar evidencias mediante fotografías.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de toda fuente que contenga información del tema.</li> <li>• Interpretar el expediente técnico y los antecedentes geológicos y geotécnicos.</li> <li>• Hacer uso del Software GeoStudio para evaluar las filtraciones.</li> <li>• Hacer uso del Software Dips para evaluar las proyecciones estereográficas.</li> <li>• Análisis e interpretación de datos de los resultados obtenidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar los resultados.</li> <li>• Analizar el beneficio y estimar las características geológicas y geotecnicas de la Presa.</li> <li>• Dar recomendaciones para futuras investigaciones.</li> <li>• Finalizar con las conclusiones de la investigación.</li> </ul>



## **2.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

### **Etapa de campo**

#### **Procedimiento de recolección de datos**

El primer paso fue la observación del lugar e identificar el problema, después se realizó un análisis del macizo rocoso, visualizando las discontinuidades que presentaban, características de estas, también la rugosidad y la humedad que presentaba. Previo a esta observación se realizó el profundo análisis de el expediente técnico, los planos y antecedentes geológicos y geotécnicos.

#### **Equipos de protección personal**

- Mascarillas desechables KN95
- Chalecos de seguridad
- Botas de seguridad
- Guantes de seguridad
- Casco de seguridad

### **Etapa de gabinete**

#### **O.E.1. Identificar las características geotécnicas y determinar la clasificación de la Roca presentes en el área de estudio.**

Mediante un análisis completo del expediente técnico, antecedentes geológicos y geotécnicos, se logró determinar las características geotécnicas que posee esta zona afectada.

#### **O.E.2. Interpretar los parámetros geotécnicos registrados mediante proyecciones estereográficas.**

Con los datos obtenidos de la información documentaria, como el expediente técnico, se logro conseguir datos de las Estaciones Geomecánicas y así lograr realizar las representaciones cartográficas de las regiones polares, del eje de la presa y de ambos estribos, derecho e izquierdo.

Se realizó la incorporación de datos obtenidos del expediente técnico, en el cuál nos brindaba las direcciones de las diferentes estaciones geomecánicas instaladas en su estudio previo a la ejecución.

**Figura 14**

*Introducción de datos a Software Dips*

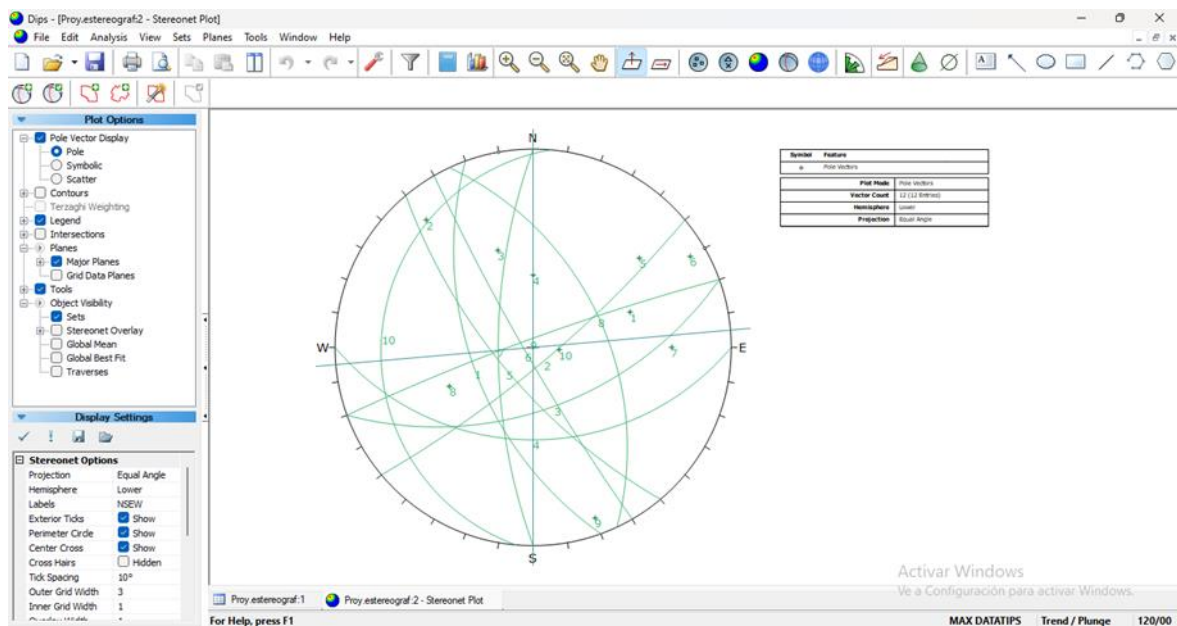
ID	Dip	Dip Direction	ESPACIAMIENTO/M	RELLENO TIPO	RELLENO ESPESOR
1	85	340	1.5	limo arenoso	0.004
2	90	170	2	residual	0.02
3	70	270	0.8	arenoso	0.002
4	70	230	3	crystalizado	0.005
5	90	240	0.8	crystalino	0.015
6	55	160	3	friccion	0.010
7	80	140	10	crystalino	0.010
8	50	65	0.3	fractura	0.002
9	15	275	0.25	óxido	0.002
10	40	180	2	óxido	0.002
11	85	240	0.1	granular	0.005
12	55	250	0.8	rugoso	0.002
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

*Nota.* En la figura anterior, se introdujeron datos del estribo derecho, el cuál era el más alarmante, debido a que era mayor la filtración por el macizo rocoso de ese lado. Figura: Elaboracion propia en Software Dips.

Una vez incorporado los valores, se realizó la configuración del programa y enseguida su desarrollo. El cual fue el de la figura siguiente, allí se puede observar cada ID y su respectiva dirección Dip.

**Figura 15**

*Dip/Dip Direction*



*Nota.* En este caso se realizó la programación del Estribo Derecho. Fuente: Elaboracion propia en Software Dips.

Se realizó de la misma forma, el del Estribo Izquierdo y el del eje de la Presa.

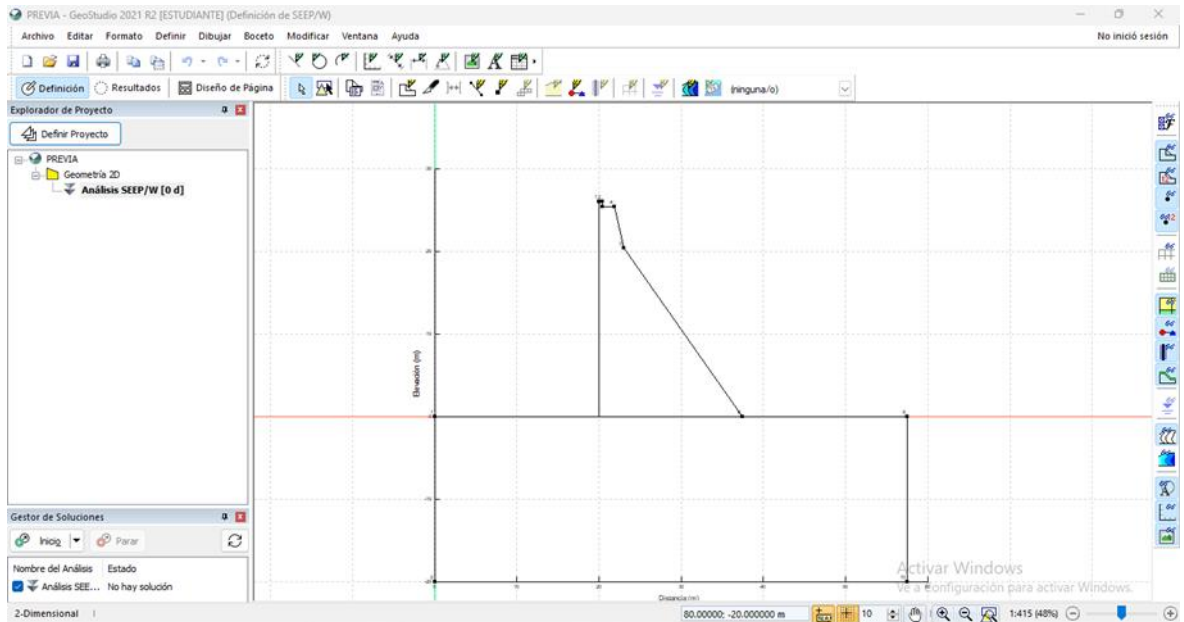
### **O.E.3. Analizar la Presa Huacatina mediante software GeoStudio.**

Con los datos recolectados, se pudo realizar el análisis de filtraciones mediante el Software GeoStudio y dentro de ella la programación Seep, se logró determinar el flujo de agua en la presa. Esto ayudó a entender que es lo que realmente pasaba y si el problema principal eran las filtraciones o algún tipo de falla de macizo rocoso.

