

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Selección del eje óptimo para la pantalla de
impermeabilización utilizando el análisis de criterios
múltiples en la presa Ancascocha, Parinacochas
Ayacucho 2022**

Rosibeth Laura Pacheco Laura

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Informe final de tesis

ORIGINALITY REPORT

25%

SIMILARITY INDEX

23%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

15%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Submitted to Universidad Continental Student Paper | 3% |
| 2 | hdl.handle.net Internet Source | 2% |
| 3 | www.dspace.uce.edu.ec Internet Source | 1% |
| 4 | repositorio.unsaac.edu.pe Internet Source | 1% |
| 5 | repositorio.uncp.edu.pe Internet Source | 1% |
| 6 | repositorio.unsa.edu.pe Internet Source | 1% |
| 7 | repositorio.unap.edu.pe Internet Source | 1% |
| 8 | Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper | 1% |
| 9 | Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE | 1% |

| | | |
|----|---|------|
| 10 | www.scipedia.com Internet Source | 1 % |
| 11 | www.issmge.org Internet Source | 1 % |
| 12 | Submitted to Webster University Student Paper | 1 % |
| 13 | repositorio.unasam.edu.pe Internet Source | 1 % |
| 14 | www.cip.org.pe Internet Source | 1 % |
| 15 | repositorio.unsch.edu.pe Internet Source | 1 % |
| 16 | riunet.upv.es Internet Source | 1 % |
| 17 | docplayer.es Internet Source | 1 % |
| 18 | repositorio.urp.edu.pe Internet Source | 1 % |
| 19 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper | <1 % |
| 20 | bibdigital.epn.edu.ec Internet Source | <1 % |
| 21 | www.planverde.df.gob.mx | |

Internet Source

<1 %

22

repositorio.ucv.edu.pe

Internet Source

<1 %

23

repositorio.une.edu.pe

Internet Source

<1 %

24

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Student Paper

<1 %

25

jesusgonzalezgalindo.wordpress.com

Internet Source

<1 %

26

repositorio.ana.gob.pe

Internet Source

<1 %

27

oa.upm.es

Internet Source

<1 %

28

Submitted to Universidad Autónoma de
Nuevo León

Student Paper

<1 %

29

www.ptolomeo.unam.mx:8080

Internet Source

<1 %

30

documentop.com

Internet Source

<1 %

31

www.hisour.com

Internet Source

<1 %

| | | |
|----|---|------|
| 32 | Submitted to Universidad Tecnológica Indoamerica Student Paper | <1 % |
| 33 | repositorio.ujcm.edu.pe Internet Source | <1 % |
| 34 | Submitted to Universidad del País Vasco Student Paper | <1 % |
| 35 | repositorio.unh.edu.pe Internet Source | <1 % |
| 36 | prezi.com Internet Source | <1 % |
| 37 | Edgar García Fortea. "Desarrollo de materiales de pre-mejora y herramientas biotecnológicas para la adaptación de la berenjena al cambio climático", Universitat Politecnica de Valencia, 2020 Publication | <1 % |
| 38 | www.dspace.unitru.edu.pe Internet Source | <1 % |
| 39 | Submitted to Universidad Estadual Paulista Student Paper | <1 % |
| 40 | Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Student Paper | <1 % |

41 Vicente Calvo Peña. "Sistema experto para el análisis de la criticidad y seguridad en redes de galerías de servicios urbanas.", Universitat Politècnica de Valencia, 2015
Publication <1 %

42 qdoc.tips
Internet Source <1 %

43 repositorio.continental.edu.pe
Internet Source <1 %

44 repositorio.utea.edu.pe
Internet Source <1 %

45 www.slideshare.net
Internet Source <1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 15 words

Exclude bibliography On

AGRADECIMIENTO

Muy orgullosa de poder hacer mención de todas aquellas personas que agradezco por ayudarme a llegar a esta meta que es la obtención del título profesional personas e institución que aportaron con este trabajo de investigación.

A mi familia por ser un apoyo constante todo este proceso de realización personal y profesional.

A mi asesor con gran paciencia y profesionalismo y enseñanza impartida durante la elaboración del proyecto.

A la empresa la Molina Riegos por brindarme las posibilidades para la elaboración de la investigación.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por ser un pilar muy importante en mi desarrollo profesional con su apoyo incondicional y su constante motivación para poder concluir con éxito este proyecto de tesis.

ÍNDICE

| | |
|--|-------------|
| AGRADECIMIENTO | II |
| DEDICATORIA..... | III |
| ÍNDICE..... | IV |
| INDICE DE TABLAS..... | VI |
| RESUMEN..... | XI |
| ABSTRACT..... | XIII |
| INTRODUCCIÓN..... | XV |
| CAPITULO I..... | 17 |
| PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 17 |
| 1.1 Planteamiento del problema y Formulación del problema..... | 17 |
| 1.1.1 Planteamiento del problema..... | 17 |
| 1.1.2 Formulación del problema | 22 |
| 1.2 Objetivos..... | 23 |
| 1.2.1 Objetivo General..... | 23 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 23 |
| 1.3 Justificación e Importancia | 24 |
| 1.4 Hipótesis..... | 25 |
| 1.5 Operacionalización de variables..... | 26 |
| CAPÍTULO II | 28 |
| MARCO TEORICO | 28 |
| 2.1 Antecedentes del problema | 28 |
| 2.1.1 Antecedentes nacionales | 28 |
| 2.1.2 Antecedentes Internacionales..... | 33 |
| 2.2 Bases Teórica..... | 38 |
| 2.2.1 Presa y represa | 38 |
| 2.2.2 Tipo de presa | 38 |

| | | |
|---------------------------------------|--|------------|
| 2.2.3 | Uso de presas o represas | 43 |
| 2.2.2 | Seguridad en presas | 43 |
| 2.2.3 | Pantalla de impermeabilización en presas y represas | 44 |
| 2.2.5 | Inyecciones | 46 |
| 2.2.2 | Análisis de Criterios múltiples | 48 |
| 2.2.2 | Expert Choice | 54 |
| 3.1.1 | Método científico..... | 56 |
| 3.1.2 | Tipo investigación | 57 |
| 3.1.3 | Nivel de investigación | 58 |
| 3.1.4 | Diseño de Investigación..... | 58 |
| 3.1.5 | Población y muestra..... | 59 |
| 3.2. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 60 |
| CAPITULO IV | | 65 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES | | 65 |
| 4.1 | Presentación de resultados y análisis de información | 65 |
| 4.2 | Discusión de resultados..... | 107 |
| CAPITULO V..... | | 110 |
| CONCLUSIONES | | 110 |
| RECOMENDACIONES | | 113 |
| BIBLIOGRAFIA..... | | 114 |
| ANEXOS | | |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 | |
| Escala de comparaciones pareadas. | 49 |
| Tabla 2 | |
| Cuadro de ponderación de criterios múltiples del tipo AHP. | 51 |
| Tabla 3 | |
| Cuadro de consistencia en la aplicación de criterios múltiples AHP. | 52 |
| Tabla 4 | |
| Cuadro de coordenadas geográficas de las comunidades. | 65 |
| Tabla 5 | |
| Recurso disponible y atención de la demanda. | 67 |
| Tabla 6 | |
| Población involucrada en el área de estudio. | 68 |
| Tabla 7 | |
| Matriz A de comparación de criterios. | 72 |
| Tabla 8 | |
| Matriz normalizada. | 72 |
| Tabla 9 | |
| Ponderación del producto matricial entre la matriz A y la matriz normalizada. | 76 |
| Tabla 10 | |
| Clasificación de alternativas respecto al riesgo de falla. | 77 |
| Tabla 11 | |
| Clasificación de alternativas respecto a la fundación. | 77 |
| Tabla 12 | |
| Clasificación de alternativas respecto a la geología. | 78 |
| Tabla 13 | |
| Clasificación de alternativas respecto al posible tiempo de implementación. | 78 |
| Tabla 14 | |
| Clasificación de alternativas respecto al posible costo de implementación. | 78 |
| Tabla 15 | |
| Clasificación de alternativas respecto al posible impacto ambiental de la implementación. | 79 |
| Tabla 16 | |
| Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio riesgo de falla. | 79 |

| | |
|---|----|
| Tabla 17 | |
| Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio fundación. | 79 |
| Tabla 18 | |
| Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio geología..... | 80 |
| Tabla 19 | |
| Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio tiempo. | 80 |
| Tabla 20 | |
| Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio costo..... | 80 |
| Tabla 21 | |
| Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio ambiental..... | 81 |
| Tabla 22 | |
| Puntuaciones de rendimiento y peso de criterios. | 84 |
| Tabla 23 | |
| Ponderación del producto matricial entre las puntuaciones de rendimiento y los pesos de los criterios de evaluación..... | 85 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 | |
| Esquema de clasificación de las presas | 39 |
| Figura 2 | |
| Clasificación de las presas de acuerdo a su tamaño | 39 |
| Figura 3 | |
| Vista frontal de la presa de tierra Ancascoccha | 40 |
| Figura 4 | |
| Elementos principales de una presa de tierra | 41 |
| Figura 5 | |
| Vista frontal de la presa de concreto Ancascoccha | 42 |
| Figura 6 | |
| Principales usos de la presa o represa | 43 |
| Figura 7 | |
| Pantalla de impermeabilización completa al eje | 45 |
| Figura 8 | |
| Pantalla de impermeabilización parcial - subsuelo | 46 |
| Figura 9 | |
| Escala de comparaciones pareadas | 50 |
| Figura 10 | |
| Estructura de AHP | 51 |
| Figura 11 | |
| Elementos de un problema de Análisis de Criterios Múltiples | 53 |
| Figura 12 | |
| Precipitación media anual | 66 |
| Figura 13 | |
| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | 76 |
| Figura 14 | |
| Estudio de la consistencia de la matriz pareada en el riesgo de falla. | 81 |
| Figura 15 | |
| Estudio de la consistencia de la matriz pareada en fundación. | 82 |
| Figura 16 | |
| Estudio de la consistencia de la matriz pareada en geología | 82 |

| | |
|---|----|
| Figura 17 | |
| Estudio de la consistencia de la matriz pareada en tiempo. | 83 |
| Figura 18 | |
| Estudio de la consistencia de la matriz pareada en costo. | 83 |
| Figura 19 | |
| Estudio de la consistencia de la matriz pareada en ambiental. | 84 |
| Figura 20 | |
| Inicio del software Expert Choice. | 86 |
| Figura 21 | |
| Creación de una nueva base de datos. | 87 |
| Figura 22 | |
| Creación de un objetivo para el análisis multicriterio. | 87 |
| Figura 23 | |
| Transcripción del objetivo del problema. | 88 |
| Figura 24 | |
| Calibración del software en priorizar datos globales. | 88 |
| Figura 25 | |
| Creación de los criterios de evaluación. | 89 |
| Figura 26 | |
| Creación de las alternativas de evaluación respecto a cada criterio. | 89 |
| Figura 27 | |
| Vista de la estructura jerárquica del análisis multicriterio. | 90 |
| Figura 28 | |
| Ingreso de datos según ponderación de la matriz A de comparación de criterios. | 90 |
| Figura 29 | |
| Vista de los pesos ponderados por el software en cada criterio de evaluación. | 91 |
| Figura 30 | |
| Ponderado de los criterios de evaluación según su prioridad. | 91 |
| Figura 31 | |
| Ingreso de los datos en el criterio riesgo de falla, de la preferencia entre alternativas. | 92 |
| Figura 32 | |
| Ingreso de los datos en el criterio fundación, de la preferencia entre alternativas. | 92 |
| Figura 33 | |
| Ingreso de los datos en el criterio geología, de la preferencia entre alternativas. | 93 |

| | |
|--|----|
| Figura 34 | |
| Ingreso de los datos en el criterio tiempo, de la preferencia entre alternativas. | 93 |
| Figura 35 | |
| Ingreso de los datos en el criterio costo, de la preferencia entre alternativas. | 94 |
| Figura 36 | |
| Ingreso de los datos en el criterio ambiental, de la preferencia entre alternativas. | 94 |
| Figura 37 | |
| Ingreso de los datos al 100%, evidenciando los pesos respectivos. | 95 |
| Figura 38 | |
| Comportamiento del modelo según alternativas y criterios de evaluación. | 95 |
| Figura 39 | |
| Comportamiento del modelo según diferentes análisis en la elección del eje óptimo. | 96 |
| Figura 40 | |
| Porcentajes finales de los criterios de evaluación que determinan la elección del eje óptimo. | 96 |
| Figura 41 | |
| Resultado final según el software, con los ponderados respectivos a cada alternativa en la elección del eje óptimo. | 97 |

RESUMEN

La presente investigación centra su estudio en analizar los diferentes ejes de la presa Ancascocha, y elegir el más óptimo para poder construir una pantalla de impermeabilización, es por eso que se tuvo como problema general ¿De qué manera el análisis de criterios múltiples, seleccionará el eje óptimo para la construcción de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?, luego como objetivo general se tuvo: Determinar la selección del eje óptimo para la construcción de la pantalla de impermeabilización mediante el método de análisis de criterios múltiples, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022. Así también como método general se utilizó el método científico y como método específico el estadístico, el tipo de investigación fue cuantitativo y tecnológico.

La muestra de la investigación estuvo constituida por los 3 ejes que conforman la presa Ancascocha, estos ejes son los que tienen de alguna manera ruptura de sus capas y por tanto están produciendo filtraciones una en más grado que las otras, es por eso que se utilizó el método de análisis de criterios múltiples para poder determinar cuál es el eje óptimo para la construcción de la pantalla de impermeabilización; esta muestra es del tipo no probabilística intencionada, también es conocida como muestra censal, ya que la cantidad de la muestra es igual al de la población. La presente investigación tuvo como nivel de investigación el descriptivo y el explicativo y como diseño el no experimental del tipo transeccional – descriptivo.

Finalmente se concluyó que el método de análisis de criterios múltiples, determinó la selección del eje óptimo para la construcción de la pantalla de impermeabilización

en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022, debido a que se obtuvo como resultado el puntaje más alto de 0.47, el cual pertenece al eje número 03, siendo este el eje óptimo para la construcción de la pantalla de impermeabilización.

Palabras clave: análisis de criterios múltiples, pantalla de impermeabilización, eje de presa.

ABSTRACT

The present investigation focuses its study on analyzing the different axes of the Ancascocha dam, and choosing the most optimal to be able to build a waterproofing screen, that is why the general problem was: How will the multiple criteria analysis select the Optimal axis for the construction of the waterproofing screen in the Ancascocha dam, Parinacochas - Ayacucho 2022? Then, as a general objective, we had: Determine the selection of the optimal axis for the construction of the waterproofing screen through the multiple criteria analysis method. , in the Ancascocha dam, Parinacochas - Ayacucho 2022. Likewise, the scientific method was used as a general method and the statistical method as a specific method, the type of research was quantitative and technological.

The research sample consisted of the 3 axes that make up the Ancascocha dam, these axes are the ones that have somehow broken their layers and therefore are producing leaks one to a greater degree than the others, that is why it was used the multiple criteria analysis method to be able to determine which is the optimal axis for the construction of the waterproofing screen; This sample is of the intentional non-probabilistic type, it is also known as a census sample, since the amount of the sample is equal to that of the population. The present investigation had as a descriptive and explanatory level of investigation and as a non-experimental design of the transactional - descriptive type.

Finally, it was concluded that the multiple criteria analysis method determined the selection of the optimal axis for the construction of the waterproofing screen in the Ancascocha dam, Parinacochas - Ayacucho 2022, because the highest score of 0.47

was obtained as a result, which belongs to axis number 03, this being the optimal axis for the construction of the waterproofing screen.

Keywords: multi-criteria analysis, waterproofing screen, dam axis.

INTRODUCCIÓN

Nuestro país se encuentra en constante crecimiento, es así que en el sector de la construcción de presas se debe dar mayor énfasis a su elaboración, por ende, en este tipo de estructuras se debe optar con una construcción pegada a la norma, y que en lo posible perduren muchos años sin tener algún mantenimiento, la cual cumple un papel muy importante para una presa segura y óptima con el paso del tiempo. Los estudios sobre fallas en presas muestran que un 79% de éstas sufren de fallas por filtración, a consecuencia, las localidades de Cora Cora, Chaviña, Chumpi no son ajenas a este tipo de problemas ya que en este lugar se encuentra la presa Ancascocha.

En tal sentido la selección óptima del eje adecuado para la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha va de la mano en mejora de las operaciones y la gestión agrícola.

En la presente investigación se evaluará la problemática en la elección del eje óptimo para la futura implementación de la pantalla de impermeabilización de la presa Ancascocha, Parinacochas, que se podrá analizar en futuras investigaciones, esta elección se analizará, mediante el método de análisis de criterios múltiples del tipo AHP (proceso analítico jerárquico), el cual ayudó a la toma de decisión de la mejor alternativa. Para esto la presente investigación, presenta los siguientes capítulos de estudio.

Capítulo I- Planteamiento del estudio: dentro del capítulo I se analizó la problemática del estudio, se realizó la formulación del problema general juntamente con los problemas específicos y los objetivos a alcanzar juntamente con la justificación del estudio.

Capítulo II- Marco Teórico: dentro de la investigación se tomó referencias de investigaciones ya realizadas como antecedentes y las bases teóricas aplicadas al ámbito de elección del eje para la construcción de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha.

Capítulo III- Metodología: dentro de la metodología se presenta el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel y diseño de la investigación, así mismo se menciona la población y muestra juntamente con las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV- Resultados y Discusión: dentro de la investigación se dio a conocer los resultados obtenidos a nivel de la metodología utilizada de criterios múltiples (AHP), el análisis y evaluación de los criterios, así como la comparación e interpretación de los resultados.

Capítulo V- Conclusiones y Recomendaciones: Dentro de este capítulo finalmente veremos la recapitulación y deducción final de todo el proceso de investigación, que nos darán a reconocer todo los criterios de elaboración y los resultados obtenidos a partir de ellos, en consecuencia, obtendremos ciertas recomendaciones de acuerdo a las conclusiones.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento del problema y Formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

En el transcurso del tiempo a nivel mundial las presas sirvieron principalmente para el almacenamiento de agua, la cual es utilizada cuando existía periodos de sequía, esta función se da hasta el día de hoy, lo cual las presas son muy importantes en el aprovechamiento de actividades como el riego, el abastecimiento de agua, también contribuyen al beneficio energético, y por otro lado aportan en el sector turístico entre otros. Debido a esto es que las presas deben de tener su propio mantenimiento, ya que al ser construcciones ya sea de tierra o de concreto, tienden a sufrir alteraciones a causa principalmente de situaciones naturales, y más aun si estas no fueron construidas de la forma técnicamente adecuada.

Es así que una las principales fallas de una presa son las filtraciones que suelen ocurrir constantemente a causa de movimientos naturales de tierra o por la propia presión que ejerce el agua, siendo este el problema fundamental, por ejemplo en España, el emplazamiento de presas es cada vez más restringido y las características

geológicas y geotécnicas del cimiento no siempre son tan favorables como se espera, y eso hace que se genere filtraciones y por ende genera también gastos en su reparación, para esto se realiza el estudio de las pantallas de impermeabilización que ayudan a resolver este problema de filtraciones.

Actualmente en las construcciones de presa y represas en el Perú, por lo general, suelen presentarse filtraciones a través de los cimientos, por diversos problemas de falla que puedan presentar dicha construcción la cual no solamente son fugas de agua que pueden poner en riesgo la estructura, provocar grandes pérdidas de agua y costos elevados en la reparación y el mantenimiento, a grandes rasgos pérdida en la producción agrícola, que inclusive afecta la calidad de vida de los pobladores. En la presa Chirimayuni, en Moquegua realizaron la impermeabilización del eje mediante inyecciones de lechada, dado que la presa fue construida en el año 2003 y los estudios geológicos realizados para fundar la cimentación del eje de la presa fueron métodos indirectos (refracción sísmica y sondeos eléctricos), los cuales no fueron suficientes para determinar el estrato rocoso y determinar la permeabilidad del mismo; a raíz de lo mencionado es que en la presa Chirimayuni, empezó a encontrarse filtraciones de agua, que empezaron a mortificar a la población, inundando en cierta parte sus cultivos y dotando de menos agua potable a la misma comunidad. Es por que realizaron la impermeabilización del eje, para así dar solución a la problemática dada.

En la presa Ancascocha debido a la alta permeabilidad del suelo y una construcción bastante deteriorada por los años de construcción se ha producido una elevada filtración de agua y esto se ha evidenciado con la presencia permanente de una laguna aguas debajo de la presa, agua que se drena subterráneamente a través de las fisuras del cuerpo de la presa.

Para reducir estos problemas de filtración se suelen realizar pantallas de impermeabilización. Estas pantallas están formadas por las inyecciones de una serie de perforaciones, dispuestas en una o más líneas paralelas, bajo el plinto que alcanzan profundidades que dependen principalmente de las características geológicas del sitio y la carga de la presa, estas pantallas actúan como barreras de protección ante las filtraciones de agua. En la presente investigación se denotó tres ejes donde se podrían realizar la instalación de la pantalla de impermeabilización, estos ejes han sido estudiados tanto geológica y geotécnicamente, sin embargo, hay otros parámetros que no vienen siendo tomados en cuenta para la selección óptima del eje de la presa, lo cual se realizará a través de un análisis de criterios múltiples (MCA). Por lo expuesto, los problemas de filtración que se encuentra localizado en el área de los ejes propuestos para la presa Ancascocha, vienen generando deterioro en su construcción, ya que la actual presa regula 68.80 hm³ (MMC) de agua anual, que beneficia a los distritos de Cora Cora, Chumpi en la región de Ayacucho y el valle Yauca en la región de Arequipa. Es de precisar que hay una demanda de agua existente de más de 80 hm³, que adicionalmente incorporaría las áreas agrícolas del distrito de Chaviña, con lo cual se pretende beneficiar a 7 388 has de áreas agrícolas con potencial de riego.

(Gonzales Galindo, 2017) sostiene que. En casi todas las presas se producen filtraciones a través del cimiento. Para reducir las se suelen realizar pantallas de impermeabilización, inyecciones o incluso en algunos casos tapices impermeables. El problema de las filtraciones no sólo es la fuga del agua del embalse sino el posible proceso de erosión interna que se puede producir en el cimiento.

Estas altas filtraciones evidentemente ponen en riesgo de falla a las presas, como señala (Armas, 2002). La magnitud de las fallas en presas de materiales locales varía, desde lo que pudiera llamarse catástrofe, que produce grandes pérdidas en vidas y bienes, hasta deterioros más o menos ligeros, que inclusive pudieran no requerir ningún trabajo de reconstrucción. Las fallas catastróficas han ocurrido por ruptura de la cortina bajo el empuje de agua o por rebase del agua sobre la cortina. Para los casos de presas de tierra, cuyo objetivo principal sea el almacenamiento, constituiría una falla grave, aunque no catastrófica, la infiltración del agua del embalse, ya sea a través de la cimentación o la cortina, que impida que la misma alcance su objetivo de almacenar agua.

En la presa Ancascocha debido a la alta permeabilidad del suelo y una construcción bastante deteriorada por los años de construcción se ha producido una elevada filtración de agua y esto se ha evidenciado con la presencia permanente de una laguna aguas debajo de la presa, agua que se drena subterráneamente a través de las fisuras del cuerpo de la presa. Uno de los factores que tienden a alterar el estado normal de las presas, es el fenómeno de filtraciones, que viene a ser el desplazamiento del flujo desde el nivel de aguas arriba hacia aguas abajo, en este caso sería a través del cuerpo cimentación de la presa.

El agua filtrante es el condicionante factor de fuerza actúan directamente sobre la fase sólida de material o suelo, del cuerpo y cimentación de la presa. Estas fuerzas generan la disminución de la estabilidad de los taludes de la presa.

El análisis estadístico de falla de presa de materiales locales, indica que la mayor parte sucedieron debido a la pérdida de resistencia del material del cuerpo o cimentación de la presa a la falla por filtración.

El Ministerio de Agricultura, a través del Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones planteó la construcción del embalse Ancascocha con el propósito de Irrigar el área agrícola de Coracora y Chumpi. El proyecto propuesto incluía una nueva presa cuya capacidad de almacenamiento se calculó sería de 65 MMC, que incluyen sus obras conexas como: Ataguía, Túnel de descarga, Aliviadero de excedencias, un dique secundario y canal de distribución, canal de unos 49 km de longitud para el riego de las tierras potencialmente regables en los distritos de Coracora y Chumpi.

En 1984 se dio inicio a la construcción de la presa; en 1986, cuando se había realizado parte de las inyecciones en la cimentación del cuerpo de presa, al sobre elevarse el nivel del agua, surgieron filtraciones en el flanco, las filtraciones aumentaron a 200 l/s. En base a estudios posteriores se estimó que, debido a la alta permeabilidad del estribo izquierdo, con embalse lleno las filtraciones serían del orden de 0.6 m³/s, anulando la efectividad del embalse.

Con posterioridad a la terminación de los trabajos de sobre elevación se ha evidenciado que, por debajo de la base de esta presa, debido a la alta permeabilidad del suelo, se produce una alta filtración que se manifiesta con la presencia permanente de una laguna aguas debajo de la presa, agua que drena subterráneamente a través de líneas de filtración de formación de acuíferos superficiales.

El impacto que se dará si logramos solucionar el problema utilizando la metodología de análisis de criterios múltiples son las siguientes:

- La elección del eje óptimo de la implementación de la pantalla de impermeabilización.
- Estabilidad en la producción y productividad Agropecuaria

- Estabilidad de la calidad de vida
- Mejora de las operaciones y la gestión agrícolas.
- Coste del sistema de riego asequible para los usuarios

Con la presente investigación, se pretende solucionar la elección óptima del eje para la implementación futura de la pantalla de impermeabilización de la presa Ancascocha, que su funcionamiento correcto esté enmarcado en la normatividad de la seguridad de presas del Perú aprobado mediante R.J. N. N° 272-2018-ANA. Dicha elección estuvo direccionada como se mencionó líneas arriba, por un método objetivo como es el de análisis de criterios múltiples, el cual permitirá de forma técnica y científica poder elegir uno de los ejes de la presa Ancascocha y determinarlo como óptimo para poder implementar en un futuro cercano y con el análisis de otras investigaciones la pantalla de impermeabilización, esto respetando todo el procedimiento que el mencionado método conlleva. Entonces después de lo expuesto nos preguntamos ¿se podrá dar la elección óptima del eje usando un método de criterios múltiples?, ¿el análisis de criterios múltiples ayudará a solucionar el problema de las filtraciones en la presa Ancascocha? ¿cómo?, éstas y otras interrogantes serán absueltas en el transcurso de la presente investigación.

1.1.2 Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera el análisis de criterios múltiples, seleccionará el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?

Problemas específicos

¿De qué manera los tomadores de decisiones seleccionarán el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?

¿De qué manera el análisis de alternativas seleccionará el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?

¿De qué manera el los criterios de evaluación seleccionarán el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el método de análisis de criterios múltiples, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

1.2.2 Objetivos Específicos

Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante los tomadores de decisiones en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el análisis de alternativas en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante los criterios de evaluación en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Teórica

El tema de investigación propuesto ayudará a resolver los problemas relacionados en la demora en la elección del eje óptimo y que debería cumplir con las características normativas que dicta la Autoridad Nacional del Agua en la guía de normas y reglamentos de seguridad de presas en el Perú.

1.3.2 Práctica

De acuerdo a la investigación propuesta se considera de gran interés, en uso de la técnica de evaluación de análisis de criterios múltiples ya que en la actualidad es el más utilizado cuando se requiere realizar una ponderación ante los criterios seleccionados a evaluar el análisis de las alternativas dadas.

1.3.3 Metodológico

Para la realización de la presente investigación se hicieron referencia a las normativas que forman parte del proceso de selección óptimo del eje de la pantalla impermeabilizante de la presa, este proceso es la metodología del análisis de criterios múltiples del tipo AHP (proceso analítico jerárquico) la ayudó en la selección del eje óptimo, conjuntamente con los estudios geológicos y geotécnicos los cuales nos determinarán cual es el eje más adecuado.

Importancia

La investigación a realizar es importante porque permitirá identificar la selección del eje óptimo para la futura implementación de la pantalla de impermeabilización de la presa Ancascocha, también darles solución a las filtraciones existentes que, hasta el momento, generaron alguna escases de agua para riego en algunas comunidades. Permitirá una agricultura bajo riego a nivel de todo el proyecto, ya que se dispone de infraestructura de riego en óptimas condiciones, aprovechando el potencial del recurso hídrico y mejorando las eficiencias de riego del proyecto (eficiencias de aplicación, distribución y conducción).

