

**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL.**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_

Código de alumno: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_ DNI o Extranjería: \_\_\_\_\_

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Tipo de trabajo de investigación:**

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

**3. Título Profesional o Grado obtenido:**

\_\_\_\_\_

**4. Título del trabajo de investigación:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**5. Facultad de:** \_\_\_\_\_

**6. Escuela, Carrera o Programa:** \_\_\_\_\_

**7. Asesor:**

Apellidos y nombres \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ N° de DNI o Extranjería: \_\_\_\_\_ ORCID: \_\_\_\_\_

**8. Tipo de acceso al Documento**

Acceso público\* al contenido completo.

Acceso restringido\*\* al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

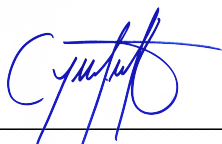
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

## 11. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



*El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.*

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

## 12. Para ser llenado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de recepción del documento por el Repositorio Institucional:

Firma:



Varillas William Eduardo  
CORRESPONSABLE  
- UNASAM -

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

---

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA  
DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE BELLAVISTA DE LA  
CIUDAD DE HUARAZ 2017**

Tesis para optar el grado de maestro  
en Ciencias e Ingeniería  
Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos

**CINTHIA KATHERINE TORRES DOMINGUEZ**

Asesor: **Dr. MARCO ANTONIO SILVA LINDO**

Huaraz - Ancash - Perú

2021

Nº de Registro: T0756

## MIEMBROS DEL JURADO

*Doctor* Tito Moner Tinoco Meyhuay

Presidente

---

*Magíster* Remo Crisanto Bayona Antúnez

Secretario

---

*Doctor* Marco Antonio Silva Lindo

Vocal

---

**ASESOR**

***Doctor Marco Antonio Silva Lindo***

## **AGRADECIMIENTO**

- A Dios por permitirme salud, bienestar y condiciones necesarias para culminar un paso más en mi vida profesional.
- A la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo por el aprendizaje de nuevos conocimientos.
- Al Dr. Marco Silva Lindo, mi asesor, por su permanente apoyo y positiva disposición.
- Al Ing. Miguel Gálvez, y Ángel Rincón Meléndez trabajadores de EPS Chavín por su apoyo desinteresado para brindarme información y permitir tomar datos para el desarrollo de la investigación.
- A mi madre, mi hermana, mi familia, especialmente mis tíos y tías, por estar siempre presentes en mi vida y apoyarme en cada paso que doy guiándome con valores y ética, a William por darme el aliento y fuerza para culminar este trabajo y enfrentar la vida con ánimo y positivismo.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis es el resultado del compromiso, trabajo y dedicación que mi persona ha puesto a pesar de momentos de desánimo o dificultades. Esta obra no solo contiene conocimientos y resultados de una investigación, sino aprendizaje a lo largo de su elaboración junto a las personas que he conocido y me han apoyado. A todas ellas, quiero expresarles mi profundo y eterno agradecimiento.

En primer lugar, a Dios, por la vida, por guiarme y bendecirme con personas y situaciones maravillosas desde que nací hasta el día de hoy y por obsequiarme bienestar, amor y permitirme conocer y estar con personas que iluminan mi vida. En particular y de forma muy especial, quiero agradecer a mi madre Luz y mi hermana Angely por su amor, paciencia, apoyo y fortaleza que me brindan día a día, por ser fuente de motivación y de orgullo para mí. A mi hermosa familia por su amor incondicional, en especial mis tíos y tías, que son también mi mayor impulso en todo momento y porque también acompañan mis sueños y metas. A William por amarme, ser mi confidente, por los bellos momentos juntos, por su motivación día a día y su aliento para culminar este trabajo. A mis mejores amigos por su cariño, sus consejos y los hermosos momentos compartidos.

A ellos, que constituyen mi familia, quiero dedicar esta tesis

## ÍNDICE

Resumen.....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1-7
Objetivos.....	5
Hipótesis .....	5
Variables.....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	8-39
2.1. Antecedentes .....	8
2.2. Bases teóricas .....	11
2.2.1 Vulnerabilidad .....	<b>11</b>
2.2.2 Vulnerabilidad sísmica.....	<b>15</b>
2.2.3 Sistema de abastecimiento de agua potable .....	<b>16</b>
2.2.4 Vulnerabilidad sísmica de los sistemas de agua potable.....	<b>19</b>
2.2.5 Parámetros sísmicos .....	<b>24</b>
2.2.6 Sismicidad en el Perú .....	<b>27</b>
2.2.7 Sismo probable en la zona de estudio .....	<b>30</b>
2.2.8 Proceso de análisis jerárquico .....	<b>34</b>
2.3 Definición de términos .....	36
III. METODOLOGÍA.....	40-60
3.1. Tipo de investigación .....	40
3.2. Plan de recolección de información y/o diseño estadístico.....	41
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4. Plan de procesamiento y análisis estadístico de datos.....	41



3.5. Técnicas de análisis de información.....	44
IV. RESULTADOS .....	61-78
V. DISCUSIÓN .....	79-85
VI. CONCLUSIONES .....	86-87
VII. RECOMENDACIONES .....	88-89
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	90-95
ANEXO.....	97

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización .....	6
Tabla 2. Escala de Intensidad de Mercalli Modificada .....	26
Tabla 3. Historial de sismos ocurridos en Ancash y ocurrido en el Perú con impacto en Ancash .....	30
Tabla 4. Escala para representar las intensidades de los juicios .....	36
Tabla 5. Valores de índice de consistencia aleatorio .....	54
Tabla 6. Intervalo de puntuación en la validación del instrumento. ....	57
Tabla 7. Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista por componentes .....	61
Tabla 8. Estructuración de indicadores por componente .....	68
Tabla 9. Valor de los descriptores de los indicadores .....	71
Tabla 10. Puntuación asignada por los expertos del instrumento .....	71
Tabla 11. Rango de valores y puntuación del instrumento .....	71
Tabla 12. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica A .....	72
Tabla 13. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica B .....	72
Tabla 14. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica C1 .....	73
Tabla 15. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica C2 .....	73
Tabla 16. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica C3 .....	73
Tabla 17. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica D .....	74
Tabla 18. Tramos de línea de conducción, características y vulnerabilidad .....	74
Tabla 19. Vulnerabilidad Sísmica de la planta de Tratamiento 01 .....	76
Tabla 20. Vulnerabilidad sísmica de la planta de tratamiento 02 .....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Subducción de la placa de nazca con la placa sudamericana .....	27
Figura 2. Mapa sísmico, período 1960-2017 .....	32
Figura 3. Proceso para determinar el nivel de vulnerabilidad.....	45
Figura 4. Modelo del instrumento - ficha técnica .....	53
Figura 5. Ficha de validación de expertos.....	56
Figura 6. Rangos de nivel de vulnerabilidad sísmica.....	59
Figura 7. Rangos de nivel de vulnerabilidad sísmica.....	62
Figura 8. Sistema de agua potable bellavista de la ciudad de Huaraz .....	67
Figura 9. Diseño de la ficha técnica .....	70
Figura 10: Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista. ....	78

## RESUMEN

El propósito del estudio fue analizar la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz. En este contexto se trató de una investigación de tipo cualitativa, por su alcance descriptivo, no experimental según su diseño, transversal y según la fuente de los datos la investigación es de campo. Se aplicó estrategias cualitativas y se diseñó un instrumento de levantamiento de información documentaria, organizada en fichas técnicas de acuerdo al tipo de estructura, para identificar las características y determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica, además se utilizó el proceso de análisis jerárquico para determinar las ponderaciones de los indicadores y los valores de los descriptores de los indicadores de las fichas técnicas para cada componente del sistema.

De acuerdo al análisis realizado se encontró que, ante la ocurrencia de un evento sísmico probable en la ciudad de Huaraz, que podría ser de intensidad VII a VIII en la escala de Mercalli, y de 8 o más en la escala de Richter, el sistema de abastecimiento de agua potable Bellavista, presenta un nivel de vulnerabilidad medio y alto en sus diferentes componentes.

**Palabras clave:** Sismos, vulnerabilidad sísmica, sistema de agua potable.

## **ABSTRACT**

The purpose of the study was to analyze the seismic vulnerability of the Bellavista drinking water system in the city of Huaraz. In this context, it was a qualitative research, due to its descriptive scope, not experimental according to its design, cross-sectional and according to the source of the data, the research is field. Qualitative strategies were applied, a documentary information survey instrument was designed, organized in technical sheets according to the type of structure, to identify the characteristics and determine the level of seismic vulnerability, in addition the hierarchical analysis process was used to determine the weightings of the indicators and the values of the descriptors of the technical sheets for each component of the system.

According to the analysis carried out, it was found that, in the event of a probable seismic event in the city of Huaraz, which could be intensity VII to VIII on the Mercalli scale, and 8 or more on the Richter scale, the system Bellavista drinking water supply, presents a medium and high level of vulnerability in its different components.