Se tomó en consideración las magnitudes de la presa para realizar el diseño:

**Figura 16**

*Diseño en GeoStudio - Seep*

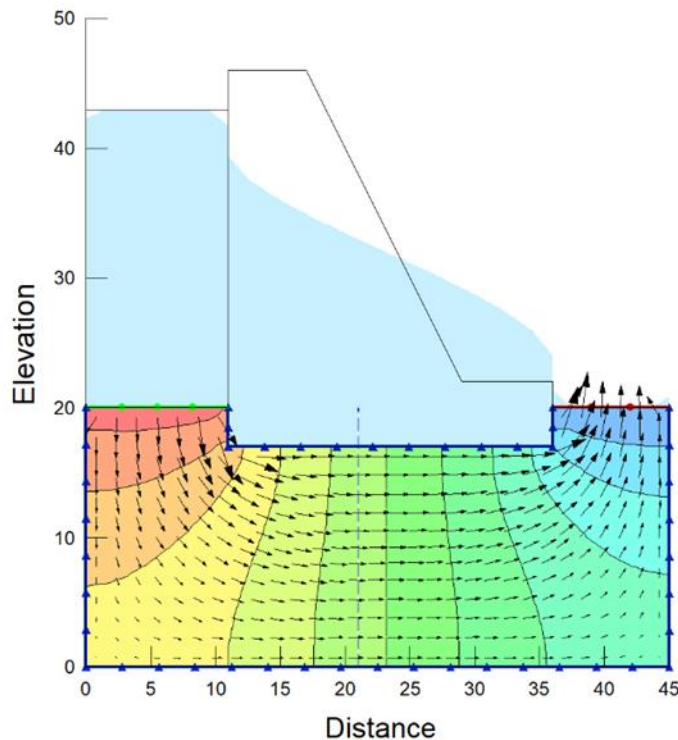


*Nota.* Se elaboró este diseño considerando las medidas exactas de la presa, establecidas en el expediente técnico. Fuente: Elaboración propia en Software GeoStudio.

Se realizó la configuración del software, se colocaron los datos correspondientes para definir el proyecto. La imagen siguiente muestra una diferencia de colores, lo cual se interpreta como las diferentes alturas de las presiones ejercidas en cada punto.

**Figura 17**

*Resultado de GeoStudio - Seep*



*Nota.* Se realizó la programación para determinar la permeabilidad de la presa, en la figura se puede ver las diferentes presiones. Fuente: Elaboración propia en Software GeoStudio.

#### **O.E.4. Plantear soluciones basadas en el análisis geotécnico de las filtraciones en la Presa Huacatina.**

Después del análisis documental y análisis mediante los softwares, se plantean soluciones para el problema presentado en esta presa. Se evaluó usando como referencias proyectos similares, presas cercanas o que tenga similitud en las características de construcción, también se realizó consulta con expertos en el tema, lo cuál ayudo a plantear mejores posibles soluciones al problema.

## 2.5. ASPECTOS ÉTICOS

Como investigador se ha desarrollado la presente tesis en base a los siguientes aspectos éticos en el estudio. Entre ellos se encuentra:

Autonomía, en la cual se encuentra la voluntariedad de la involucrada para participar en la investigación, debe haber confidencialidad de los datos recogidos.

Beneficencia o benevolencia, es la abstención de generar daño o de prevenir daños a los involucrados.

Justicia, o la distribución equitativa de los riesgos y beneficios probables del estudio entre los participantes de nuestra investigación, sin aprovecharse de los vulnerables o, excluir del mismo a elegibles, sin razón.

Es considerado también un aspecto ético importante dentro de toda investigación, la protección ambiental, esto quiere decir que debemos evitar que nuestro proyecto afecte de alguna u otra forma al ambiente, mediante los procesos, instrumentos o técnicas.

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

Después de más de 40 años de larga espera de los agricultores de la provincia de Julcán, se realizó la construcción de la Presa Huacatina, el cual es el proyecto de irrigación más grande de la sierra liberteña, es una represa de 26 metros de altura, cuenta con un reservorio de 800,000 m<sup>3</sup>, con lo cual se busca 715 hectáreas de cultivo en beneficio de 3 mil agricultores, se pretendía tener dos cosechas al año, ofreciendo más trabajo, generando mayor producción y desarrollo agrícola de las comunidades de la provincia más pobre del país, Julcán. Una vez puesta en funcionamiento, inmediatamente luego del llenado de la presa se generaron la presencia de filtraciones, por lo cual se decidió la paralización de la presa. Actualmente hay áreas irrigadas deficientemente, inclusive hay sectores que se riega solamente en temporadas de lluvias, debido a esto los productores agrícolas de la localidad de Calamarca – Huaso se han visto afectados.

Con el fin de determinar las características geotécnicas que causan filtraciones en la Presa Huacatina y mejorar las condiciones actuales de los servicios de irrigación que esta presta, se procederá al desarrollo del trabajo de investigación denominado "ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LAS FILTRACIONES EN LA PRESA HUACATINA, PROVINCIA DE JULCÁN, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD"

### **3.1. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **3.1.1. UBICACIÓN**

La Presa Huacatina se ubica 4,5 Km al Este de la localidad de Calamarca. La localización geográfica del proyecto se encuentra en el departamento de La Libertad, Provincia de Julcán, Distrito de Calamarca, Localidades de Calamarca y Huaso; estando enmarcado dentro de las siguientes coordenadas:

**Tabla 7**

*Ubicación Políticamente*

<b>Región</b>	<b>La Libertad</b>
<b>Departamento</b>	La Libertad
<b>Provincia</b>	Julcán

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8**

*Ubicación Geográficamente*

<b>Longitud Oeste</b>	78° 24' 45"
<b>Latitud Sur</b>	08° 13' 17"
<b>Altitud</b>	3650 msnm.

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

### **3.1.2. ACCESIBILIDAD**

El acceso hasta la Presa; desde Trujillo (carretera asfaltada), es siguiendo la ruta a Huamachuco hasta el desvío de Agallpampa en la provincia de Otuzco, continua por la Provincia de Julcán hasta la localidad de Calamarca (carretera parcialmente asfaltada); desde esta ciudad se sigue por camino vecinal hasta el Reservorio de Huacatina ubicado a una distancia de 4,5 Km en el valle del Río Cautahuan, límite de las comunidades de Calamarca y Huaso, provincia de Julcán, departamento La Libertad.

### **3.1.3. GEOMORFOLOGÍA**

La Presa Huacatina se ubica en la cordillera occidental de los Andes, cabecera de cuenca del Río Virú; vertiente del Pacífico, morfológicamente se ubica en valles a niveles



altiplánicos producto del Levantamiento andino; irregularidades que en su fase final fue saturada por estructuras volcánicas.

### Figura 18

#### *Calderas Volcánicas en la Formación Calipuy*



*Nota.* Ubicación en calderas volcánicas. Fuente: INGEMMET

Regionalmente el drenaje converge hacia la vertiente del Pacífico, en el área de Estudio el escurrimiento es entre las estructuras volcánicas de Calamarca - Unigambal alojada entre el Batolito de la Costa y el altiplano de Calipuy.

Valles por incisión fluvial siguen alineamientos tectónico regional de los Andes, al NO y de disyunción dextral al Oeste; Sistema de fallas con característica reticular que limitan las calderas volcánicas como la existente en el Cerro Huambo.

#### **3.1.3.1. Geomorfología del Lecho del Río en el ámbito de la Presa**

Morfológicamente, el Valle aguas debajo de la Presa es estrechamiento en U profundizado por incisión fluvial, siendo sus laderas de corte acantiladas, y lecho con pendientes cercana al de cascada típico de un valle juvenil; Aguas arriba de la Presa, el Vaso

de Reservoirio tiene un lecho amplio con poca pendiente y delgada cobertura sobre roca blanda, contrasta con los flancos del vaso que denota fuerte cambios de pendiente, siendo sus drenaje reticular conforme a planos de falla local que reflejan deformaciones por asentamiento, resultante por colapso del cráter volcánico y su transformación en caldera en Cerro Huambo; las fallas principales parcialmente saturado por un grueso dique de dacita, que cubre parte de la superficie de deslizamiento de una antigua estructura paleo tectónica, tipo escurrimiento gravitatorio de la caldera de Cerro Huambo.

### 3.1.3.1.1 Morfología Local en el lugar de la Presa

La morfología local en el lugar de Presa, es de Valle tipo Cañón centrada por una profunda cárcava en el lecho de río y cubierta fluvio aluvial, el material pedregoso son mezclas poligénicas, en tanto que, hacia el reservorio denota una corta morfología de fosa tectónica en bloque; en el ámbito del Reservoirio la cobertura son escombros de aluvión y finos arenoso.

#### Figura 19

*Estructura Paleo Tectónica, área del Reservoirio Huacatina*



*Nota.* Ubicación en estructural paleo tectónica. Fuente: Imagen Satelital - Informe

Geologico

### **3.1.4. FORMACIONES GEOLOGICAS LOCALES**

#### **VOLCÁNICO CALIPUY (KTI-VCA) UNIDAD DEL OLIGOCENO SUPERIOR – MIOCENO INFERIOR**

Según el cartografiado geológico, muestran la ocurrencia de varias etapas de volcanismo sucedido y además se distingue las calderas de Carabamba y Calamarca así como domos de lava, secuencias de flujos piroclásticos, flujos de lavas y lahares. Los productos volcánicos asociados a estos centros son conocidos como Grupo Calipuy.

En el área de estudio estamos en evento volcanoclasticos, como Caldera Calamarca se presenta en tres manifestaciones desde la más antigua al reciente, todos los eventos son efusivos (vía aérea) llegaron y colapsaron dejando estructuras de escarpes, como en el Embalse.