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general

El método de análisis de criterios múltiples selecciona significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

1.3.2 Hipótesis específicas

Los tomadores de decisiones seleccionan significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

El análisis de alternativas selecciona significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

Los criterios de evaluación seleccionan significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

1.4 Operacionalización de variables

| VARIABLE 1 | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|--|--|---|--------------------------|--|
| MÉTODO DE ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES | En la plataforma virtual HiSour, se menciona que el análisis de criterios múltiples es un proceso estructurado para evaluar opciones con criterios en conflicto y elegir la mejor solución, este es comparable a un análisis costo beneficio, pero con muchos más puntos de análisis llamados criterios. | Es una subdisciplina de la investigación de operaciones, que evalúa múltiples criterios de evaluación de acuerdo al tipo de alternativas que se desea elegir. | Tomadores de decisiones | <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor • Residente |
| | | | Análisis de alternativas | <ul style="list-style-type: none"> • Costos de operación y mantenimiento • Análisis externo |
| | | | Criterios de evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de falla • Fundación • Geología • Tiempo de construcción • Costo de construcción • Ambiental |

| VARIABLE 2 | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|-------------------|--|---|-------------|--|
| EJE ÓPTIMO | Definida como punto de falla o posible falla de una presa ya sea de tierra o de concreto, cuyas características son variables de | Para ser eje óptimo depende del análisis geológico y geotécnico, los cuales mostrarán diferencias entre los ejes estudiados y posteriormente la | Eje I | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis geológico • Análisis |
| | | | Eje II | |

| | | | | |
|--|--|--|----------------|-------------------|
| | <p>acuerdo a la zona en donde se ubica. El eje óptimo es el lugar elegido entre varios ejes, para dar solución a un problema de falla, habiéndose estudiado diferentes aspectos tanto físicos, como sociales, o ambientales, los cuales ayudan a la valoración entre ejes.</p> | <p>elección de uno de ellos. Para la presa Ancascococha se tiene tres ejes de estudio.</p> | <p>Eje III</p> | <p>geotécnico</p> |
|--|--|--|----------------|-------------------|

| VARIABLE MODERADORA | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|---------------------------------------|--|---|---|---|
| PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN | <p>La pantalla sirve para mantener la estanquidad de cuyas presas son de tipo terraplén con filtrante, esta se cubre en su talud aguas arriba con una pantalla de hormigón la cual va adjunta a la pantalla apoyada en los plintos y moldeada en la pared.</p> | <p>Formadas por las inyecciones de una serie de perforaciones, dispuestas en una o más líneas paralelas, bajo el corazón impermeable, alcanzan profundidades que dependen principalmente de las características geológicas y geotécnicas.</p> | <p>Al ser variable moderadora no presenta dimensiones</p> | <p>Al ser variable moderadora no presenta indicadores</p> |

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

(MAQUERA, 2013) en su tesis “Impermeabilización del eje de la presa Chirimayuni – Moquegua, mediante inyecciones de lechada de cemento” para optar el título profesional de ingeniero civil, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna; tuvo como objetivo lograr la impermeabilización del basamento rocoso del eje de la presa Chirimayuni – Moquegua, este estudio tuvo un diseño experimental, lo cual se basó en la prueba de 7 ensayos de perforación diamantina que fueron ejecutadas en el eje de la presa durante la etapa de exploración tomando en cuenta los registros litológicos con lo cual se diseñó un sistema de impermeabilización mediante la inyección de lechada de cemento con el objetivo de impermeabilizar el basamento rocoso del eje de la represa realizándose en cuatro etapas de inyección, teniendo como resultado que el estrato rocoso del eje de la

presa era altamente permeable y requería de un tratamiento especial de perforación e inyecciones llegando en el eje de la presa Chirimayuni, teniendo como conclusión que durante la ejecución de las inyecciones, estas dosificaciones variaron continuamente, según el comportamiento que toma la lechada en cada inyección, sin embargo se logró la impermeabilización del basamento rocoso del eje de la presa.

Esta investigación ayudó a entender el proceso de impermeabilización mediante las inyecciones de lechada de cemento, teniendo en cuenta las dificultades y los beneficios de este método que en el presente trabajo se colocó como una de las alternativas de solución al problema existente en la presa Ancascocha.

(Aliaga cavalcanti, y otros, 2020) en su tesis “Análisis de filtraciones y estabilidad física de la Presa Vizcachas en dos fases de ejecución”, para optar el título profesional de ingeniero civil, de la universidad Ricardo Palma de la ciudad de Lima, tuvo como objetivo analizar las filtraciones y estabilidad física de la presa Vizcachas. En las dos etapas de ejecución que se dieron, se tuvo la necesidad de aprovechar la temporada de lluvias e iniciar con el embalse para el aprovechamiento hídrico. En el análisis de la primera etapa constructiva no se consideró el factor de carga hidráulica aguas abajo de la presa, debido a que esta fue regulada constantemente por las unidades de evacuación del proyecto, compuertas y líneas de tuberías. Se realiza este análisis con la finalidad de evaluar el comportamiento de las filtraciones durante la primera etapa constructiva y evaluar el comportamiento del flujo en dos escenarios, considera la carga hidráulica aguas arriba hasta la elevación del NAME (4375.70 m.s.n.m.), mas no considera la carga

hidráulica aguas abajo de la presa, se obtuvo como resultado el análisis de filtraciones, las curvas de saturación en comparativa por las etapas constructivas y que las medidas de mitigación en la fundación (cortina de inyecciones de impermeabilización) y cara de la presa (sistema de membrana de impermeabilización), son necesarias para evitar la saturación del cuerpo, siendo necesario incluir en el diseño final la cortina de drenajes para atenuar la línea superior de corriente y brindar mayor estabilidad a la estructura. Llegando a la conclusión que el análisis de filtraciones de la presa Vizcachas, denota la necesidad de implementar las medidas de impermeabilización en la fundación y cara aguas arriba de la presa para la estabilidad física.

Para la presente investigación, este trabajo sirvió conocer el proceso de análisis de las filtraciones en una presa, para poder dar una solución como es la implementación de medidas de impermeabilización, las cuales están proyectadas en el presente trabajo, ya que la presa Ancascocha sufre de filtraciones en sus tres ejes, siendo solo uno el eje en donde se construirá la pantalla de impermeabilización, ya que es considerado el de mayor importancia.

(Rimachi Taco, 2016) en su tesis “Aplicación del método GIN para la pantalla de impermeabilización de la presa Pumamayo – distrito de Macusani – provincia de Carabaya – departamento de Puno” para optar el título profesional de ingeniero geólogo, de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; tuvo como objetivo desarrollar el proceso de impermeabilización en el plinto de la presa Pumamayo – distrito de Macusani, aplicando el método GIN de inyecciones. Con un diseño no experimental descriptivo, la investigación se basó en el método GIN

el cual da inicio a la inyección con una única mezcla estable, moderadamente espesa obtenida en ensayos de laboratorio, usando un cemento lo suficientemente fino para penetrar en todas las fisuras; al utilizar una sola dosificación se obtiene una cortina con características técnicas homogéneas y de mayor calidad asegurando la vida útil del tratamiento. Lo cual tuvo como resultado que en el estribo izquierdo, para las inyecciones primarias y secundarias se tuvo una absorción baja y para las inyecciones terciarias una absorción muy baja, con estos valores se considera que el tratamiento es suficiente y efectivo tomando el criterio de absorción y curva GIN, para el estribo derecho se presentan volúmenes absorbidos considerados en la clasificación como muy bajos, tanto para inyecciones primarias, secundarias y terciarias en donde la absorción promedio máxima fue de 13.5 kilogramos por metro. Se concluyó que las absorciones de lechada y criterios de cierre de la curva GIN, verifica que el método de inyección fue eficiente para la pantalla de impermeabilización de la presa Pumamayo.

Este antecedente sirvió para entender el proceso de aplicación de algún método para el tratamiento de la pantalla de impermeabilización, que en este caso fue el método GIN, el cual determina iniciar la inyección con una púnica mezcla moderadamente espesa, obtenida en ensayos de laboratorio, el cual usa un tipo de cemento generalmente fino para poder penetrar en todas las fisuras.

Suarez (2015) en su tesis titulada “Análisis del sistema Rocamix para la impermeabilización de suelos, en las presas Pitucococha y Yanamancha del distrito de Huarcocondo, provincia de Anta” para optar el título profesional de ingeniero geológico de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; tuvo como

objetivo mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante la técnica de estabilización de suelos, por ende determinando su comportamiento cuando es estabilizado con el sistema Rocamix líquido. En consecuencia, para el suelo estabilizado con Rocamix, se determinó la variación de la resistencia a compresión simple, al corte directo y la ascensión capilar, llegando a la conclusión que en el suelo de la formación Maras, cuando se somete al proceso de estabilización con el sistema Rocamix líquido, se evidencia un incremento en la resistencia a la compresión simple, mientras que los parámetros de resistencia a cortante aumentan considerablemente.

Esta investigación sirvió como apoyo al entendimiento de otros procesos para poder sellar o impermeabilizar en este caso el suelo, conociendo sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales se deben de analizar en cualquier material donde se realice la impermeabilización respectiva, para así poder brindar mejor estabilidad tanto física como mecánica.

Lapa (2015) en su tesis titulada “Reducción del gasto de filtración por inyección de impermeabilización en la presa carnicería Pampa – Huamanguilla – Huanta – Ayacucho – 2014” para optar el título profesional de ingeniero agrícola en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho; tuvo como objetivo analizar los resultados de la reducción del gasto de filtración, después de la inyección de impermeabilización en presa de material suelto. Con un diseño experimental debido a que, se comparó el gasto de filtración antes y después de la inyección de impermeabilización del mortero de cemento en la cimentación del dentellón de presa, mediante una simulación con el software SEEP/W 2007 del Geo

estudio; obteniendo como conclusiones como: la modelación por el método de elementos finitos que utiliza el programa GeoStudio 2007 – SEEP/W es adecuada y correcta, los resultados caen en la responsabilidad del quien esté tratando resolver el problema, puesto que la única variable son los datos y condiciones de borde; también el autor concluyó que considerando el tratamiento geotécnico de la cimentación de la presa, se mejora en 37.51% con respecto a las condiciones sin tratamiento es decir de 32.54 l/seg hasta 20.34 l/seg.

Este antecedente ayudó a la presente investigación en conocer cómo trabaja la inyección de impermeabilización de una presa en la mejora de la filtración, esto para entender mejor la pantalla de impermeabilización que se plantea construir en el eje óptimo de la presa Ancascocha.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

(Ortiz Moya, 2022) en su investigación “Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como método para seleccionar el sitio y tipo de presa en proyectos hidráulicos.” Para optar el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Central del Ecuador, tuvo como objetivo establecer una metodología de la aplicación técnica del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en la toma de decisiones respecto al sitio y tipo de presa en proyectos hidráulicos. Para un mejor entendimiento de la metodología del Proceso Analítico Jerárquico se realizó un caso hipotético el cual considerará parámetros de las características de sitios de presas y condiciones geológicas – geotécnicas del mismo.

Se utilizó el Software Expert Choice para la aplicación del caso de estudio, debido a que

su interfaz contiene la aplicación de la metodología AHP que es el tema en estudio, además, que contiene las herramientas necesarias para su correcto funcionamiento. La metodología AHP en el proceso de selección del sitio y tipo de presa, funcionó de manera eficaz, ya que las alternativas y criterios planteados cumplieron con el objetivo propuesto, llegando a la conclusión de que al establecer la metodología AHP en la toma de decisiones para la selección del sitio y tipo de presa en proyectos hidráulicos es importante, puesto que, al plantear la construcción del modelo analítico jerárquico compuesto de objetivo, criterios y alternativas, permite cumplir con el objetivo propuesto en la investigación, seleccionar el tipo de presa mediante la metodología AHP para la obtención adecuada del sitio de construcción.

Esta investigación ayudó a plantear el método de análisis de criterios múltiples, con el tipo de metodología AHP, con su debido proceso y etapas de análisis aplicado en la presa Ancascocha, aportando determinar los criterios y alternativas adecuadas para la selección del eje óptimo.

(Zapata Cruz, y otros, 2019) en su trabajo de investigación denominado “Propuesta metodológica para la selección óptima del tipo de presa mediante el uso de técnicas multicriterio” como trabajo del grupo de investigación geotecnia de la facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, tuvo como objetivo principal: emplear la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process) en la selección del tipo de presa óptimo. El diseño se basó en La metodología AHP (Analytic Hierarchy Process), presentada por Saaty, es una herramienta orientada a la toma de decisiones complejas, funciona a través de la utilización de pesos estadísticos en comparaciones por pares realizadas entre variables y alternativas, para finalmente

sinetizar los resultados en un vector de puntajes totales y facilitar así la toma de una decisión final, en esta investigación utilizando la metodología propuesta, se obtiene como resultado el porcentaje para cada una de las alternativas evaluadas, para el caso estudiado la mejor alternativa corresponde a la presa de tierra zonificada (EZD). La evaluación del sistema de presa basado en métodos multicriterio fue llevada a cabo. Llegando a la conclusión de la importancia de este tipo de herramientas para presentar una evaluación consistente y sin sesgos.

De este antecedente se obtuvo los criterios de evaluación aplicados en esta investigación, para poder determinar el eje óptimo para la construcción de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha.

(Urquiza, y otros, 2017) en su estudio denominado “El impacto de fenómenos geo ambientales en cortinas de presas de tierra” cuyo objetivo fue evaluar los efectos externos geo ambientales que afectan la estabilidad de la cortina de impermeabilización de la presa de tierra en Cuba. Se analizó el diseño de la cortina de las presas de tierra atendiendo a distintos elementos geotécnicos: selección de los materiales, diseño geométrico, resistencia estructural, cálculo de la estabilidad de los taludes, cálculo de los asentamientos, cálculo de las filtraciones, altura deseada para cierre en el cauce del río, se obtuvieron los siguientes resultados, finalmente concluyeron que el análisis realizado indica que las cortinas de la presa de tierra pueden fallar por cualquiera de sus componentes, lo que tiene relación tanto con el impacto de fenómenos geo ambientales, como errores humanos en su diseño, construcción, mantenimiento y operación. Estos factores pueden actuar unidos y hacer colapsar la presa parcial o totalmente.

Para la presente investigación se tuvo en cuenta el análisis geo ambiental que realiza este antecedente, ya que es necesario entender estos fenómenos, para poder así tener el menor riesgo posible ante posibles afectaciones externas en la construcción de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha.

(Alvarez, y otros, 2017) en su estudio denominado “Evaluación de riesgos y modelación de soluciones técnicas para filtraciones en presas de tierra” para la Universidad Central Marta Abreu de las Villas Santa Clara, Villa Clara, Cuba, tuvo como objetivo evaluar riesgos y simular soluciones ingenieriles para redireccionar el flujo de agua en una pared en suelo al pie del talud de una presa de tierra. Se analizaron la curva de filtración y las redes de flujo dentro de la cortina, para obtener el comportamiento de las mismas y estimar el gasto de agua aproximado que fluye por el interior de la estructura. El comportamiento probable de la curva de filtraciones muestra una diferencia en cota no menor de 0.1 m en los diferentes puntos de control. Los datos reales medidos en las calas de control fueron comparados con los gastos calculados para la sección de estudio. Este análisis permitió comparar cuan efectiva es una solución geométrica del filtro modelada respecto a las demás. Finalmente concluyeron, que superan el valor normativo como criterio mínimo para el Factor de Seguridad del talud, por lo que se ratifica como válida la solución ingenieril empleada en el talud aguas abajo de la cortina en el embalse Zaza.

Esta investigación aportó con el conocimiento de la evaluación de riesgos en las filtraciones de presas, siendo este de suma importancia para poder determinar en

uno de los criterios de evaluación para elegir el eje óptimo mediante el método de análisis multicriterio del tipo AHP.

(Luque Luque, 2019) en la tesis titulada “Revisión del análisis de decisiones multicriterio para la gestión de los recursos hídricos” para obtener el grado de magister en hidrología y gestión de recursos hídricos de la Universidad de Alcalá de España, colocaron como objetivo: realizar una revisión del estado de arte de aplicación de técnicas de criterios múltiples (MCA) en el campo de la gestión de los recursos hídricos. La aplicación de los criterios de evaluación MCA están basados en la problemática de decisión en los recursos hídricos en aspectos sociales económicos y ambientales por lo tanto, esto son los criterios más importantes y más comunes para analizar la gestión de los recursos hídricos, de los cuales se llegó a las siguientes conclusiones: que las principales razones por las que los investigadores adoptan MCA como herramienta de ayuda para la toma de decisión en gestión de recursos hídricos son transparencia, resolución de conflictos, compromiso de partes interesadas y participación, rigor analítico y auditabilidad.

La mayoría de problemas de decisión enfrentado con enfoques y métodos MCA corresponden a evaluación de políticas de agua, planeamiento de suministro de agua, selección de infraestructura y evaluación de proyectos, con el uso de criterios recurrentes de índole económico, social, técnico y ambiental.

De este antecedente se obtuvo algunos criterios de evaluación para el análisis de los ejes de la presa Ancascocha, para poder así elegir el óptimo según el análisis multicriterio.

2.2 Bases Teórica

2.2.1 Presa y represa

“Las presas son construcciones elaboradas en la cuenca de los ríos con múltiples finalidades, entre las que sobresalen: regulación general de la corriente de agua o de río, abastecimiento de agua a poblaciones”

En ingeniería se denomina presa o represa a una barrera fabricada con piedra, materiales sueltos u hormigón, que se construye habitualmente en una cerrada o un desfiladero sobre un río o un arroyo, con la finalidad de embalsar el agua en el cauce fluvial para su posterior aprovechamiento en abastecimiento o regadío (Acosta, y otros, 2010 pág. 2)

2.2.2 Tipo de presa

Las presas son clasificadas según su forma de la estructura, material empleado:

Las presas de gran tamaño pueden ser de hormigón o de material suelto que pueden contener materiales sueltos de piedra o de tierra, también suelen construirse presas mixtas, que pueden ser de gravedad y de piedra.

Los elementos para poder considerar el tipo de presa se determinan mediante estudios previos el costo de cada tipo de presa dependerá de la cercanía de los materiales para su construcción y de fluidez para su transporte demás de ello solo las características del terreno podrán determinar el tipo de presa que se realizara.

Figura 1*Esquema de clasificación de las presas*

| | | | | |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|------------|
| TIPOS DE PRESAS | POR MATERIALES | DE FÁBRICA | GRAVEDAD | MACIZAS |
| | | | | ALIGERADAS |
| | | | ARCO | ARCO |
| | | | BÓVEDA | |
| | | ARCO GRAVEDAD | | |
| | | BÓVEDAS MÚLTIPLES | | |
| | DE MATERIALES SUELTOS | HOMOGÉNEAS | | |
| | | HETEROGÉNEAS O DE NÚCLEO | | |
| | | DE PANTALLA O DIAGRAMA | | |
| | POR NORMATIVA | SEGÚN TAMAÑO | GRANDES PRESAS | |
| | | | PEQUEÑAS PRESAS | |
| | | POR RIESGO DE ROTURA | CATEGORÍA A | |
| CATEGORÍA B | | | | |
| CATEGORÍA C | | | | |

Nota. Tomado del sitio web wikipresa.org.**Figura 2***Clasificación de las presas de acuerdo a su tamaño*

| Parámetro | Tamaño | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | Chica | Mediana | Grande |
| Altura de la cortina | < 10 m | 10 - 15 m | > 15 m |
| Longitud de la corona | < 1 km | < 500 m | < 500 m |
| Capacidad del vaso | < 1 Mm ³ | < 1 Mm ³ | 1 Mm ³ |

Nota. Tomado de la comisión internacional de presas ICOLD.**Presa de tierra**

Las Presas de tierra están conformados de materiales sueltos: son las más utilizadas en los países subdesarrollados Son aquellas que consisten en un relleno de tierras, que aportan la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas. Los materiales más utilizados en su construcción son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas, aunque dentro de todos estos los que más destacan son las piedras y las gravas (Sandoval, 2012)

Este tipo de presas tienen la finalidad de el almacenamiento de agua en el cauce fluvial con el propósito de que posteriormente se dé el aprovechamiento en abastecimiento o suministro de agua en función a las necesidades deseadas, esta agua pueda ser derivada o realizarse la canalización de riego, cumpliendo las siguientes funciones evitando inundaciones de agua debajo de la presa también llamada laminación de avenidas.

Estas presas suelen tener componentes muy permeables, por lo que es necesario añadirle componentes impermeabilizantes, el tipo de estructura que tienen suelen resistir siempre por gravedad pues la débil cohesión de sus materiales no les permite transmitir el empuje necesario de agua al terreno.

“Estas presas tienen el inconveniente de que, si son rebasadas por las aguas en una crecida, corren el peligro de desmoronarse y arruinarse” (Sandoval, 2012)

Figura 3

Vista frontal de la presa de tierra Ancascococha



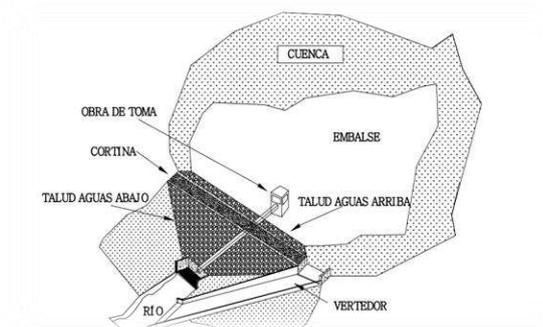
Nota. Elaboración propia.

Elementos principales de una presa de tierra:

- El embalse: cantidad de agua que queda almacenada.
- El vaso: es la parte más baja de la represa a inundarse.
- La cerrada: la línea o eje en la que será construida la represa.
- La represa: es el muro o dique que debe soportar el empuje del agua y no permitir la filtración del agua hacia abajo.
- Los paramentos: el interior, que está en contacto con el agua, y el exterior.
- La coronación: es la superficie que delimita la presa superiormente.
- Los estribos: los laterales, que están en contacto con las paredes de la cerrada.
- La cimentación: la superficie inferior de la presa, a través de la cual descarga su peso al terreno.
- El aliviadero o vertedero: es una estructura que permite descargar agua excedente cuando la presa se llena.
- La toma: Permite la extracción de agua regulada mediante compuertas.
- El plinto: es la zapata de desplante que liga a la losa de concreto con la roca de cimentación, es una losa sobre la roca de un ancho de 5 a 8 m y un espesor de 40 a 80 cm.

Figura 4

Elementos principales de una presa de tierra



Nota. Elaboración propia.

Presa de concreto

“Una presa de concreto es una estructura diseñada y construida con el propósito de retener el agua, que generalmente se coloca a través del camino de un río”

“Una presa de concreto es el tipo más fuerte de presa construida en los tiempos modernos y puede tomar varias formas. El concreto en sí es un material de construcción hecho de agua, cemento, arena y grava, o agregado.”

Son construcciones de mayor durabilidad y estable ya que en el suelo en el que se construye cuenta con mayor capacidad portante y esto es debido a que los cálculos realizados son más fiables frente a las producciones en otros materiales.

Figura 5

Vista frontal de la presa de concreto Ancascococha

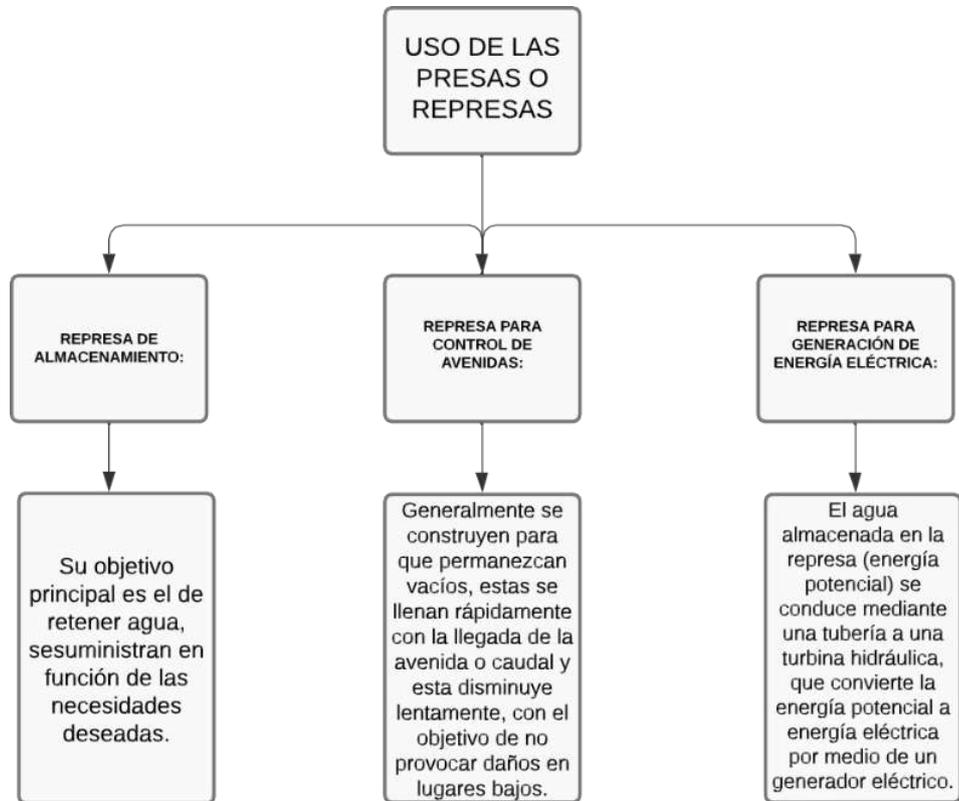


Nota. Tomado de proyecto minero Quellaveco.

2.2.3 Uso de presas o represas

Figura 6

Principales usos de la presa o represa



Nota. Elaboración propia.

2.2.2 Seguridad en presas

La seguridad de presas se presenta en esta investigación Por los graves accidentes de presa que se produjeron en los años presentes, el aumento creciente de las nuevas presas, el envejecimiento progresivo de las presas antiguas y por los motivos que se construyen cada vez más presas en un país con escasa tradición y experiencia en esta tecnología. El objetivo de la seguridad de presas es reducir el riesgo hasta el mínimo razonable y minimizar los daños si la rotura se produce.

Elementos básicos de seguridad:

- Aplicar criterios de seguridad en todas las fases de la presa
- Mantener un archivo técnico
- Clasificación según el riesgo de falla.
- Revisiones periódicas para evaluar la seguridad.
- Vigilancia continua: auscultación e inspección visual.
- Normas de exploración y mantenimiento
- Planes de emergencia

Normativa de presas:

- Artículo 106 ley de recursos hídricos ley N°29338 (2009)
Sobre la seguridad de la infraestructura hidráulica mayor. La ANA tiene la función de elaborar, control y supervisar la aplicación de normas de seguridad de las grandes presas públicas y privadas y de los demás componentes del sistema hidráulico público.
- Reglamento de seguridad de presas públicas de embalses de agua –
RESOLUCIÓN JEFATURAL 272-2018-ANA

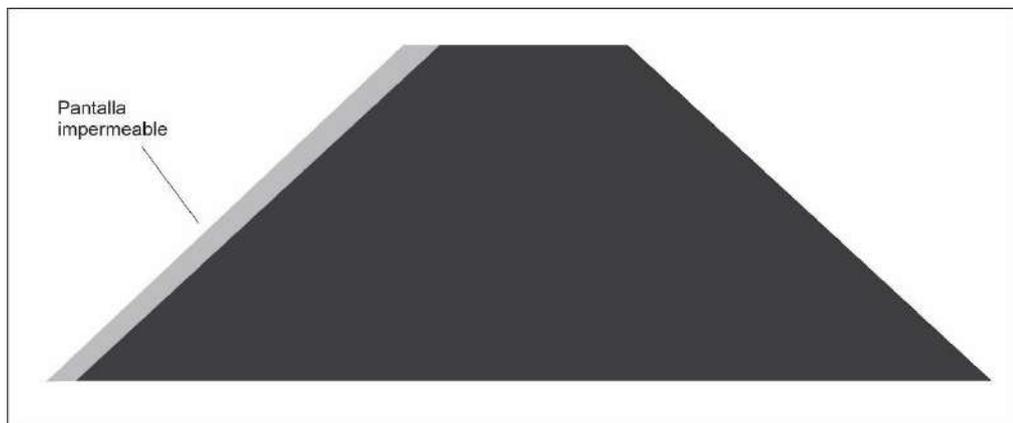
2.2.3 Pantalla de impermeabilización en presas y represas

Las pantallas de impermeabilización, están formadas por las inyecciones de una serie de perforaciones, dispuestas en una o más líneas paralelas, bajo el corazón impermeable, alcanzan profundidades que dependen principalmente de las características geológicas del sitio y la carga de la presa, en general, se acepta que la profundidad de la pantalla sea del orden de la mitad de la carga hidráulica, a menos que otras circunstancias (zonas fuertemente fracturadas en uno de los empotramientos, presencia de contactos permeables a gran profundidad, etc.), ameriten una profundidad distinta.

La Pantalla de Impermeabilización es considerada en base a inyecciones de lechada de cemento-arena en tres líneas con alturas diferentes. Lo ideal de una pantalla de impermeabilización es que sea completa a todo el eje de la presa, sin embargo, existe ocasiones que no amerita la implementación en todo el eje, sino más bien, en parte de éste, debido a diferentes características de fallas que pudiera tener la presa. Existen algunos casos en donde la pantalla impermeabilizante se tiene que construir desde las faldas de la presa, ya que algunas veces las fallas como las filtraciones no son puntuales en el mismo eje, sino en la tierra, y esto conlleva que aguas abajo, la presa pudiera deteriorarse.