**Key Words:** Seisms, seismic vulnerability, drinking water system

## I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (1998), indica que los servicios de agua potable cumplen una misión especial en el proceso de desarrollo y son un elemento esencial para garantizar las condiciones de salud y de bienestar de la población; en situaciones de emergencia o desastre, son un recurso primordial para permitir volver a la normalidad. Un impacto sobre el sistema de agua potable, podría causar la contaminación de las aguas, ruptura de tuberías, daño en las estructuras o incluso el colapso total del sistema y con ello la escasez del agua o no atender problemas de incendios, hambrunas o epidemias.

Hernández (2016), menciona que en muchas partes del mundo existe un riesgo potencial de daño sobre los sistemas de agua potable debido a los sismos, por lo cual se requiere de una evaluación y de medidas de mitigación para estos sistemas.

A nivel mundial los sistemas de abastecimiento de agua potable han sido afectados por los sismos fuertes, como el ocurrido en Santa Rosa - California, Estados Unidos (1969, magnitud 5.7) donde hubo daños significativos en las tuberías de distribución de agua potable; en el terremoto de México del 1985 de magnitud 8.1, la intensidad sísmica osciló entre VIII y IV en la escala de Mercalli, el sistema de abastecimiento de agua potable fue afectado de forma severa. En el terremoto de Chile del año 2010 de magnitud de 8.8, registró roturas en las redes de distribución, daños en estanques de regulación, fallas en los sistemas de bombeo e impulsión, 114 sistemas de agua urbanos sufrieron daños.

El Perú se encuentra dentro del círculo de fuego del pacífico, que representa una zona de mayor actividad sísmica en el mundo, con registro de sismos desde leves

hasta fuertes que se han presentado a lo largo de los años; uno de los más recientes y de mayor intensidad fue en Ica y Chincha en el terremoto del año 2007, según el Comité Sectorial de Agua y Saneamiento (2007) causó que los sistemas de agua potable fueran bastante afectados, reservorios con fallas estructurales, las líneas de impulsión con fugas, planta de tratamiento con roturas y la zona de redes colapsadas.

Así mismo la ciudad de Huaraz ha sido también históricamente una de las ciudades más afectadas por diversos fenómenos naturales, entre ellos por sismos destructivos como los del 17 de octubre de 1,966 y el 30 de mayo de 1,970 (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2012). Si bien en los años posteriores se han presentado sismos de poca magnitud e intensidad, han pasado casi 50 años y podría esperarse en estos años un sismo de magnitud o intensidad similar al ocurrido en 1970, según lo que indica Moncayo, Vargas, Moncayo y Barzola (2017); que debido a que los terremotos más pequeños son siempre más frecuentes que los terremotos de mayor magnitud, se espera que los sismos de alta magnitud se repitan poco a diferencia de los de baja magnitud que se repiten con mayor frecuencia. De acuerdo a un mapa de distribución máxima de intensidades sísmicas observadas, en Áncash podría presentarse un sismo con intensidad de VII a VIII en la escala de Mercalli (Alva, Meneses y Guzman, (2011).

En la ciudad de Huaraz, la empresa prestadora de servicios EPS Chavín cuenta actualmente con dos sistemas de abastecimiento de agua potable, una de ellas es el sistema de agua potable de Bellavista, que comprende desde la captación Yarush, seguida por el desarenador, con una línea de conducción, que llega a la planta de

tratamiento ubicada en el sector de Bellavista, para luego abastecer a los reservorios y derivar a las redes de distribución. Actualmente algunos de los componentes del sistema, tienen casi 50 años de construido, como uno de los reservorios y la planta de tratamiento, donde se aprecia un deterioro considerable y falta de mantenimiento, por lo que dichos componentes no se encuentran en condiciones totalmente óptimas. Por ello la pregunta central de la investigación fue ¿Cómo es la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista, de la ciudad de Huaraz?

El presente trabajo se desarrolló para analizar la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable Bellavista ante la ocurrencia de un sismo probable considerable en la ciudad de Huaraz.

El propósito de la investigación desde una percepción social serviría para evaluar la susceptibilidad del sistema de agua potable Bellavista de sufrir daños, de tal modo que puedan tomarse acciones que reduzcan o eviten fallas y pongan en riesgo a la población. De igual forma desde una percepción técnica con la presente se podría incorporar una metodología para que las empresas prestadoras del servicio que no cuenten con un instrumento de evaluación de vulnerabilidad sísmica, la usen e identifiquen posibles puntos críticos o componentes más vulnerables en los sistemas de agua potable que administran. Por este motivo se planteó como objetivo analizar la vulnerabilidad del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz ante la ocurrencia de un sismo probable.

La estructura del documento se organiza en nueve capítulos. El capítulo I, sobre los objetivos, hipótesis y variables. El capítulo II consiste del marco teórico, que inicia



con los antecedentes del estudio, las bases teóricas, la definición de los términos importantes de la investigación. El trabajo incluye una indagación y revisión de marcos teóricos del sismo; de la vulnerabilidad y de los sistemas de agua potable, para luego analizar la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista en sus componentes de captación, desarenador, línea de conducción, planta de tratamiento y reservorio. El capítulo III referido a la metodología, señala el tipo de Investigación, el diseño de investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumento de recolección de datos y el plan de procesamiento. Los cuales se realizaron en base al instrumento de levantamiento de información documentaria elaborada.

Los capítulos IV y V consisten de los resultados y la discusión respectivamente. En los resultados se indica los niveles de vulnerabilidad obtenidos para los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable Bellavista.

Mientras que en los capítulos VI y VII se muestran las conclusiones y recomendaciones de la investigación. El capítulo IX refiere los anexos del estudio.

### **Formulación del problema**

#### **Formulación general**

¿Cómo es la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista, de la ciudad de Huaraz?

#### **Formulaciones específicas**

- a) ¿Cuáles son las características de un sismo probable en la zona de estudio?
- b) ¿Cómo son las características de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz?

- c) ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz, ante la ocurrencia de un sismo probable?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz.

### **Objetivos específicos**

- a) Describir las características de un sismo probable en la zona de estudio.
- b) Describir las características de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz.
- c) Determinar el nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz, ante la ocurrencia de un sismo probable.

## **Hipótesis**

El Sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz tiene una vulnerabilidad sísmica de nivel alto.

## **Variables**

- Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de Huaraz.
- Parámetros sísmicos en la zona de Huaraz

Tabla 1. Matriz de operacionalización

Variable	Dimensiones	Indicadores
Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista Huaraz	Física	Estado actual
		Antigüedad
		Pendiente del terreno
		Material de construcción
		Obras de protección
		Estándares de diseño y construcción.
Social	Condiciones de la edificación	
	Configuración del reservorio	
Ambiental	Nivel de organización	
	Mantenimiento	
Parámetros sísmicos en la zona de Huaraz		Tipo de suelo
		Magnitud
		Intensidad

### Justificación

Los resultados de la investigación servirán en diferentes rubros como los que se pueden mencionar la continuación:

**Social:** El estudio servirá para el análisis de sistemas de agua potable y evaluar su susceptibilidad de sufrir daños, de tal modo que puedan tomarse acciones que reduzcan o eviten falla y pongan en riesgo a la población.

**Económica:** Se podrán tomar medidas de prevención, de tal modo que se eviten gastos onerosos ante su eventual falla.

**Ambiental:** Según se identifique el nivel de vulnerabilidad en los componentes, podrán proponerse medidas ante posibles efectos que podrían generar un impacto negativo al ambiente.

**Técnica:** Con la presente se podría incorporar una metodología para que las empresas prestadoras del servicio que no cuenten con un instrumento de evaluación de vulnerabilidad sísmica, la utilicen e identifiquen posibles puntos críticos o componentes más vulnerables en los sistemas de agua potable que administran.

### **Delimitación**

La presente investigación se enmarca a los alcances de una maestría en ingeniería de recursos hídricos para un profesional de agronomía ya que permitirá optimizar el uso del agua en la agricultura.

El estudio se limitó al estudio del sistema de abastecimiento de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz, entre los años 2017 y 2018, comprendiendo los componentes del mismo, tales como la captación, desarenador, la línea de conducción, la planta de tratamiento Bellavista y 02 reservorios a donde llega el agua que sale de la planta de tratamiento.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Cano (2006), en su investigación análisis de vulnerabilidad del sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula, tuvo como objetivo elaborar el análisis de vulnerabilidad del sistema de agua potable del municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, el cual proveería el plan de mitigación y emergencia ante los desastres naturales de mayor incidencia en la zona de estudio; indica que el análisis de vulnerabilidad, es el método que permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a una amenaza, con el objetivo de establecer las medidas de mitigación necesarias para corregir esas debilidades, y proponer las medidas de emergencia para dar una respuesta adecuada cuando el impacto de la amenaza se produce. El estudio concluyó que el sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula era vulnerable frente a los fenómenos naturales, y que no contaba con planes de mitigación, ni emergencia para contrarrestar los mismos.