#### **Porfido Andesita (Kti-vca/a)**

Es el sustrato rocoso base en el embalse, se observa en el lecho rocoso del río Captahuan, esta estructura es de textura porfidoblastica a inequi granular seriada de color gris verdosa, se presenta maciza, menos fracturada, compactas, en forma de lavas subhorizontales, en su textura presenta fenocristales desarrollados de plagioclasas y hornblendas cloritizadas en su matriz, desde fresca a levemente cloritizada, en tramos es de color marrón la roca es por la oxidación de diseminado de puntos de magnetita.

#### **Ignimbritas riocitas (Kti-vca/ird)**

En ambos sectores de Unguay-Huaso y Unguay-Calamarca, presentas horizontes con potentes escarpados que bordea nuestro embalse y el inicio de ambos canales, esta estructura

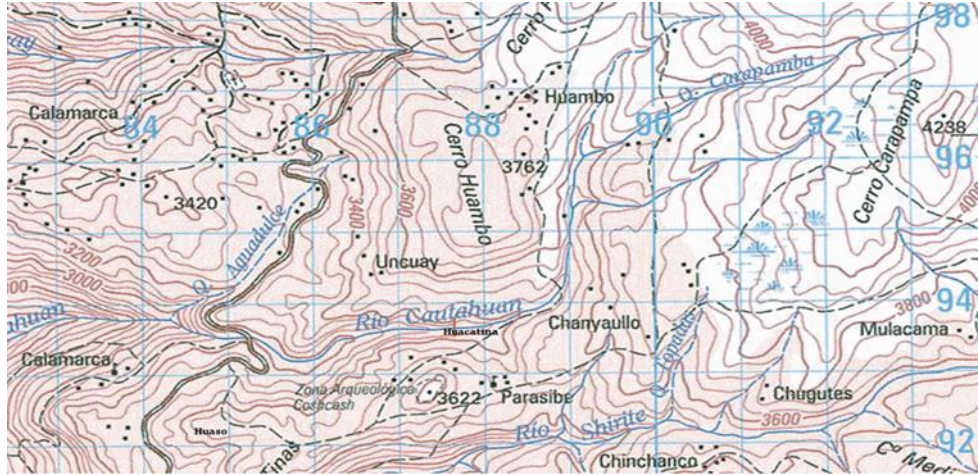
presenta textura vitroclástica con fenocristales de plagioclasa cloritizadas selectivamente, cuarzo, biotita, a veces hornblenda y feldespato alcalino y trazas de magnetita.

### **Piroclastos Dacitas (Kti-vca/d)**

Esta secuencia al frente de la ciudad de Calamarca como flujos de pómez de color blanquecino.

**Figura 20**

*Carta Nacional 17g Santiago de Chuco*



Nota.

Ubicación según Carta Nacional. Fuente: INGEMMET

**Figura 21**

*Geologia Regional del Ingemmet Hoja 17-G Santiago de Chuco*

LEYENDA				
SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS
		COSTA	SIERRA	
CUATERNARIO	Reciente	Depósitos aluviales <b>Q-al</b>	Depósitos aluviales y fluvio-glaciares <b>Q-g</b>	
		DISCORDANCIA		
TERCIARIO	Interior		Volc. Calipuy <b>Kti-vca</b>	<b>KTi-gd</b>
		DISCORDANCIA ANG		
	Superior		Fm. Huaylas <b>Ks-h</b>	
		DISCORDANCIA ANG		
CRETACEO			Fms. Inca y Chulec <b>Ki-ich</b>	
			Fm. Farrat <b>Ki-f</b>	
	Interior		Fms. Santa y Carhuaz <b>Ki-saca</b>	
		Fm. Casma <b>J-c</b>	Fm. Chimú <b>Ki-chim</b>	
JURASICO	Superior		Fm. Chicama <b>Ji-chic</b>	

Nota. Fuente: INGEMMET

## **RESPONDIENDO AL OBJETIVO 01: DIAGNOSTICO DEL ANÁLISIS GEOLOGICO – GEOTECNICO**

La presa Huacatina en ambos estribos presenta roca dura de unos 40 metros de promedio, se encuentra rodeado la base local por rocas volcánicas, piroclastos andesíticos menos fracturadas en algunos sectores del vaso, en cambio en el eje de Presa es compacto en la base local (lecho del río) impermeable.

En sus laderas son de materiales deluviales-coluviales presenta estabilidades, presenta subsidencia de materiales gruesos por el ingreso del río Captahuan hacia el Embalse solo en su cauce.

Hay contacto con rocas volcánicas en la base local piroclastos andesíticos a ignimbritas riolacitas que sobreyacen, observables en el eje de presa y embalse, esta litología indica grado variado de comportamiento hidráulico o mecánico.

No tenemos intersección de planos de cizalla de muy baja resistencia ni zonas alteradas.

Las tensiones importantes de Orientación NW están muy distantes y no estaría ejerciendo influencia de descompresiones y convergencias.

No hay presencia de cavidades, estas ya fueron selladas por materiales de suelos arena gravoso limosos en las laderas hacia el cauce del río, la quebrada aguas arriba del ingreso hacia el Embalse es encañonado, en cambio en el vaso es amplio muy erosionadas mantiene el corte natural en "U" y se restringe por las rocas en el cierre.

No son terrenos de yesos, ni sulfuros ni aguas acidas.

No hay presencia de gases explosivos o tóxicos.

## SOCAVACIÓN INTERNA POR EROSIÓN DEBAJO DE LA PRESA

En el lecho del embalse el Sifonamiento se evidencia por un forado 15,0 m del Barraje de la Presa con ingreso de todo el caudal de estiaje, siendo potencialmente mayor en época de avenidas y/o con embalse lleno.

Se considera necesario controlar todo efecto activo de socavación interna por debajo de la Presa, la Erosión Interna en las redes de Flujo con juntas abierta, han vulnerado la estabilidad y generado colapso en presas de gravedad tipo barraje de concreto ciclope, siendo necesario priorizar su mitigación y tratamiento con embalse vacío.

### Figura 22

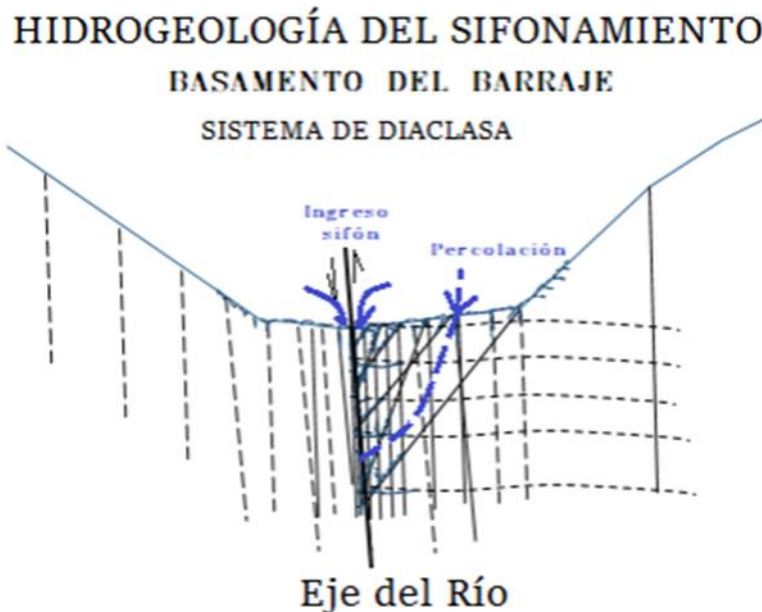
*Caudal de Estiaje*



*Nota.* Evidencia de filtración mediante base de presa. Fuente: Elaboración propia, en campo.

**Figura 23**

*Condicionante Hidrogeológica que afecta la Estanqueidad del Reservorio*



*Nota.* Filtración mediante base de presa. Fuente: Elaboración propia.

En antecedentes, se verificó un fenómeno de Sifonamiento que fluye por debajo de la Presa con un caudal de 40 litros/seg. solo a presión Atmosférica sin alcanzar su máxima capacidad.

#### **PERCOLACIÓN LATERAL EN EL ESTRIBO DERECHO DE LA PRESA**

No se ha podido evaluar el caudal de pérdidas de volumen que pierde el Embalse por percolación en condiciones de nivel variable, no obstante, se evidencia que su persistencia ha generado desprendimientos que afectaron a estructuras de las obras de captación a pie de Presa, sí como al camino de mantenimiento; su tratamiento puede realizarse aún con embalse lleno.