Figura 7

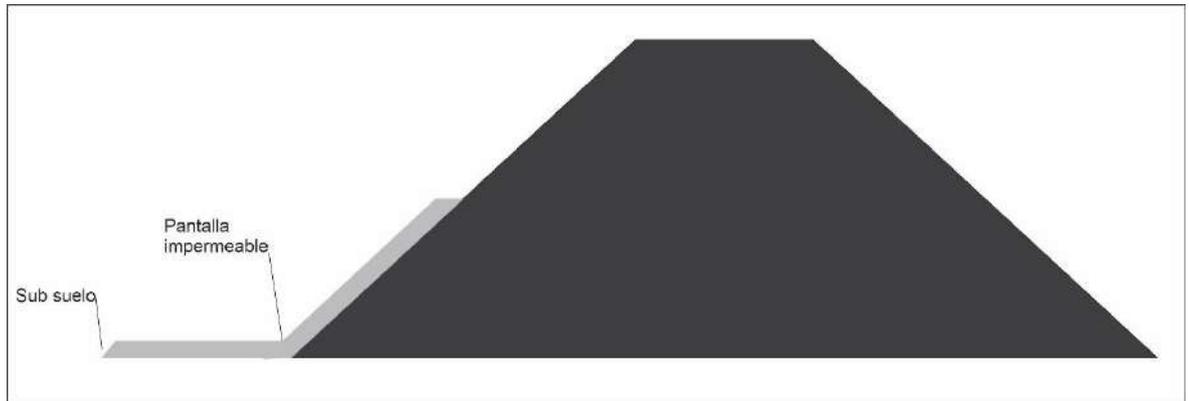
Pantalla de impermeabilización completa al eje



Nota. Elaboración propia.

Figura 8

Pantalla de impermeabilización parcial - subsuelo



Nota. Elaboración propia.

2.2.5 Inyecciones

Las inyecciones son procedimientos que se aplican al subsuelo, y consisten en introducir en los poros o fisuras del medio a tratar una suspensión de cemento sólido en agua llamada “lechada”. Son procesos mediante los cuales se aplican al subsuelo o un lecho rocoso, esta inyección se introduce en los poros o fisuras del medio a tratar con un producto líquido (mortero o lechada), que se solidifica adquiriendo una resistencia determinada a través del tiempo. La finalidad principal de este tratamiento es la de impermeabilizar o fortalecer los macizos porosos, fisuras de esta manera incrementar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso.

Tipo de inyecciones

Dentro de los tipos e inyecciones para realizar el revestimiento existen los siguientes tipos de inyecciones

- Por reemplazo o Jet Grouting.
- Por consolidación
- Por impregnación.

A. Inyección por remplazo o Jet Grouting

Este tipo de inyección es una herramienta utilizada en aplicaciones geotécnicas para mejorar las condiciones de todo tipo de suelo, estabilización de laderas, pilotes, muros de contención y cimentaciones Welsh and Burke, (1991)

B. Inyección por consolidación.

Consiste en inyectar lechadas de baja movilidad de alta fricción interna (Warner, 1992) dentro del suelo para aumentar su densidad y fortalecerlo. Cuando se selecciona correctamente los materiales y parámetros, la lechada forma una masa regular centrada en el punto de intervención. Cerca de la superficie la lechada puede causar el levantamiento del terreno y las estructuras que están asentadas sobre éste (Bruce and Joice, 1983).

C. Inyección por impregnación:

Consiste en la inyección del terreno mediante su fracturación por inyección de lechada, al aplicársele una presión por encima de su resistencia a la tracción y mayor a la presión de confinamiento, esta técnica puede aplicarse a cualquier tipo de suelo y roca blanda; es decir, desde suelos granulares gruesos hasta arcillas de alta plasticidad; o a rocas ígneas muy meteorizadas hasta margas arcillosas.

El procedimiento es inyectar lechada en las fisuras naturales del suelo, o producir una serie de fracturas hidráulicas que se rellenan luego con mortero y rodean a los fragmentos o clasto. La inyección por fracturación hidráulica produce un efecto de sobre consolidación sobre un punto del terreno, sobre todo porque reduce su índice de poros.

2.2.2 Análisis de Criterios múltiples

“Es la ciencia y arte de diseñar o elegir las mejores alternativas basadas en objetivos y preferencias del tomador de decisiones” (DM decisión maker).

La toma de decisiones en el campo de los recursos hídricos a menudo está caracterizada por un gran número de alternativas, consecuencias inciertas, interacciones complejas, y participación de múltiples personas implicadas con intereses conflictivos. En este contexto, desarrollar sistemas y herramientas de apoyo para la toma de decisiones entre múltiples alternativas es una tarea complicada y desafiante. (Luque Luque, 2019).

En la plataforma virtual HiSour, se menciona que el análisis de criterios múltiples es un proceso estructurado para evaluar opciones con criterios en conflicto y elegir la mejor solución, este es comparable a un análisis costo beneficio, pero con muchos más puntos de análisis llamados criterios.

Es una subdisciplina de la investigación de operaciones, que evalúa múltiples criterios de evaluación de acuerdo al tipo de alternativas que se desea elegir. Este MCA tiene tipos como por ejemplo el método de aleatorización de índices de agregados, el cual está basada en la incertidumbre, por lo cual no es utilizada en la presente investigación; también dentro de la MCA tenemos al proceso de red analítica (ANP), aplicada en temas de recursos humanos, ya que se basa en la elección del personal, lo cual es motivo de no ser usado en esta investigación. Por otro lado, se podría seguir enumerando los tipos de análisis de criterios múltiples el cual según HiSour, llegan a 36 tipo de MCA y dentro de todos, la presente investigación se basó en el proceso analítico jerárquico o AHP.

Proceso analítico jerárquico AHP (Análisis Hierarchy Proces)

Es un método conocido por sus siglas en inglés Análisis Hierarchy Proces (AHP), es original del profesor Tomas Saaty publicado en 1980, este método ayuda a la toma de decisiones y tiene una serie de fundamentos como son los psicológicos, fundamentos matemáticos y contraste empírico.

Fundamentos psicológicos; se basa en observaciones de psicólogos a finales del siglo XIX y principios del siglo XX en la cual se dice que la mente está muy bien diseñada en las comparaciones de pares de dos en dos, pero no trabaja muy bien cuando tiene que hacer comparaciones globales. Basado en esta cualidad de la mente humana de la facilidad de hacer comparaciones por pares, se plantea esta escala de comparaciones pareadas.

Tabla 1

Escala de comparaciones pareadas.

| ESCALA NUMÉRICA | ESCALA VERBAL | EXPLICACIÓN |
|-----------------|---|---|
| 1 | Igual importancia | Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio. |
| 3 | Moderadamente más importante un elemento que el otro. | El juicio y la experiencia previa favorece a un elemento frente al otro. |
| 5 | Fundamentalmente más importante un elemento que el otro. | El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro. |
| 7 | Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro. | Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica. |
| 9 | Importancia extrema de un elemento frente al otro | Un elemento domina al otro con el mayor de magnitud. |

Nota. Elaboración propia.

Además de eso los instrumentos que se utilizan en el método que son fundamentalmente matrices que tienen que cumplir una serie de características como son la reciprocidad, homogeneidad, consistencia.

Figura 9

Escala de comparaciones pareadas

- Reciprocidad: Si $a_{ij} = x$, entonces $a_{ji} = 1/x$, con $1/9 \leq x \leq 9$.
- Homogeneidad: Si los elementos i y j son considerados igualmente importante: entonces
 $a_{ij} = a_{ji} = 1$
además $a_{ii} = 1$ para todo i .
- Consistencia: Se satisface que $a_{ik} * a_{kj} = a_{ij}$ para todo $1 \leq i, j, k \leq q$.

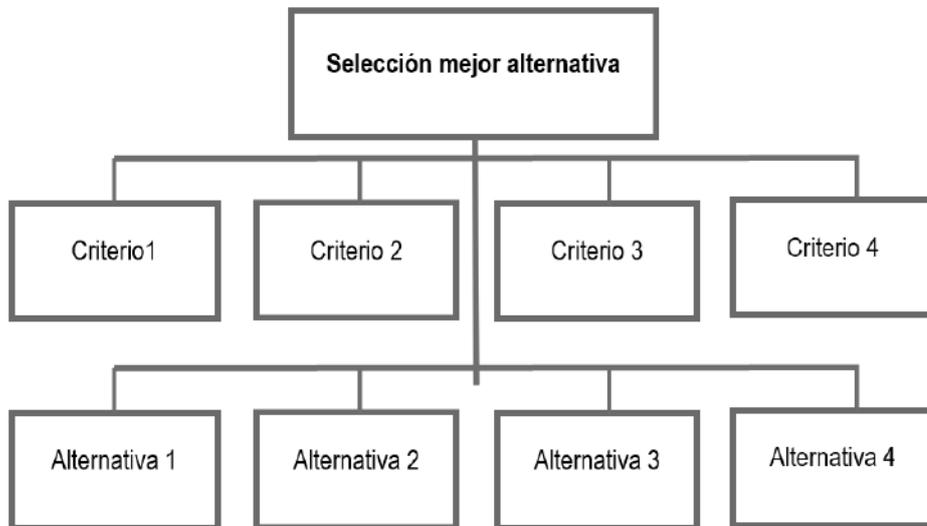
Nota. Tomado de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla.

Funciones del método de AHP en la toma de decisiones:

Imaginemos que tenemos que elegir entre estas cuatro alternativas, siempre que tomamos una decisión la tomamos a través de una serie de criterios no hay decisiones en vacío salvo aquellas que son muy poco importantes y las tomamos automáticamente pero cuando hay una decisión de demasiada importancia siempre hay una serie de criterios que nos van a para las alternativas y definida los criterios esta sería una estructura básica para la aplicación del AHP en la toma de decisiones.

Figura 10

Estructura de AHP



Nota. Elaboración propia.

Ponderación de los criterios:

Definido los criterios (características), debemos ponderar (decidir si todos ellos fluyen de la misma forma en el interés de la alternativa o bien influyen en porcentajes distintos) Para ello se utiliza la escala de comparación pareada mencionada anteriormente.

Tabla 2

Cuadro de ponderación de criterios múltiples del tipo AHP.

| | Criterio 1 | Criterio 2 | Criterio 3 | Criterio 4 |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Criterio 1 | 1 | 5 | 5 | 7 |
| Criterio 2 | 1/5 | 1 | 3 | 3 |
| Criterio 3 | 1/5 | 1/3 | 1 | 5 |
| Criterio 4 | 1/7 | 1/3 | 1/5 | 1 |
| Igual | Moderada | Fuerte | Muy fuerte | Extrema |
| 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |

Nota. Tomado de Romero, Proceso Analítico Jerárquico.

Consistencia de las matrices:

Se determina calculando la ratio de consistencia (CR). Dentro de la metodología este factor nos permite conocer si la información que estamos introduciendo en la toma de decisiones es correcta o es incorrecta para ello medimos la ratio de consistencia de las matrices de manera que una matriz es buena y nos sirve en función del rango.

Tabla 3

Cuadro de consistencia en la aplicación de criterios múltiples AHP.

| Tamaño de la matriz | % máximo de CR |
|---------------------|----------------|
| 3 | 0.05 |
| 4 | 0.09 |
| >= 5 | 0.10 |

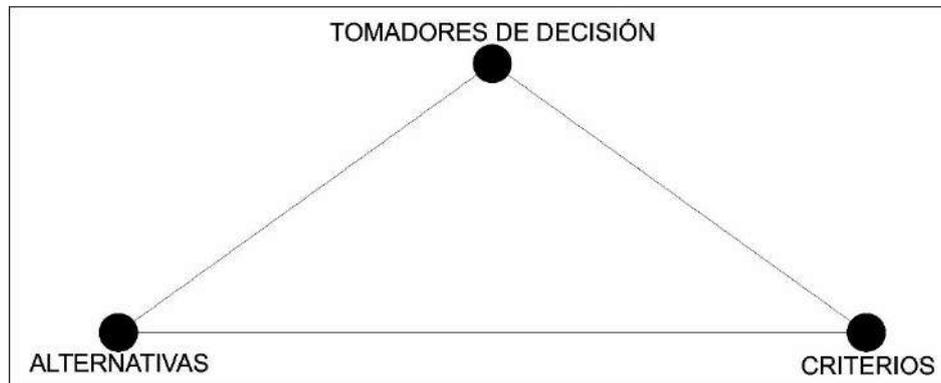
Nota. Tomado de Romero, Proceso Analítico Jerárquico.

En el supuesto que alguna matriz sea insistente en mejor no utilizarla. Si es ligeramente inconsistente se puede intentar mejorar la consistencia de manera o bien revisando la matriz a partir de las ponderaciones obtenidas. (Romero, 1989)

Componentes de criterios múltiples. El análisis de criterios múltiples MCA tiene tres componentes principales: tomadores de decisiones (DM), alternativas y criterios.

Figura 11

Elementos de un problema de Análisis de Criterios Múltiples



Nota. Tomado de Zarghami & Szidarovszky, Proceso Analítico Jerárquico.

Tomadores de decisiones (DM): Podría ser una o varias personas responsables de decidir u organizaciones involucradas en el proceso de toma de decisiones. Cuando hay más de un DM presente, pueden tener diferentes criterios, por lo que es probable que ningún resultado de decisión satisfaga a todos los que toman las decisiones por igual. En tales casos, se debe tomar una decisión colectiva cuando el resultado depende de cómo los diferentes DM tienen en cuenta los intereses de los demás, es decir, el resultado depende de su disposición a cooperar entre sí.

Alternativas: Son las posibilidades que uno tiene para elegir. Las alternativas pueden ser identificadas (es decir, buscadas y ubicadas) o incluso desarrolladas (creadas donde no existían previamente). El conjunto de todas las alternativas posibles se denomina espacio de decisión. En muchos casos, el espacio de decisión tiene un número finito de elementos. Por ejemplo, seleccionar una tecnología entre cuatro posibilidades da como resultado un espacio de decisión con cuatro alternativas. En otros casos, las alternativas se caracterizan por variables de decisión continuas que representan ciertos valores sobre los cuales se debe tomar la decisión. Por ejemplo, la capacidad del depósito puede ser cualquier valor real entre el valor

más pequeño y mayor posible. En relación a los tipos de alternativas, tenemos dos clases principales de problemas de MCA

Criterios: Estas son las características o requisitos que cada alternativa debe poseer en mayor o menor medida. Las alternativas generalmente se evalúan según cuán bien poseen los criterios. Como tenemos que elegir entre un conjunto dado de alternativas factibles, necesitamos medir qué tan buenas son esas alternativas. La bondad de cualquier alternativa puede caracterizarse por sus evaluaciones con respecto a los criterios. Estas evaluaciones pueden describirse mediante números claros, valores lingüísticos, números aleatorios o difusos.

2.2.2 Expert Choice

Es un software que permite la aplicación de la metodología de análisis de criterios múltiples del tipo AHP. Es usado de manera versátil, ya que nos brinda resultados de manera oportuna y rápida de acuerdo a la información ingresada, sirve para mostrar la sensibilidad de los resultados, es decir analiza en distintos escenarios el problema inicial.

Según García (2013) este software permite ingresar la información emitida por los decisores, organizando la información relacionada a la complejidad del problema, consistente de un objetivo, criterios, escenarios, alternativas, etc., este software usa el método de comparación de par a par, en donde se puede evaluar la importancia de los criterios, las probabilidades de los escenarios, las preferencias de las alternativas y la síntesis de comparaciones para optar la mejor decisión.

Este software ayudará a corroborar la elección del eje óptimo, basado en los criterios dados en esta investigación, también se podrá entender diferentes escenarios en el análisis de las alternativas propuestas.

En el transcurso de la investigación se mostrará paso a paso la utilización de este software aplicado a la elección del eje óptimo para la futura implementación de la pantalla de impermeabilización.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Método y procedimiento

3.1.1 Método científico

Se utilizó el método científico, con los procesos de observación, exploración, experimentación, descripción y aplicación de la estrategia luego el análisis de datos y la generalización de resultados de estudio. El método científico llamado universal permite el estudio de la problemática utilizando los procedimientos que permitan encontrar soluciones.

El método científico según Oseda y Chenet (2014), consiste en un método de investigación usado principalmente en la producción de conocimiento en las ciencias.

Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en la empírica y en la medición, sujeto a los principios específicos de las pruebas de razonamiento.

La metodología utilizada en la presente tesis, incluye el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo el respectivo análisis.

3.1.2 Tipo investigación

Según su enfoque, la presente investigación es de tipo cuantitativa; este tipo de investigación tiene características fundamentales que según Hernández y Mendoza (2018), es el que sus planteamientos son específicos, mayormente se realiza prueba de hipótesis y teorías, utiliza datos numéricos y tiene un análisis estadístico. Mencionan también la secuencialidad del proceso de una investigación cuantitativa, la cual es orientada a una realidad objetiva, es deductiva y probatoria. Sin embargo, la principal característica de una investigación cuantitativa es que tiene un absoluto control sobre los fenómenos, representatividad y generalización de los resultados. Según su finalidad la presente investigación es de tipo tecnológico.

“Respecto a la investigación tecnológica, Las reglas tecnológicas a diferencia de las proposiciones o enunciados producidos por la investigación científica, se caracterizan porque no tiene sentido decir que ellas son verdaderas o falsas, sino más bien si son eficientes, si permiten el logro de los objetivos propuestos, o de ineficientes en caso contrario” (Piscoya, 1982).

La presente investigación es de tipo tecnológico, porque resuelve un problema práctico para poder realizar la mejor elección del eje mediante el método de análisis de criterios múltiples basado en criterios técnicos y de validez científica, y poder así dar paso a la construcción de la pantalla de impermeabilización.

3.1.3 Nivel de investigación

La presente investigación corresponde al nivel de investigación descriptivo y explicativo.

Es descriptivo porque según Hernández y Mendoza (2018) la presente investigación tiene como finalidad especificar propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado; la investigación define y mide variables y las caracterizan, así como al fenómeno o planteamiento referido. También esta investigación cuantifica y muestra con precisión las dimensiones de un fenómeno, problema, contexto o situación.

Es de nivel explicativo porque según Hernández y Mendoza (2018) la presente investigación pretende determinar las causas de los eventos y fenómenos de cualquier índole, también establece una relación de causalidad entre conceptos o variables. Y por último la presente investigación es de nivel explicativo porque genera un sentido de entendimiento de los problemas o fenómenos que se examina.

3.1.4 Diseño de Investigación.

El tipo de diseño que se utilizó en la investigación fue el no experimental, del tipo transeccional – descriptivo.

Un diseño no experimental según Hernández y Mendoza (2018) “se implementan sin manipular variables, los fenómenos o variables ya ocurrieron”.

Ahora dentro de los tipos de diseño no experimental, la presente investigación eligió la del tipo transeccional, que según Hernández y Mendoza (2018) este tipo tiene la característica de “ser medido en un tiempo único”. Dentro del tipo transeccional la presente investigación es descriptiva, porque busca indagar el nivel o estado de una o más variables en una población, en este caso en un tiempo único. Indagan la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población.

En base a la teoría revisada, el esquema del diseño de la presente investigación es como se muestra a continuación:

V1..... x V2

Dónde:

V1=Método de análisis de criterios múltiples

V2=Eje óptimo para la construcción de la pantalla de impermeabilización

x=Aplicación del método de análisis de criterios múltiples

3.1.5 Población y muestra

Población

Este término lo define Ramírez (2018), como “... Un conjunto que reúne a individuos, objetos, etc., que pertenecen a una misma clase por poseer características similares, pero con la particularidad de estar referidas a un conjunto limitado por el ámbito del estudio a realizar” (p. 56)

Dicho esto, la población para la presente investigación son los únicos tres ejes que pertenecen a la presa Ancascocha, los cuales serán analizados por los criterios dados.

Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), mencionan que la muestra es, en esencia, un sub grupo de la población. Digamos que es un sub conjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características.

En tal sentido, la muestra, motivo de estudio, fue elegida a criterio del investigador y estuvo conformada por los tres ejes de la presa Ancascocha, los cuales fueron analizados con los instrumentos respectivos.

Este tipo de muestra es llamada muestra no probabilística que: Según Hernández, Fernández y Baptista (2014). Menciona que, en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador y depende de la toma de decisiones del investigador. En este caso al ser los únicos tres ejes que contiene la presa, la investigación adoptó la totalidad de éstos para su respectivo análisis.

También este tipo de muestra al ser igual que la población es llamada muestra censal, que según Ramírez (2007) “la muestra censal es aquella donde todas las unidades de investigación son consideradas como muestra”. (p. 75)

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

En la presente investigación se utilizará la técnica de observación científica, la cual según Barriga (2008) es un proceso sistemático, deliberado y selectivo, por el cual un investigador obtiene información relativa a un problema, es fundamental en la investigación y cuyo objetivo es la descripción y comprensión de los grupos y/o

colectivos, por medio de vivencias y fenómenos protagonizados por los mismos participantes del estudio.

Instrumento

El instrumento utilizado en la presente investigación es la ficha de registro, esto para poder obtener la información y caracterizar los fenómenos sucedidos para poder seleccionar el eje de impermeabilización de la presa Ancascocha.

Para esto el instrumento tuvo que pasar dos procesos, el de validación y el de confiabilidad.

Validación:

Para Carrasco (2005) la validación de un instrumento “es la evaluación respecto a la coherencia, veracidad, secuencia y dominio del contenido de aquello de lo que se mide” (p. 103)

En la presente investigación la validación del instrumento que es la ficha de registro se ha dado por juicio de expertos y estuvo a cargo de profesionales especialistas en la materia, cuyas validaciones se encuentran en los anexos.

Confiabilidad:

Según Carrasco (2005) la confiabilidad de un instrumento “es la cualidad o propiedad que le permite obtener los mismos resultados al aplicarse una o más veces a distintas personas o grupos de personas o unidades de investigación, en diferentes periodos de tiempo”. (p. 123)

En la presente investigación se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach, para calcular el grado de confiabilidad, para esto Cervantes (2005) refiere que “este coeficiente estima evaluar la consistencia interna del conjunto de ítems o partes del compuesto, en este sentido se corresponde a un coeficiente de

equivalencia y, por tanto, estima la varianza que en los puntajes observados corresponde a factores comunes de los diferentes indicadores. (p.29)

Este método de confiabilidad se realizó en una prueba piloto y los resultados fueron analizados mediante el programa SPSS, el cual realiza el análisis con los siguientes pasos:

- a) Establecer la validez del instrumento
- b) Aplicar el instrumento a una muestra piloto
- c) Elaborar una tabla de datos
- d) Aplicar la fórmula siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum^2 i}{S^2 t} \right)$$

Donde:

K = Número de indicadores del instrumento

S²i = Varianza de los puntajes de cada ítem.

S²t = Varianza de los puntajes totales.

Al procesar los resultados del instrumento con la prueba piloto, se obtuvo el siguiente cuadro:

Instrumento: Fichas de registro

Escala: ALL VARIABLES - FICHAS DE REGISTRO - ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES - ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

Resumen de procesamiento de casos

| | N | % |
|------------------------|---|-------|
| Casos Válido | 2 | 100,0 |
| Excluidos ^a | 0 | ,0 |
| Total | 2 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,824 | 24 |

Observamos que el resultado del coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach para el instrumento ficha de registro resultó confiable, dado que el coeficiente obtuvo un valor de 0.824 que está por encima de lo aceptable.

Método de análisis de datos

Las técnicas de análisis cuantitativo son aquellas que sirven para describir, graficar y resumir los datos obtenidos con los instrumentos cuantitativos. Para el procesamiento de nuestros datos a nivel descriptivo se utilizará un cuadro o matriz de Análisis de alternativas los cuales serán procesados por el programa Excel.

Para la presente investigación se tuvo en consideración las siguientes etapas:

ETAPA1: Definir el objetivo.

ETAPA 2: Definir los criterios de evaluación.

ETAPA 3: Determinar el peso de cada criterio.

ETAPA 4: Identificar las alternativas de elección.

ETAPA 5: Determinar los valores de rendimiento.

ETAPA 6: Clasificación de cada opción (con respecto a los criterios).

ETAPA 7: Normalización de los valores de rendimiento.

ETAPA 8: Multiplicación de valores por peso.

ETAPA 9: Calcular las puntuaciones de rendimiento.

ETAPA 10: Elección de la mejor opción o alternativa.

Las cuales están basadas en el análisis de criterios múltiples (MCA), del tipo AHP (proceso de jerarquía analítica).

Para la contrastación de las hipótesis se usó el estadígrafo

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Presentación de resultados y análisis de información

Ámbito de estudio.

Ubicación, localización y recopilación de la información disponible.

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| Región | : Ayacucho |
| Provincia | : Parinacochas |
| Distrito | : Coracora |
| Comunidades | : Coracora, Chaviña, Chimpi |
| Altitud media | :3800 m.s.n.m |

Tabla 4

Cuadro de coordenadas geográficas de las comunidades.

| COMUNIDAD | LONGITUD | LATITUD | ALTURA |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CORACORA | 14°41'38" | 74°07'27" | 3175 MSNM |
| CHUMPI | 14°41'38" | 74°07'0" | 3207 MSNM |
| CHAVIÑA | 14°59'09" | 73°50'54" | 3210MSNM |

Nota. Elaboración propia.

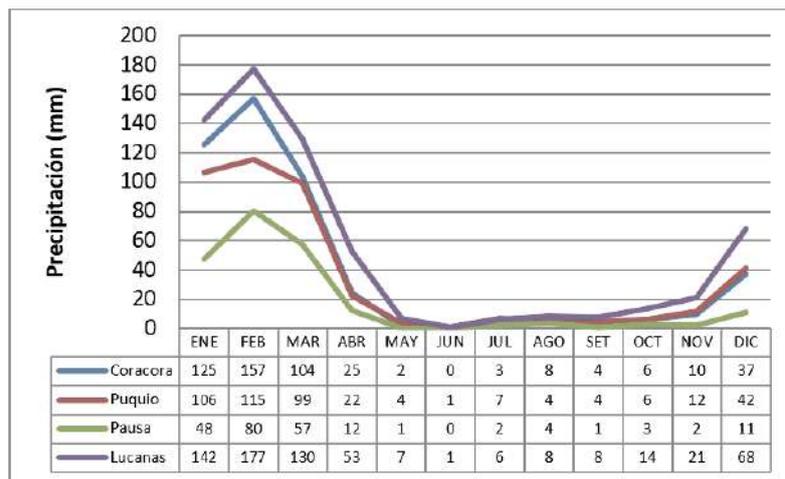
Características del área de estudio:

Precipitación:

La precipitación media anual en la parte baja de la cuenca (valle de Yauca) es de 304.6 mm, mientras que en la parte alto andina es de 807.3 m.m.

Figura 12

Precipitación media anual



Nota. Tomado de SENAM

Humedad relativa:

Esta variable es medida en 4 estaciones; de las cuales las cuatro están ubicadas en la zona altoandina (Coracora, Chaviña, Sancos y Carhuanilla).

En la zona altoandina según la estación Coracora la humedad promedio es de 60,3% y según la Estación Sancos esta es de 62%, los valores más bajos se dan entre mayo y octubre, incrementándose con la altitud. En Chaviña la humedad media es de 86%.

Tabla 5*Recurso disponible y atención de la demanda.*

| Aporte medio anual de la cuenca al Embalse Ancascocha: | | 97,3 MMC | | | |
|--|--------|---|-------|---------------|-------|
| Indicador | Unidad | Atención de la demanda multisectorial de agua | | | |
| | | Coracora/Chumpi Poblacional | Riego | Chaviña Riego | Total |
| Población al 2035 | Hab. | 19 185 | | | |
| Superficie irrigada | ha | | 4 468 | 965 | 5.40 |
| Demanda Total anual | MMC | 0,88 | 38,0 | 11,0 | 49.00 |
| Demanda atendida con agua de río | MMC | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Demanda media atendida con agua de embalse | MMC | 0,88 | 31,8 | 10,1 | 41.70 |
| Déficit medio anual *1 | MMC | 0 | 6,2 | 0,9 | 7.10 |
| Atención media de la demanda en volumen | % | 100 | 83,7 | 92,2 | 175.9 |
| Persistencia de atención de la demanda | % | 100 | 88,2 | 95,2 | 183.4 |

Nota. Elaboración propia

Chaviña y Coracora/Chumpi están en capacidad de cubrir el pequeño déficit con agua de los manantiales que actualmente utilizan y/o con la tecnificación del riego (especialmente riego por aspersión de los sembríos de alfalfa) y en Yauca una vez cada 20 años contarían con 2% menos de agua (Una cantidad no significativa, superable con un manejo especialmente cuidadoso del agua en dichos años).