En la investigación de Salinas y Ventura (2010) que lleva por título riesgo y vulnerabilidad de la infraestructura de servicios de agua potable y saneamiento: caso proyecto mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Oxapampa, tuvo como uno de sus objetivos identificar y analizar los riesgos y vulnerabilidad a la cual está sometido el proyecto en mención; adoptó una metodología que identifica los principales componentes o elementos del sistema, para que sean clasificados teniendo en cuenta la

situación de las partes más importantes que integran al componente. Asimismo, para la evaluación usó una escala de calificación que permitió una valoración ordinal y cualitativa, según las recomendaciones de la metodología INDECI; la aplicación de este instrumento permitió la valoración cualitativa y ordinal de las vulnerabilidades internas y externas del sistema. Se obtuvo en su análisis, una vulnerabilidad interna media para el sistema de agua potable en estudio, así mismo se obtuvo una vulnerabilidad externa alta debido a ocurrencia de sismos. Concluye que un análisis de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua permite estar mejor preparado frente a una crisis proyectándose en situaciones posibles, y que la vulnerabilidad del sistema sea intrínseco o externo transmite vulnerabilidad al funcionamiento de la ciudad.

Fernandez (2017) en su trabajo de investigación evaluación del grado de vulnerabilidad del sistema de agua potable y alcantarillado, ante la amenaza sísmica en los barrios san Jacinto y Nueva Buena Fe del cantón San Jacinto de Buena Fe, Provincia de los Ríos período 2017, tuvo como objetivo principal, evaluar la vulnerabilidad del sistema de agua potable y alcantarillado, en el cantón San Jacinto de Buen Fe, ante la amenaza de un sismo. Para el proceso metodológico usó matrices del PNUD-SGR para evaluar los componentes del sistema de agua. Con este método obtuvo una vulnerabilidad sísmica alta en la zona de captación y conducción de la Planta de agua potable y una vulnerabilidad media en la zona de tratamiento y distribución.

En la investigación de Curtihuanca (2017), que lleva por título análisis de riesgo y vulnerabilidad para el sistema de agua potable y alcantarillado de la localidad de Sandia – Provincia de Sandia – Puno, tuvo como objetivo analizar el grado de riesgo y vulnerabilidad que enfrenta el sistema de agua potable y alcantarillado de la localidad de Sandia. Adoptó una metodología según los lineamientos establecidos por el PMI en la guía del PMBOK 5ta Edición. Así mismo para la evaluación de la vulnerabilidad usó la metodología según SANBASUR-COSUDE (2012), criterio descriptivo que se basó en el uso de una matriz y una calificación de cuatro rangos de vulnerabilidad, baja, media, alta y muy alta. La aplicación de este instrumento permitió la valoración cualitativa y ordinal de los diferentes tipos de vulnerabilidades del sistema. Se obtuvo en su análisis, una vulnerabilidad media para la localidad de Sandia, por lo mismo para el sistema de abastecimiento de agua potable también.

Por otro lado, Rodríguez (2019), en su investigación vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz”, estimó que para la zona de Ancash – Carhuaz, el sismo probable que podría ocurrir sería de intensidad desde VI, VII, VIII, de magnitud de 6.0 a 7.9 y con una aceleración máxima de suelo entre 0.35 a 0.45 por estar ubicado en Ancash en la zona 3 de zonificación sísmica en el Perú.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1 Vulnerabilidad**

Según Gómez (2001) las aplicaciones en la definición de vulnerabilidad en la temática del medio ambiente, surgen vinculadas a la ocurrencia de desastres naturales. Lo mismo que se menciona en Vergara (2011), que indica que la vulnerabilidad se relaciona de manera primordial con los desastres debido a fenómenos naturales, donde los habitantes se encuentran en potencial amenaza y riesgo.

Según la Organización Panamericana de la Salud (1998), en el manual para la mitigación de desastres en sistemas de agua potable, define vulnerabilidad, como el proceso para determinar los componentes críticos, débiles o susceptibles de daño en edificaciones, instalaciones, sistemas o grupos humanos, y las medidas de emergencia y mitigación a tomarse ante amenazas.

Es la combinación de condiciones ambientales, sociales, económicas, políticas y educativas lo que hace que la sociedad sea más o menos vulnerable a los desastres, ya sea debido a las condiciones inseguras actuales o debido a su capacidad para responder o recuperarse de tales desastres. La vulnerabilidad de la comunidad está en constante evolución con fluctuaciones de población, nuevas viviendas, carreteras, estructuras industriales y otras estructuras. El nivel de vulnerabilidad se expresa como un porcentaje de 0 a 100, o también se puede determinar por cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. Para el análisis, la vulnerabilidad debe estudiar



la identificación y caracterización de los elementos expuestos. (INDECI, 2006).

Según el decreto supremo N°048-2011-PCM, Reglamento de la Ley N°29664, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, estructura física o actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. La misma que está directamente relacionada con el riesgo.

Así mismo el análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se evalúa las condiciones de los factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia (Centro Nacional de estimacion prevencion y reducción del riesgo de Desastre [CENEPRED], 2018):

**a) Exposición**

Está referida a las decisiones y actividades que ponen al ser humano y sus medios de vida en una zona de impacto de un peligro. La exposición genera una relación no apropiada con el ambiente. A mayor exposición mayor vulnerabilidad.

**b) Fragilidad**

Referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro o amenaza, centrada en la condición física de una sociedad. A mayor fragilidad mayor vulnerabilidad.

**c) Resiliencia**

Referida a la capacidad de las personas, comunidades, entidades públicas y privadas, actividades económicas y las estructuras físicas para asimilar,

absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro o amenaza. Capacidad de recuperación. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

**Se tiene cuatro dimensiones de la vulnerabilidad:**

1. **Dimensión física:** Relacionada a las condiciones específicas de Infraestructura y ubicación de la comunidad, centro poblado o sector que pueden sufrir los efectos por acción del peligro. Se tienen algunos parámetros en función a la dimensión física y factores de la vulnerabilidad para componentes del sistema de agua potable:
  - ❖ **Parámetros de fragilidad física:** Estado de conservación de la infraestructura, antigüedad de la infraestructura, tipo de material, configuración estructural.
  - ❖ **Parámetros de resiliencia física:** Estado de obras de protección, mantenimiento del sistema (obras y equipamiento), operación del sistema, disponibilidad de sistemas de monitoreo y control, seguros de infraestructura y equipamiento.
  - ❖ **parámetros de exposición física:** Nivel de exposición o ubicación o cercanía a áreas de peligro, ubicación en zona de alta variabilidad climática.
2. **Dimensión social:** Está relacionada a conjunto de comportamientos, creencias, formas de organización y manera de actuar de una comunidad, centro poblado o sector por acción del peligro, se muestran parámetros de dimensión social y factores de la vulnerabilidad para componentes del sistema de agua potable:

- ❖ **Parámetros de fragilidad Social:** Nivel de organización, calidad del servicio, calidad del agua, población, entre otros
  - ❖ **Parámetros de resiliencia Social:** Conocimiento de gestión de riesgo de desastres, aptitud frente al riesgo, nivel de capacitación y organización en el cuidado del agua, personal de operación y mantenimiento capacitado en gestión de riesgo de desastres, entre otros.
- 3. Dimensión económica:** Relacionada con la ausencia o poca disponibilidad de recursos económicos que tienen los miembros de una comunidad, centro poblado o sector.
- 4. Dimensión ambiental:** Relacionada a cómo una comunidad, centro poblado o sector utiliza de forma no sostenible los elementos de su entorno, con lo cual debilita la capacidad de los ecosistemas, de tal manera que puede sufrir efectos por acción del peligro. Se presenta algunos parámetros en función a los factores de la vulnerabilidad para componentes del sistema de agua potable:
- ❖ **Parámetros de fragilidad ambiental:** Estado de suelo y de la fuente de agua, volumen de agua útil en capitación, estado de caudal afluente y efluente, entre otros
  - ❖ **Parámetros de resiliencia ambiental:** Conocimiento de conservación ambiental, aplicación de normativa ambiental, obras para siembra de agua reforestación, actividades de protección de cuencas, tener un plan de prevención de riesgo ante desastres y un plan de remediación ambiental, entre otros.

- ❖ **Parámetros de exposición ambiental:** Cercanía a áreas naturales protegidas, cercanía a zonas de reserva natural.

### 2.2.2 Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica se puede interpretar como la cantidad de daño que sufre una infraestructura después de un evento sísmico, es una propiedad intrínseca de las edificaciones, la misma que se ve afectada por el lugar donde se encuentra la infraestructura. La vulnerabilidad sísmica en las edificaciones, es un problema de gran complejidad que ha de ser estudiado de muchas formas, debido a que influyen una gran cantidad de variables (Jovanny et al., 2019).

Según Sandi et al. (2007), una definición cualitativa de la vulnerabilidad sísmica muy usada es: *“La propensión de alguna categoría de elementos en riesgo de sufrir efectos adversos causados por terremotos potenciales”*. Esta definición es general, pero a su vez permite entender el concepto de vulnerabilidad por sismos.

Todas las estructuras tienen vulnerabilidad sísmica ya que es una propiedad intrínseca, independiente de la peligrosidad sísmica de la zona en que se encuentre la estructura en cuestión, por lo que una estructura puede ser muy vulnerable y localizarse en una zona con baja peligrosidad sísmica, y con esto, no estar en riesgo aparente. Los elementos que estén en riesgo pueden tener una localización única y bien definida como un edificio, o pueden estar representados como sistemas distribuidos en una región, las líneas vitales son un ejemplo de este último (Sandi, 1986).