**RESPONDIENDO AL OBJETIVO 02: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS  
REGISTRADOS MEDIANTE PROYECCIONES ESTEREOGRÁFICAS**

En el expediente técnico evaluado, se realizó el registro lineal del afloramiento del estribo izquierdo de la presa Huacatina, así como también el registro lineal de basamento rocoso del eje del rio. Los resultados fueron los siguientes:

**3.1.4.1. PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DEL ESTRIBO IZQUIERDO DE  
PRESA HUACATINA**

**Tabla 9**

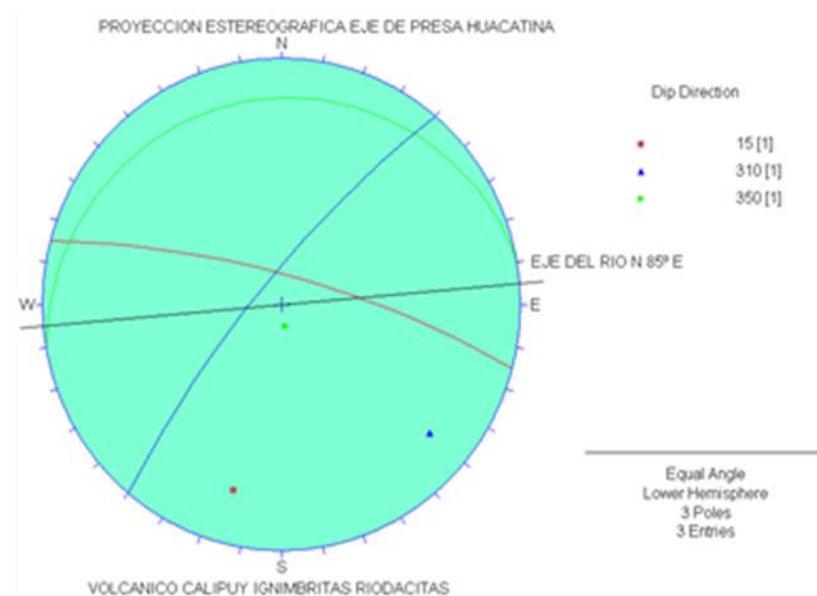
*Estribo Izquierdo*

Nº	DIP	DIP DIRECTION	RELLENO TIPO	RELLENO ESPESOR(mm)
1	75	15	Limo	1
2	78	310	Limo	1
3	10	350	Sin relleno	-

*Nota.* Datos de estribo izquierdo. Fuente: Elaboración Propia

**Figura 24**

*Proyección estereográfica del estribo izquierdo - Presa Huacatina*



*Nota.* Proyección de estribo izquierdo. Fuente: Elaboración propia

Las estructuras observadas son propias de la disyunción columnar como 310, 350 están próximas al eje de quebrada y/o rio, en el pasado el socavamiento de la roca piroclásticas riolitas han desestabilizado las estructuras en mención lo que en las laderas de la quebradas tenemos coluvios, en la actualidad si se incrementa la erosión laminar por incremento de las lluvias y/o saturación de suelos por canalización en aéreas de riego estas colapsarían la base y lo que estaría generando la desestabilización de estas estructuras.

### 3.1.4.2. PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA EJE DE PRESA HUACATINA

**Tabla 10**

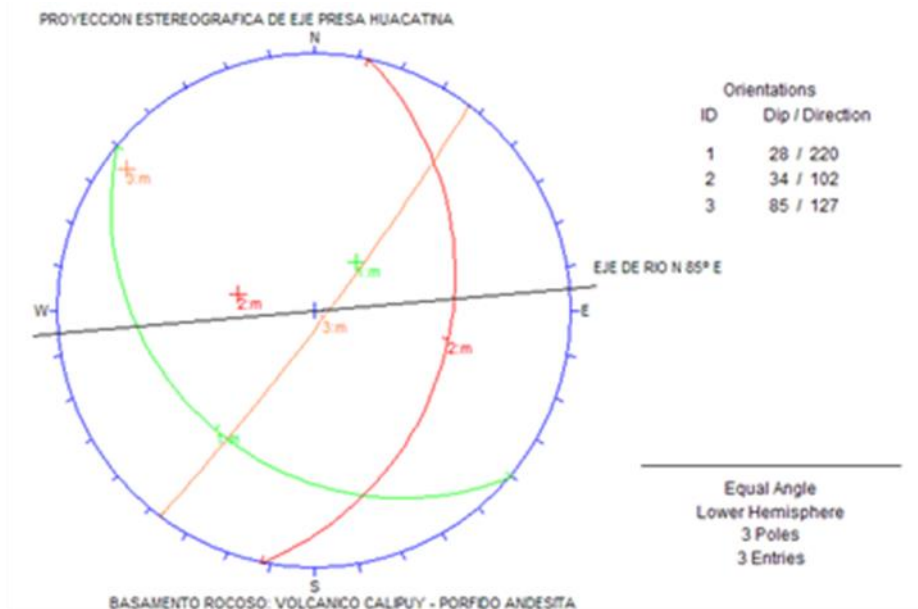
*Eje de Presa*

Nº	DIP	DIP DIRECTION	RELLENO TIPO	RELLENO ESPESOR(mm)
1	28	220	Óxidos	1
2	34	102	Limo	1
3	85	127	Limo	1

*Nota.* Datos de Eje de presa. Fuente: Elaboración Propia

**Figura 25**

*Proyección estereográfica Eje de Presa Huacatina*



*Nota.* Proyecciones de eje de presa. Fuente: Elaboración propia

En la zona de estudio no se observa una falla evidente en la presa aguas abajo ni en la cabecera del Embalse, solamente zonas de trituración en niveles de contacto de los ignimbritas y piroclastos riolitas, no hay una evidencia clara de fallas activas.

Sin embargo, luego del llenado de la presa se dieron filtraciones desde el estribo derecho a través de los bancos rocosos en una longitud de 100 m desde el barraje de Presa. Los resultados y representación fue la siguiente:

### **PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DEL ESTRIBO DERECHO DE PRESA HUACATINA**

Con la revisión de datos del informe geológico, se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 11**

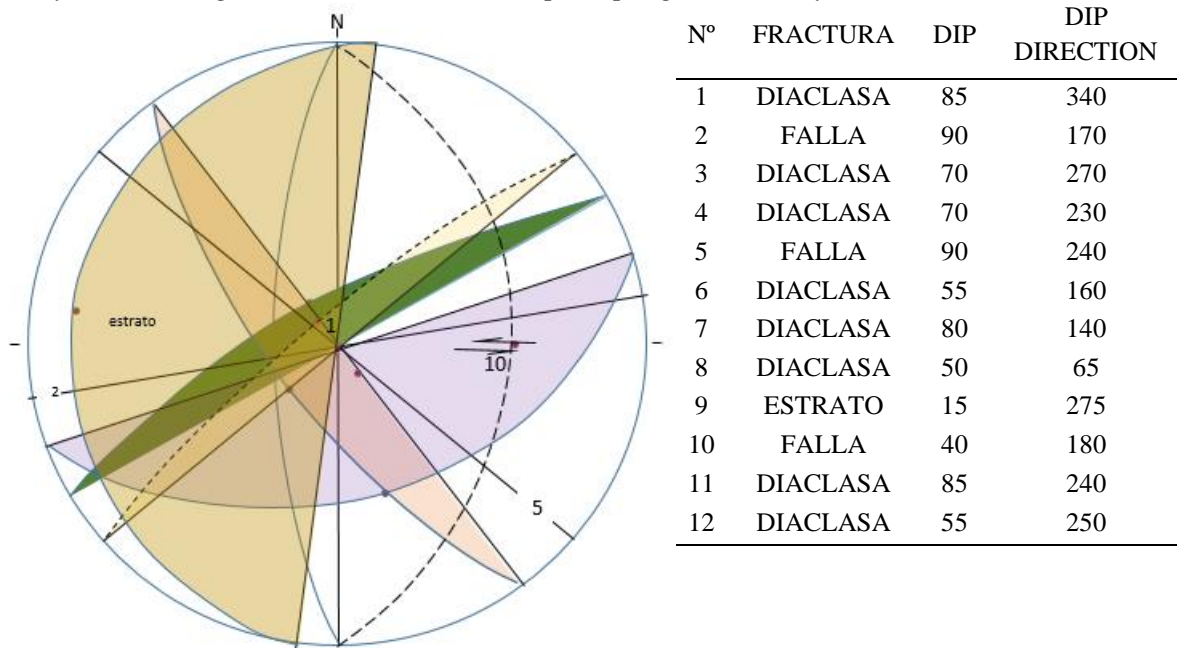
*Estribo derecho de Presa Huacatina*

Nº	DIP	DIP DIRECTION	ESPACIAMIENTO(M)	RELLENO TIPO	RELLENO ESPESOR(mm)
1	85	340	1.50	Limo arenoso	4
2	90	170	2.0	Residual	20
3	70	270	0.8	Arenoso	2
4	70	230	3.0	Cristalizado	5
5	90	240	0.8	Cristalino	15
6	55	160	3.0	Fricción	10
7	80	140	10	Cristalino	10
8	50	65	0.3	Fractura	2
9	15	275	0.25	Óxido	2
10	40	180	2.0	Óxido	2
11	85	240	0.1	Granular	5
12	55	250	0.8	Rugoso	2

*Nota.* Datos de Estribo derecho. Fuente: Elaboración propia

**Figura 26**

*Proyección ortogonal en Estribo derecho para programa de Inyecciones*



*Nota.* Proyección de Estribo Derecho. Fuente: Elaboración propia

En el análisis de fallas y diaclasas que representa la estructura rocosa expuesta en el estribo derecho se puede distinguir:

En el paquete rocoso inferior se ubica una falla paleo tectónica identificada por la Estación GeoMecanica N° 1 presentada en el expediente técnico, con la junta N° 10 frecuente cada 2,0 m; da paso a un sistema local de fracturas desde su componente tangencial identificada como diaclasa N° 1 que se proyecta alineada al contacto del dique de Presa.

En el paquete inferior los bancos presentan bloques en disyunción que responde a la falla Paleo tectónica; sus reflejos presentan una disyunción columnar con apertura en juntas verticales tipo Falla local N° 2 y 5, se induce por punzonamiento local en el equilibrio pos tectónico modificada en dirección Oeste siguiendo el buzamiento de la estratificación volcánica N° 9.