Geología de la cuenca de la presa Ancascocha:

Las estructuras del área están relacionadas principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino. Las evidencias estructurales de las orogenias más antiguas están indicadas, en primer lugar, por el metamorfismo regional que afecta a las rocas del Complejo Basal de la Costa y por las discordancias angulares que ponen de manifiesto el ciclo hercínico, reconociéndose las fases eo-hercínicas y tardi-

hercínicas. Las principales zonas estructurales de la región se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido en parte a su diferente naturaleza y a la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado, materializados ellos por pliegues, fallas y diaclasas que se observan en todas estas zonas.

Demografía

La población involucrada en el área de estudio se localiza en los distritos de Coracora y Chumpi (provincia Parinacochas), Chaviña (Provincia Lucanas) ubicadas en el espacio sur del departamento de Ayacucho. En el presente, utilizaremos datos obtenidos hasta el 2020, por lo cual considera la proyección de la población por sexo y por distrito, estimada por el INEI para dicho año.

Según la proyección del estudio nivel provincial muestra un ritmo de crecimiento de 0,5% para Lucanas y de 1,3% y 1,7% para Parinacochas. Sin embargo, las proyecciones de población a nivel distrital en el área del proyecto muestran una tendencia muy distinta con una tendencia decreciente, con excepción del distrito de Cora Cora.

Tabla 6

Población involucrada en el área de estudio.

| Departamento | Provincia | Distrito | 2007 | | | 2012 | | Crecimiento % |
|----------------------------|-----------|--------------|--------|--------|--------|-------|-------|------------------|
| | | | Total | Hombre | Mujer | Total | | |
| Ayacucho | Lucanas | Chaviña | 2 355 | 1.241 | 1 114 | 2 155 | -1,7 | |
| | | Parinacochas | 14 769 | 7 198 | 7 571 | 15 | 0,6 | |
| | Chumpi | 2 981 | 1 460 | 1 521 | 2 797 | -1,2 | | |
| Total, Área Estudio | | | 23 498 | 11 725 | 11 773 | 23 | -0,19 | |
| % | | | 100,0 | 49,9 | 50,1 | 100,0 | | |

Nota. Elaboración propia

Identificación de riesgos

Los trabajos por ejecutar no significan algo nuevo en la zona del proyecto, se trata fundamentalmente de mejorar los canales existentes e incrementar la capacidad del embalse existente, el cual viene operando desde hace 123 años.

Como parte del estudio de alternativas, se ha descartado soluciones que impliquen un riesgo respecto a la cimentación de la presa actualmente muy dañada por deterioro de la base de la estructura, tanto así que el 2001 la presa estuvo inhabilitada debido al colapso de las compuertas de descarga. Y la existencia de una gran bóveda (30 m de longitud y 6 m de altura) en la estructura de mampostería. Actualmente la parte inferior del cuerpo de la presa, especialmente su estribo izquierdo (Eje II) está fisurada, filtrándose a través de ella agua del embalse.

La obra principal del proyecto propuesto como la seleccionada más conveniente es la implementación de una pantalla de impermeabilización, la elección de esta implementación es en tres puntos distintos (Ejes).

Inicio del proceso de la metodología de análisis de criterios múltiples, con el tipo AHP

Etapas 1: Definir el objetivo

Es determinar la elección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el método de análisis de criterios múltiples, en la presa Ancascococha, Parinacochas – Ayacucho 2022.

Etapas 2: Definir los criterios de evaluación

A continuación, se presentan los criterios de evaluación, que son los factores considerados en la propuesta metodológica planteada, cada uno con una breve descripción.

Condiciones geológicas y geotécnicas

- Riesgo de falla

Los mecanismos de falla están asociados a las condiciones del terreno, a la afectación que pueda suscitarse a las comunidades cercanas, en especial a las comunidades que se encuentran en la zona de aguas abajo, en donde si la implementación de la pantalla de impermeabilización falla, podría provocar deslizamientos e inundaciones. Estos mecanismos de falla y el riesgo que conllevan como las pérdidas humanas y económicas deben estar bien representadas en las llamadas matrices de riesgo, las cuales muestran los escenarios reales de falla.

- Fundación

Para la fundación de la pantalla de impermeabilización, se tuvo en cuenta la estratigrafía y la permeabilidad de los materiales. También es necesario tener en cuenta las condiciones de los terrenos y áreas adyacentes, para poder determinar si es necesario realizar mejoras adicionales para su correspondiente estabilización.

- Geología

Está definida por las exploraciones y recorridos de campo que localizarán depósitos de tipo coluvial, aluvial, etc., esto identifica el perfil de meteorización rocosa. Esto a su vez nos brindará los indicadores de permeabilidad.

Condiciones generales

- Tiempo

Esto radica para esta investigación en supuestos imprevistos que puedan darse en el transcurso de la implementación de la pantalla de impermeabilización, los cuales pueden originarse por condiciones ambientales, condiciones sociales, temas económicos, etc.

- Costo

Es un criterio importante, pero no determinante, ya que en la investigación se plantea tres puntos como alternativas para la implementación de la pantalla de impermeabilización, cualquiera que salga elegida de cada una de estas alternativas el aspecto económico será tratado de forma inmediata, sea cual fuese el costo de la implementación, pero no por eso deja de ser un criterio de evaluación importante.

- Ambiental

Las leyes y regulaciones ambientales son consideradas para esta investigación, ya que es la elección de un eje óptimo para la implementación de una pantalla de impermeabilización, esto amerita tener en cuenta los aspectos técnicos a ser considerados, como los materiales, el tamaño de la pantalla, y lo más importante el posible impacto que esta suscite.

Etapas 3: Determinar el peso de cada criterio

Habiendo descrito todos los criterios y su importancia debida para la elección del eje óptimo para la construcción de la pantalla de permeabilización, a continuación, se muestra los pesos obtenidos a criterio principalmente de los tomadores de decisión, quienes habiendo evaluado a su experiencia todos los indicadores, concluyeron en brindar valores como se muestra en la siguiente tabla. Por otro lado, se aplicará dichos valores en el programa Expert Choice, el cual es un software que en su interfaz admite la metodología de análisis de criterios múltiples, con su tipo AHP, para el proceso y análisis de manera tecnológica que se mostrará más adelante. Este software contiene todas las herramientas necesarias para el análisis correcto en cada criterio conjuntamente con los tomadores de decisión, los cuales brindaron su apreciación sobre la importancia de cada criterio de evaluación.

Tabla 7*Matriz A de comparación de criterios.*

| | Riesgo de falla | Fundación | Geología | Tiempo | Costo | Ambiental |
|-----------------|-----------------|-----------|----------|--------|-------|-----------|
| Riesgo de falla | 1 | 3 | 1/3 | 5 | 7 | 9 |
| Fundación | 1/3 | 1 | 1/5 | 3 | 5 | 7 |
| Geología | 3 | 5 | 1 | 7 | 7 | 9 |
| Tiempo | 1/5 | 1/3 | 1/7 | 1 | 3 | 5 |
| Costo | 1/7 | 1/5 | 1/7 | 1/3 | 1 | 3 |
| Ambiental | 1/9 | 1/7 | 1/9 | 1/5 | 1/3 | 1 |

Nota. Elaboración propia**Tabla 8***Matriz normalizada.*

| | Riesgo de falla | Fundación | Geología | Tiempo | Costo | Ambiental | PESO |
|-----------------|-----------------|-----------|----------|--------|-------|-----------|-------------|
| Riesgo de falla | 0.21 | 0.31 | 0.17 | 0.30 | 0.30 | 0.26 | 0.26 |
| Fundación | 0.07 | 0.10 | 0.10 | 0.18 | 0.21 | 0.21 | 0.15 |
| Geología | 0.63 | 0.52 | 0.52 | 0.42 | 0.30 | 0.26 | 0.44 |
| Tiempo | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.06 | 0.13 | 0.15 | 0.08 |
| Costo | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.09 | 0.05 |
| Ambiental | 0.02 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.03 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, al realizar la ponderación, la tabla nos muestra los pesos de cada criterio de evaluación: riesgo de falla 26%, fundación 15%, geología 44%, tiempo 8%, costo 5% y ambiental 3%.

Etapa 4: Identificar las alternativas de elección

A continuación, se muestra la identificación de cada alternativa, con su respectivo análisis:

Eje I

Esta alternativa es una falla por fisura en la falda de la presa, la cual abarca parte de ella y más que nada el suelo aledaño. En el análisis de la muestra para este eje, arrojó un coeficiente de permeabilidad de 0.00000759 (k), el cual según la tabla de grado de permeabilidad es un coeficiente muy bajo, debido a que se encuentra entre los rangos de 10^{-7} a 10^{-5} . Esto se evidencia con su perfil estatigráfico que muestra los materiales constituyentes como grava en un 8.5%, arena en un 21.6% y finos en un 69.9%, también se encontró roca maciza a una profundidad de 1.8 metros, la cual al ser analizada, arrojó una valoración RMR de 55, una cohesión de 2.8 kg/cm^2 con un ángulo de rozamiento de 33° , esto implica que el suelo hallado tiene una capacidad portante de clase III, es decir de calidad media, sin embargo no se encontró ninguna filtración de consideración, no existe napas freáticas en este eje. En el tema de las laderas se determinó que, en terreno seco, el factor de estabilidad es de 3.87, con una saturación parcial el factor de estabilidad es de 2.65 y en condiciones altamente saturadas el factor de estabilidad es de 1.89; esto quiere decir que la estabilidad de las laderas está garantizada, sin embargo, al ocurrir algún fenómeno natural, en especial el sismo, se tiene que volver a realizar los estudios correspondientes.

Eje II

Esta alternativa es una falla también por fisura en la falda de la presa, ubicada en el sector 2, la cual abarca parte de ella y más que nada el suelo aledaño. En el análisis

de la muestra para este eje, arrojó un coeficiente de permeabilidad de 0.0974 (k), el cual según la tabla de grado de permeabilidad es un coeficiente de nivel medio, debido a que se encuentra entre los rangos de 10^{-3} a 10^{-1} . Esto se evidencia con su perfil estatigráfico que muestra los materiales constituyentes como grava en un 39.4%, arena en un 28.7% y finos en un 31.9%, también se encontró roca maciza a una profundidad de 2.1 metros, la cual al ser analizada, arrojó una valoración RMR de 53, una cohesión de 2.5 kg/cm^2 con un ángulo de rozamiento de 31° , esto implica que el suelo hallado tiene una capacidad portante de clase III, es decir de calidad media, sin embargo se encontró una filtración de moderada consideración en la base de la presa, provocada posiblemente por una napa freática existente a una profundidad de 1.7 metros en este eje, la cual está generando la fisura y por ende la filtración. En el tema de las laderas se determinó que, en terreno seco, el factor de estabilidad es de 2.94, con una saturación parcial el factor de estabilidad es de 2.01 y en condiciones altamente saturadas el factor de estabilidad es de 1.06; esto quiere decir que la estabilidad de las laderas está moderadamente garantizada, sin embargo, al ocurrir algún fenómeno natural, en especial el sismo, se tiene que volver a realizar los estudios correspondientes.

Eje III

Esta alternativa es una falla por fisura en la falda de la presa, la cual abarca parte de ella y más que nada el suelo aledaño. En el análisis de la muestra para este eje, arrojó un coeficiente de permeabilidad de 0.000851 (k), el cual según la tabla de grado de permeabilidad es un coeficiente de nivel bajo, debido a que se encuentra entre los rangos de 10^{-5} a 10^{-3} . Esto se evidencia con su perfil estatigráfico que muestra los

materiales constituyentes como grava en un 16.4%, arena en un 38.6% y finos en un 45%, también se encontró roca maciza a una profundidad de 2.4 metros, la cual al ser analizada, arrojó una valoración RMR de 60, una cohesión de 2.3 kg/cm² con un ángulo de rozamiento de 28°, esto implica que el suelo hallado tiene una capacidad portante de clase III, es decir de calidad media, sin embargo se encontró una filtración de poca consideración, que no está generando fisura alguna por ahora, pero se debe estar pendiente en futuros análisis, por otro lado no se encontró napas freáticas en este eje. En el tema de las laderas se determinó que, en terreno seco, el factor de estabilidad es de 3.87, con una saturación parcial el factor de estabilidad es de 2.65 y en condiciones altamente saturadas el factor de estabilidad es de 1.89; esto quiere decir que la estabilidad de las laderas está garantizada, sin embargo, al ocurrir algún fenómeno natural, en especial el sismo, se tiene que volver a realizar los estudios correspondientes.

Etapas V: Determinar los valores de rendimiento

A continuación, se muestra los valores de rendimiento de cada criterio obtenido de las matrices 1 y 2, las cuales, al realizar el producto matricial, brinda la información de los valores de rendimiento, los cuales son muy importantes para corroborar si las matrices y los datos asignados como los pesos de los criterios están correctamente calculados.

La siguiente tabla muestra los valores determinados por el producto matricial entre la Matriz A de comparación de criterios y la Matriz Normalizada.

Tabla 9*Ponderación del producto matricial entre la matriz A y la matriz normalizada.*

| | |
|-----------------|------|
| Riesgo de falla | 1.25 |
| Fundación | 0.62 |
| Geología | 3.11 |
| Tiempo | 0.36 |
| Costo | 0.26 |
| Ambiental | 0.18 |

Nota. Elaboración propia**Figura 13***Estudio de la consistencia de la matriz pareada*

| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | | | | |
|--|-----------------|------------------------------|--------------|-------------------|
| | A x Peso | Valores propios aprox | | |
| Riesgo de falla | 1.25 | 4.82 | | |
| Fundación | 0.62 | 4.24 | | |
| Geología | 3.11 | 7.04 | | |
| Tiempo | 0.36 | 4.48 | | |
| Costo | 0.26 | 5.59 | | |
| Ambiental | 0.18 | 7.00 | | |
| | | 7.04 | Máximo valor | |
| | | IC | -0.14 | |
| | | RC | -0.10 | <= 0,10 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, como RC es \leq a 0.10, entonces toda la data de las matrices es CONSISTENTE.

Etapa VI: Clasificación de cada opción (con respecto a los criterios)

A continuación, se muestra la clasificación de cada opción respecto a cada criterio de evaluación:

Tabla 10

Clasificación de alternativas respecto al riesgo de falla.

| Riesgo de falla | | | |
|-----------------|-------|--------|---------|
| | EJE I | EJE II | EJE III |
| EJE I | 1 | 1/3 | 3 |
| EJE II | 3 | 1 | 5 |
| EJE III | 1/3 | 1/5 | 1 |
| Suma | 4.33 | 1.53 | 9.00 |

Nota. Elaboración propia

En el riesgo de falla, el nivel de importancia prevalece en el eje II, seguido del eje I y por último el eje III.

Tabla 11

Clasificación de alternativas respecto a la fundación.

| Fundación | | | |
|-----------|-------|--------|---------|
| | EJE I | EJE II | EJE III |
| EJE I | 1 | 3 | 1/3 |
| EJE II | 1/3 | 1 | 1/5 |
| EJE III | 3 | 5 | 1 |
| Suma | 4.33 | 9.00 | 1.53 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio de fundación, el nivel de importancia prevalece en el eje II, seguido del eje III y por último el eje I.

Tabla 12*Clasificación de alternativas respecto a la geología.*

| Geología | | | |
|----------|-------|--------|---------|
| | EJE I | EJE II | EJE III |
| EJE I | 1 | 1/9 | 1/5 |
| EJE II | 9 | 1 | 5 |
| EJE III | 5 | 1/5 | 1 |
| Suma | 15.00 | 1.31 | 6.20 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio geológico, el nivel de importancia prevalece en el eje II, seguido del eje III y por último el eje I.

Tabla 13*Clasificación de alternativas respecto al posible tiempo de implementación.*

| Tiempo | | | |
|---------|-------|--------|---------|
| | EJE I | EJE II | EJE III |
| EJE I | 1 | 1/5 | 1/9 |
| EJE II | 5 | 1 | 1/5 |
| EJE III | 9 | 5 | 1 |
| Suma | 15.00 | 6.20 | 1.31 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio de tiempo, el nivel de importancia prevalece en el eje III, seguido del eje II y por último el eje I.

Tabla 14*Clasificación de alternativas respecto al posible costo de implementación.*

| Costo | | | |
|---------|-------|--------|---------|
| | EJE I | EJE II | EJE III |
| EJE I | 1 | 9 | 5 |
| EJE II | 1/9 | 1 | 1/5 |
| EJE III | 1/5 | 5 | 1 |
| Suma | 1.31 | 15.00 | 6.20 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio de costo, el nivel de importancia prevalece en el eje I, seguido del eje III y por último el eje II.

Tabla 15

Clasificación de alternativas respecto al posible impacto ambiental de la implementación.

| | Ambiental | | |
|-------------|-----------|--------|---------|
| | EJE I | EJE II | EJE III |
| EJE I | 1 | 3 | 5 |
| EJE II | 1/3 | 1 | 3 |
| EJE III | 1/5 | 1/3 | 1 |
| Suma | 1.53 | 4.33 | 9.00 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio ambiental, el nivel de importancia prevalece en el eje I, seguido del eje II y por último el eje III.

Etapas VII: Normalización de los valores de rendimiento

Tabla 16

Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio riesgo de falla.

| | Normalización | | | |
|---------|---------------|--------|---------|--------------|
| | EJE I | EJE II | EJE III | PESO |
| EJE I | 0.231 | 0.217 | 0.333 | 0.260 |
| EJE II | 0.692 | 0.652 | 0.556 | 0.633 |
| EJE III | 0.077 | 0.130 | 0.111 | 0.106 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio riesgo de falla, el peso prevalece en el eje II, seguido del eje I y por último el eje III.

Tabla 17

Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio fundación.

| | Normalización | | | |
|---------|---------------|--------|---------|--------------|
| | EJE I | EJE II | EJE III | PESO |
| EJE I | 0.231 | 0.333 | 0.217 | 0.260 |
| EJE II | 0.077 | 0.111 | 0.130 | 0.106 |
| EJE III | 0.692 | 0.556 | 0.652 | 0.633 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio fundación, el peso prevalece en el eje III, seguido del eje I y por último el eje II.

Tabla 18

Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio geología.

| Normalización | | | | |
|---------------|-------|--------|---------|--------------|
| | EJE I | EJE II | EJE III | PESO |
| EJE I | 0.067 | 0.085 | 0.032 | 0.061 |
| EJE II | 0.600 | 0.763 | 0.806 | 0.723 |
| EJE III | 0.333 | 0.153 | 0.161 | 0.216 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio geología, el peso prevalece en el eje II, seguido del eje III y por último el eje I.

Tabla 19

Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio tiempo.

| Normalización | | | | |
|---------------|-------|--------|---------|--------------|
| | EJE I | EJE II | EJE III | PESO |
| EJE I | 0.067 | 0.032 | 0.085 | 0.061 |
| EJE II | 0.333 | 0.161 | 0.153 | 0.216 |
| EJE III | 0.600 | 0.806 | 0.763 | 0.723 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio tiempo, el peso prevalece en el eje III, seguido del eje II y por último el eje I.

Tabla 20

Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio costo.

| Normalización | | | | |
|---------------|-------|--------|---------|--------------|
| | EJE I | EJE II | EJE III | PESO |
| EJE I | 0.763 | 0.600 | 0.806 | 0.723 |
| EJE II | 0.085 | 0.067 | 0.032 | 0.061 |
| EJE III | 0.153 | 0.333 | 0.161 | 0.216 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio costo, el peso prevalece en el eje I, seguido del eje III y por último el eje II.

Tabla 21

Matriz normalizada con pesos de las alternativas en el criterio ambiental.

| Normalización | | | | |
|---------------|-------|--------|---------|--------------|
| | EJE I | EJE II | EJE III | PESO |
| EJE I | 0.652 | 0.692 | 0.556 | 0.633 |
| EJE II | 0.217 | 0.231 | 0.333 | 0.260 |
| EJE III | 0.130 | 0.077 | 0.111 | 0.106 |

Nota. Elaboración propia

En el criterio ambiental, el peso prevalece en el eje I, seguido del eje II y por último el eje III.

Etapa VIII: Multiplicación de valores por peso

Figura 14

Estudio de la consistencia de la matriz pareada en el riesgo de falla.

| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | | Riesgo de falla | |
|---|----------|-----------------------|-------------------|
| | A x Peso | Valores propios aprox | |
| EJE I | 0.79 | 3.03 | |
| EJE II | 1.95 | 3.07 | |
| EJE III | 0.32 | 3.01 | |
| | | 3.07 | Máx valor |
| | | IC | 0.04 |
| | | RC | 0.03 |
| | | | <= 0,10 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, como RC es <= a 0.10, entonces la data de la matriz pareada del riesgo de falla es CONSISTENTE.

Figura 15

Estudio de la consistencia de la matriz pareada en fundación.

| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | | Fundación | |
|---|-----------------------|-----------|-------------------|
| A x Peso | Valores propios aprox | | |
| EJE I | 0.79 | 3.03 | |
| EJE II | 0.32 | 3.01 | |
| EJE III | 1.95 | 3.07 | |
| | | 3.07 | Valor propio |
| | | IC | 0.04 |
| | | RC | 0.03 |
| | | | <= 0,10 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, como RC es \leq a 0.10, entonces la data de la matriz pareada de la fundación, es CONSISTENTE.

Figura 16

Estudio de la consistencia de la matriz pareada en geología.

| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | | Geología | |
|---|-----------------------|----------|-------------------|
| A x Peso | Valores propios aprox | | |
| EJE I | 0.18 | 3.02 | |
| EJE II | 2.35 | 3.25 | |
| EJE III | 0.67 | 3.09 | |
| | | 3.25 | Máx valor |
| | | IC | 0.13 |
| | | RC | 0.10 |
| | | | <= 0,10 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, como RC es \leq a 0.10, entonces la data de la matriz pareada de geología, es CONSISTENTE.

Figura 17*Estudio de la consistencia de la matriz pareada en tiempo.*

| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | | | Tiempo | |
|---|-----------------|------------------------------|---------------|--------------|
| | A x Peso | Valores propios aprox | | |
| EJE I | 0.18 | | 3.02 | |
| EJE II | 0.67 | | 3.09 | |
| EJE III | 2.35 | | 3.25 | |
| | | | 3.25 | Máx valor |
| | | | IC | 0.13 |
| | | | RC | 0.10 <= 0,10 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, como RC es \leq a 0.10, entonces la data de la matriz pareada en tiempo, es CONSISTENTE.

Figura 18*Estudio de la consistencia de la matriz pareada en costo.*

| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | | | Costo | |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|--------------|
| | A x Peso | Valores propios aprox | | |
| EJE I | 2.35 | | 3.25 | |
| EJE II | 0.18 | | 3.02 | |
| EJE III | 0.67 | | 3.09 | |
| | | | 3.25 | Máx valor |
| | | | IC | 0.13 |
| | | | RC | 0.10 <= 0,10 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, como RC es \leq a 0.10, entonces la data de la matriz pareada en costo, es CONSISTENTE.

Figura 19

Estudio de la consistencia de la matriz pareada en ambiental.

| Estudio de la consistencia de la matriz pareada | | Ambiental | |
|---|-----------------------|-----------|-------------------|
| A x Peso | Valores propios aprox | | |
| EJE I | 1.95 | 3.07 | |
| EJE II | 0.79 | 3.03 | |
| EJE III | 0.32 | 3.01 | |
| | | 3.07 | Máx valor |
| | | IC | 0.04 |
| | | RC | 0.03 |
| | | | <= 0,10 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, como RC es \leq a 0.10, entonces la data de la matriz pareada en ambiental, es CONSISTENTE.

Etapa IX: Calcular las puntuaciones de rendimiento

Tabla 22

Puntuaciones de rendimiento y peso de criterios.

| | Eje I | Eje II | Eje III | Peso de criterios |
|-----------------|-------|--------|---------|-------------------|
| Riesgo de falla | 0.260 | 0.633 | 0.106 | 0.260 |
| Fundación | 0.260 | 0.106 | 0.633 | 0.146 |
| Geología | 0.061 | 0.723 | 0.216 | 0.442 |
| Tiempo | 0.061 | 0.216 | 0.723 | 0.081 |
| Costo | 0.723 | 0.061 | 0.216 | 0.046 |
| Ambiental | 0.633 | 0.260 | 0.106 | 0.025 |

Nota. Elaboración propia

Etapa X: Elección de la mejor opción o alternativa

Tabla 23

Ponderación del producto matricial entre las puntuaciones de rendimiento y los pesos de los criterios de evaluación.

| Ponderación final | |
|-------------------|-------|
| EJE I | 0.187 |
| EJE II | 0.526 |
| EJE III | 0.287 |

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, según el producto matricial referido el eje óptimo elegido es el Eje II con un ponderado de 0.526 que equivale al 52.6% de importancia; le sigue el Eje III con un ponderado de 0.287 que equivale al 28.7% de importancia y por último el Eje I con un ponderado de 0.187 que equivale al 18.7% de importancia en la elección del eje óptimo, según todo el análisis realizado por los tomadores de decisión, el análisis de las alternativas y el análisis de los criterios de evaluación.

Proceso de elección utilizando el programa Expert Choice, basado en los datos generados por las etapas mencionadas.

Figura 20

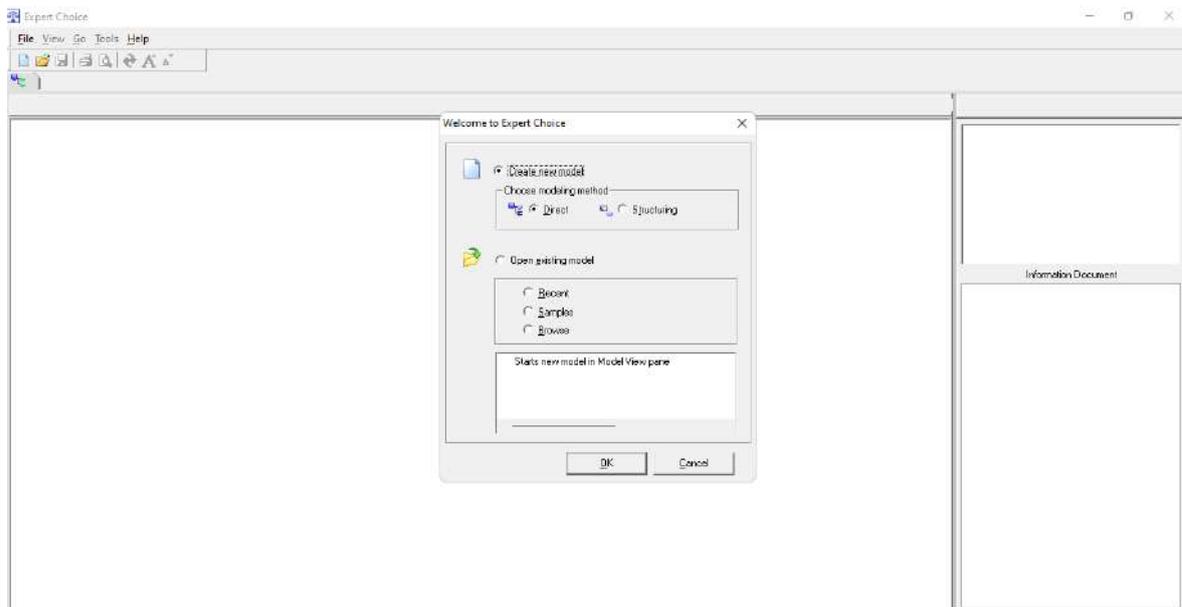
Inicio del software Expert Choice.



Nota. Elaboración propia

Figura 21

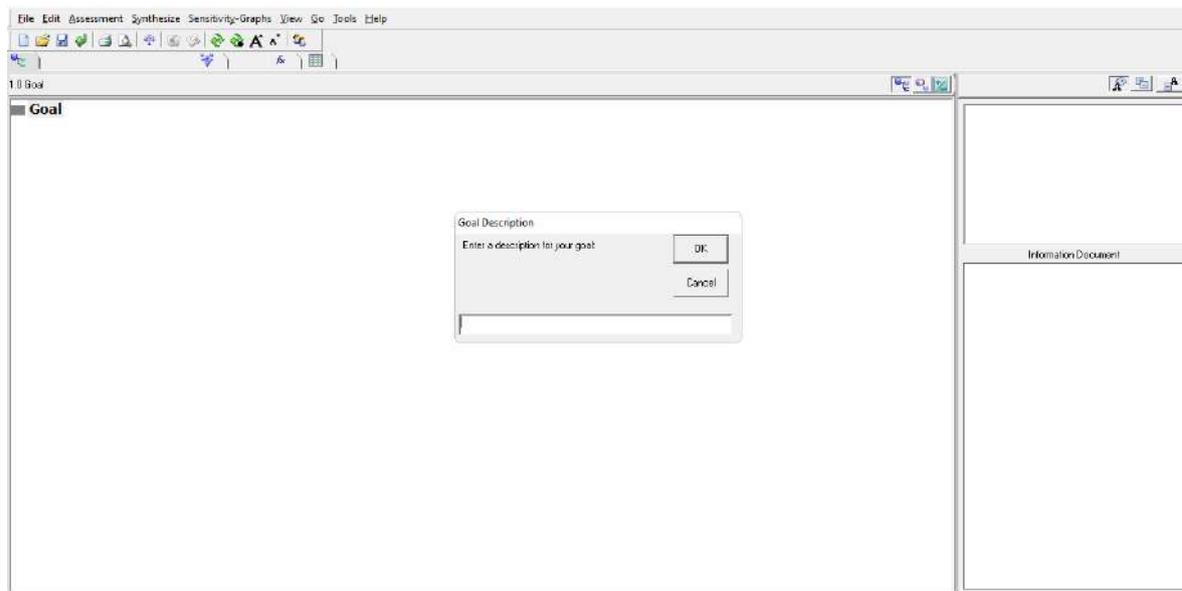
Creación de una nueva base de datos.