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica es de mucho interés para las administraciones, que deben elaborar los planes de emergencia y los protocolos de actuación en caso de catástrofes naturales. Se trata de que dando por hecho la ocurrencia de un evento sísmico de características determinadas, se obtenga cual sería el grado y daño esperado en la infraestructura, de acuerdo con sus características constructivas (Giner Caturla y Molina, 2001).

### **2.2.3 Sistema de abastecimiento de agua potable**

La organización Panamericana de la Salud, indica que un sistema de agua potable es un conjunto de componentes construidos e instalados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua.

Según Quispe (2012), es el sistema que aprovecha las presiones generadas por la diferencia de niveles desde la captación hasta el reservorio y la red de distribución, pero necesita una planta de tratamiento.

El sistema de agua potable se compone generalmente de (1) captación, (2) línea de conducción, (3) tratamiento de la potabilización, (4) regularización, (5) línea de alimentación, y (6) red de distribución (Valdez, 1994).

Por otro lado la Organización Panamericana de la Salud [OPS] y Oficina Sanitaria Panamericana Regional de la Organización Mundial de la Salud (1990), indica que un sistema de agua, está formado por componentes tales como fuente de aprovisionamiento, captaciones, conducciones, tratamiento, almacenamiento y distribución.

Según Jiménez (2010), para el manual de diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, se tienen componentes como la captación, que es la obra donde se capta el agua; conducción, estructuras civiles y electromecánicas para llevar agua desde la captación al tanque de regulación o planta de tratamiento. El Tratamiento refiere a los procesos físicos, mecánicos y químicos, para que el agua adquiriera características necesarias para que sea apta para consumo; regularización- almacenamiento, línea de alimentación, que comprende las tuberías desde el tanque de regulación hasta la red de distribución y la red de distribución encargada de entregar el agua a los usuarios.

En tal sentido se presenta los componentes que se encuentra en todo sistema de agua potable.

**a) Captación**

A fin de definir la o las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, se deberán realizar los estudios que aseguren la calidad y cantidad que requiere el sistema, entre los que incluyan: identificación de fuentes alternativas, ubicación geográfica, topografía, rendimientos mínimos, variaciones anuales, análisis físico químicos, vulnerabilidad y microbiológicos y otros estudios que sean necesarios. La fuente de abastecimiento a utilizarse en forma directa o con obras de regulación, deberá asegurar el caudal máximo diario para el período de diseño (Reglamento Nacional de Edificaciones OS 010, 2006).

Es la parte inicial del sistema, puede ser una o varias captaciones y existen diferentes tipos de acuerdo al disponibilidad de agua en la naturaleza, las más comunes son las aguas superficiales y subterráneas (Jimenez, 2010).

**b) Línea de conducción**

Se denomina obras de conducción a las estructuras y elementos que sirven para transportar el agua desde la captación hasta al reservorio o planta de tratamiento. (RNE OS 010, 2006).

**c) Planta de tratamiento**

El objeto del tratamiento es la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos del agua de bebida hasta los límites establecidos en las Normas Nacionales de calidad de agua vigentes en el país. (RNE OS 020, 2006).

Según Alcocer (2014), menciona las partes de una planta de tratamiento:

✓ **Pre sedimentador**

Se refiere a disminuir el desgaste de las estructuras y accesorios, al disminuir la acumulación de depósitos de arena en los siguientes procesos de la planta de tratamiento.

✓ **Sedimentador**

Permite reducir la materia en suspensión del agua, mediante la precipitación de las partículas, por gravedad, consiguiendo que el agua pase con el mínimo de turbidez a los filtros.

✓ **Filtración**

Consiste en hacer pasar el agua a través de capas porosas, como la arena, permitiendo tener un agua de mejor calidad y sin carga bacteriológica, tiene tipos de filtro lento y filtro rápido.

**d) Reservorio**

Tiene como función suministrar agua para consumo humano a las redes de distribución, con las presiones de servicio adecuadas y en cantidad necesaria que permita compensar las variaciones de la demanda. Asimismo, deberán contar con un volumen adicional para suministro en casos de emergencia como incendio, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento. (RNE OS 030, 2006).

**e) Redes de distribución**

Es un sistema de tuberías principales y ramales distribuidores encargados de abastecer de agua para consumo humano a las viviendas (RNE OS 050, 2006).

Según Alcocer (2014). Consiste en el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que se instalan para conducir el agua desde el reservorio hasta la toma domiciliaria o piletas públicas.

#### **2.2.4 Vulnerabilidad sísmica de los sistemas de agua potable**

En la guía para la evaluación del riesgo en el sistema de agua potable y alcantarillado sanitario, se menciona que es muy importante tener en buenas condiciones los sistemas de agua, pues ello mejora la calidad de vida de la población beneficiada; sin embargo, si estos no son instalados apropiadamente y no cumplen con una adecuada operación y



mantenimiento, aun sin ocurrir ningún desastre, ya son vulnerables y ante la ocurrencia de algún peligro tendría efectos desencadenantes. (CENEPRED, 2018).

La Organización Panamericana de la Salud (1998), indica algunos de los terremotos ocurridos en diversas partes del mundo, que han causado daños en sistemas de agua potable, como en Santa Rosa - California, Estados Unidos (1969, magnitud 5.7), presentaron daños significativos en las tuberías de distribución de agua potable. De igual forma en el terremoto de San Fernando, California, Estados Unidos (1971, magnitud 6.6), tuvo efectos importantes en los reservorios, tanques de agua, y tuberías. El terremoto de Nicaragua (1972, magnitud 6), se identificaron 100 roturas en las tuberías de conducción y gran parte de la población no contaba con el servicio de agua.

En el terremoto de México (1985, magnitud 8.1) donde la intensidad sísmica osciló entre VIII y IV. El sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad fue afectado de forma severa, se evidenció que las tuberías enterradas sufrieron más daño que las tuberías superficiales y las de gran diámetro tuvieron roturas producto de las conexiones rígidas.

De igual manera se menciona el terremoto de San Salvador, El Salvador (1986, magnitud 5.4), se reportaron un total de 2400 roturas en la red de agua potable, con longitud de 80 km de tubería dañada. En Turquía en 1992 de magnitud 6.8 Había aproximadamente 250 km. de tuberías de distribución en la ciudad. En 1995 en Kobe, Japón se tuvo un terremoto de magnitud 7.2, donde el 75% de su sistema de agua potable en general quedó

fuera de servicio dejando a 1.5 millones de habitantes sin suministro de agua.

El estudio de Alberto (2016), indica que en el terremoto de Chile del año 2010 de magnitud 8.8 en la escala de momento, se registró roturas en las redes de distribución, daños en estanques de regulación, fallas en los sistemas de bombeo e impulsión por falta de electricidad. Indica que a nivel Nacional 114 sistemas de agua urbanos sufrieron daños, de ellos 49 severa y 730 sistemas de agua potable rural presentaron falla

Ballantyne (2013), menciona que la vulnerabilidad sísmica de los sistemas de agua potable, se describe como la vulnerabilidad frente a los sismos o el daño sísmico en los componentes del sistema.

La secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador; Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2011), plantea una guía para determinar la vulnerabilidad física de infraestructura y redes vitales ante eventos naturales, tal como el sismo. Analizando los componentes de captación, línea de conducción y planta de tratamiento.

Bautista (2017) menciona que se han desarrollado metodologías para la estimación del daño ocasionado por sismos. La mayoría se han hecho con un enfoque de ingeniería sísmica, tomando en cuenta las características físicas de la infraestructura y del evento, sin embargo, es escaso el análisis hidráulico por las fallas producidas en tuberías por temblores.

Una estructura puede ser vulnerable pero no estar en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con una cierta peligrosidad sísmica.; por ende, se puede decir que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es la capacidad de sus

elementos estructurales para resistir un terremoto (Giraldo, Galvis y Mendez, 2006).

Ballantyne (2013) describe la vulnerabilidad de los sistemas de agua frente a los sismos; menciona que en las fuentes de agua los deslizamientos y erosión del suelo debido a sismos pueden incrementar la turbiedad e interrupción de la captación del agua. Por otro lado, las plantas de tratamiento son vulnerables al asentamiento diferencial, al incremento de presiones laterales del suelo; así mismo la licuefacción puede hacer que las estructuras subterráneas con agua floten o se hundan, mantener los tanques con agua podría mitigar la licuefacción. El daño por impacto entre dos estructuras o el movimiento permanente entre estructuras adyacentes, pero que no se encuentran adosadas o están adosadas inadecuadamente, también puede producir la apertura de las juntas de expansión. Se debe proporcionar flexibilidad entre dichas estructuras. Las tuberías enterradas son vulnerables cuando están en contacto con estructuras, especialmente, si ocurre un asentamiento diferencial. Esto representa un gran problema cuando las estructuras están soportadas por pilotes y las tuberías se encuentran enterradas directamente. Se recomienda brindar flexibilidad en los puntos de contacto mediante acoplamientos flexibles dobles en series o uniones flexibles patentadas. Los movimientos sísmicos del terreno son amplificados en las edificaciones, mientras más alto, más será la carga sísmica que experimente. Los cilindros de cloro pueden volcarse y romper las tuberías de conexión, se recomienda sujetarlos por arriba y abajo. El

daño en las tuberías durante los sismos a menudo ha afectado todo el sistema de abastecimiento de agua, ya que causan rotura y vaciado del reservorio. Así mismo según Campos (1994), existen pocos reportes de daños en líneas vitales, debido a que no se guarda información de lo ocurrido; sin embargo, de lo estudiado se puede concluir que las fallas en los sistemas de tubería debido a un sismo, dependen del material de las tuberías, del tipo de juntas, de la interacción suelo tubería. La vulnerabilidad se determina por la falta de flexibilidad, que se manifiesta en la ausencia de redes en paralelo y que no se dispone de reserva de agua para enfrentar periodos de emergencia. Las fallas en las plantas de tratamiento pueden ser por asentamientos en las cimentaciones, rompimiento de tuberías en los puntos donde se conectan a las estructuras de tratamiento, flotación de algunas estructuras, agrietamientos y colapsos de paredes y tapas de los tanques.