### **Figura 27**

*Estructura Paleo Tectónica en paquete inferior - Plano de falla N° 10*



*Nota.* Plano de falla. Fuente: Expediente Técnico

**Figura 28**

*Bancos de andesita con disyunción columnar, juntas abiertas*

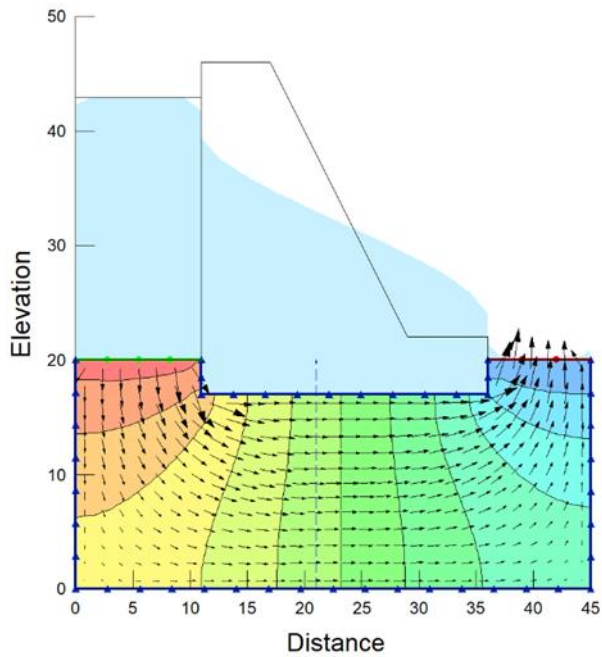


*Nota.* Vista de estribo derecho. Fuente: Expediente Técnico

**RESPONDIENDO AL OBJETIVO 03: ANÁLISIS DE LA PRESA HUACATINA**  
**MEDIANTE GEOSTUDIO**

**Figura 29**

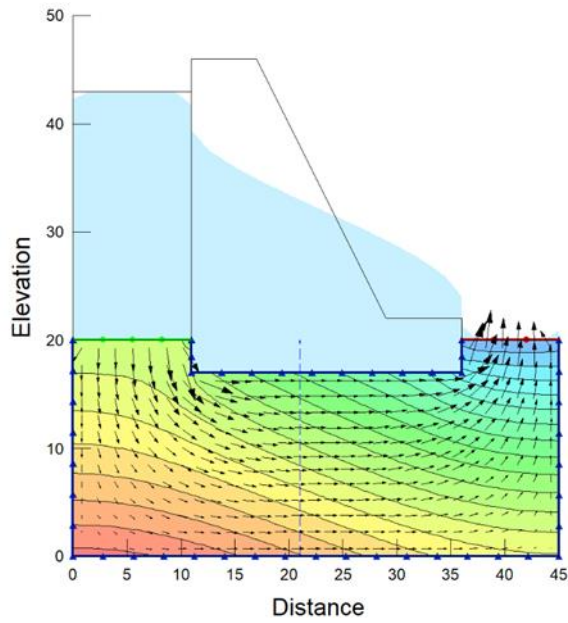
*Altura de Presión Total*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

**Figura 30**

*Presión de Poros De Agua*

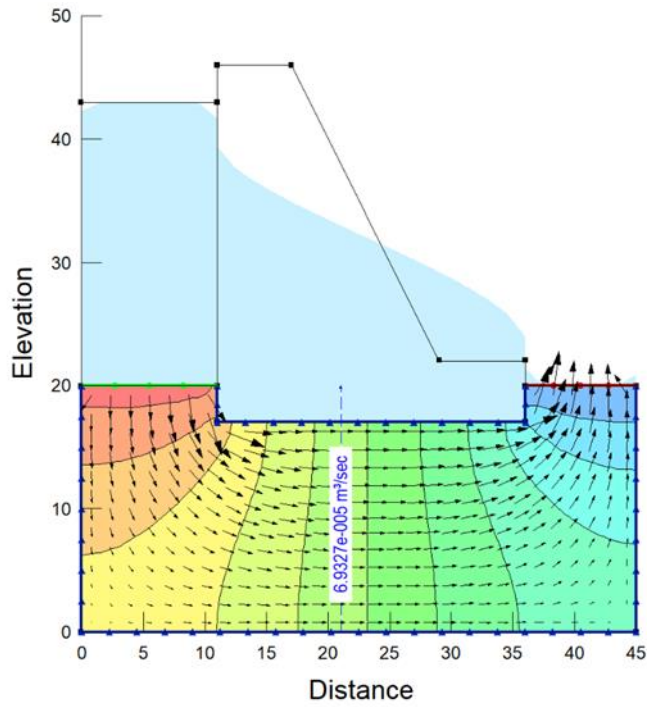


*Nota.* Fuente: Elaboración propia



**Figura 31**

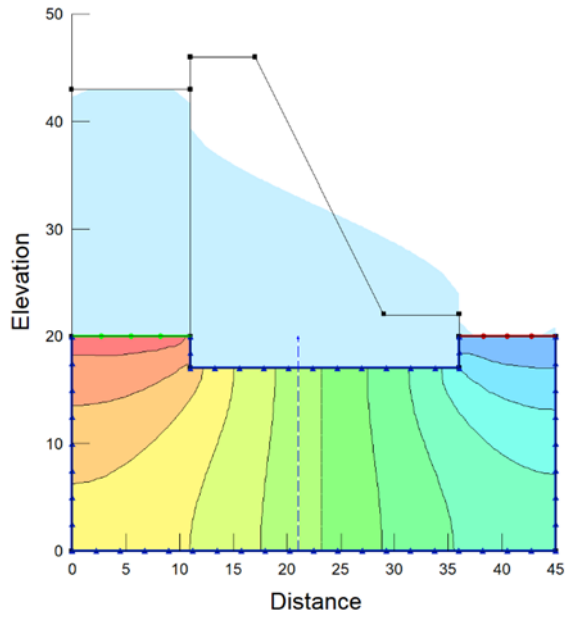
*Representación de Flujo*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

**Figura 32**

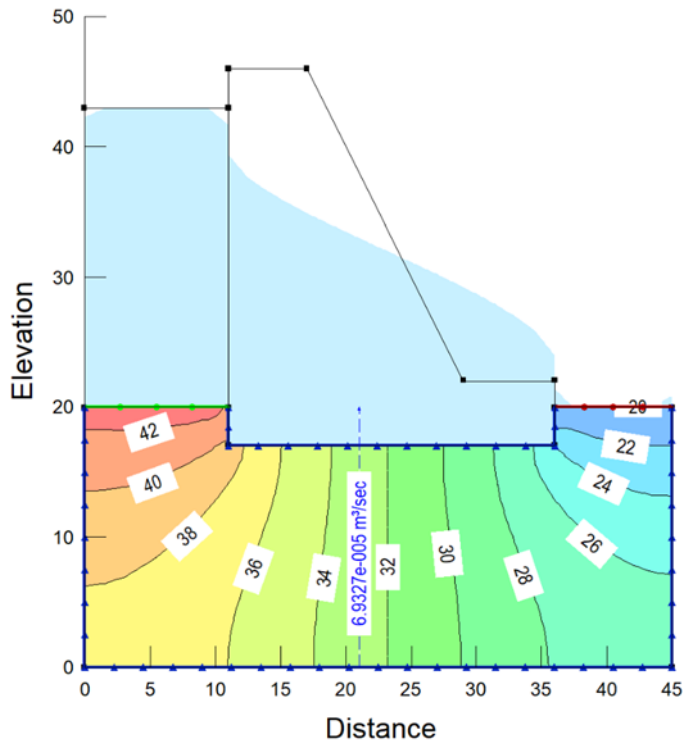
*Altura de Presión Total sin Vectores*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

**Figura 33**

*Altura de Presión Total – Etiquetas*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

#### **RESPONDIENDO AL OBJETIVO 04: SOLUCIONES BASADAS EN EL ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LAS FILTRACIONES EN LA PRESA HUACATINA**

Mediante el estudio de antecedentes Geológico y Geotécnicos se ha llegado a determinar los condicionantes locales que afecta al propósito de la Presa, priorizando su importancia al efecto que genera todo tipo de percolación a través de redes de flujo en la pérdida de Estanqueidad como sigue:

##### **3.1.4.3. SOLUCION N°01:**

En el lecho del embalse el Sifonamiento se evidencia por un forado 15,0 m del Barraje de la Presa con ingreso de todo el caudal de estiaje, siendo potencialmente mayor en época de avenidas y/o con embalse lleno.

Se considera necesario controlar todo efecto activo de socavación interna por debajo de la Presa, la Erosión Interna en las redes de Flujo con juntas abierta, han vulnerado la estabilidad y generado colapso en presas de gravedad tipo barraje de concreto ciclope, siendo necesario priorizar su mitigación y tratamiento con embalse vacío.