Nota. Elaboración propia

Figura 22

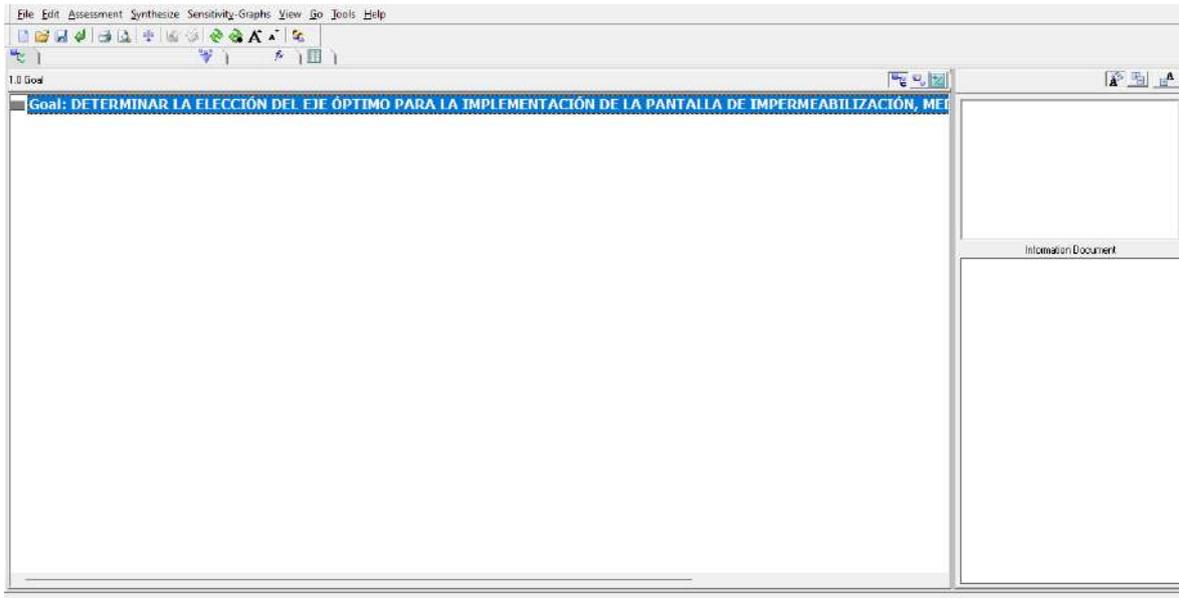
Creación de un objetivo para el análisis multicriterio.



Nota. Elaboración propia

Figura 23

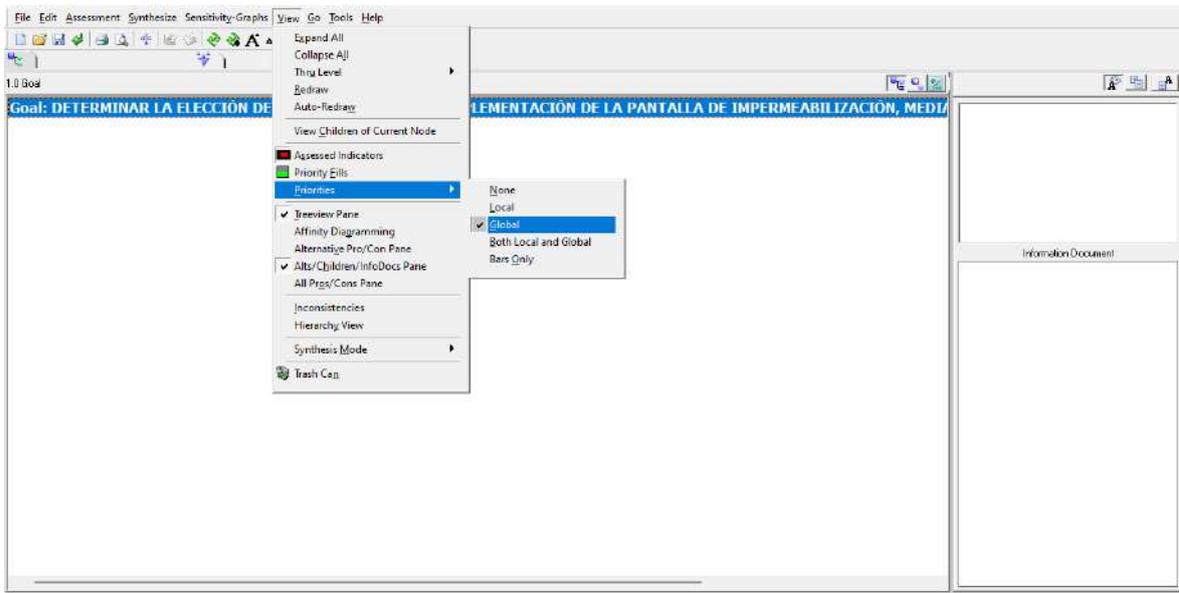
Transcripción del objetivo del problema.



Nota. Elaboración propia

Figura 24

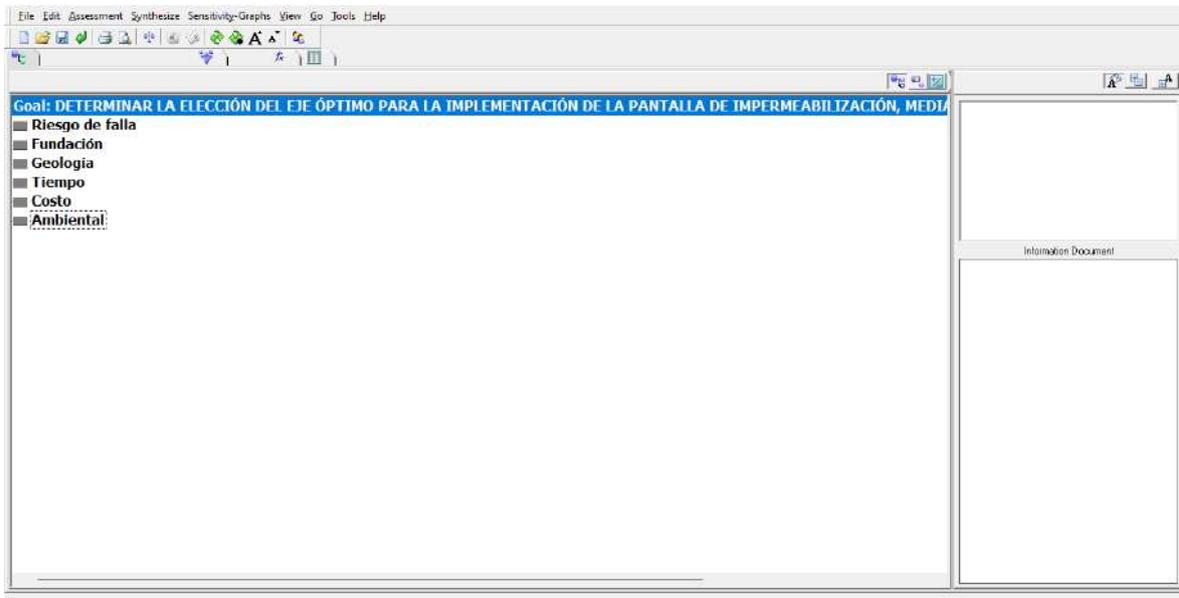
Calibración del software en priorizar datos globales.



Nota. Elaboración propia

Figura 25

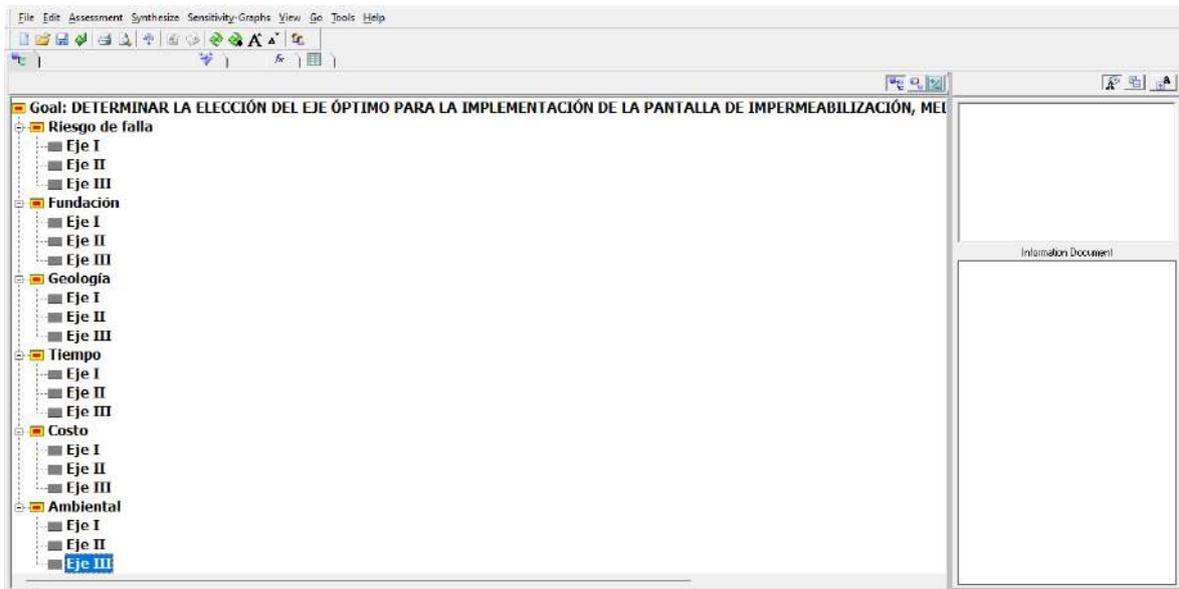
Creación de los criterios de evaluación.



Nota. Elaboración propia

Figura 26

Creación de las alternativas de evaluación respecto a cada criterio.



Nota. Elaboración propia

Figura 27

Vista de la estructura jerárquica del análisis multicriterio.



Nota. Elaboración propia

Figura 28

Ingreso de datos según ponderación de la matriz A de comparación de criterios.

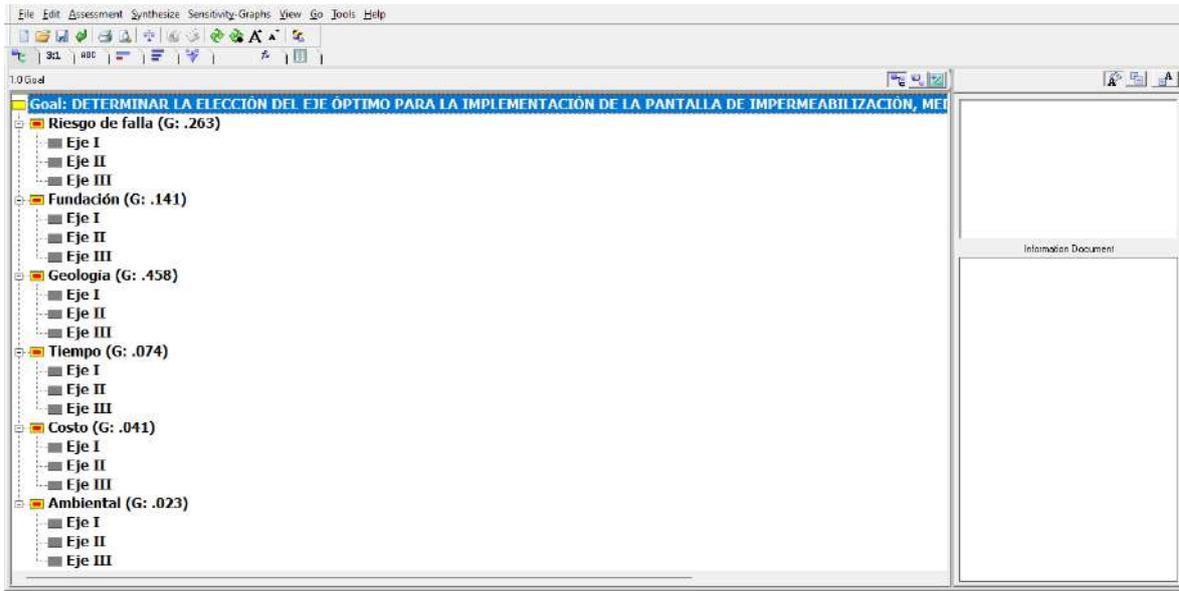
| | Riesgo de | Fundación | Geología | Tiempo | Costo | Ambiental |
|-----------------|-----------|-----------|----------|--------|-------|-----------|
| Riesgo de falla | | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 7.0 | 9.0 |
| Fundación | | | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 7.0 |
| Geología | | | | 7.0 | 7.0 | 9.0 |
| Tiempo | | | | | 3.0 | 5.0 |
| Costo | | | | | | 3.0 |
| Ambiental | | | | | | |

Incon: 0.00

Nota. Elaboración propia

Figura 29

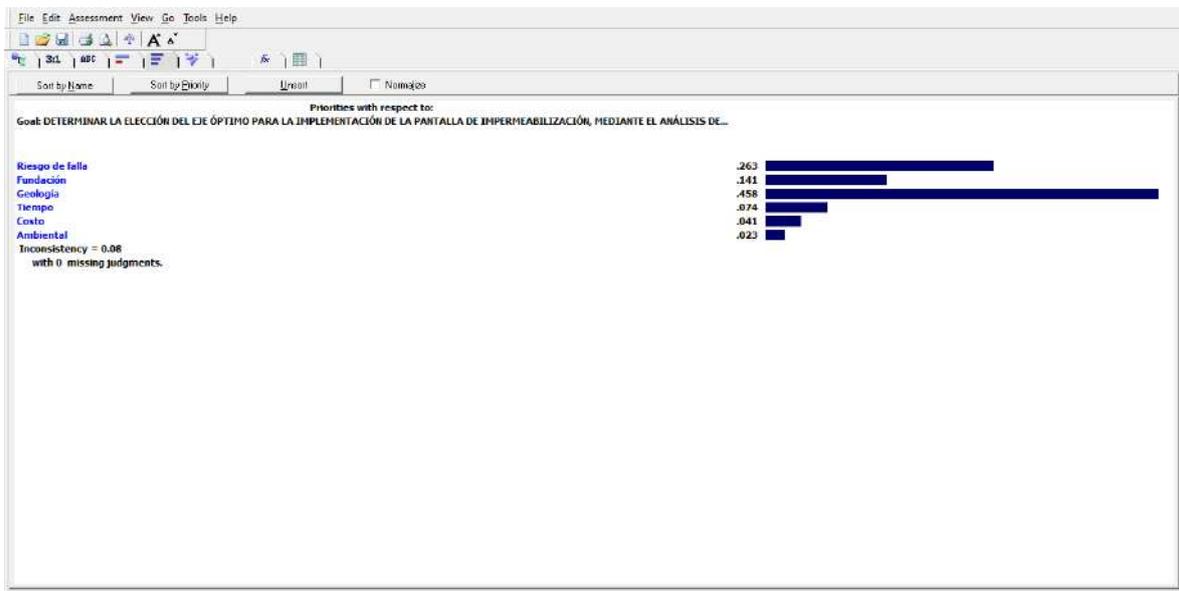
Vista de los pesos ponderados por el software en cada criterio de evaluación.



Nota. Elaboración propia

Figura 30

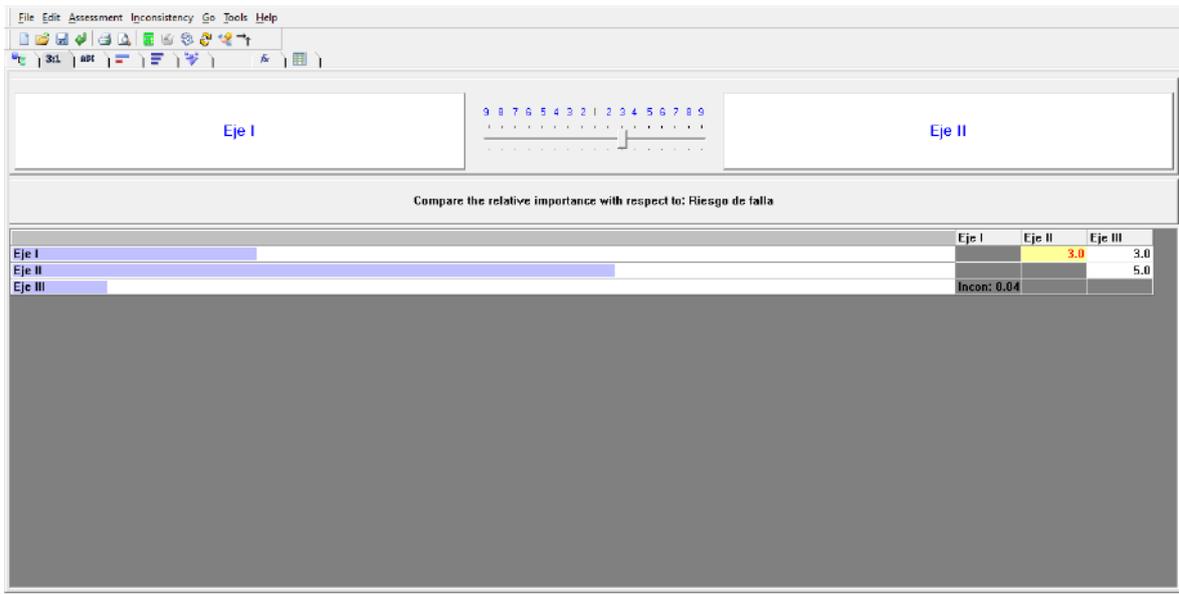
Ponderado de los criterios de evaluación según su prioridad.



Nota. Elaboración propia

Figura 31

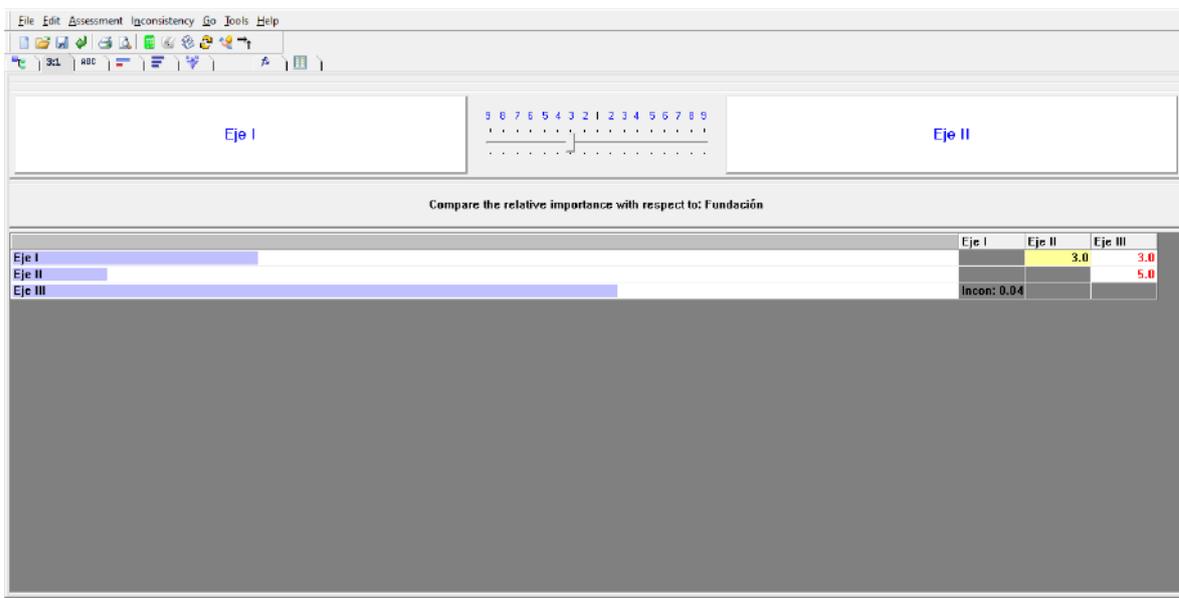
Ingreso de los datos en el criterio riesgo de falla, de la preferencia entre alternativas.



Nota. Elaboración propia

Figura 32

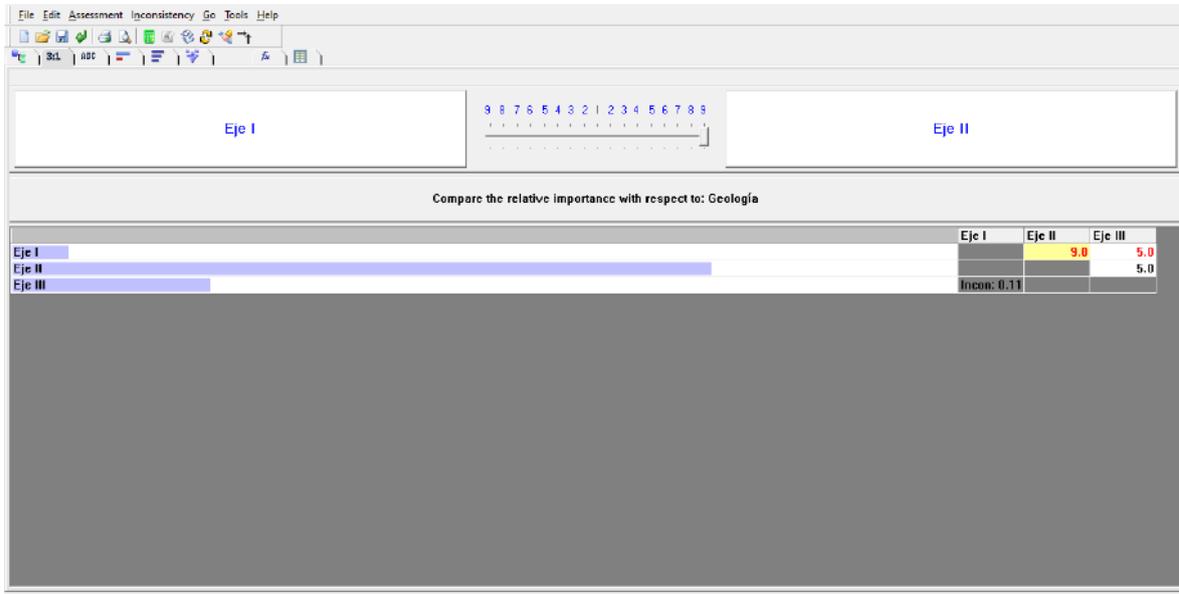
Ingreso de los datos en el criterio fundación, de la preferencia entre alternativas.



Nota. Elaboración propia

Figura 33

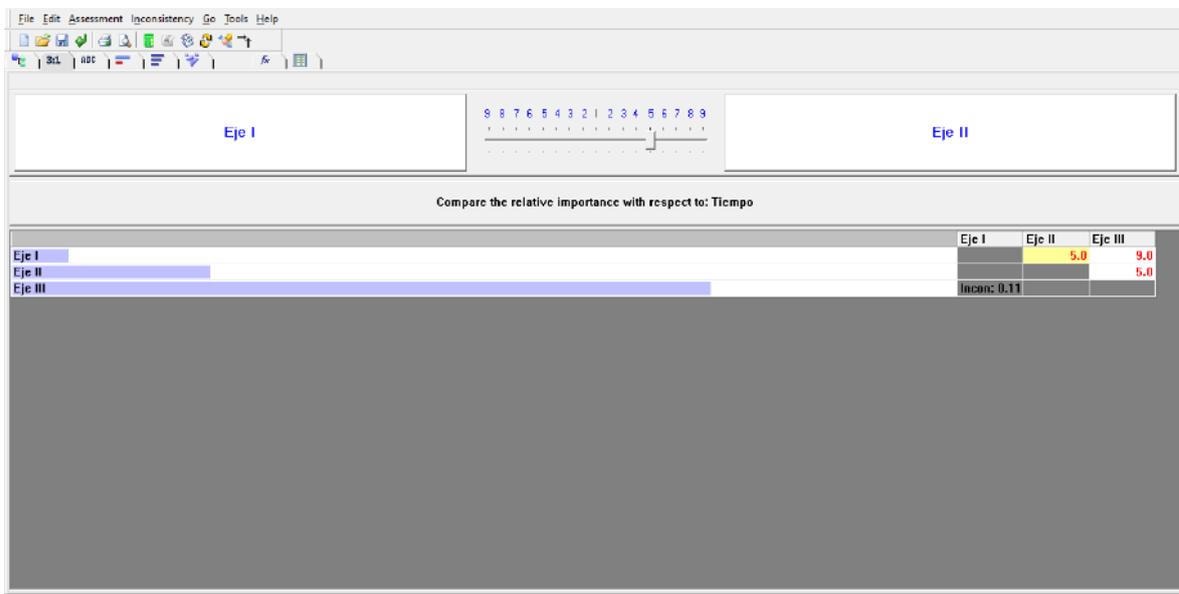
Ingreso de los datos en el criterio geología, de la preferencia entre alternativas.



Nota. Elaboración propia

Figura 34

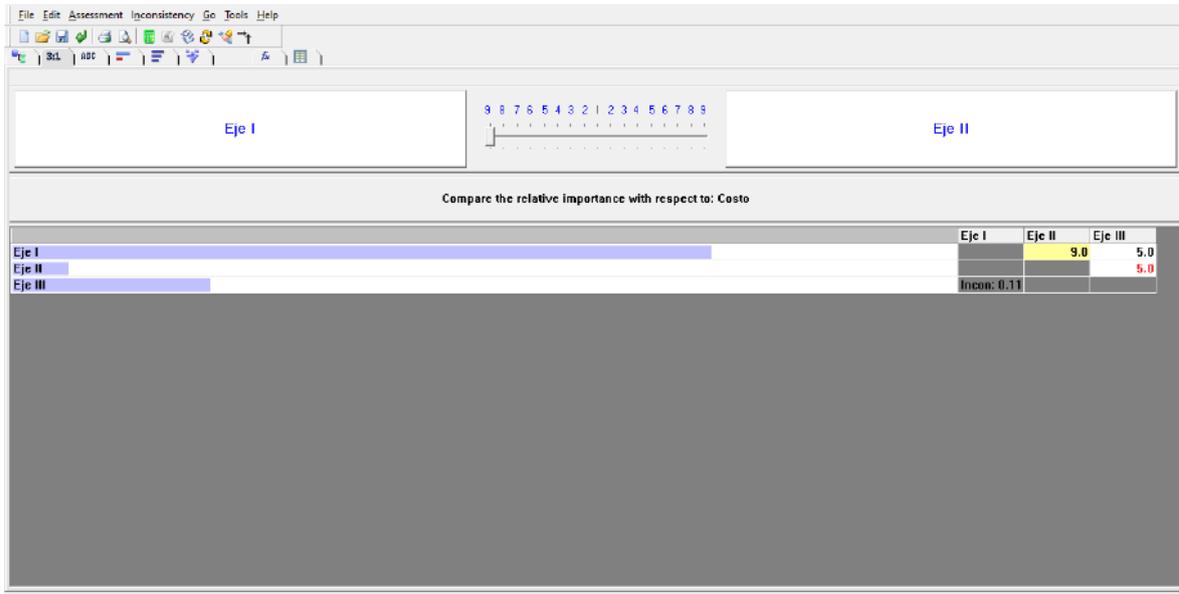
Ingreso de los datos en el criterio tiempo, de la preferencia entre alternativas.