### **Nivel de vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable**

Para determinar el nivel de vulnerabilidad existe una metodología de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador (2012), que concuerda con la metodología aplicada por (Centro Nacional de estimación prevención y reducción del riesgo de Desastre [CENEPRED], 2015); se siguen los siguientes pasos.

1. Se identifican indicadores para el análisis de cada componente del sistema de agua potable.
2. Se determina el valor de los descriptores de cada indicador, según el análisis jerárquico, así como la ponderación o los pesos de cada indicador.

3. Se obtiene la calificación para cada indicador de acuerdo a la observación (realizado en el trabajo en campo).
4. El valor de la calificación asignada, obtenido en (3), se multiplica por la ponderación del indicador.
5. Se realiza el paso (4) y (5) para todos los indicadores y se suman los valores obtenidos, así la suma total, representa el nivel de vulnerabilidad para el componente.

### **2.2.5 Parámetros sísmicos**

Según Ballantyne (2013), los sismos o terremotos se miden de diferentes formas. La magnitud Richter es una escala logarítmica, es decir por un incremento en 1 en la magnitud de Richter, se libera 33 veces más de energía. Esta liberación de energía depende de la ruptura de la falla y distancia del desplazamiento. La intensidad muestra los efectos de la vibración o la extensión de los daños en un lugar, está determinada por la magnitud del sismo, duración de vibración distancia desde el sitio hasta el epicentro del sismo y condiciones geológicas locales. Otros parámetros sísmicos relacionados con la vibración son la aceleración máxima del suelo (PGA) y la velocidad máxima del suelo (PGV); la respuesta el daño a estructuras rígidas y pequeñas se relacionan con el PGA, el comportamiento de las edificaciones más flexibles se asocia a la PGV. Por otro lado, el movimiento causado por la licuefacción, asentamiento o deslizamiento se conoce como deformación permanente del suelo (DPS).

Según Kuroiwa (2005), la magnitud es una medida indirecta que expresa la cantidad total de energía que es liberada, por ondas sísmicas, durante el

evento sísmico, que puede estimarse con los sismógrafos. como generalmente se colocan en terrenos rocosos. Los sismógrafos registran terremotos en el mundo entero, en la cual pueden determinar el epicentro, la profundidad focal y calcular la magnitud del terremoto. La escala de magnitud más conocida es precisamente la propuesta por Richter, que se expresa en números arábigos, con aproximaciones de hasta décimas.

Se tienen magnitudes del sismo desde 3.4, la cual no es sentida en general, pero es registrada en los sismógrafos; se tiene e intervalo de 3.5 a 4.4, que es sentido por mucha gente. Magnitud de 4.5 a 5.9 puede causar daños menores en la localidad; magnitud de 6.0 a 7.9 se considera un sismo mayor y los sismos de magnitud mayor a 8.0 son considerados como grandes terremotos.(Centro Nacional de estimación prevención y reducción del riesgo de Desastre, 2015).

La intensidad o escala de observaciones es una medida empírica de vibración o movimiento de la tierra, a través de cómo una persona percibe estas vibraciones sísmicas en el entorno en el que vive, el grado de daño que causan en las edificaciones y su impacto en la naturaleza. Mercalli modificado usado en las Américas y MSK usado en Europa, son las dos escalas más famosas.

La escala de intensidad de Mercalli modificada, se compone de 12 categorías de intensidad de movimiento del terreno, desde I donde no se siente hasta XII que es daño total (Ballantyne, 2013).

Tabla 2. Escala de Intensidad de Mercalli Modificada

GRADO	DESCRIPCIÓN
I	No sentido excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido solo por muy pocas personas en reposo, especialmente en pisos altos de edificaciones. Objetos suspendidos delicadamente pueden oscilar.
III	Sentido muy sensible por las personas dentro de edificaciones, especialmente las ubicadas en los pisos superiores. Muchas personas no se dan cuenta que se trata de un sismo. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como las producidas por el paso de un cambio. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas, puertas agitadas, las paredes crujen. Sensación como si un camión chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento de algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de los árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algunos muebles pesados se mueven, algunos casos de caída de revestimiento y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente; considerables en edificios corrientes sólidos concolapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores en automóviles entorpecidos.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la verticalidad; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunos edificios bien construidos en madera destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo destruidas con los cimientos; suelo muy agrietado. Carriles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en las laderas escarpadas. movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas giretas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Carriles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

Fuente Tavera (2006)

### 2.2.6 Sismicidad en el Perú

Los Andes son un claro ejemplo de cordillera formada como resultado del proceso de subducción de una placa oceánica bajo una continental. Esta cordillera se extiende a lo largo del continente Sudamericano, desde Venezuela hasta el Sur de Chile con una anchura que oscila entre 250 km en la región central de Perú y 500 km en la frontera Perú-Chile (Tavera y Buforn, 1998).

Según Hernando (2011) "el proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca (oceánica) por debajo de la Sudamericana (continental) con velocidades promedio del orden de 7-8 centímetros por año (De Mets et al, 1980; Norabuena et al, 1999), se desarrolla en el borde occidental del Perú. Este proceso da origen a sismos de diversas magnitudes y focos, ubicados a diferentes profundidades, todos asociados a la fricción de ambas placas (oceánica y continental), a la deformación de la corteza a niveles superficiales y a la deformación interna de la placa oceánica por debajo de la cordillera.". Como se observa en la figura 1.



Figura 1. Subducción de la placa de nazca con la placa sudamericana.

Fuente Diario la República 2017



Tavera y Cuya (2017) , indican que en el Perú, la distribución espacial de los sismos ha permitido conocer la existencia de tres fuentes sismogénicas principales. La primera y más importante fuente es la superficie de fricción entre las placas de Nazca y Sudamérica en el borde occidental del Perú. Esta fuente ha causado los sismos más grandes en el pasado ( $M > 7.0$  Mw) en términos de magnitud, intensidad y grado de destrucción. Muchos de estos eventos fueron acompañados por tsunamis que aumentaron el daño, especialmente en zonas costeras. Por eso es necesario saber periodos de retorno para estos eventos o, en el mejor de los casos, las áreas que se encuentran en un estado de acumulación actual de deformación y energía porque son la causa de un nuevo terremoto en el futuro.

- La segunda fuente tiene en cuenta la deformación superficial de la corteza continental con la presencia de fallas geológicas. Sin embargo, esta fuente produce sismos de magnitud media ( $M > 7.0$  Mw), pero ocurren cerca de áreas urbanas y tienen poca profundidad, por lo que producen daños y desastres como los que causan la primera fuente de sismos.
- La tercera fuente corresponde a la deformación interna de la placa de Nazca debajo de la cordillera andina en niveles profundos de orden 100 km o más. Esta fuente ha originado sismos de magnitudes moderadas que han generado procesos de licuefacción de superficie en los valles de las regiones andinas y subandinas ( $M < 7.0$  Mw).

## **Registro de actividad sísmica en el Perú**

Según INDECI (2006) se registraron muchos sismos en el Perú, desde el año 1471 hasta la fecha entre los cuales los más destacados fuertes en los últimos 70 años han sido los siguientes:

**20 de agosto de 1857**, sismo en Piura, la máxima intensidad producida por este sismo fue de VIII MM.

**13 de agosto de 1868**, terremoto acompañado de tsunami en Arica. La máxima intensidad de este sismo fue de XI MM.

**24 de Julio de 1912**, terremoto en Piura y Huancabamba. La máxima intensidad de este sismo fue de VIII MM.

**24 de diciembre de 1937**, afectó pueblos de Huancabamba y Oxapampa, máxima intensidad de este sismo IX MM y la magnitud fue de  $M_s = 6.3$ .

**24 de mayo de 1940**; Magnitud: 8,2  $M_s$  (Richter), de intensidad: VIII MM.

En Lima y Callao

**24 de agosto de 1942.-** Terremoto en la región limítrofe de de Ica y Arequipa, intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli.

**17 de octubre de 1966.-** Magnitud: 7,5 (Richter), de intensidad: VIII-IX MM en San Nicolás, Huacho VIII MM y Puente Piedra.

**31 de mayo 1970.-** de magnitud 7.8 (Ritcher), Intensidad VIII MM en el Callejón de Huaylas.

**3 de octubre de 1974.-** Intensidad de IX MM, con epicentro localizado a 70 Km al S-SW de Lima.

**15 de agosto del 2007.-** Magnitud: Local: 7,0 (Richter) Momento: 7,9 Mw, de intensidad: Pisco: VII-VIII MM Lima: VI MM Huancavelica: V MM.