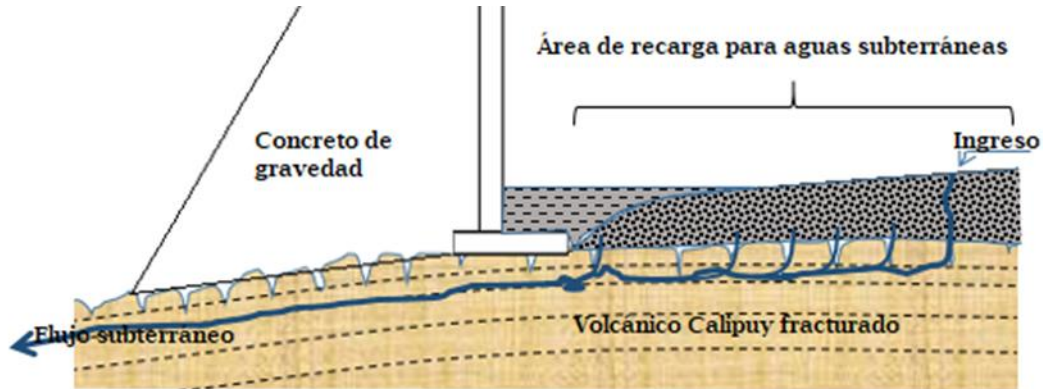
### **S.01: Lecho del Embalse – Tratamiento**

Se desconoce la magnitud de la roca afectada por erosión Interna, siendo necesario:

- Desvío conveniente de las aguas superficiales (bombeo hacia el sistema de descarga)
- Eliminación de suelos y escombros hasta descubrir la roca la roca afectada.
- Excavación y limpieza manual de todo vestigio de roca descompuesta, ampliando las juntas abiertas.
- Elección de lugares favorables para el relleno masivo de cavidades internas y de ventilación durante el llenado con morteros de concreto (instalaciones entubada).
- Cobertura del área a tratar con una losa de concreto armado entre el área de ingreso al Sifonamiento y el inicio de la cimentación del Barraje
- Luego del fraguado conveniente se programará la fase de llenado con mezclas y consolidación.
- La fase de Inyecciones se realizará como extensión de la Pantalla de Inyecciones.

**Figura 34**

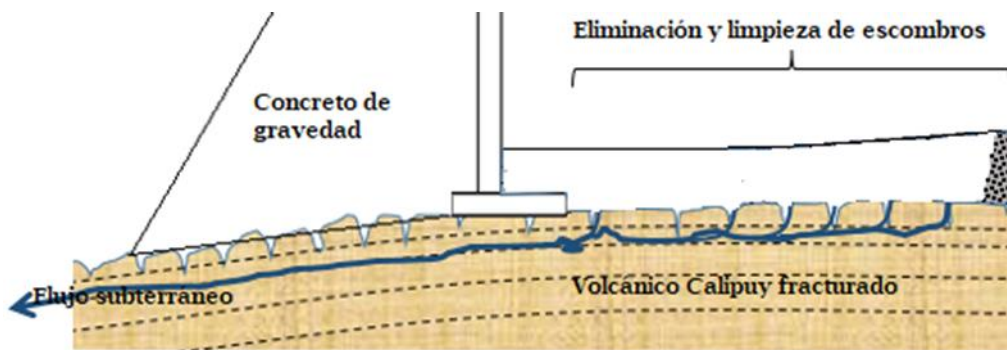
*Esquema Hidrogeológico generalizado*



*Nota.* Vista de filtración de aguas. Fuente: Elaboración Propia

**Figura 35**

*Tratamiento – Fase de Limpieza e identificación de daños. Longitud de la excavación mayor a 15m.*

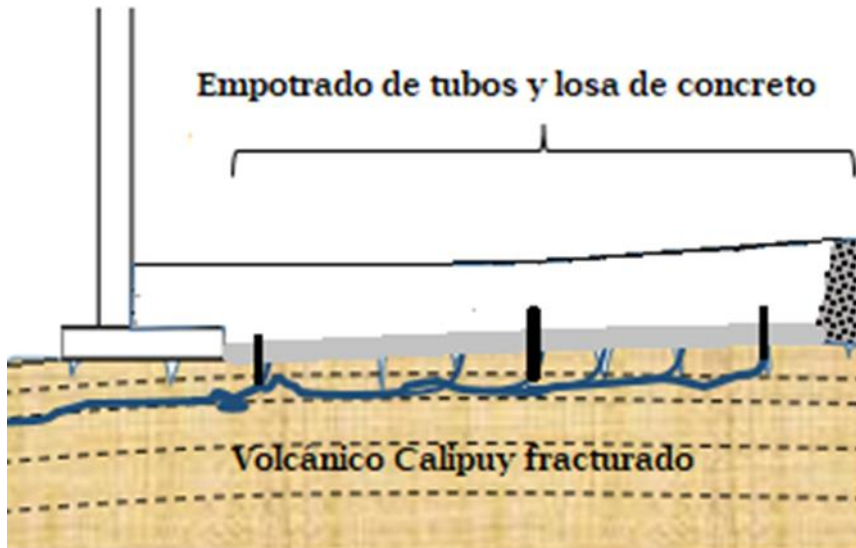


*Nota.* Eliminación de zona en la cual pasa la filtración. Fuente: Elaboración propia

En esta fase se definirá el detalle del tratamiento de consolidación, relleno e inyección.

**Figura 36**

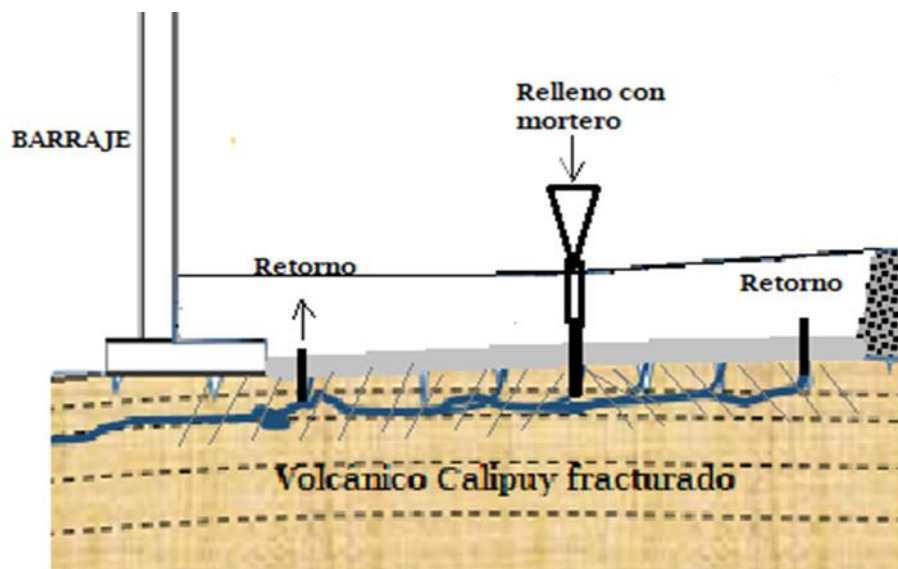
*Instalación de tubos para rellenos de cavidades y losa de concreto para evitar fugas en la fase de consolidación.*



*Nota.* Elaborar losa de concreto en la zona limpia. Fuente: Elaboración propia

**Figura 37**

*Consolidación superficial para las juntas abiertas; la roca se impermeabilizará desde la Pantalla de Inyecciones.*



*Nota.* Sellado mediante morteros. Fuente: Elaboración propia

#### **3.1.4.4. SOLUCIÓN N°02:**

No se ha podido evaluar el caudal de pérdidas de volumen que pierde el Embalse por percolación en condiciones de nivel variable, no obstante, se evidencia que su persistencia ha generado desprendimientos que afectaron a estructuras de las obras de captación a pie de Presa, sí como al camino de mantenimiento; su tratamiento puede realizarse aún con embalse lleno.

##### **S. 02: Pantalla de inyecciones**

Luego de analizado los antecedentes registrados en la Memoria Descriptiva, se verificó la calidad del macizo rocoso, siendo uno de sus parámetros, la frecuencia, orientación y aberturas en juntas de diaclasa que permite el desarrollo de filtraciones no deseadas a través del Estribo Derecho ocurrido en el Barraje de la Presa luego del llenado del Embalse.

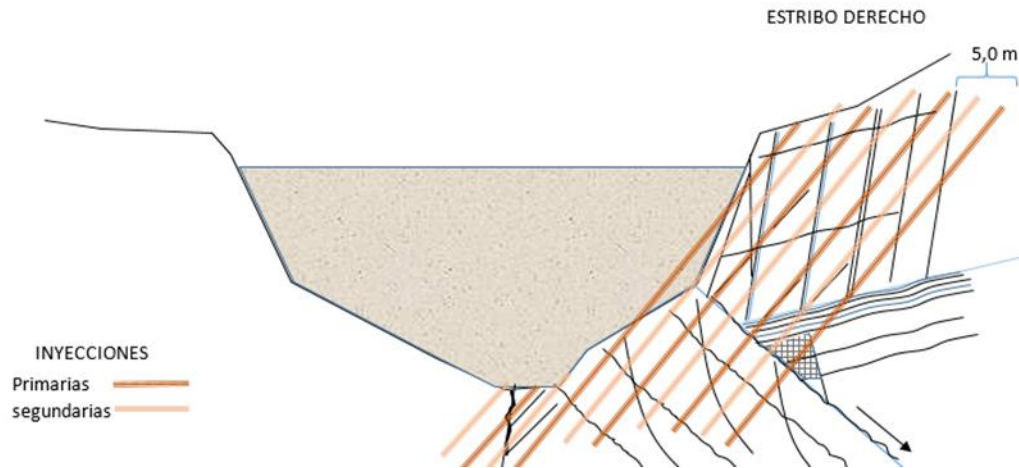
El Tratamiento de consolidación e impermeabilización para el macizo rocoso con disyunciones verticales, se ha priorizado como segunda fase en el mejoramiento de la Estanqueidad del Embalse, flanco derecho aguas abajo de la Presa; siendo necesario se encuentre suficientemente controlada las filtraciones y/o tubificaciones por debajo de la Presa, considerando que las Inyecciones se debe realizar a presión, a fin de poder controlar el proceso de impermeabilización en los niveles inferiores de la Pantalla de Inyecciones.