Nota. Elaboración propia

Figura 35

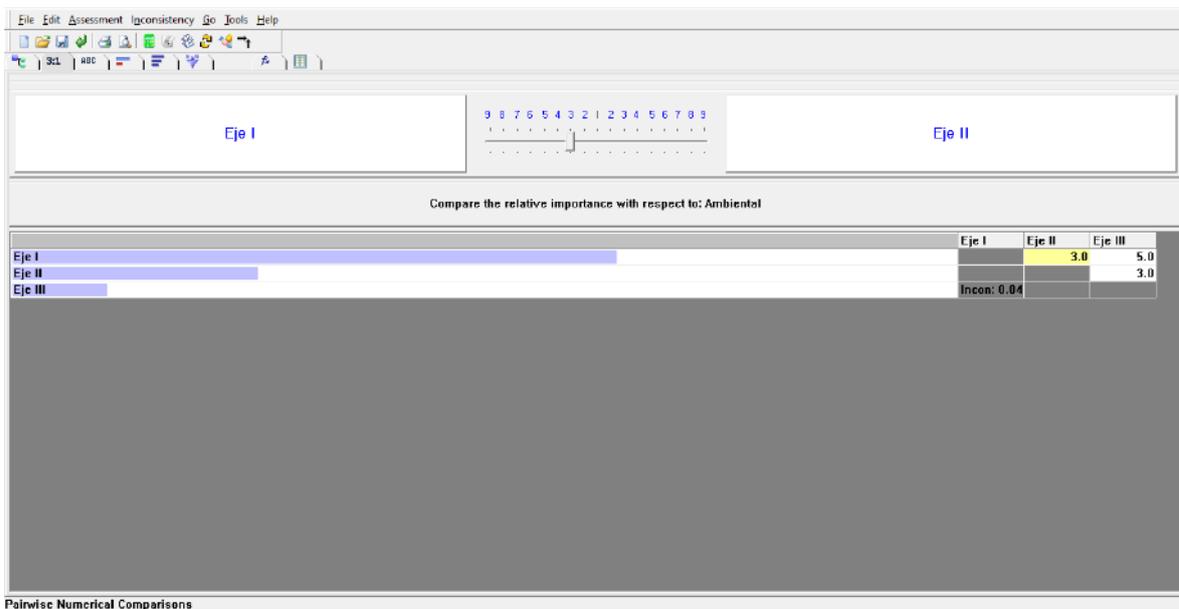
Ingreso de los datos en el criterio costo, de la preferencia entre alternativas.



Nota. Elaboración propia

Figura 36

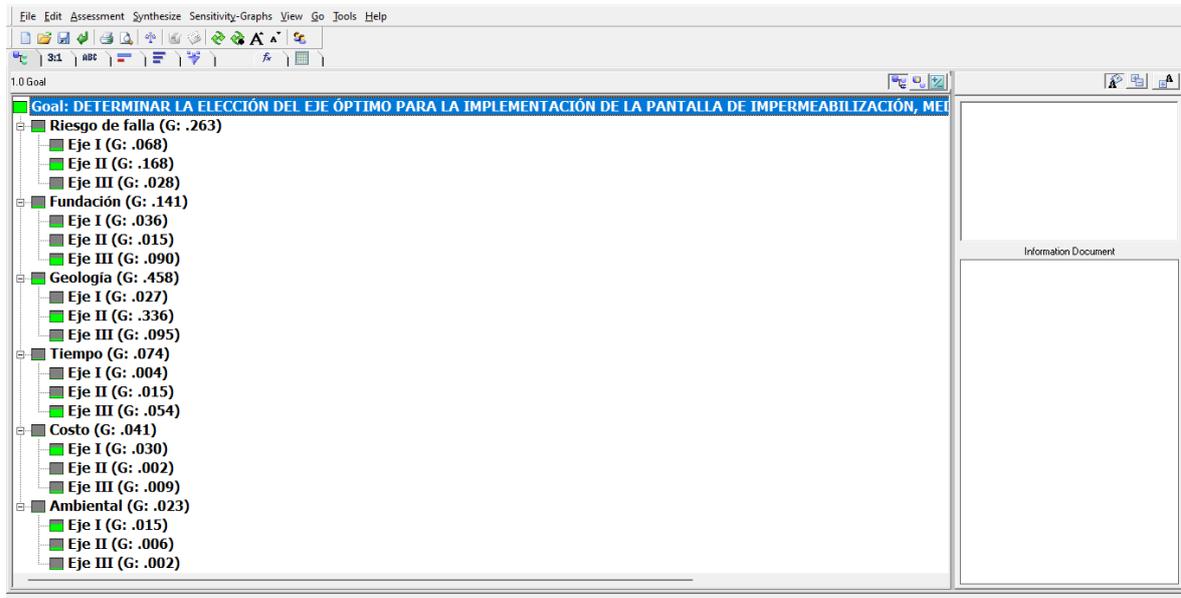
Ingreso de los datos en el criterio ambiental, de la preferencia entre alternativas.



Nota. Elaboración propia

Figura 37

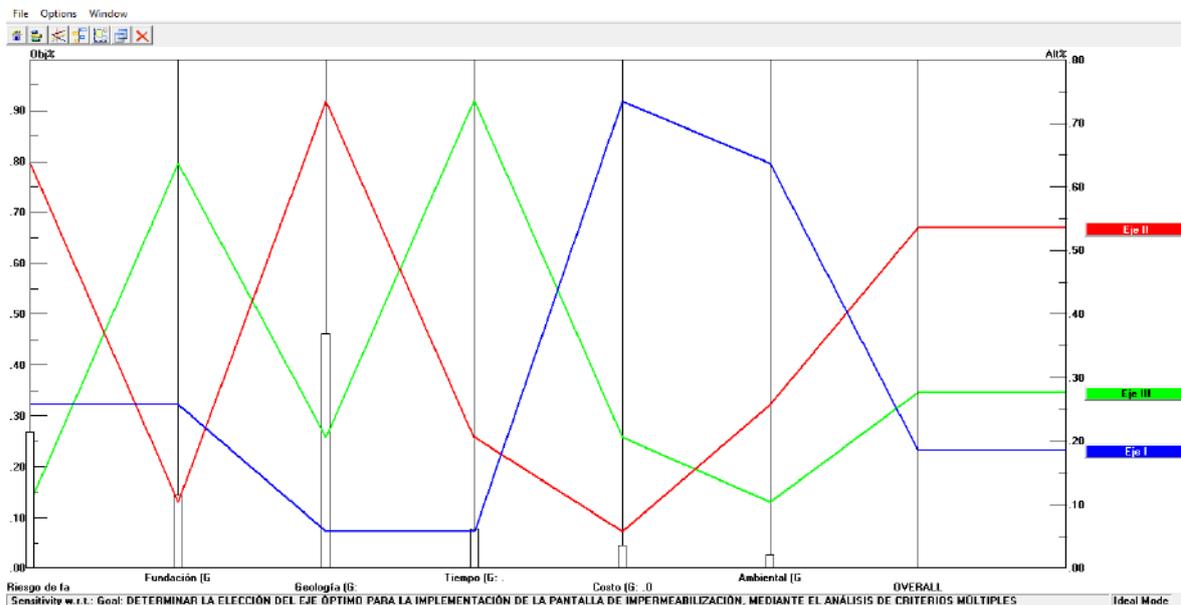
Ingreso de los datos al 100%, evidenciando los pesos respectivos.



Nota. Elaboración propia

Figura 38

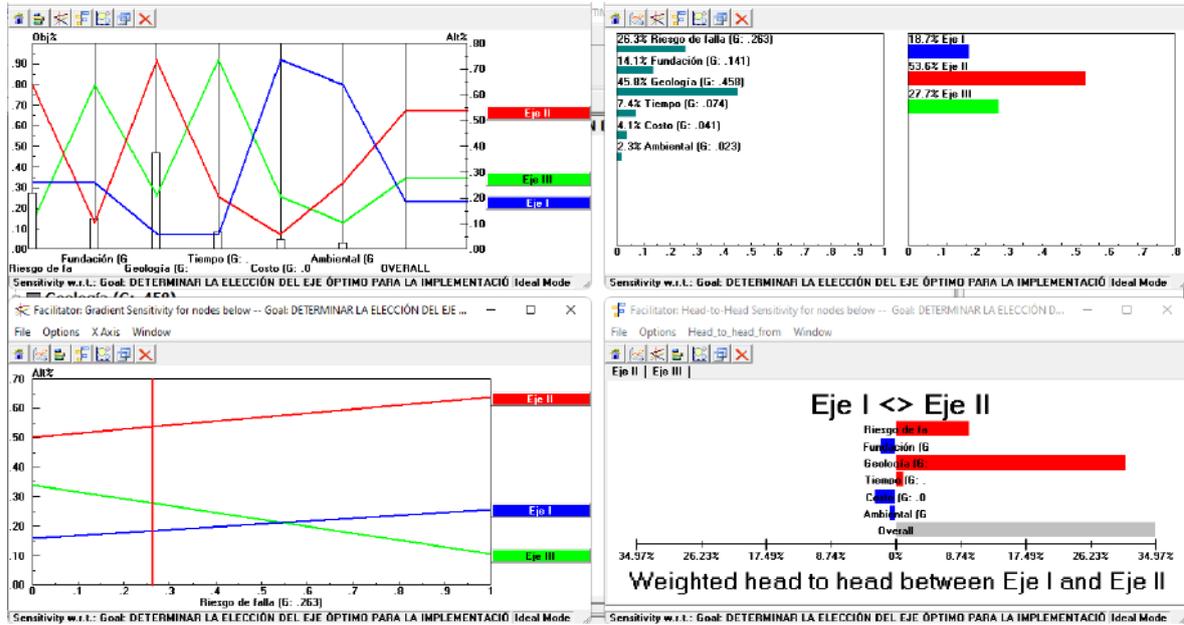
Comportamiento del modelo según alternativas y criterios de evaluación.



Nota. Elaboración propia

Figura 39

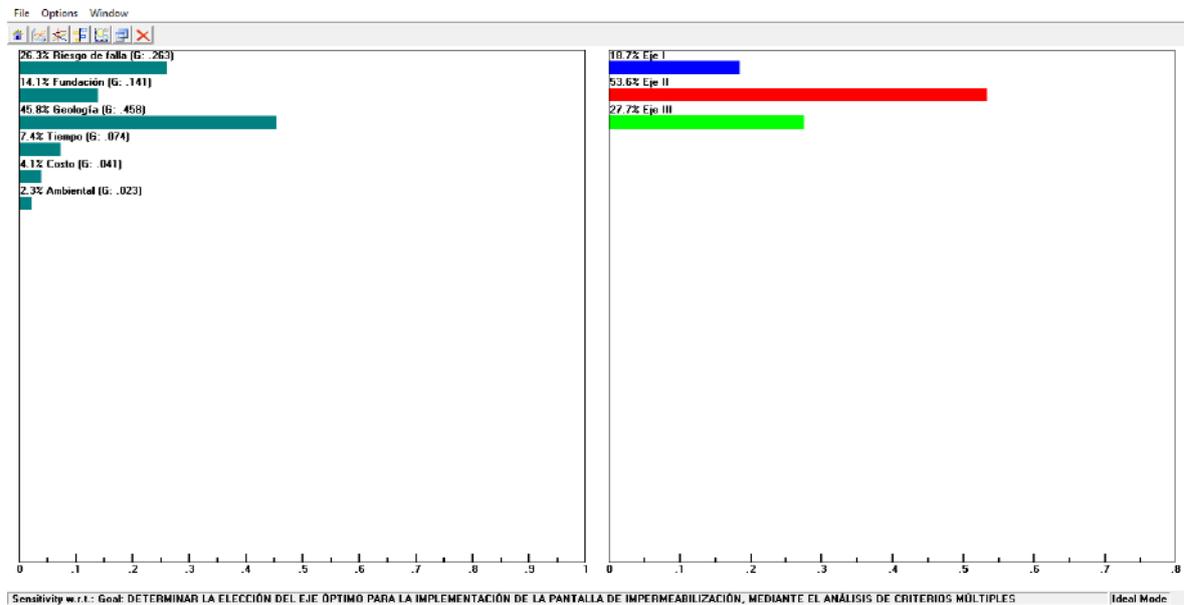
Comportamiento del modelo según diferentes análisis en la elección del eje óptimo.



Nota. Elaboración propia

Figura 40

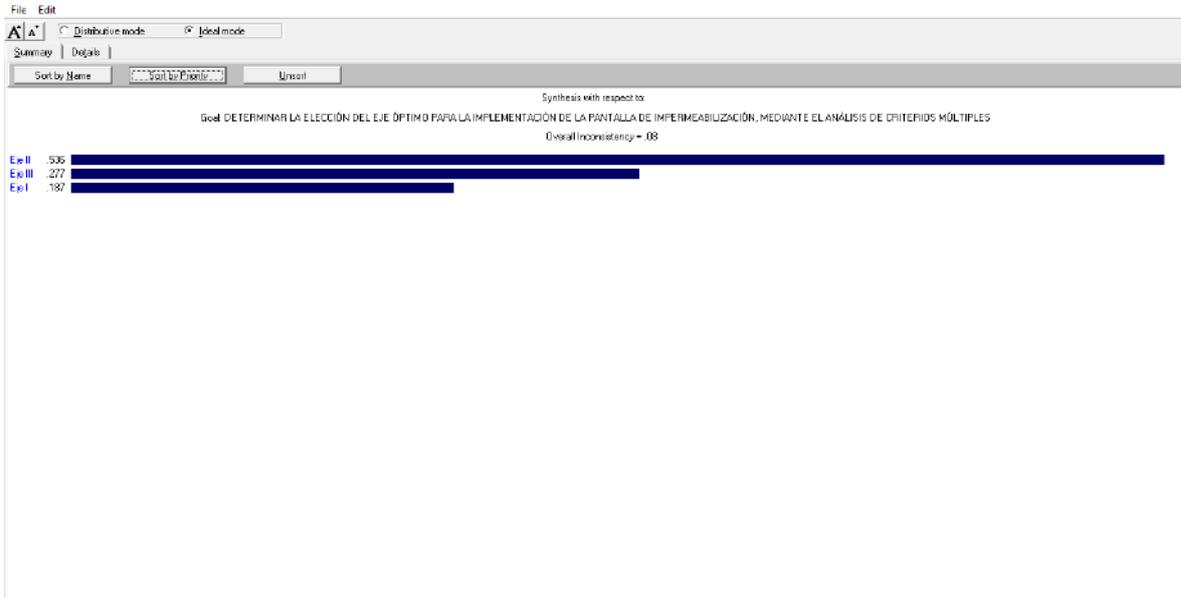
Porcentajes finales de los criterios de evaluación que determinan la elección del eje óptimo.



Nota. Elaboración propia

Figura 41

Resultado final según el software, con los ponderados respectivos a cada alternativa en la elección del eje óptimo.



Nota. Elaboración propia

Según el software, el óptimo elegido es el Eje II, con un ponderado de 0.536, equivalente al 53.6% de importancia, seguido del Eje III con un ponderado de 0.277, que equivale al 27.7% de importancia y por último el Eje I con un ponderado de 0.187, equivalente al 18.7% de importancia en la elección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, según el análisis de los tomadores de decisión mediante el software, como también el análisis de las alternativas y el análisis de los criterios de evaluación.

Por tanto, habiéndose elegido como eje óptimo el número II mediante el cálculo con estadística descriptiva y corroborado con el software Expert Choice, se prosigue a comprobar mediante la contrastación de hipótesis la veracidad del uso de la metodología de análisis de criterios múltiples del tipo AHP, en dicha elección.

Contrastación de hipótesis respecto al uso del análisis de criterios múltiples del tipo AHP, en la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización.

De la hipótesis específica 1

1) Formulación de la hipótesis estadística

Hipótesis nula (H₀)

No existe evidencia estadísticamente significativa de que los tomadores de decisión seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_0: \mu = \mu_0$$

Hipótesis alterna (H_a)

Existe evidencia estadísticamente significativa de que los tomadores de decisión seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_a: \mu \neq \mu_0$$

2) Determinación del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 \text{ (95\%)}$$

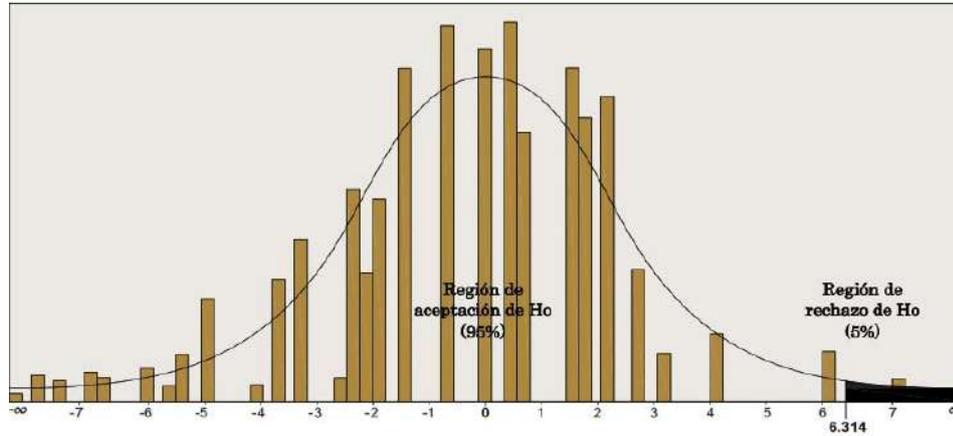
3) Determinación del estadígrafo de contrastación

Se utilizó la prueba t de Student para una muestra, hallando primero el valor de la T teórica (T_t) que viene determinada por el nivel de significancia, para luego contrastarla con la T calculada (T_c).

Como $\alpha = 0.05$ y el valor de grados de libertad es de 1 (n-2), nos dirigimos a la tabla T y hallamos su valor mediante la interpolación, como se muestra a continuación:

| α r | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 | 0,0005 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 1,000 | 1,376 | 1,963 | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,656 | 636,578 |
| 2 | 0,816 | 1,061 | 1,386 | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 | 31,600 |
| 3 | 0,765 | 0,978 | 1,250 | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 | 12,924 |
| 4 | 0,741 | 0,941 | 1,190 | 1,533 | 2,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 | 8,610 |
| 5 | 0,727 | 0,920 | 1,156 | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 | 6,869 |

En consecuencia, según la tabla, el valor crítico del estadístico de prueba es 6.314. A continuación, se muestra la campana según el valor encontrado, determinando la región de aceptación y la región de rechazo de la hipótesis nula.



Rechazar Ho si: $T_c > T_t$; $T_c > 6.314$

Aceptar Ho si: $T_c \leq T_t$; $T_c \leq 6.314$

4) Cálculo del estadístico de prueba

Se utilizó la fórmula de la prueba t de student para una muestra.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Para luego encontrar el valor de la T calculada, para su respectiva comparación con la T teórica.

| | |
|------------|--------------|
| X - U | 25.64 |
| \sqrt{n} | 1.732 |
| S | 5.89 |
| Tc | 7.531 |

En consecuencia, el valor de la T calculada es de 7.531.

5) Decisión estadística

Puesto que la T_c (7.531) es mayor que la T_t (6.314), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a).

6) Conclusión estadística

Puesto que se acepta la hipótesis alterna entonces se concluye que: Existe evidencia estadísticamente significativa de que los tomadores de decisión seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

De la hipótesis específica 2

1) Formulación de la hipótesis estadística

Hipótesis nula (H₀)

No existe evidencia estadísticamente significativa de que el análisis de alternativas selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_0: \mu = \mu_0$$

Hipótesis alterna (H_a)

Existe evidencia estadísticamente significativa de que el análisis de alternativas selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_a: \mu \neq \mu_0$$

2) Determinación del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 \text{ (95\%)}$$

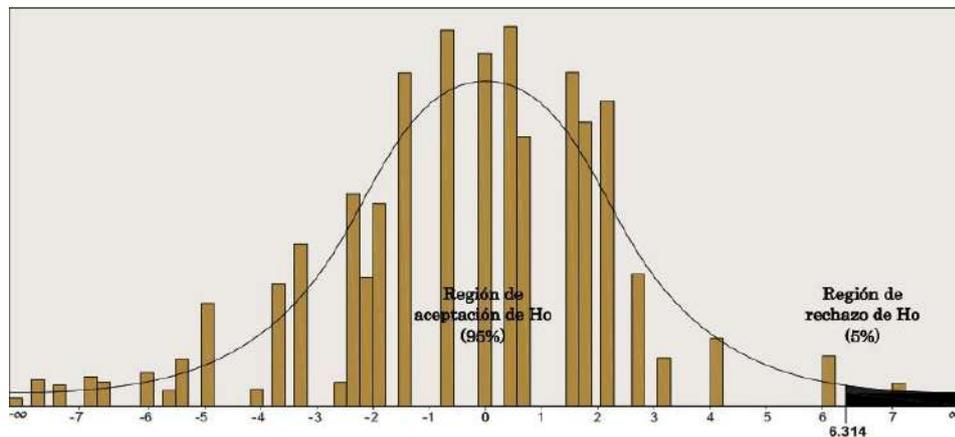
3) Determinación del estadígrafo de contrastación

Se utilizó la prueba t de Student para una muestra, hallando primero el valor de la T teórica (T_t) que viene determinada por el nivel de significancia, para luego contrastarla con la T calculada (T_c).

Como $\alpha = 0.05$ y el valor de grados de libertad es de 1 (n-2), nos dirigimos a la tabla T y hallamos su valor mediante la interpolación, como se muestra a continuación:

| α r | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 | 0,0005 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 1,000 | 1,376 | 1,963 | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,656 | 636,578 |
| 2 | 0,816 | 1,061 | 1,386 | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 | 31,600 |
| 3 | 0,765 | 0,978 | 1,250 | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 | 12,924 |
| 4 | 0,741 | 0,941 | 1,190 | 1,533 | 2,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 | 8,610 |
| 5 | 0,727 | 0,920 | 1,156 | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 | 6,869 |

En consecuencia, según la tabla, el valor crítico del estadístico de prueba es 6.314. A continuación, se muestra la campana según el valor encontrado, determinando la región de aceptación y la región de rechazo de la hipótesis nula.



Rechazar Ho si: $T_c > T_t$; $T_c > 6.314$

Aceptar Ho si: $T_c \leq T_t$; $T_c \leq 6.314$

4) Cálculo del estadístico de prueba

Se utilizó la fórmula de la prueba t de student para una muestra.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Para luego encontrar el valor de la T calculada, para su respectiva comparación con la T teórica.

| | |
|------------|--------------|
| X - U | 32.14 |
| \sqrt{n} | 1.732 |
| S | 8.15 |
| Tc | 6.830 |

En consecuencia, el valor de la T calculada es de 6.830.

5) **Decisión estadística**

Puesto que la T_c (6.830) es mayor que la T_t (6.314), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a).

6) **Conclusión estadística**

Puesto que se acepta la hipótesis alterna entonces se concluye que: Existe evidencia estadísticamente significativa de que el análisis de alternativas selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

De la hipótesis específica 3

1) **Formulación de la hipótesis estadística**

Hipótesis nula (H_0)

No existe evidencia estadísticamente significativa de que los criterios de evaluación seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_0: \mu = \mu_0$$

Hipótesis alterna (H_a)

Existe evidencia estadísticamente significativa de que los criterios de evaluación seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_a: \mu \neq \mu_0$$

2) **Determinación del nivel de significancia**

$$\alpha = 0.05 \text{ (95\%)}$$

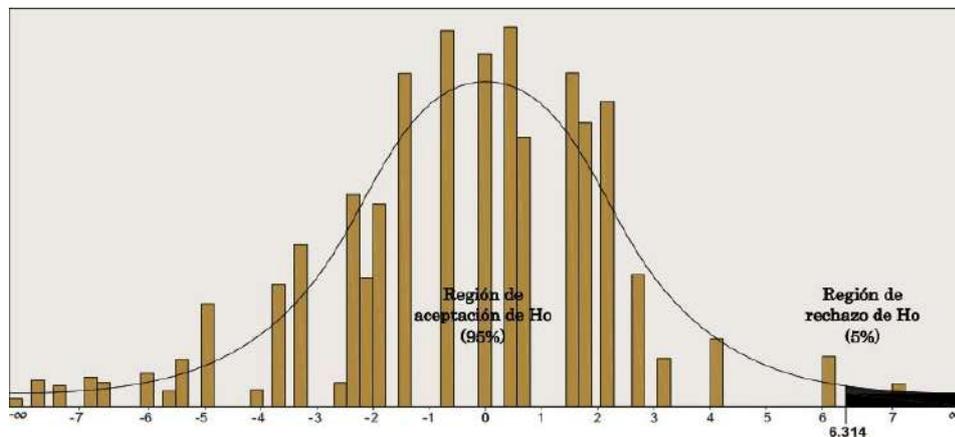
3) **Determinación del estadígrafo de contrastación**

Se utilizó la prueba t de Student para una muestra, hallando primero el valor de la T teórica (T_t) que viene determinada por el nivel de significancia, para luego contrastarla con la T calculada (T_c).

Como $\alpha = 0.05$ y el valor de grados de libertad es de 1 (n-2), nos dirigimos a la tabla T y hallamos su valor mediante la interpolación, como se muestra a continuación:

| α r | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 | 0,0005 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 1,000 | 1,376 | 1,963 | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,656 | 636,578 |
| 2 | 0,816 | 1,061 | 1,386 | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 | 31,600 |
| 3 | 0,765 | 0,978 | 1,250 | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 | 12,924 |
| 4 | 0,741 | 0,941 | 1,190 | 1,533 | 2,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 | 8,610 |
| 5 | 0,727 | 0,920 | 1,156 | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 | 6,869 |

En consecuencia, según la tabla, el valor crítico del estadístico de prueba es 6.314. A continuación, se muestra la campana según el valor encontrado, determinando la región de aceptación y la región de rechazo de la hipótesis nula.



Rechazar Ho si: $T_c > T_t$; $T_c > 6.314$

Aceptar Ho si: $T_c \leq T_t$; $T_c \leq 6.314$

4) Cálculo del estadístico de prueba

Se utilizó la fórmula de la prueba t de student para una muestra.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Para luego encontrar el valor de la T calculada, para su respectiva comparación con la T teórica.

| | |
|------------|--------------|
| X – U | 41.58 |
| \sqrt{n} | 1.732 |
| S | 11.19 |
| Tc | 6.436 |

En consecuencia, el valor de la T calculada es de 6.436.

5) Decisión estadística

Puesto que la Tc (6.436) es mayor que la Tt (6.314), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha).

6) Conclusión estadística

Puesto que se acepta la hipótesis alterna entonces se concluye que: Existe evidencia estadísticamente significativa de que los criterios de evaluación seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

De la hipótesis general

1) Formulación de la hipótesis estadística

Hipótesis nula (Ho)

No existe evidencia estadísticamente significativa de que el método de análisis de criterios múltiples del tipo AHP, selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_o: \mu = \mu_0$$

Hipótesis alterna (Ha)

Existe evidencia estadísticamente significativa de que el método de análisis de criterios múltiples del tipo AHP, selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

$$H_a: \mu \neq \mu_0$$

2) Determinación del nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 \text{ (95\%)}$$

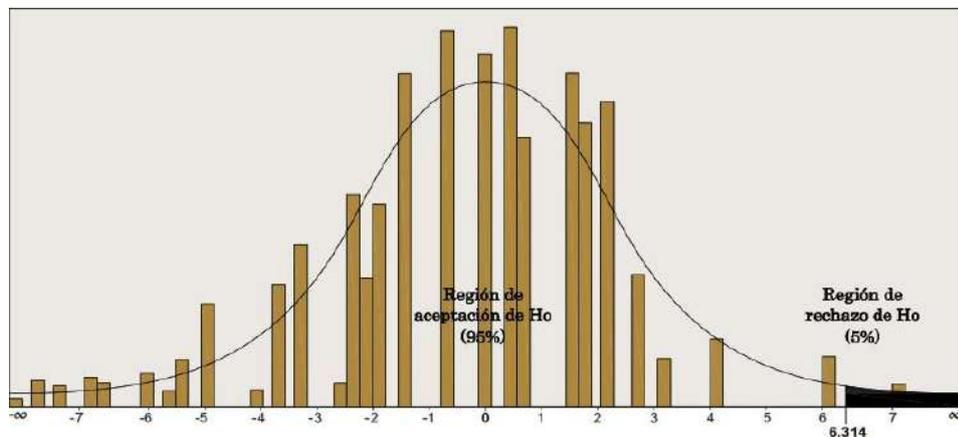
3) Determinación del estadígrafo de contrastación

Se utilizó la prueba t de Student para una muestra, hallando primero el valor de la T teórica (Tt) que viene determinada por el nivel de significancia, para luego contrastarla con la T calculada (Tc).

Como $\alpha = 0.05$ y el valor de grados de libertad es de 1 (n-2), nos dirigimos a la tabla T y hallamos su valor mediante la interpolación, como se muestra a continuación:

| α r | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 | 0,0005 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 1,000 | 1,376 | 1,963 | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,656 | 636,578 |
| 2 | 0,816 | 1,061 | 1,386 | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 | 31,600 |
| 3 | 0,765 | 0,978 | 1,250 | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 | 12,924 |
| 4 | 0,741 | 0,941 | 1,190 | 1,533 | 2,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 | 8,610 |
| 5 | 0,727 | 0,920 | 1,156 | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 | 6,869 |

En consecuencia, según la tabla, el valor crítico del estadístico de prueba es 6.314. A continuación, se muestra la campana según el valor encontrado, determinando la región de aceptación y la región de rechazo de la hipótesis nula.



Rechazar H_0 si: $T_c > T_t$; $T_c > 6.314$

Aceptar H_0 si: $T_c \leq T_t$; $T_c \leq 6.314$

4) Cálculo del estadístico de prueba

Se utilizó la fórmula de la prueba t de student para una muestra.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Para luego encontrar el valor de la T calculada, para su respectiva comparación con la T teórica.

| | |
|------------|--------------|
| X - U | 49.61 |
| \sqrt{n} | 1.732 |
| S | 10.87 |
| Tc | 7.905 |

En consecuencia, el valor de la T calculada es de 7.905.