**24 de agosto del 2011.** - Terremoto de 7 en la escala Richter con epicentro cerca de la ciudad de Pucallpa.

Según la información del Instituto Geofísico del Perú se tiene la historia de los sismos en Ancash y aquellos originados en otros departamentos y que tuvieron impacto en Ancash, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Historial de sismos ocurridos en Ancash y ocurrido en el Perú con impacto en Ancash

<b>Fecha</b>	<b>Magnitud (Ms, mb, ML, Mw)</b>	<b>Departamento</b>	<b>Fuente</b>
10/11/1964	7.2	Ancash	Silgado (1951)
24/09/1963	7	Ancash	Tavera et al. (2010d)
31/05/1970	7.7	Ancash	Gajardo (1970), Silgado (1977)
12/05/1992	5.8	Ancash	Tavera et al. (2014d)
03/01/2010	5.7	Ancash	Tavera et al. (2010d)
<b>Originados en otros departamento con impactos en el departamento de Ancash</b>			
10/07/1586	8.1	Lima	Silgado (1985), Dorbath et al. (1990)
14/02/1619	7.8	La Libertad	Silgado (1983), Dorbath et al. (1990)
20/10/1687	8.2	Lima	Silgado (1985), Dorbath et al. (1990)
07/01/1725	7.7	Lima	Silgado (1985)
29/10/1746	8.4	Lima	Silgado (1985), Dorbath et al. (1990)
24/05/1940	8.2	Lima	Silgado (1978), Dorbath et al. (1990)
01/11/1947	7.5	Junín	Silgado (1948)
10/12/1950	7	Ica	Silgado (1952)
17/10/1966	7.5	Lima	Lomnitz y Cabre (1968), Silgado (1977), Beck y Nishenko (1990)
15/08/2007	8	Ica	Astroza (2007), Tavera y Bernal (2008a)

Fuente: IGP, 2012

### 2.2.7 Sismo probable en la zona de estudio

Según Morales y Zavala (2008), mencionan en su estudio que el sismo más probable que ocurra con epicentro frente a Lima es de magnitud 7.5 a 8.0 Richter, con intensidad de IX grados Mercalli modificada de 360 gal de

aceleración, y que presupone efectos destructivos en los departamentos de Lima, Ancash, Ica, Huánuco, Junín, Pasco, Huancavelica, Ayacucho y Callao.

Según el Instituto Geofísico del Perú INDECI, muestra el historial de sismos ocurridos desde 1960 al 2017, tal como se muestra en la figura 2 En Ancash que muestra sismos ocurridos de magnitud 4,5, 6 hasta mayor a 7.0 Mw, En Huaraz es posible la ocurrencia de un sismo de una magnitud mayor a 8 en la escala de Richter.

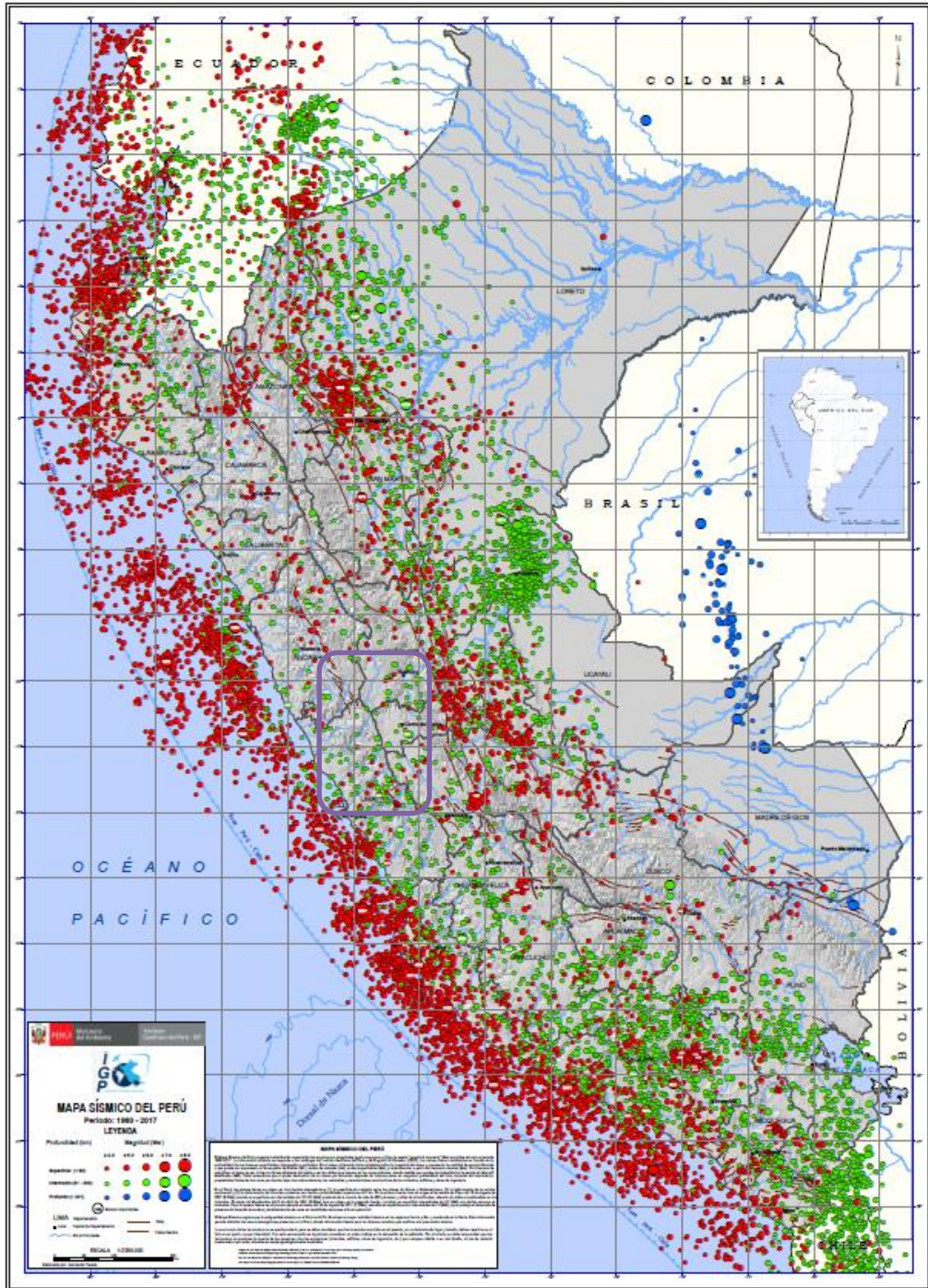


Figura 2. Mapa sísmico, período 1960-2017

Fuente: IGP

Alva et al. (2011), indica que el sismo ocurrido el 31 de mayo de 1970 en Ancash de magnitud  $M_s = 7.8$  fue considerado de una intensidad IX en escala de Mercalli. En su estudio de acuerdo a un mapa de distribución máxima de intensidades sísmicas observadas, en Áncash podría presentarse un sismo con intensidad de VII a VIII en la escala de Mercalli.

Ferro (2007) concluye que en la ciudad de Huaraz los posibles eventos que puede ocurrir en la zona de estudio son aluviones y sismos, los cuales podrían causar pérdidas económicas también que superen los mil millones de nuevos soles.

Los sismos ocurridos antes en un lugar, pueden volver a ocurrir después de un intervalo, ello se puede determinar con métodos determinísticos y probabilísticos. Debido a que los terremotos más pequeños son siempre más frecuentes que los terremotos de mayor magnitud, se espera que los sismos de alta magnitud se repitan poco a diferencia de los de baja magnitud que se repiten con mayor frecuencia (Moncayo et al., 2017).

Tavera y Cuya (2017) indican que, según la geodinámica de las placas tectónicas, la ocurrencia de terremotos sigue un proceso cíclico, así mismo también se puede indicar que los sismos tienen períodos de repetición o recurrencia, que para pequeños sismos son del orden de segundos, mientras que los sismos más grandes pueden ser décadas y centurias. Por lo tanto, el área en la que se ha producido un gran terremoto en el pasado, se espera que se repita en el futuro y causar el mismo o mayor nivel de temblores en el suelo; el daño y los efectos en las estructuras y la población aumentará al

mismo nivel en que ha aumentado la población, expansión urbana, y la ocupación de zonas altas de riesgo de la población.

En el estudio de Rodríguez (2019) titulado, “Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la subcuenca Chucchun - Carhuaz”, estimó que para la zona de Ancash – Carhuaz, el sismo probable que podría ocurrir sería de intensidad desde VI, VII, VIII, de magnitud de 6.0 a 7.9 y con una aceleración máxima de suelo entre 0.35 a 0.45 por estar ubicado la zona de Ancash en la zona 3 de zonificación sísmica en el Perú.

### **2.2.8 Proceso de análisis jerárquico**

Según Moreno (2002) el proceso de análisis jerárquico es una teoría de los juicios y valoraciones, basadas en la razón, permiten combinar lo científico y lo racional con lo intangible, para sintetizar la naturaleza humana con nuestra experiencia obtenida a través de la ciencia. Así mismo es una técnica que ayuda a la resolución de problemas multicriterio.