Se propone una Pantalla de Inyecciones desde perforaciones realizadas a roto percusión con una inclinación de 60° al Sur.

La Pantalla deberá perforarse siguiendo el Eje del Barraje y dispuesto en dos Ejes a tres bolillos.

**Figura 38**

*Pantalla de Inyecciones; Cobertura propuesta.*

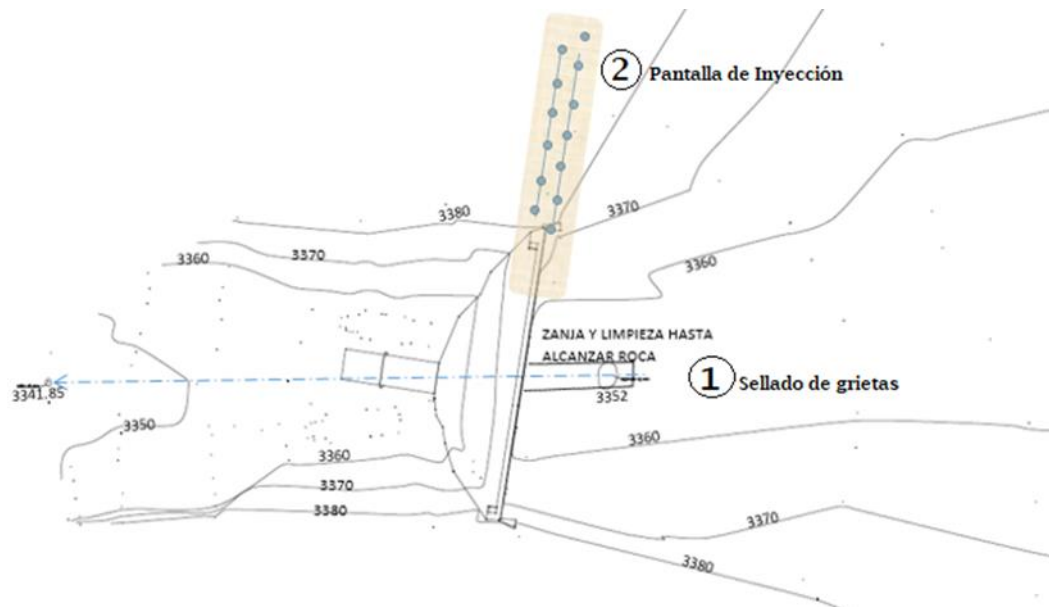


*Nota.* Pantalla de inyección, se han considera dos filas de inyecciones para reforzar.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 39**

*Esquema de trastornos en la Estanqueidad de la Presa*



*Nota.* Vista de planta de sellado de grietas en la base y la pantalla de inyecciones. Fuente:

Elaboración propia



## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. DISCUSIÓN

Se encontró diversa información a nivel nacional y a nivel internacional de los años 2013-2023 de presas que han sido evaluadas de la misma forma y de manera más especializada, han sido sustento para realizar este trabajo, debido a que hay cierta limitación en cuanto a información de este tipo a nivel local, que hubiera sido de utilidad. Según lo expuesto es necesario, ampliar en futuros estudios el periodo de búsqueda para conocer con mayor alcance lo investigado en el tema.

Entre los trabajos internacionales se encontró el de Montenegro (2015) en el proyecto represa El Tigre, su trabajo tuvo como objetivo determinar las características geológicas y geotécnicas, al igual que el presente trabajo, que buscó determinar las características de la presa Huacatina. En el caso de Montenegro (2015) dichas características servirían para determinar el tipo de represa, mediante afloramientos, perforaciones, geofísica y una galería cuatro unidades geotécnicas. En el caso de Huacatina, en el área de estudio se encontraba rodeado la base local por rocas volcánicas, piroclastos andesíticos menos fracturadas en algunos sectores del vaso, sin embargo, en el eje de presa es compacto en la base local impermeable.

En el caso del presente proyecto de investigación, se determinó mediante el análisis y antecedentes, que es un tipo de roca clase III, siendo una roca de Clase Regular, teniendo como índice de Resistencia R4 debido a que presenta un soporte de mas de un golpe del martillo y presentando II Ligero alteración, según su coloración.

En los resultados obtenidos se ha logrado identificar la falla por la cual la represa tiene una filtración que está ocasionando diferentes problemas socioambientales y socioeconómicos.

En el caso de la presa Huacatina, en la zona de estudio no se observa una falla evidente en la presa aguas abajo ni en la cabecera del Embalse, solamente zonas de trituración en niveles de contacto de los ignimbritas y piroclastos riolitas, no hay una evidencia clara de fallas activas. En el lado derecho, aguas abajo de la presa, se observó una zona de filtraciones significativas, lo cual fue corroborado por el grado de fracturamiento y dicaclasado observado en el análisis geológico, siendo recomendable desarrollar una campaña de inyecciones en este lado del dique.

En la parte inferior del dique se observa poca permeabilidad, de acuerdo a lo encontrado en la simulación con el software Geoestudio, sin embargo, debido a una defectuosa limpieza durante el proceso constructivo, se ha formado un canal que debe ser tratado de la siguiente manera:

- Excavación y limpieza manual de todo vestigio de roca descompuesta, ampliando las juntas abiertas.
- Elección de lugares favorables para el relleno masivo de cavidades internas y de ventilación durante el llenado con morteros de concreto (instalaciones entubada).

### **Limitaciones**

Entre las limitaciones de la investigación, se podría considerar la escasez de información bibliográfica y de estudios realizados de presas en La Libertad. Además, algunas fuentes presentaban restricciones para acceder a la totalidad de la información.

## 4.2. CONCLUSIONES

- Se identificaron las características geotécnicas tales como la clasificación de la roca y la textura de los suelos presentes en el área de estudio.
- Se analizó la Presa Huacatina mediante software GeoStudio, para analizar las subpresiones, teniendo como resultado permeabilidades muy bajas en la roca. Sin embargo, en la parte inferior cercana al eje del dique, se ha formado un canal que pasa por la base de la presa impidiendo su llenado, lo cual deberá ser corregido con un tratamiento en base a mortero de cemento.
- Se identificaron algunos parámetros geotécnicos mediante proyecciones estereográficas, lo cual nos ha permitido comprender las causas de las filtraciones que se presenta en el lado derecho del dique y su posible solución mediante una campaña de inyecciones.
- Se plantearon soluciones basadas en el análisis geotécnico de las filtraciones en la Presa Huacatina.

## REFERENCIAS

- Alvarado Marquez M. & Villanueva Huatay L. (2018). "*Evaluación Geomecánica Y Geotécnica Para El Diseño De Estabilidad De Taludes De La Cantera Agocucho, Cajamarca 2018*" [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte] Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/14988>
- Apaza Yucra, P. (2016). "*Evaluación geológica y geotécnica para la ampliación, de la presa Ancascocha en la cuenca de yauca, Ayacucho- Arequipa*" [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Altiplano] Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2973>
- Chuquiruna Rojas, L. (2019). "*Evaluación Geotécnica, Para El Cálculo De Inestabilidad Sísmica, Del Talud Ubicado En El Kilómetro 139 (500 Al 450), San Juan – Cajamarca*" [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte] Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21667>
- Diaz Velásquez, J. C., Vicente Llana, E. C., & Vilcapoma Egoavil, L. K. (2021). "*Caracterización geomecánica de la masa rocosa mediante la cartilla de Bieniawski para la propuesta del sistema de fortificación*" [Tesis de Pregrado, Universidad Continental] Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10347>
- Esquivel Chañi, M., & Pinares Onucuyca, G. C. (2019). "*Estudio geológico-geotécnico para la construcción de la presa Kullku*" [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco] Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4582>
- Ewert Friedrich-Karl & Hungsberg U. (2018). "*Rock Grouting at Dam Sites*". PRINGER PROFESSIONAL PRACTICE IN EARTH SCIENCES, USA.

Gonzales de Vallejo, L. (2002). *"Ingeniería geológica"*. PEARSON EDUCACION,  
MADRID.

Huanacuni Choque, F. (2014) *"Evaluacion Geologica Y Geotecnica De La Construccion  
Presa Aricoma – Crucero – Carabaya – Puno"* [Tesis de Pregrado, Universidad  
Nacional del Altiplano] Obtenido de  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2644>

Kulkarni Anjali, A., & Hangargekar. (2017). *"Comparación de Simulación de Seep/W  
con Filtraciones observadas en una Presa de Tierra"*. PA REVISTA  
INTERNACIONAL DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE  
INVESTIGACIÓN, INDIA.