5) Decisión estadística

Puesto que la Tc (7.905) es mayor que la Tt (6.314), en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Ha).

6) Conclusión estadística

Puesto que se acepta la hipótesis alterna entonces se concluye que: Existe evidencia estadísticamente significativa de que el método de análisis de criterios múltiples del tipo AHP, selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha.

7) Conclusión estadística final

De los resultados podemos afirmar que: Se rechazan todas las hipótesis nulas y se aceptan todas las hipótesis alternas, lo que demuestra que existe evidencia estadísticamente significativa de que las dimensiones tanto de los tomadores de decisión, como el análisis de alternativas, como los criterios de evaluación y en consecuencia la variable análisis de criterios múltiples; seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas, Ayacucho 2022.

4.2 Discusión de resultados

En la presente investigación se propuso como objetivo general determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el método de análisis de criterios múltiples, en la presa Ancascococha, Parinacochas – Ayacucho 2022. A partir de los resultados se logró determinar la selección del eje II como óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización con una confiabilidad del 95%.

Para esto se aplicó los instrumentos que fueron las fichas de registro, en donde se plasmó todo lo concerniente al análisis geológico – geotécnico y el análisis de los criterios de evaluación, los cuales fueron 6; riesgo de falla, fundación, geológico, tiempo, costo y ambiental.

Se aplicó la metodología de análisis de criterios múltiples contemplando 10 etapas, dentro de las cuales en la etapa 1, se definió el objetivo principal, el cual es determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización; en la etapa 2 se definió los criterios de evaluación y se detalló en lo que constituye cada uno de ellos, en la etapa 3 se pasó a determinar el peso de cada criterio, es decir su importancia respecto al otro, los cuales fueron analizados principalmente por los tomadores de decisión, y los cuales según el resultado de la ponderación, para el riesgo de falla se obtuvo un peso de 0.26, para fundación de 0.15, para geología de 0.44, para tiempo de 0.08, para costo de 0.05 y para ambiental de 0.03. En la etapa 4 se procedió a identificar las alternativas de elección, como fueron el eje I, el eje II y el eje III, cada uno con sus distintas características, en la etapa 5 se determinó los valores de rendimiento, esto resulta por el producto matricial, el cual arrojó los siguientes resultados; para riesgo de falla 1.25, para fundación 0.62, para geología 3.11, para tiempo 0.36, para costo 0.26 y para ambiental 0.18, luego se procedió a verificar mediante la consistencia de la matriz pareada, en donde el RC (-0.10) resultó menor que

0.10, por lo tanto la matriz y los valores de rendimiento son consistentes. En la etapa 6 se dio la clasificación de cada opción con respecto a los criterios, se analizó criterio por criterio cada alternativa, en la etapa 7 se procedió a normalizar los datos de cada opción con respecto a los criterios, cada opción con su respectivo peso según cada criterio. En la etapa 8 se procedió a realizar la comprobación de cada resultado de la etapa 7, realizando la multiplicación de los valores por peso, y en todos los criterios el RC resultó menor a 0.10, por tanto, todas las tablas y valores hallados son consistentes. En la etapa 9 se procedió a calcular las puntuaciones de rendimiento de cada alternativa por cada criterio, para que en la etapa 10 se realice el producto matricial de las puntuaciones de cada criterio con su peso, esto brindó los ponderados de cada alternativa de elección, siendo la que obtuvo mayor puntaje la alternativa II, es decir el Eje II, con una puntuación de 0.526, por lo tanto, es la selección óptima para la implementación de la pantalla de impermeabilización.

El resultado lo corroboramos mediante el software Expert Choice, el cual, al ingresar los datos correspondientes, el programa procedió a analizar y arrojó como resultado la ponderación de la alternativa 1 (eje I) en 0.187, para la alternativa 2 (eje II), una puntuación de 0.536 y para la alternativa 3 (eje III) una ponderación de 0.277, siendo la alternativa elegida, la alternativa número 2, el cual es el Eje II.

Finalizando la comprobación de lo antes mencionado, se procedió a la contrastación de la hipótesis general, la cual resultó que la T_c (7.905) es mayor que la T_t (6.314), por tanto se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alterna, en consecuencia se concluyó que existe evidencia estadísticamente significativa de que el método de análisis de criterios múltiples del tipo AHP, selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascococha.

Estos resultados se ven corroborados por Ortiz (2022), que en su investigación “Proceso analítico jerárquico como método para seleccionar el sitio y tipo de presa en proyectos hidráulicos, en la cual menciona que la metodología resultó importante, ya que permitió cumplir con su objetivo. Para Zapata (2019), en su investigación “Propuesta metodológica para la selección óptima del tipo de presa mediante el uso de técnicas multicriterio”, menciona que la metodología empleada es una herramienta orientada a la toma de decisiones complejas, funciona a través de la utilización de pesos estadísticos los cuales sintetizan y facilitan la toma de decisión final, el autor menciona que el uso de la metodología mencionada ayudó racionalmente en la elección del tipo de presa a construir.

Estos datos se complementan con el concepto de análisis de criterios múltiples que según DM Maker, “es la ciencia y arte de diseñar o elegir las mejores alternativas basadas en objetivos y preferencias del tomador de decisión”, en este contexto Luque (2019) menciona que desarrollar sistemas y herramientas de apoyo para la toma de decisiones entre múltiples alternativas es una tarea complicada y desafiante.

Para finalizar la presente investigación también planteó tres objetivos secundarios, cuyos resultados están inmersos en todo el proceso ya mencionado del análisis de criterios múltiples, se propuso determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante los tomadores de decisión, el análisis de alternativas y mediante el análisis de los criterios de evaluación. De este análisis se concluyó que tanto los tomadores de decisión, como el análisis de las alternativas y el análisis de los criterios de evaluación, seleccionan el eje número 2 como el óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización.

Finalmente se considera esta investigación como un aporte que servirá a futuros trabajos de contextos similares, facilitando el entendimiento sobre el proceso del análisis multicriterio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Se determinó la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante los tomadores de decisiones en la presa Ancascococha, Parinacochas – Ayacucho 2022. Estos tomadores de decisiones que son el residente y supervisor de la obra, analizaron los datos obtenidos del proceso de elección de criterios múltiples, los cuales están basados en normas técnicas y trabajo científico. Y mediante la contrastación estadística se determinó que la T_c (7.531) es mayor que la T_t (6.314), por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alterna, en consecuencia, se concluye que, existe evidencia estadísticamente significativa de que los tomadores de decisión seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascococha.

- Se determinó la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el análisis de alternativas en la presa Ancascococha, Parinacochas – Ayacucho 2022. En este análisis de alternativas, las cuales fueron los tres ejes de la presa, se evidenció que la alternativa dos es la más óptima, debido a las características que en ella existen, también se tomó en cuenta el estudio geotécnico y geológico del material de cada uno de los ejes en donde hay posibles filtraciones, dando evidencia que en el eje dos el material, tiene una permeabilidad de 0.0974, que puede provocar en un futuro el deterioro del cimiento de la presa. Y mediante la contrastación estadística se determinó que la T_c (6.830) es mayor que la T_t (6.314), por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alterna, en consecuencia, se concluye que, existe evidencia estadísticamente significativa de que el análisis de alternativas selecciona el eje II como

óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascococha.

– Se determinó la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante los criterios de evaluación en la presa Ancascococha, Parinacochas – Ayacucho 2022. Estos criterios de evaluación que son 6 para la presente investigación, ayudaron a determinar el eje óptimo el cual es el eje dos, teniendo un ponderado en riesgo de falla de un 63.3%, el cual es más alto que en los otros dos ejes, en los demás criterios ocurre lo siguiente, 10.6% para fundación, un 72.3% en análisis geológico, un 21.6% para tiempo de construcción, un 0.61% en costo de construcción y un 26% en el criterio ambiental, cabe resaltar que estos ponderados son el nivel de importancia que rige para cada criterio de evaluación. Y mediante la contrastación estadística se determinó que la T_c (6.436) es mayor que la T_t (6.314), por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alterna, en consecuencia, se concluye que, existe evidencia estadísticamente significativa de que los criterios de evaluación seleccionan el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascococha.

– Se determinó la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el método de análisis de criterios múltiples, en la presa Ancascococha, Parinacochas – Ayacucho 2022, dentro de este método se decidió optar el tipo AHP (Analytic Hierarchy Process) que es una herramienta efectiva para la toma de decisiones complejas, para esto se tomó en cuenta la evaluación de seis criterios, riesgo de falla, fundación, análisis geológico, tiempo de construcción, costo de construcción, y criterio ambiental, estos criterios fueron aplicados al análisis de tres alternativas relacionadas como

Eje I, Eje II, Eje III. de los cuales se obtuvieron los coeficientes o pesos de ponderación con la ayuda de la herramienta Excel, se obtiene como resultado el porcentaje para cada una de las alternativas, para esto se hizo dos tipos de análisis, uno de manera manual ayudado con la herramienta Excel y otro análisis mediante el software Expert Choice. A continuación se muestran los resultados obtenidos de manera manual: la alternativa 01 (eje I) obtuvo un ponderado de 0.187, equivalente al 18.7% de importancia, la alternativa 02 (eje II) obtuvo un ponderado de 0.526, equivalente al 52.6% de importancia y la alternativa 03 (eje III), obtuvo un ponderado de 0.287, equivalente al 28.7% de importancia. Ahora se muestra los resultados obtenidos con el software Expert Choice: la alternativa 01 (eje I) obtuvo un ponderado de 0.187, equivalente al 18.7% de importancia, la alternativa 02 (eje II) obtuvo un ponderado de 0.536, equivalente al 53.6% de importancia y la alternativa 03 (eje III), obtuvo un ponderado de 0.277, equivalente al 27.7% de importancia. De estos resultados se ha tomado como óptima, la alternativa número 02, es decir el Eje II, esta alternativa contempla implementar en un futuro y mediante otras investigaciones, una pantalla de impermeabilización en la zona de mayor riesgo de filtración. Y para finalizar, mediante la contrastación estadística se determinó que la T_c (7.905) es mayor que la T_t (6.314), por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alterna, en consecuencia, se concluye que, existe evidencia estadísticamente significativa de que el método de análisis de criterios múltiples del tipo AHP, selecciona el eje II como óptimo, para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascococha.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar el método de análisis de criterios múltiples del tipo proceso analítico jerárquico (AHP) respetando todo el proceso que esta demanda, en diferentes aspectos de obra, como el uso de material, la construcción de algún edificio, hasta en la selección de personal, ya que este método puede ser usado en distintos aspectos laborales y de construcción.
- Al realizar las operaciones matemáticas matriciales se sugiere seguir con todos los pasos detallados en la etapa de priorización y ponderación, ya que, si se obtiene un cálculo con error, pues conllevaría a tomar decisiones erróneas y por ende a perjudicar los proyectos analizados.
- Se sugiere el análisis combinado entre la metodología de criterios múltiples del tipo AHP y los estudios técnicos geológicos y geotécnicos de las alternativas estudiadas, para obtener una verdadera validación de las investigaciones basadas en estos análisis.
- Se recomienda tomar en cuenta esta investigación para la futura implementación de la pantalla de impermeabilización, la cual no fue motivo de estudio de este trabajo, esta implementación que se analizará en otras investigaciones ya tiene como soporte los análisis geológicos y geotécnicos básicos, a los cuales tendrán que añadirse otra serie de estudios y así elaborar de la mejor manera un expediente para la pantalla de impermeabilización.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, Julio, Chavez, Xavier y Salcedo, Marco. 2010.** *presas - tipos y clases*. 2010.
- Aliaga cavalcanti, Joao Brian y Quintana Pozo, Jorge Gerardo. 2020.** *Analisis de filtraciones y estabilidad fisica de la presa vizcachas-en dos fases de ejecución*. lima-peru : s.n., 2020.
- Alvarez, M., Alvarez, L. y Vazquez, R. 2017. 2017.** *Evaluación de riesgos y modelación de soluciones técnicas para filtraciones en presas de tierra*. 2017. págs. 3-10. Vol. 8.
- Apaza, Pele Yacre. 2016.** *"Evaluacion geologica y geotecnica para la ampliacion, en la presa ancascocha en la cuenca de yauca Ayacucho-Arequipa"*. puno : universidad nacional del altiplano, 2016.
- Armas, N.R. 2002. 2002.** *Criterios de diseño de presas de tierra: prioridades y secuencias*. 2002.
- Autoridad nacional del agua, ANA. 2013.** *revision de informacion existente proyecto Ancascocha*. ayacucho : s.n., 2013.
- Gonzales Galindo, Jesus. 2017.** Filtraciones através del cimientto de las presas. [En línea] 2017. <https://jesusgonzalezgalindo.wordpress.com/acerca-de/>.
- Hechavarria, J. y Arzola Ruiz, J. Y Lastre, A. 2007.** [Ed.] Instituto superior politecnico jose antonio echevarria. 1815-5944, habana, cuba : revista de ingenieria mecanica, 22 de mayo - agosto de 2007, diseño óptimo de redes hidráulicas bajo criterios, págs. 15-22.
- Hernández, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. 2014.** *metodologia de la investigacion*. 2014.

- Luque Luque, Hugo Sandro. 2019.** *Revision del analisis de decision multicriterio para la gestion de los recursos hidricos.* Universidad de alcala . Alcala españa : universidad de alcala , 2019. Pág. 44.
- MAQUERA, ALARCON. 2013.** *Impermeabilizacion del eje de la presa chirimayuni-moquegua, mediante inyecciones de lechada de cemento.* Tacna : s.n., 2013.
- Ortiz Moya, Efren Wilfrido. 2022.** *Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como método para seleccionar el sitio y tipo de presa en proyectos hidráulicos.* ecuador : universidad central de ecuador , 2022.
- Rimache, T. 2016.** “*Aplicación del método gin para la pantalla de impermeabilización de la presa pumamayo – distrito de macusani – provincia de carabaya – departamento de puno*”. Puno : s.n., 2016.
- Rimachi Taco, Elard Jans. 2016.** *Aplicación del metodo GIN para la pantalla de impermeabilizacion de la presa pumamayo-distrito de macuni-provincia de carabaya-departamento de Puno.* Arequipa-Perú : s.n., 2016.
- Romero, carlos. 1989.** *Analisis de las decisiones multicriterio.* madrid : isdefe, 1989.
- Sandoval, Washinton. 2012.** *presas de tierra y enrocamiento.* Quito Ecuador : s.n., 2012. 978-9942-30-945-7.
- twenergy . 2020.** *él deficit hidrico.* twenergy. [En línea] 13 de enero de 2020. [Citado el: 22 de junio de 2022.] <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/como-ahorrar-agua/el-deficit-hidrico-1392/>.
- Urquiza, Y., y otros. 2017.** *El impacto de fenomenos geoambientales de cortinas de presas de tierra en cuba.* CUBA : centro de informacion y Gestion tecnologica de santiago de cuba, 2017. págs. 56-69.

Vargas, Luis. 2020. *Aplicacion del metodo jet grouting para la impermeabilizacion de la represa ancascococha y disponibilidad hidrica en minera las bambas - apurimac.* cusco-peru : s.n., 2020. pág. 130.

Zapata Cruz, Juan David, Ramos Rivera, Johnatan y Bustamante , Ariel. 2019. *propuesta metodologia para la seleccion optima de tipo de presa mediante el uso de tecnicas multicriterio.* colombia : universidad nacional de colombia, 2019.

Zorrilla. 1993. 1993.

ANEXO I

Cuadro de Operacionalización de Variables

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|--|--|---|--------------------------|--|
| MÉTODO DE ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES | En la plataforma virtual HiSour, se menciona que el análisis de criterios múltiples es un proceso estructurado para evaluar opciones con criterios en conflicto y elegir la mejor solución, este es comparable a un análisis costo beneficio, pero con muchos más puntos de análisis llamados criterios. | Es una subdisciplina de la investigación de operaciones, que evalúa múltiples criterios de evaluación de acuerdo al tipo de alternativas que se desea elegir. | Tomadores de decisiones | <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor • Residente |
| | | | Análisis de alternativas | <ul style="list-style-type: none"> • Costos de operación y mantenimiento • Análisis externo |
| | | | Criterios de evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de falla • Fundación • Geología • Tiempo de construcción • Costo de construcción • Ambiental |

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|-------------------|--|---|-------------|---|
| EJE ÓPTIMO | Definida como punto de falla o posible falla de una presa ya sea de tierra o de concreto, cuyas características son variables de acuerdo a la zona en donde se ubica. El eje óptimo es el lugar elegido entre varios ejes, para dar solución a un problema de falla, habiéndose estudiado diferentes aspectos tanto físicos, como sociales, o ambientales, los cuales ayudan a la valoración entre ejes. | Para ser eje óptimo depende del análisis geológico y geotécnico, los cuales mostrarán diferencias entre los ejes estudiados y posteriormente la elección de uno de ellos. Para la presa Ancascococha se tiene tres ejes de estudio. | Eje I | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis geológico • Análisis geotécnico |
| | | | Eje II | |
| | | | Eje III | |

| VARIABLE MODERADORA | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|--------------------------------|---|--|--|--|
| PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN | La pantalla sirve para mantener la estanquidad de cuyas presas son de tipo terraplén con filtrante, esta se cubre en su talud aguas arriba con una pantalla de hormigón la cual va adjunta a la pantalla apoyada en los plintos y moldeada en la pared. | Formadas por las inyecciones de una serie de perforaciones, dispuestas en una o más líneas paralelas, bajo el corazón impermeable, alcanzan profundidades que dependen principalmente de las características geológicas y geotécnicas. | Al ser variable moderadora no presenta dimensiones | Al ser variable moderadora no presenta indicadores |

ANEXO II

Matriz de consistencia: “SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCHA, PARINACOCHAS – AYACUCHO 2022”

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPÓTESIS | VARIABLES | METODOLOGÍA | INDICADORES |
|--|---|---|--|---|---|
| <p>General: ¿De qué manera el análisis de criterios múltiples, seleccionará el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?</p> <p>Específicos: ¿De qué manera los tomadores de decisiones seleccionarán el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?</p> | <p>General: Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el método de análisis de criterios múltiples, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> <p>Específicos: Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante los tomadores de decisiones en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> | <p>General: El método de análisis de criterios múltiples selecciona significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> <p>Específicos: Los tomadores de decisiones seleccionan significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> | <p>Independiente: Método de análisis de criterios múltiples Dimensiones: * Tomadores de decisiones * Análisis de alternativas * Criterios de evaluación</p> <p>Dependiente: Eje óptimo Dimensiones: * Eje I * Eje II</p> | <p>Método de investigación: • Científico</p> <p>Tipo de investigación: • Cuantitativa • Tecnológica</p> <p>Nivel de investigación: • Descriptivo • Explicativo</p> <p>Diseño de la investigación: • No experimental del tipo transeccional - descriptivo</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p align="center">V1..... x V2</p> </div> <p>Dónde: V1=Método de análisis de criterios múltiples</p> | <p>Tomadores de decisiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor • Residente <p>Análisis de alternativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costos de operación y mantenimiento • Análisis externo <p>Criterios de evaluación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de falla • Fundación • Geología • Tiempo de construcción • Costo de construcción • Ambiental |

| | | | | | |
|---|---|--|------------------|---|--|
| <p>¿De qué manera el análisis de alternativas seleccionará el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?</p> <p>¿De qué manera el los criterios de evaluación seleccionarán el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022?</p> | <p>Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante el análisis de alternativas en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> <p>Determinar la selección del eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización mediante los criterios de evaluación en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> | <p>El análisis de alternativas selecciona significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> <p>Los criterios de evaluación seleccionan significativamente el eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización, en la presa Ancascocha, Parinacochas – Ayacucho 2022.</p> | <p>* Eje III</p> | <p>V2=Eje óptimo para la implementación de la pantalla de impermeabilización</p> <p>x =Aplicación del método de análisis de criterios múltiples</p> <p>Población: 03 ejes de análisis de fallas en la presa Ancascocha</p> <p>Muestra: 3 ejes de análisis de fallas en la presa Ancascocha (estos ejes presentan fallas de filtración)</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Técnica: Observación científica</p> <p>Instrumentos: Ficha de registro</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos: Análisis con estadística descriptiva e inferencial</p> | |
|---|---|--|------------------|---|--|

FICHA DE REGISTRO



Universidad
Continental

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA
DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL
ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA
ANCASCCOCHA, PARINACOCHAS - AYACUCHO
2022**

FECHA

| | | |
|-----|-----|-----|
| DÍA | MES | AÑO |
| | | |

PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN

EJE: _____

ANÁLISIS

CRITERIOS MÚLTIPLES

MUESTRA

INVESTIGADOR: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA

RESPONSABLE: _____

| CRITERIOS | ANÁLISIS | RESULTADOS |
|------------------------|----------|------------|
| RIESGO DE FALLA | | |
| FUNDACIÓN | | |
| GEOLOGÍA | | |
| TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN | | |
| COSTO DE CONSTRUCCIÓN | | |
| AMBIENTAL | | |

| |
|--------------------------------|
| COSTOS DE MANTENIMIENTO |
| |
| |
| |

| |
|-----------------------|
| OBSERVACIONES: |
| |
| |
| |

FIRMA DEL RESIDENTE

FIRMA DEL SUPERVISOR

ANEXO IV

Fichas de validación por juicio de expertos

SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCDCCHA, PARINACOCCHAS – AYACUCHO 2022

I. DATOS GENERALES:

Apellidos y nombres del experto: Pacheco Laura Jaime

Profesión: Ingeniero Agrícola

Grado académico: Magister en Hidrología e Gestión de Recursos Hídricos

Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**

Autor del Instrumento: **Rosibeth Laura Pacheco Laura**

Instrucciones: Marque con un aspa la opción que considere correspondiente de acuerdo a su opinión de si el presente documento si cumple o no con los indicadores planteados:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| INDICADORES | CRITERIOS | SI (I) | NO (O) |
|---------------------|---|-----------|--------|
| 1. CLARIDAD | Está formulado con lenguaje apropiado. | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Está expresado en conductas observables. | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología. | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Comprende los aspectos en cantidad y calidad. | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Adecuado para valorar aspectos de necesarios del tema a investigar. | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Basado en aspectos teórico-científicos. | X | |
| 8. COHERENCIA | Entre las variables, las dimensiones y los indicadores. | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde al propósito del diagnóstico. | X | |
| 10 SIGNIFICATIVIDAD | Es útil y adecuado para la investigación. | X | |
| TOTAL | | 10 | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Firma del Experto Informante.



JAIME PACHECO LAURA
INGENIERO AGRÍCOLA
CIP N° 76570

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE
CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCCHA, PARINACOCCHAS - AYACUCHO 2022**

I. DATOS GENERALES:

Apellidos y nombres del experto: Chambilla Paldmino Edwin

Profesión: Ingeniero Geólogo

Grado académico: Ingeniero Geólogo

Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**

Autor del Instrumento: **Rosibeth Laura Pacheco Laura**

Instrucciones: Marque con un aspa la opción que considere correspondiente de acuerdo a su opinión de si el presente documento si cumple o no con los indicadores planteados:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| INDICADORES | CRITERIOS | SI (I) | NO (O) |
|---------------------|---|--------|--------|
| 1. CLARIDAD | Está formulado con lenguaje apropiado. | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Está expresado en conductas observables. | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología. | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Comprende los aspectos en cantidad y calidad. | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Adecuado para valorar aspectos de necesarios del tema a investigar. | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Basado en aspectos teórico-científicos. | X | |
| 8. COHERENCIA | Entre las variables, las dimensiones y los indicadores. | X | |
| 9. METODOLOGIA | La estrategia responde al propósito del diagnóstico. | X | |
| 10 SIGNIFICATIVIDAD | Es útil y adecuado para la investigación. | X | |
| TOTAL | | 10 | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Firma del Experto Informante.


Ing. Edwin Paldmino Chambilla
 Experto en Geología y Geotecnia

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE
CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCCHA, PARINACOCCHAS – AYACUCHO 2022**

I. DATOS GENERALES:

Apellidos y nombres del experto: Loayza Yupanqui Karin Edith
 Profesión: Ingeniero Agrícola
 Grado académico: Ingeniero Agrícola

Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**
 Autor del Instrumento: **Rosibeth Laura Pacheco Laura**

Instrucciones: Marque con un aspa la opción que considere correspondiente de acuerdo a su opinión de si el presente documento si cumple o no con los indicadores planteados:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| INDICADORES | CRITERIOS | SI (I) | NO (O) |
|---------------------|---|-----------|--------|
| 1. CLARIDAD | Está formulado con lenguaje apropiado. | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Está expresado en conductas observables. | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología. | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Comprende los aspectos en cantidad y calidad. | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Adecuado para valorar aspectos de necesarios del tema a investigar. | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Bazado en aspectos técnico-científicos. | X | |
| 8. COHERENCIA | Entre las variables, las dimensiones y los indicadores. | X | |
| 9. METODOLOGIA | La estrategia responde el propósito del diagnóstico. | X | |
| 10 SIGNIFICATIVIDAD | Es útil y adecuado para la investigación. | X | |
| TOTAL | | 10 | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Firma del Experto Informante:


Ing. Karin E. Loayza Yupanqui
 CIP 121028
 Registrada en el Registro Público

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE
CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCOCHA, PARINACOCNAS – AYACUCHO 2022**

I. DATOS GENERALES:

Apellidos y nombres del experto: Pacheco Laura Jaime
 Profesión: Ingeniero Agrícola
 Grado académico: Magister en hidrología y gestión de recursos hídricos
 Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES**
 Autor del Instrumento: **Rosibeth Laura Pacheco Laura**

Instrucciones: Marque con un aspa la opción que considere correspondiente de acuerdo a su opinión de si el presente documento si cumple o no con los indicadores planteados:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| INDICADORES | CRITERIOS | SI (I) | NO (D) |
|---------------------|---|-----------|--------|
| 1. CLARIDAD | Esté formulado con lenguaje apropiado. | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esté expresado en conductas observables. | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología. | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Comprende los aspectos en cantidad y calidad. | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Adecuado para valorar aspectos de necesarios del tema a investigar. | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Basado en aspectos teórico-científicos. | X | |
| 8. COHERENCIA | Entre las variables, las dimensiones y los indicadores. | X | |
| 9. METODOLOGIA | La estrategia responde al propósito del diagnóstico. | X | |
| 10 SIGNIFICATIVIDAD | Es útil y adecuado para la investigación. | X | |
| TOTAL | | 10 | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Firma del Experto Informante.




**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE
CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCCHA, PARINACOCCHAS – AYACUCHO 2022**

I. DATOS GENERALES:

Apellidos y nombres del experto: Chambella Palomino Edwin
 Profesión: Ingeniero Geólogo
 Grado académico: Ingeniero Geólogo

Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES**
 Autor del Instrumento: **Rosibeth Laura Pacheco Laura**

Instrucciones: Marque con un espe la opción que considere correspondiente de acuerdo a su opinión de si el presente documento si cumple o no con los indicadores planteados:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| INDICADORES | CRITERIOS | SI (I) | NO (D) |
|---------------------|---|-----------|--------|
| 1. CLARIDAD | Esté formulado con lenguaje apropiado. | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esté expresado en conductas observables. | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología. | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Comprende los aspectos en cantidad y calidad. | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Adecuado para valorar aspectos de necesarios del tema a investigar. | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Basada en aspectos teórico-científicos. | X | |
| 8. COHERENCIA | Entre las variables, las dimensiones y los indicadores. | X | |
| 9. METODOLOGIA | La estrategia responde al propósito del diagnóstico. | X | |
| 10 SIGNIFICATIVIDAD | Es útil y adecuado para la investigación. | X | |
| TOTAL | | 10 | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Firma del Experto Informante.


 Ing. Edwin Chambella Palomino
 CIP 71501
 Especialista en Geología y Sismología

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE
CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCHA, PARINACOCCHAS – AYACUCHO 2022**

I. DATOS GENERALES:

Apellidos y nombres del experto: Layza Yupanqui Karin Edith

Profesión: Ingeniero Agrícola

Grado académico: Ingeniero Agrícola

Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **FICHA DE REGISTRO DE ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES**

Autor del Instrumento: **Rosibeth Laura Pacheco Laura**

Instrucciones: Marque con un aspa la opción que considere correspondiente de acuerdo a su opinión de si el presente documento si cumple o no con los indicadores planteados:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| INDICADORES | CRITERIOS | SI (I) | NO (D) |
|---------------------|---|--------|--------|
| 1. CLARIDAD | Está formulado con lenguaje apropiado. | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Está expresado en conductas observables. | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología. | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Comprende los aspectos en cantidad y calidad. | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Adecuado para valorar aspectos de necesarios del tema a investigar. | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Basado en aspectos teórico-científicos. | X | |
| 8. COHERENCIA | Entre las variables, las dimensiones y los indicadores. | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde al propósito del diagnóstico. | X | |
| 10 SIGNIFICATIVIDAD | Es útil y adecuado para la investigación. | X | |
| TOTAL | | 10 | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

Firma del Experto Informante.