El proceso de comparaciones de pares no consiste en asignar números para ordenar las alternativas. Una cosa es asignar un número a una magnitud medible como una fracción del total, lo que se hace con aspectos tangibles como la longitud, distancia, o peso, y otra cosa, es derivar un número de las comparaciones entre intangibles homogéneos basadas en su proximidad como si no hubiera modo de conceptualizar magnitudes. El Proceso de Análisis Jerárquico proporciona escalas de razón que capturan la realidad percibida.

Según Saaty (1994), es necesaria una aproximación que contemple jerarquías, redes, y escalas de razón para analizar las relaciones entre los

objetivos y propósitos. En este sentido, el Proceso Analítico Jerárquico permite llevar un problema de varias dimensiones (multicriterio) a un problema en una escala de una dimensión (escala de prioridades). La síntesis de las escalas derivadas en el modelo jerárquico sólo se puede efectuar correctamente, esto es, para obtener salidas válidas en escalas conocidas mediante la adición ponderada.

Su metodología se basa en:

- ✓ Usar jerarquías para formalizar el modelo mental, para representar los aspectos relevantes del problema, tales como escenarios, actores, criterios y alternativas.
- ✓ Usar conglomerados lo muy pequeño con lo muy grande, los elementos serán del mismo orden y magnitud.
- ✓ Usar comparaciones pareadas
- ✓ Usar la escala propuesta por Saaty, para los juicios y valoraciones; esta escala que es positiva elimina ambigüedades que el ser humano presenta en la comparación de elementos.
- ✓ Permite evaluar matemáticamente la consistencia del decisor a la hora de emitir los juicios
- ✓ Las prioridades son dadas por la escala de razón, la cuales son la única forma de generalizar una teoría de la decisión, según Saaty.

Moreno (2002) presenta una escala fundamental para representar intensidades de los juicios, que se indican en la tabla 4.



Tabla 4. Escala para representar las intensidades de los juicios

<b>Escala Numérica</b>	<b>Escala verbal</b>	<b>Explicación</b>
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	Moderadamente más importante un elemento que otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente a otro.
5	Fuertemente más importante un elemento que 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 esta probada en práctica.
9	Importancia extrema de un elemento frente a otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.

Fuente (Moreno, 2002)

Dónde los valores de 2,4,6 y 8 se usan en situaciones intermedias y las cifras decimales en estudios de gran precisión.

### 2.3 Definición de términos

#### **Componente**

parte discreta de un sistema capaz de operar independientemente, pero diseñado, construido y operado como parte integral del sistema. (Zambrano, 2009).

#### **Descriptor**

Término o símbolo válido y formalizado que se emplea para representar inequívocamente los conceptos de un documento o de una búsqueda (Real Academia Española, 2017).

### **Líneas vitales**

Las líneas vitales son sistemas que difieren de las estructuras que generalmente se estudian en ingeniería sísmica y pueden incluir los servicios de agua, alcantarillado, energía eléctrica, comunicaciones, gas natural, combustibles líquidos y sistemas de transporte (Ballantyne, 2013).

### **Mitigación**

Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Las medidas de prevención que se toman a nivel de ingeniería, dictado de normas legales, la planificación y otros, están orientados a la protección de vidas humanas, de bienes materiales y de producción, contra desastres de origen natural e inducido por el hombre (INDECI, 2010).

### **Peligro**

Los peligros son procesos, eventos físicos, fenómenos naturales, incidentes tecnológicos o actividades humanas potencialmente dañinas, que pueden causar pérdida de vidas, daño de propiedad, alteración social y económica, degradación del ambiente ("Living with risk," 2004).

### **Ponderación**

Corresponde a la acción de ponderar, es la atención, consideración, peso y cuidado con que se dice o hace algo (Real Academia Española, 2017).

### **Riesgo**

INDECI (2012), indica que es la estimación o evaluación matemática de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un período específico y área conocidos, de un evento

específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.

### **Riesgo sísmico**

Muñoz (1989), menciona que el riesgo debido a terremotos presenta dos aspectos diferentes; uno científico y otro económico. Dentro del aspecto científico, el del sismólogo, a quien le interesa, en primer lugar, la probabilidad de ocurrencia de un terremoto de ciertas características, y el del ingeniero a quien le interesa la probabilidad de que una estructura se comporte de una cierta forma bajo la acción de un terremoto dado.

### **Sismos**

indica como la liberación súbita de energía mecánica generada por el movimiento de grandes columnas de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior y, se propaga en forma de vibraciones, a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externos o internos de la Tierra (INDECI, 2012).

### **Terremoto.**

convulsión de la superficie terrestre ocasionada por la actividad tectónica o por fallas geológicas activas. La intensidad es generalmente mayor de VI y VII grados de la escala Mercalli Modificada (MM). (INDECI, 2012).

### **Vulnerabilidad**

INDECI (2006), menciona que la Vulnerabilidad es el grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.

### **Vulnerabilidad sísmica**

Según Sandi (2007), es “La propensión de alguna categoría de elementos en riesgo de sufrir efectos adversos causados por terremotos potenciales”.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Por su enfoque se trató de una investigación de tipo cualitativa, porque según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cualitativo, pretende describir, comprender e interpretar los fenómenos a través de las percepciones y experiencias; por su alcance corresponde a una investigación descriptiva, porque según Hernández et al. (2014), los estudios descriptivos miden o recogen información de manera independiente sobre los conceptos o variables a las que se refieren, no pretenden indicar cómo se relacionan éstas. La presente investigación, estimó el nivel de vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz frente un sismo probable, mediante un trabajo de campo en el que se realizó un levantamiento de información. Según la fuente de los datos la investigación es de campo.

#### **Diseño de investigación**

El diseño metodológico de la Investigación aplicó estrategias cualitativas, fue no experimental, porque según Hernández et al. (2014), los estudios se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos; y es transversal porque según Hernández et al. (2014), los diseños transversales recogen datos en un solo momento, en un tiempo único y el presente estudio analizó el fenómeno en un momento del año 2017.

### **3.2. Plan de recolección de información y/o diseño estadístico**

#### **a) Población**

La población está representada por el sistema de agua potable Bellavista.

#### **b) Muestra**

La unidad de análisis fue igual a la población, el sistema de agua potable Bellavista.

### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas que se aplicaron en la Investigación fueron:

- La revisión documental de fuente secundaria para el análisis de información de los eventos sísmicos históricos, así como valores de algunos parámetros, en sus diferentes escalas definidas en el marco teórico.
- La observación de fuente primaria, para el diagnóstico o caracterización de cada componente del sistema de agua potable, con la aplicación de la ficha de levantamiento de información documental.

### **3.4. Plan de procesamiento y análisis estadístico de datos**

Se aplicaron las siguientes técnicas de procesamiento de datos:

#### **✓ Ordenamiento y clasificación**

Se aplicó para tratar la información cualitativa sobre las características de un sismo probable, características de los componentes del sistema de agua potable y nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable, de forma metódica para interpretar adecuadamente.

✓ **Registro manual**

Se aplicó para digitar la información de las diferentes fuentes sobre temas de características de un sismo probable, características de los componentes del sistema de agua potable, nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable, así como en la toma de datos de la ficha técnica de observación.

✓ **Proceso computarizado**

Se aplicó la herramienta de Microsoft Excel para el análisis y cálculos de del nivel de vulnerabilidad de los componentes que intervienen en la investigación.

La según lo expuesto investigación siguió las siguientes etapas:

**Primera etapa:** Organización del trabajo de investigación

1. Profundización de la revisión bibliográfica con la indagación de antecedentes y recopilación de información.
2. Reconocimiento de la zona de estudio y el contexto, visitando las instalaciones y componentes del sistema de agua potable Bellavista.
3. Revisión de indicadores para componentes de los sistemas de agua potable, diseño de instrumentos de levantamiento de información.
4. Análisis jerárquico de los descriptores de cada indicador de los instrumentos, mediante el proceso de análisis jerárquico.
5. Estimación de las ponderaciones de los indicadores, de acuerdo a las guías de soporte identificadas en las bases teóricas y con ayuda de los expertos.
6. Agrupación de los componentes (dimensiones) de acuerdo a sus características físicas y constructivas, para aplicar el mismo instrumento,

mediante fichas técnicas. Ficha técnica A (Captación y desarenador), Ficha técnica B (Línea de conducción), Ficha técnica C1 (Planta de tratamiento, sub componente de mezcla rápida), Ficha técnica C2 (Planta de tratamiento, sub componentes cámara de decantación y cámara de filtración), Ficha técnica C3 (Planta de tratamiento, sub componentes galería de maniobras y edificio de control) y Ficha técnica D (Reservorio).

7. Validación de los instrumentos de levantamiento de información documentaria (fichas técnicas) mediante expertos.
8. Análisis jerárquico de las ponderaciones de los indicadores en las fichas validadas por los expertos para verificar consistencia.

**Segunda etapa:** Recopilación de datos

1. Toma de datos de las características físicas del sistema de agua potable de Bellavista con las fichas técnicas A, B, C1, C2, C3 y D (se muestran en los anexos).