Montenegro Chapi, R. M. (2015). *"Caracterización geológico y geotécnico para la  
factibilidad avanzada del proyecto represa El Tigre como parte del proyecto  
hidroeléctrico Guayllabamba"* [Tesis de Pregrado, Universidad Central del  
Ecuador] Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7697>

Nina Barraqueta, M. (2017). *"Evaluación Geotécnica Para La Construcción De La Presa  
Huanzo"* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano] Obtenido de  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4731>

Oyarzo Agurto, M. F. (2018). *"Estudio Geológico y Geotécnico de diseño del embalse  
Valle Hermoso, Región de Coquimbo, Chile"* [Tesis de Pregrado, Universidad de  
concepción] Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3110>

Pacompa Flores, J. (2014). *"Evaluación Geológica Y Geotécnico Para La Construcción  
De La Presa Chonta – Cajamarca"* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional  
del Altiplano] Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2422>

Quisocala Morocco, S. (2012). "*Evaluacion Geologica Y Geotecnica Para La Construcción De La Presa De Tierra En La Laguna Palccaccota*" [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano] Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6996>

Ticona Canqui, R. (2017). "*Estudio Geotécnico Para El Diseño De La Presa En La Micro- Cuenca Huayllumayo – Espinar*" [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano] Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9073>

Vega Lupa, D. (2019). "*Evaluación Geológica Y Geotécnica Para El Estudio De Factibilidad De La Construcción De La Presa Totoraccocha Provincia De Acobamba, Departamento De Huancavelica*" [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa] Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9725>

## ANEXOS



Anexo 1. Embalse de la Presa Huacatina



Anexo 2. Frente de la Presa Huacatina



Anexo 3. Vista superior de la Presa Huacatina



Anexo 4. Estribo derecho de la Presa Huacatina





Anexo 5. Estribo derecho de la Presa Huacatina



Anexo 6. Estribo izquierdo de la Presa Huacatina



Anexo 7. Estribo izquierdo y embalse de la Presa Huacatina



Anexo 8. Vista superior izquierda de la Presa Huacatina – enfoque de bomba



Anexo 9. Vista superior izquierda de la Presa Huacatina



Anexo 10. Vista superior de la Presa Huacatina



Anexo 11. Vista superior de la Presa Huacatina



Anexo 12. Vista frontal de la Presa Huacatina



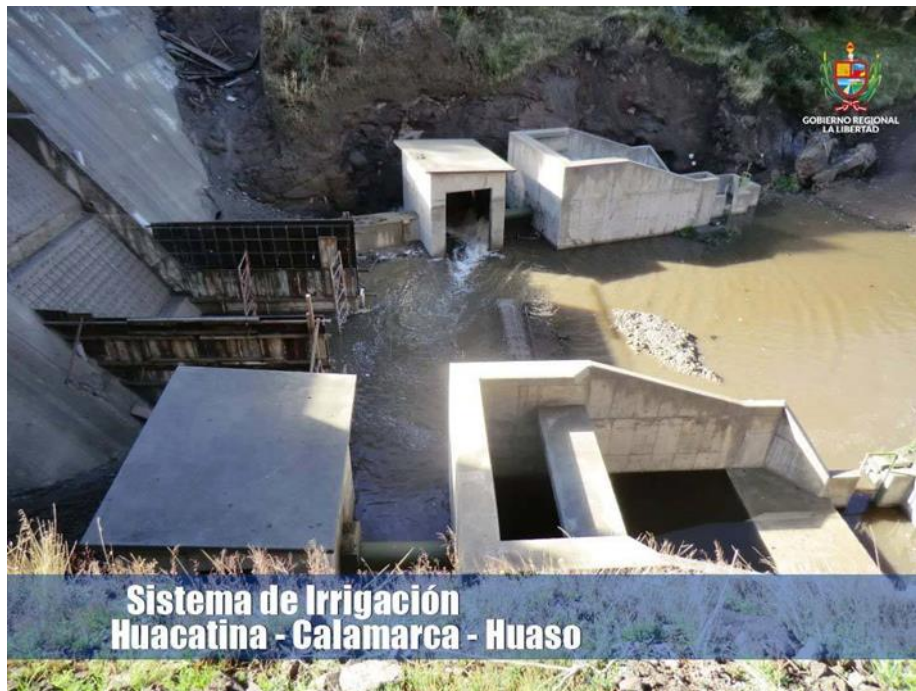
Anexo 13. Vista frontal de embalse de la Presa Huacatina



Anexo 14. Vista frontal de embalse de la Presa Huacatina



Anexo 15. Vista frontal de embalse de la Presa Huacatina



Anexo 16. Vista frontal de la Presa Huacatina



Anexo 17. Vista frontal de la Presa Huacatina



Anexo 18. Vista frontal de la Presa Huacatina



Anexo 19. Proyección de la Presa Huacatina



Anexo 20. Ejecución de la Presa Huacatina





Anexo 21. Ejecución de la Presa Huacatina



Anexo 22. Ejecución de la Presa Huacatina –vista superior



Anexo 23. Ejecución de la Presa Huacatina –vista inferior

CONTACTO CONCRETO-ROCA EN ESTRIBO DERECHO

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)										
PARAMETRO	RANGO DE VALORES								VALORACION	
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	X	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1 (0)	1	7		
RQD %	90-100 (20)	X	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	17		
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	x	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)	3	15		
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	X	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	6	
	ABERTURA		Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	X	> 5 mm (0)	4B	0
	RUGOSIDAD		Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	x	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
	RELLENO		Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1
ALTERACION		Sana (6)	Lig. Alterada. (5)	X	Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	3	
AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	Humedo (10)	x	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	7	
<b>VALOR TOTAL RMR (suma de valoración de 1 al 5)</b>									<b>59</b>	
<b>CLASE DE MACIZO ROCOSO</b>										
RMR	100 - 81	80 - 61	<b>60 - 41</b>	40 - 21	20 - 0					
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	<b>III REGULAR</b>	IV MALA	V MUY MALA	<b>III</b>				

Anexo 24. Valoración del Macizo Rocoso

GRADO	INDICE DE RESISTENCIA IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. MPa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

### Anexo 25. Indice de Resistencia

GRADO	INDICE DE ALTERACION DESCRIPCION
I SANA	Ningún signo de alteración en el material rocoso. Quizás ligera decoloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica alteración. del material rocoso y superf. de disc. El material rocoso descolorido extremadamente es más débil que en su condición sana.
III MODERADA	Menos de la mitad del material rocoso se encuentra descompuesto. y/o desintegrado roca sana o decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY ALTERD.	Más de la mitad del material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un núcleo rocoso.
V DESCOMPU.	Todo el material rocoso está descompuesto y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aún se conserva intacta.

### Anexo 26. Indice de Alteración

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA PRINCIPAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE</b>		<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN.</b>
¿Cuáles son las características geotécnicas de las filtraciones en la Presa Huacatina, Provincia de Julcán, Departamento De La Libertad?	Determinar las características geotécnicas de las filtraciones en la Presa Huacatina, Provincia de Julcán, Departamento De La Libertad.	Se logró satisfactoriamente determinar las características geotécnicas de las filtraciones en la Presa Huacatina, Provincia de La Libertad.	Análisis Geotécnico	Tipo de Roca. Fisuramiento Inyecciones	La investigación corresponderá al tipo investigación aplicada.
<b>PROBLEMA SECUNDARIO</b>	<b>OBJETIVO ESPECIFICO</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICO</b>	<b>V. DEPENDIENTE</b>	Filtraciones	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA.</b>
1. ¿Cuáles son las características geotécnicas y la clasificación de la roca presentes en el área de estudio de la Presa Huacatina, Provincia de Julcán,	1. Identificar las características geotécnicas y determinar la clasificación de la roca en el área de estudio.	1. Se identificó las características geotécnicas y la clasificación de la roca en el área de estudio.  2. Se interpretó los parámetros geotécnicos registrados	Filtraciones		<b>Población:</b> Macizo rocoso de La Libertad.  <b>Muestra:</b> Macizo Rocoso De La Presa Huacatina-Julcan.
					<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE</b>

			<b>RECOLECCIÓN DE DATOS</b>
<p>Departamento de la Libertad - 2020?</p> <p>2. ¿Cómo se realizará la representación gráfica?</p> <p>3. ¿Cómo se analizará la permeabilidad?</p> <p>4. ¿Cuáles son las soluciones basadas en el análisis geotécnico de las filtraciones en la Presa Huacatina?</p>	<p>2. Interpretar los parámetros geotécnicos registrados mediante proyecciones estereográficas.</p> <p>3. Analizar la Presa Huacatina mediante software GeoStudio.</p> <p>4. Plantear soluciones basadas en el análisis geotécnico de las filtraciones en la Presa Huacatina.</p>	<p>mediante proyecciones estereográficas.</p> <p>3. Se realizó el análisis de filtraciones mediante software GeoStudio.</p> <p>4. Se planteó soluciones basadas en el análisis geotécnico de las filtraciones en la Presa Huacatina</p>	<p><b>Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizará el reconocimiento de la zona de influencia mediante la observación directa.</li> <li>• Se realizará el análisis documentario (del expediente técnico, informe geológico y de antecedentes)</li> <li>• Analizar, sintetizar y describir las variables de estudios.</li> <li>• Se usará el software GeoStudio y Dips 7.0.</li> </ul> <p><b>Instrumentos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expediente técnico</li> <li>• Bibliografía, tesis, antecedentes y artículos científicos.</li> <li>• Carta Nacional</li> </ul>

- 
- Equipos computacionales
  - Software
  - Cámara fotográfica
  - Transporte privado
- 

Anexo 27. Matriz de Consistencia