 Ing. Karin E. Layza Yupanqui
 CIP 12404
 Especialista en Obras Hidráulicas

ANEXO V

Confiabilidad del instrumento

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN
UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCCOCHA,
PARINACOCHAS - AYACUCHO 2022**

RELIABILITY

```
/VARIABLES=VAR00001 VAR00002 VAR00003 VAR00004 VAR00005 VAR00006 VAR00007
VAR00008 VAR00009 VAR00010 VAR00011 VAR00012 VAR00013 VAR00014 VAR00015 VAR00016
VAR00017 VAR00018 VAR00019 VAR00020 VAR00021 VAR00022 VAR00023 VAR00024
```

```
/SCALE('ALL VARIABLES') ALL
```

```
/MODEL=ALPHA
```

```
/SUMMARY=TOTAL.
```

Fiabilidad

| Notas | |
|--------------------------|--|
| Salida creada: | 23-SET-2022 15:09:34 |
| Comentarios: | |
| Entrada: | Conjunto de datos: Conjunto_de_datos0 |
| | activo |
| | Filtro: <ninguno> |
| | Ponderación: <ninguno> |
| | Segmentar archivo: <ninguno> |
| | N de filas en el archivo de datos de trabajo: 5 |
| | Entrada de matriz: |
| Manejo de valor perdido: | Definición de ausencia: Los valores perdidos definidos por el usuario se tratan como perdidos. |
| | Casos utilizados: Las estadísticas se basan en todos los casos con datos válidos para todas las variables en el procedimiento. |
| Sintaxis: | RELIABILITY /VARIABLES=VAR00001 VAR00002 VAR00003 VAR00004 VAR00005 VAR00006 VAR00007 VAR00008 VAR00009 VAR00010 VAR00011 VAR00012 VAR00013 VAR00014 VAR00015 VAR00016 VAR00017 VAR00018 VAR00019 VAR00020 VAR00021 VAR00022 VAR00023 VAR00024 /SCALE ('ALL VARIABLES') ALL /MODEL=ALPHA /SUMMARY=TOTAL. |
| Recursos: | Tiempo de procesador: 00:00:00.00 |
| | Tiempo transcurrido: 00:00:00.02 |

[Conjunto_de_datos0]

Escala: ALL VARIABLES - FICHAS DE REGISTRO - ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES - ANÁLISIS GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|---|-------|
| Casos | Válido | 2 | 100,0 |
| | Excluido ^a | 0 | ,0 |
| | Total | 2 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

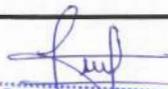
| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,824 | 24 |

Estadísticas de total de elemento

| | Media de escala si el elemento se ha suprimido | Varianza de escala si el elemento se ha suprimido | Correlación total de elementos corregida | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
|----------|--|---|--|---|
| VAR00001 | 99,7000 | 557,122 | ,843 | ,766 |
| VAR00002 | 99,3000 | 570,900 | ,484 | ,769 |
| VAR00003 | 99,7000 | 536,900 | ,712 | ,768 |
| VAR00004 | 99,2000 | 536,844 | ,935 | ,765 |
| VAR00005 | 98,9000 | 549,656 | ,938 | ,765 |
| VAR00006 | 99,2000 | 533,511 | ,938 | ,765 |
| VAR00007 | 99,1000 | 536,989 | ,908 | ,765 |
| VAR00008 | 98,6000 | 574,711 | ,885 | ,767 |
| VAR00009 | 98,8000 | 551,956 | ,819 | ,766 |
| VAR00010 | 98,6000 | 586,044 | ,545 | ,768 |
| VAR00011 | 98,5000 | 588,056 | ,674 | ,768 |
| VAR00012 | 98,6000 | 576,933 | ,818 | ,767 |
| VAR00013 | 99,9000 | 518,989 | ,969 | ,765 |
| VAR00014 | 99,5000 | 528,056 | ,984 | ,764 |
| VAR00015 | 100,3000 | 519,122 | ,832 | ,767 |
| VAR00016 | 99,3000 | 540,011 | ,973 | ,765 |
| VAR00017 | 98,8000 | 537,289 | ,860 | ,766 |
| VAR00018 | 98,9000 | 542,544 | ,835 | ,766 |
| VAR00019 | 98,3000 | 597,122 | ,384 | ,769 |
| VAR00020 | 98,2000 | 598,400 | ,434 | ,769 |
| VAR00021 | 98,5000 | 580,500 | ,719 | ,768 |
| VAR00022 | 99,6000 | 519,378 | ,919 | ,765 |
| VAR00023 | 98,4000 | 590,489 | ,435 | ,769 |
| VAR00024 | 98,3000 | 597,122 | ,384 | ,769 |

ANEXO VI

Instrumentos rellenos

| FICHA DE REGISTRO | | | |
|--|---|---|--|
|  Universidad Continental | SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCOCHA, PARINACOCHAS - AYACUCHO 2022 | | FECHA DÍA MES AÑO _____ |
| | PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN EJE: <u>1</u> | ANÁLISIS CRITERIOS MÚLTIPLES | MUESTRA M1 |
| INVESTIGADOR: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA | | | |
| RESPONSABLE: _____ | | | |
| CRITERIOS | ANÁLISIS | RESULTADOS | |
| RIESGO DE FALLA | Debido a la materialidad del suelo y a la estabilidad de las laderas, el riesgo de falla es de nivel medio | Medio | |
| FUNDACIÓN | Con la permeabilidad muy baja y una estratigrafía moderada el criterio de fundación es bueno | Bueno | |
| GEOLOGÍA | Habiéndose encontrado poca altura probabilidad de 4.8m y no contándose depósitos de tipo coluvial ni aluvial, la consistencia probable es media | Media | |
| TIEMPO | Dada la ubicación de eje, la implementación de la pantalla se podrá realizar con normalidad no afectando directamente a las poblaciones aledañas | Bajo | |
| COSTO | Por las características analizadas del Eje, no teniendo mayor problema de filtraciones, el costo para la pantalla sería de nivel bajo | Bajo | |
| AMBIENTAL | El impacto ambiental de acuerdo al analizado es alto dado el riesgo que suscita la implementación de la pantalla, dañando al quehacer zonas de flora y fauna | ALTO | |
| COSTOS DE MANTENIMIENTO | | | |
| Por la ubicación del eje, el costo de mantenimiento sería de nivel bajo | | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| | | | |
|  Ing. Jorge Hilano Quilla RESIDENTE DE OBRA REG. CIP N° 142366 FIRMA DEL RESIDENTE | |  JAIME PACHECO LAURA INGENIERO AGRÍCOLA CIP N° 76570 FIRMA DEL SUPERVISOR | |

FICHA DE REGISTRO



Universidad
Continental

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA
DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL
ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA
ANCASCCOCHA, PARINACOCHAS - AYACUCHO
2022**

| FECHA | | |
|-------|-----|-----|
| DÍA | MES | AÑO |
| | | |

| PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN | |
|--------------------------------|---|
| EJE: | 2 |

| ANÁLISIS |
|---------------------|
| CRITERIOS MÚLTIPLES |

| MUESTRA |
|---------|
| M2 |

INVESTIGADOR: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA

RESPONSABLE: _____

| CRITERIOS | ANÁLISIS | RESULTADOS |
|-----------------|---|------------|
| RIESGO DE FALLA | Débito a la materialidad del suelo y a la estabilidad de las laderas, el riesgo de falla es de nivel alto | Alto |
| FUNDACIÓN | Con una permeabilidad media y una estratigrafía complicada, el criterio de fundación es de nivel alto. | Alto |
| GEOLOGÍA | Habiéndose encontrado Rocas a una profundidad de 21m, y encontrándose un depósito de tipo aluvial, la capacidad portante es media | Media |
| TIEMPO | Dada la ubicación del eje, puede darse una demora en la implementación de la pantalla y cerrarse algunos canales que afectan directamente a la población. | Medio |
| COSTO | Por las características analizadas de Eje, y teniendo un problema de filtración en el Area, el costo para la pantalla sería alto | Alto |
| AMBIENTAL | El impacto Ambiental acorde a lo Analizado es medio dado el poco riesgo de dañar zonas de flora y fauna y el uso de materiales de la Pantalla | Medio |

| COSTOS DE MANTENIMIENTO |
|---|
| Por la ubicación del Eje, El costo de Mantenimiento sería de nivel alto |
| |
| |
| |

| OBSERVACIONES: |
|----------------|
| |
| |
| |

Ing. Jorge Hilario Quilla
 RESIDENTE DE OBRA
 Reg. C.P. N° 148796

 FIRMA DEL RESIDENTE

JAIME PACHECO LAURA
 INGENIERO AGRICOLA
 CIP N° 76570

 FIRMA DEL SUPERVISOR

FICHA DE REGISTRO



Universidad
Continental

**SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA
DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL
ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA
ANCASCOCHA, PARINACOCNAS - AYACUCHO
2022**

| FECHA | | |
|-------|-----|-----|
| DÍA | MES | AÑO |
| | | |

| PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN | |
|--------------------------------|---|
| EJE: | 3 |

| ANÁLISIS |
|---------------------|
| CRITERIOS MÚLTIPLES |

| MUESTRA |
|---------|
| M3 |

INVESTIGADOR: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA
RESPONSABLE: _____

| CRITERIOS | ANÁLISIS | RESULTADOS |
|-----------------|--|------------|
| RIESGO DE FALLA | Debido al Material del suelo y a la estabilidad de las laderas el riesgo de falla es de nivel bajo | Bajo |
| FUNDACIÓN | Con una permeabilidad baja y una estratigrafía moderada, el nivel de fundación es de nivel medio | Media |
| GEOLOGÍA | Habiéndose encontrado Rocas a una profundidad de 2.4m, y no encontrándose depósitos de Tierra, coluvial ni aluvial, la capacidad portante es media. | Media |
| TIEMPO | Dada la ubicación del eje puede darse una demora en la implementación de la pantalla y cerrarse algunos canales que afectan directamente a la población Andada | Alto |
| COSTO | Por las características Analizadas del Eje, y no teniendo mayor problema de filtraciones y el costo de la pantalla sería medio | Medio |
| AMBIENTAL | El Impacto Ambiental acorde al Analizado es bajo, dado el riesgo mínimo que sujeta el Análisis de este eje. | Bajo |

| COSTOS DE MANTENIMIENTO |
|--|
| Por la Ubicación del eje, el costo de mantenimiento sería de nivel medio |
| |
| |
| |

| OBSERVACIONES: |
|----------------|
| |
| |
| |

Ing. Jorge Hilario Quilla
RESIDENTE DE OBRA
CIP N° 14766

 FIRMA DEL RESIDENTE

JAIME PACHECO LAURA
INGENIERO AGRICOLA
CIP N° 76570

 FIRMA DEL SUPERVISOR

FICHA DE REGISTRO



Universidad
Continental

SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCHA, PARINACOCHAS - AYACUCHO 2022

| FECHA | | |
|-------|-----|-----|
| DÍA | MES | AÑO |
| | | |

| |
|---------------|
| EJE N° |
| 1 |

| ANÁLISIS | |
|-----------|------------|
| GEOLÓGICO | GEOTÉCNICO |

| |
|----------------|
| MUESTRA |
| M1 |

INVESTIGADOR: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA

RESPONSABLE:

| CÓD. | COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD | ESTABILIDAD DE LADERAS | MATERIALES CONSTITUYENTES DE LA MUESTRA | PERFIL ESTATIGRÁFICO |
|------|------------------------------|--|---|---|
| | | En Terreno Seco el Factor de estabilidad es de 2.87, con saturación parcial | Roca Grava Arena y finos | Roca Grava en 8.5% Arena en 21.6% Finos en 69.9% |
| G6 | 0.0000759 | El factor de estabilidad es de 2.65 y en condiciones de alta saturación el factor de estabilidad es de 1.89. | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| |
|-----------------------------------|
| VALORES RMR |
| Valoración RMR : 60-41 |
| Cohesión : 2-3 kg/cm ² |
| Ángulo de Rozamiento : 25°-35° |
| |
| |
| |
| |

| |
|---|
| OBSERVACIONES: |
| Roca Hallada a una Profundidad de 1.8 metros. |
| |
| |

Ing. Jorge Hilario Quilla
 RESIDENTE DE OBRA
 R.O.C. N° 142728
 FIRMA DEL RESIDENTE

JAI ME PACHECO LAURA
 INGENIERO AGRICOLA
 C.I.P. N° 76573
 FIRMA DEL SUPERVISOR

FICHA DE REGISTRO

| | | | | |
|--|--|-------|-----|-----|
|  Universidad Continental | SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCHA, PARINACOCHAS - AYACUCHO 2022 | FECHA | | |
| | | DÍA | MES | AÑO |

| | | |
|--------|-------------------------|---------|
| EJE N° | ANÁLISIS | MUESTRA |
| 2 | GEOLÓGICO GEOTÉCNICO | M2 |

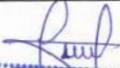
INVESTIGADOR: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA

RESPONSABLE:

| CÓD. | COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD | ESTABILIDAD DE LADERAS | MATERIALES CONSTITUYENTES DE LA MUESTRA | PERFIL ESTATIGRÁFICO |
|------|------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| | | En Terreno Seco el factor de estabilidad es de 2.94 con saturación porción | Roca Grava Arena y finos | Roca Grava en 39.4% |
| 66 | 0.0974 | El factor de estabilidad es de 2.01 y en condiciones de alta saturación el factor de estabilidad es de 1.06. | | Arena en 28.7% Finos en 31.9% |

| |
|---|
| VALORES RMR Valoración RMR: 60-41 Cohesión: 2-3 Kg/cm ² Ángulo de Rozamiento: 25°-35° |
|---|

| |
|---|
| OBSERVACIONES: Roca Hallada a una profundidad de 2.1 metros. |
|---|


 Ing. Jorge Hilario Quilla
 RESIDENTE DE OBRA
 Reg. C.O.A. N° 142703
 FIRMA DEL RESIDENTE



 JAIME PACHECO LAURA
 INGENIERO AGRÍCOLA
 C.I.P. N° 76570
 FIRMA DEL SUPERVISOR

ANEXO VII

Ensayos de laboratorio



ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN Y PERMEABILIDAD ASTM D422 / NTP 339.128 - AASHTO M 147 - ASTM D4318 / NTP 339.129 - ASTM D1241

SOLICITANTE: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA
PROYECTO: SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCOCHA, PARINACOCCHAS - AYACUCHO 2022
UBICACIÓN: PRESA ANCASCOCOCHA, PARINACOCCHAS - AYACUCHO 2022
FECHA: 03-Oct-2022 **EJE:** I
REGISTRO: EMS 2022-10-0341 **MUESTRA:** M1

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr): 447.9
 PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr): 134.9
 PESO DE FINOS LAVADOS (gr): 313.1

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | (%) Parcial Retenido | (%) acumulado Retenido | (%) que pasa |
|--------|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| 3" | 75.000 | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | | | | |
| 1" | 25.000 | | | | |
| 3/4" | 19.000 | | | | |
| 1/2" | 12.500 | | | | |
| 3/8" | 9.500 | | | | |
| 1/4" | 6.250 | | | | |
| N°4 | 4.750 | 38.0 | 8.5 | 8.5 | 91.5 |
| N°10 | 2.000 | 9.2 | 2.1 | 10.5 | 89.5 |
| N°20 | 0.850 | 11.8 | 2.6 | 13.2 | 86.8 |
| N°40 | 0.425 | 11.5 | 2.6 | 15.7 | 84.3 |
| N°60 | 0.250 | 16.0 | 3.6 | 19.3 | 80.7 |
| N°100 | 0.150 | 25.2 | 5.6 | 24.9 | 75.1 |
| N°200 | 0.075 | 23.2 | 5.2 | 30.1 | 69.9 |
| FONDO | | 313.1 | 69.9 | 100.0 | 0.0 |

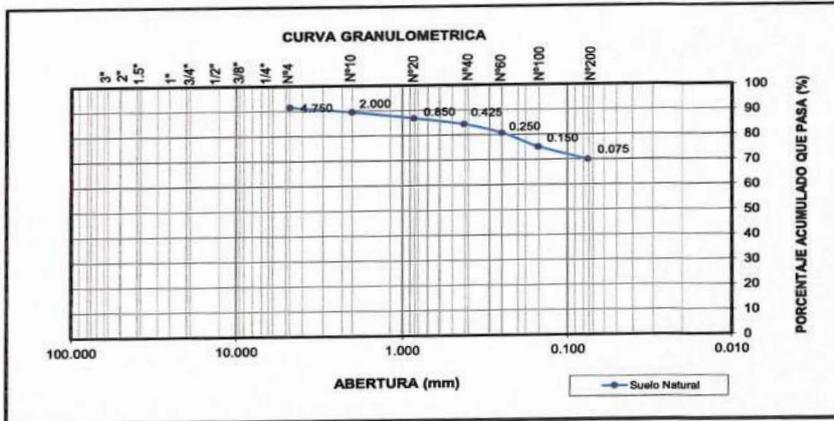
| | |
|------------------------|---------------|
| Clasificación (SUCS) | GM- SM |
| Clasificación (AASHTO) | A-2 |
| Descripción: | ARENA Y FINOS |
| Índice de Grupo: | -10 |

| | |
|-----------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 11.1 |
| Límite Líquido (LL) (%) | 28.4 |
| Límite Plástico (LP) (%) | 24.1 |
| Límite Contracción (LC) (%) | — |
| Índice Plástico (IP) (%) | 4.3 |

| | |
|----------|-----|
| RMR | 55 |
| Cohesión | 2.8 |
| φ Res. | 33 |

| | | | |
|---------|------|--------|------|
| % GRAVA | 8.5 | Gruesa | 0.0 |
| | | Fina | 8.5 |
| % ARENA | 21.6 | Gruesa | 2.1 |
| | | Media | 5.2 |
| | | Fina | 14.4 |
| % FINOS | 69.9 | | 69.9 |

| | | | |
|----------|---|-----------------|-----------|
| D10 (mm) | - | w _L | 0.0000986 |
| D30 (mm) | - | w _U | 0.0000759 |
| D60 (mm) | - | Cu | 3.87 |
| | | Cc | 2.65 |
| | | Fact. Estab. AS | 1.89 |



Realizado:

Revisado:

GEOLATAM SAC
 Laboratorio de Mecánica de Suelos
 Ing. Ana R. Pacheco Laura
 Responsables de Ensayos

Dirección de Oficina Ayacucho: Urb. Mariscal Cáceres Mz. I Lote 20 Ayacucho (Segundo Piso) Teléfono 066-780764
 Movistar. 983696868 Correo : geolatam@hotmail.com

ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN Y PERMEABILIDAD
ASTM D422 / NTP 339.126 - AASHTO M 147 - ASTM D4318 / NTP 339.129 - ASTM D1241

SOLICITANTE: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA
PROYECTO: SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCHA, PARINACOCCHAS - AYACUCHO 2022

UBICACIÓN: PRESA ANCASCOCHA, PARINACOCCHAS - AYACUCHO 2022

FECHA: 03-Oct-2022

EJE: II

REGISTRO: EMS 2022-10-0342

MUESTRA: M2

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr): 1358.1
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr): 924.8
PESO DE FINOS LAVADOS (gr): 433.3

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | (%) Parcial Retenido | (%) acumulado Retenido | (%) que pasa |
|--------|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| 3" | 75.000 | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | 125.4 | 9.2 | 9.2 | 90.8 |
| 1" | 25.000 | 71.3 | 5.2 | 14.5 | 85.5 |
| 3/4" | 19.000 | 74.6 | 5.5 | 20.0 | 80.0 |
| 1/2" | 12.500 | 52.6 | 3.9 | 23.8 | 76.2 |
| 3/8" | 9.500 | 85.7 | 6.3 | 30.2 | 69.8 |
| 1/4" | 6.250 | 63.8 | 4.7 | 34.9 | 65.1 |
| N°4 | 4.750 | 61.7 | 4.5 | 39.4 | 60.6 |
| N°10 | 2.000 | 97.7 | 7.2 | 46.6 | 53.4 |
| N°20 | 0.850 | 85.5 | 6.3 | 52.9 | 47.1 |
| N°40 | 0.425 | 79.1 | 5.8 | 58.7 | 41.3 |
| N°60 | 0.250 | 35.5 | 2.6 | 61.3 | 38.7 |
| N°100 | 0.150 | 45.3 | 3.3 | 64.7 | 35.3 |
| N°200 | 0.075 | 46.6 | 3.4 | 68.1 | 31.9 |
| FONDO | | 433.3 | 31.9 | 100.0 | 0.0 |

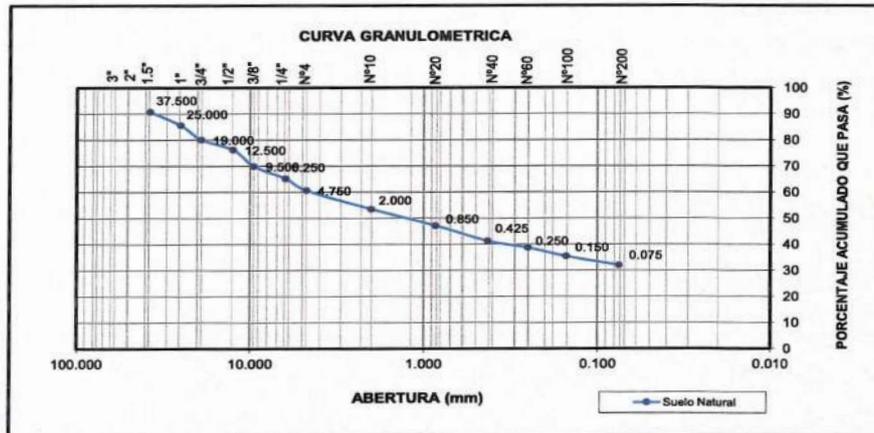
| | | | |
|---------|------|--------|------|
| % GRAVA | 39.4 | Gruesa | 20.0 |
| | | Fina | 19.4 |
| % ARENA | 28.7 | Gruesa | 7.2 |
| | | Media | 12.1 |
| | | Fina | 9.4 |
| % FINOS | 31.9 | | 31.9 |

| | | | |
|----------|---|-----------------|--------|
| D10 (mm) | - | k _s | 0.105 |
| D30 (mm) | - | k | 0.0974 |
| D60 (mm) | - | Fact. Estab. TS | 2.94 |
| | | Fact. Estab. SP | 2.01 |
| | | Fact. Estab. AS | 1.06 |
| Cu= | - | | |
| Cc= | - | | |

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Clasificación (SUCS) | GW - SC |
| Clasificación (AASHTO) | A-2 |
| Descripción : | GRAVA ARCILLOSA CON ARENA |
| Índice de Grupo: | 0 |

| | |
|-----------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 10.1 |
| Límite Líquido (LL) (%) | 19.2 |
| Límite Plástico (LP) (%) | 12.1 |
| Límite Contracción (LC) (%) | --- |
| Índice Plástico (IP) (%) | 7.1 |

| | |
|----------|-----|
| RMR | 53 |
| Cohesión | 2.5 |
| b. Roz. | 31 |



Realizado:

Revisado:

GEOLATAM SAC
Laboratorio de Mecánica de Suelos
Ana R. Pacheco Laura
Ingeniero CIVIL - CP. 180026
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Dirección de Oficina Ayacucho: Urb. Mariscal Cáceres Mz. I Lote 20 Ayacucho (Segundo Piso) Teléfono 066-780764
Movistar: 983696868 Correo : geolatam@hotmail.com

ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN Y PERMEABILIDAD
ASTM D422 / NTP 339.128 - AASHTO M 147 - ASTM D4318 / NTP 339.129 - ASTM D1241

SOLICITANTE: ROSIBETH LAURA PACHECO LAURA
PROYECTO: SELECCIÓN DEL EJE ÓPTIMO PARA LA PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE CRITERIOS MÚLTIPLES EN LA PRESA ANCASCOCCHA, PARINACOCCHAS - AYACUCHO 2022

UBICACIÓN: PRESA ANCASCOCCHA, PARINACOCCHAS - AYACUCHO 2022
FECHA: 03-Oct-2022
REGISTRO: EMS 2022-10-0343
EJE: III
MUESTRA: M3

PESO DE LA MUESTRA SECA (gr): 856.5
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr): 470.9
PESO DE FINOS LAVADOS (gr): 385.6

| Tamiz | Abertura (mm) | Peso Retenido (gr) | (%) Parcial Retenido | (%) acumulado Retenido | (%) que pasa |
|--------|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| 3" | 75.000 | | | | |
| 2" | 50.000 | | | | |
| 1 1/2" | 37.500 | 15.4 | 1.8 | 1.8 | 98.2 |
| 1" | 25.000 | 11.9 | 1.4 | 3.2 | 96.8 |
| 3/4" | 19.000 | 12.9 | 1.5 | 4.7 | 95.3 |
| 1/2" | 12.500 | 13.0 | 1.5 | 6.2 | 93.8 |
| 3/8" | 9.500 | 23.5 | 2.7 | 8.9 | 91.1 |
| 1/4" | 6.250 | 22.0 | 2.6 | 11.5 | 88.5 |
| Nº4 | 4.750 | 41.8 | 4.9 | 16.4 | 83.6 |
| Nº10 | 2.000 | 71.3 | 8.3 | 24.7 | 75.3 |
| Nº20 | 0.850 | 45.4 | 5.3 | 30.0 | 70.0 |
| Nº40 | 0.425 | 47.9 | 5.6 | 35.6 | 64.4 |
| Nº60 | 0.250 | 56.1 | 6.6 | 42.1 | 57.9 |
| Nº100 | 0.150 | 48.2 | 5.6 | 47.8 | 52.2 |
| Nº200 | 0.075 | 61.7 | 7.2 | 55.0 | 45.0 |
| FONDO | | 385.6 | 45.0 | 100.0 | 0.0 |

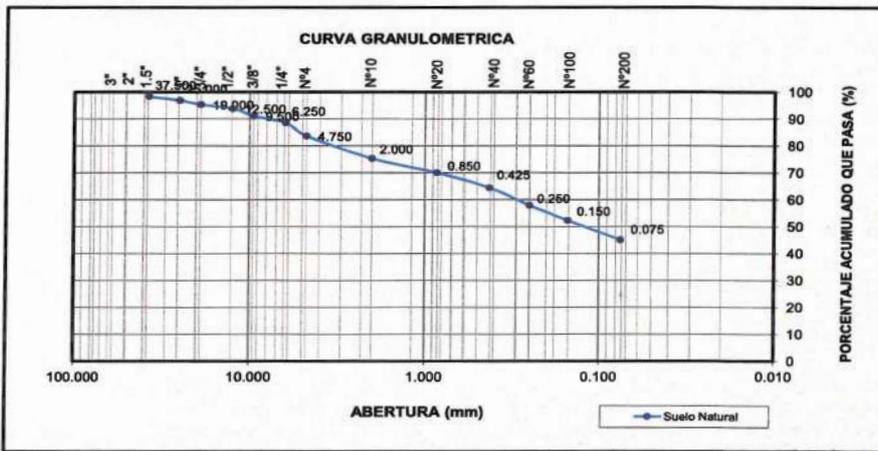
| | | | |
|---------|------|--------|------|
| % GRAVA | 16.4 | Gruesa | 4.7 |
| | | Fina | 11.7 |
| % ARENA | 38.6 | Gruesa | 8.3 |
| | | Media | 10.9 |
| | | Fine | 19.4 |
| % FINOS | 45.0 | | 45.0 |

| | | | |
|----------|---|-----------------|----------|
| D10 (mm) | - | k _s | 0.001002 |
| D30 (mm) | - | k _s | 0.000851 |
| D60 (mm) | - | k _s | 0.000851 |
| Cu= | - | Fact. Estab. TS | 3.87 |
| Cc= | - | Fact. Estab. SP | 2.85 |
| | | Fact. Estab. AS | 1.88 |

| | |
|------------------------|---------------|
| Clasificación (SUCS) | GM- SM |
| Clasificación (AASHTO) | A-2 |
| Descripción : | ARENA Y FINOS |
| Índice de Grupo: | 0 |

| | |
|-----------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 9.8 |
| Límite Líquido (LL) (%) | 18.4 |
| Límite Plástico (LP) (%) | 13.6 |
| Límite Contracción (LC) (%) | --- |
| Índice Plástico (IP) (%) | 4.8 |

| | |
|----------|----|
| RMR | 60 |
| Cohesión | 23 |
| s. Roz. | 28 |



GEOLATAM SAC
Laboratorio Mecánica de Suelos
Ana R. Pacheco Laura
Ingeniero DNP-OIP 288828
REFERENCIAL P TP PRESAS/09

Realizado:

Revisado:

Dirección de Oficina Ayacucho: Urb. Mariscal Cáceres Mz. I Lote 20 Ayacucho (Segundo Piso) Teléfono 066-780764
Movistar. 983696868 Correo : geolatam@hotmail.com

ANEXO VIII

Evidencias fotográficas