**Tercera etapa:**

1. Evaluación y procesamiento de los datos recopilados
2. Organización, y análisis de datos para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de cada componente, mediante el software Excel que facilitó su procesamiento digital
3. Presentación y evaluación de resultados, discusión e informe.



### **3.5. Técnicas de análisis de información**

#### **✓ Características del sismo probable en la zona de estudio**

La técnica utilizada para la descripción de características de un sismo probable en la zona de estudio fue la revisión documentaria de fuente secundaria para el análisis de los eventos sísmicos históricos, así como valores de algunos parámetros sísmicos en dichos sismos y revisión de bibliografía de pronósticos de un sismo probable en la ciudad de Huaraz.

#### **✓ Características de los componentes del sistema de agua potable**

##### **Bellavista de la ciudad de Huaraz**

La técnica utilizada para la descripción de características los componentes fue la revisión documentaria de fuente secundaria, así como observación de fuente primaria, con la aplicación de la “ficha de levantamiento de información documentaria” que se elaboró con los parámetros de vulnerabilidad detallados en el marco teórico.

#### **✓ Determinación del nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz**

La metodología en relación a la estimación de la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista, consistió en diseñar instrumentos de levantamiento de información documentaria para cada componente del sistema de agua potable Bellavista, validados con la apreciación de expertos, es decir con la opinión de ingenieros con experiencia en el diseño, construcción y operación de sistemas de agua potable, para ser valorados mediante la observación en el sistema de agua potable; para lo cual se tomaron como referencia la guía del Centro Nacional de Estimación,

Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, la guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel de cantonal, de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador, la guía de reducción de daño sísmico para empresas, la guía de propuesta metodológica - análisis de vulnerabilidad a nivel municipal, del Ecuador, mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, guía para el análisis de vulnerabilidad y manual de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos de la Organización Panamericana de la Salud.

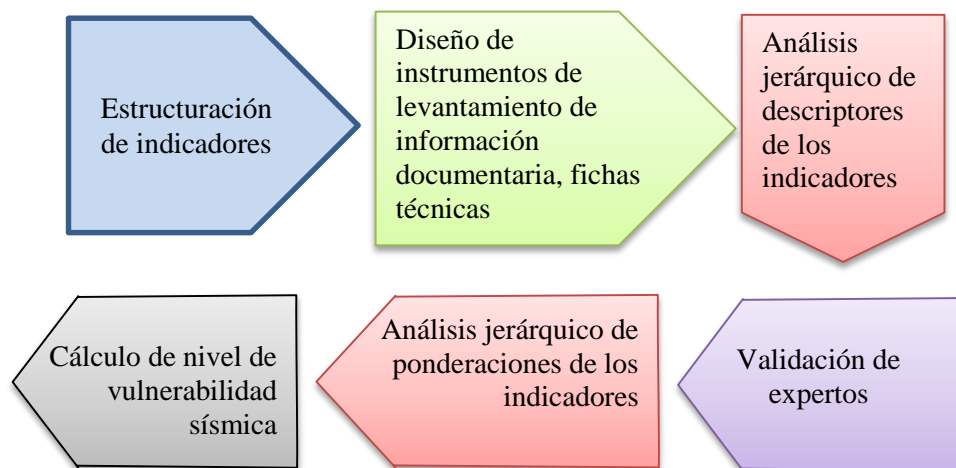


Figura 3. Proceso para determinar el nivel de vulnerabilidad

#### A. Estructuración de indicadores

Para el análisis de la vulnerabilidad de los componentes del sistema, como son: captación, desarenador, línea de conducción, planta de tratamiento y reservorios, se identificó los diversos parámetros que constituirían el formato de levantamiento de información documentaria.

Los instrumentos elaborados, tuvieron como objetivo la toma de datos sobre las características y el estado actual de los elementos en estudio.

En la presente Investigación se realizó el análisis de la vulnerabilidad en la **dimensión física, social y ambiental**, de acuerdo a la **fragilidad y resiliencia**.

Para los diferentes componentes del sistema, se determinaron los indicadores que se detallan a continuación:

- 1) **Estado actual:** Corresponde al estado de conservación en que se encuentra la infraestructura, la misma que podrá estar en un estado muy malo, malo, regular, buen o muy bueno. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador, 2012)
- 2) **Antigüedad de los componentes para captación, desarenador, línea de conducción y reservorio:** De acuerdo a (CENEPRED, 2018), se clasificará dentro los que estén de 0-3 años, de 3-10 años, de 10-15 años, de 15 a 40 años y los de mayor a 40 años.
- 3) **Antigüedad de los componentes para componentes de edificación de la planta de tratamiento:** De acuerdo a (CENEPRED, 2017), para la antigüedad de construcción de una edificación se clasificará en de menor de 10 años, de 10-20 años, de 20-30 años de 30-40 años y los de mayor a 40 años.
- 4) **Pendiente del terreno:** De acuerdo a CENEPRED (2017), la pendiente del terreno se agrupará de la siguiente forma
  - 50% - P - 80%
  - 30% - P - 50%
  - 20% - P - 30%
  - 10% - P - 20%
  - P menor a 10%

- 5) **Número de pisos:** Es importante conocer la cantidad de pisos que tiene una edificación para evaluar su vulnerabilidad y condiciones de la edificación, los indicadores que presente para ello son: de 1 piso, 2 pisos, 3 pisos, 4 pisos y de 5 a más pisos. (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador, 2012)
- 6) **Mantenimiento:** El estudio (Ferradas, Cabrera, Chuquisengo, Barra, & Rodríguez, 2010) indica que el mantenimiento de la captación se refiere a las tareas de vigilancia y control del flujo y turbiedad del agua captada, así como la verificación del funcionamiento y reparación de compuertas y fallas que puedan presentarse.

Según OPS (1998), menciona que las empresas que operan y mantienen adecuadamente sus sistemas e instalaciones, proveen respuesta adecuada al impacto de amenazas, mejores servicios luego del impacto y rehabilitación en más corto tiempo.

Según los manuales de trabajos por SEDAPAL, se tienen 2 tipos de mantenimiento:

- ✓ correctivo, el cual se refiere a los trabajos necesarios para corregir algún problema presentado durante el funcionamiento del mismo, tales como reparación, sustitución de elementos defectuosos u otros.
- ✓ Preventivo, Conjunto de trabajos permanentes y rutinarios que se realizan para prevenir, preservar o evitar problemas que se presentarían de otro modo, sino se toman algunas acciones para reducirlos o eliminarlos.

Los indicadores para este parámetro serán: Ninguno, solo correctivo, Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en

implementación, Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente, Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.

- 7) Material de construcción para captación y desarenador:** Se tomó como referencia la guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal de Ecuador, de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador; Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, (2011), donde se indican los materiales de PVC, hormigón armado, asbesto cemento, mampostería de piedra y ladrillo, donde se añadió concreto simple.
- 8) Material de construcción para línea de conducción:** Se tomó como referencia la guía para implementar el análisis de vulnerabilidad a nivel cantonal de Ecuador, de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador; Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, (2011), donde se indican los materiales de HDPE como el menos vulnerable ante un evento sísmico, PVC, acero-fibra de vidrio, asbesto cemento-hierro fundido y asbesto cemento como el material más vulnerable.
- 9) Material de construcción para planta de tratamiento:** Según (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador - Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2011) la construcción de los elementos de las plantas de tratamiento, podría ser desde mampostería de piedra, mampostería de ladrillo, concreto simple y concreto armado.
- 10) Tipo de suelo:** Según INDECI (2002), se tiene 5 tipos de suelo en la ciudad de Huaraz:

- ✓ Suelo tipo I: Trozos de roca de diversos tamaños, con matriz de arena o grava limosa bien graduada, con poca o ninguna humedad superficial, no existe la posibilidad de asentamientos ni presencia de grietas y capacidad portante de 2.0 – 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Suelo tipo II: Suelo de gravas y arena poco densa de diversa graduación, napa freática por debajo de los 3.0 metros, no existe posibilidad de asentamiento presencia de grietas y capacidad portante de 1.5 – 2.0 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Suelo tipo III: Conformado por gravas y arenas sueltas de distinta graduación, arena limo – arcillosa, se esperan asentamiento y capacidad portante de 1.0 – 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Suelo tipo IV: características similares al tipo III, se esperan asentamiento y capacidad portante de 0.5 – 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Suelo tipo V: conformada por una capa de escombros hasta profundidades de 1.20 m, luego capas de arcilla limosa o arena arcillosa blandas y poco consolidadas, napa freática superficial, se esperan asentamientos y capacidad portante de 0.0 – 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**11) Condiciones de la edificación:** Se refiere al estado de conservación de la edificación y según CENEPRED (2017), plantea indicadores como: Las estructuras presenta un deterioro tal que hace presumir su colapso, estructuras que no reciben mantenimiento regular, hay deterioro aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible desperfecto, estructuras Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones deterioros visibles debido a mal uso, además estructuras que

reciben mantenimiento permanente y estructuras que solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal y Reciben mantenimiento permanente, no presenta deterioro alguno.

**12) Obras de protección:** Según Castro (2010), para el análisis de la vulnerabilidad del sistema de agua también es necesario identificar si cuenta con obras de protección, la cual ayudará a reducir las situaciones de riesgo, por lo que en el instrumento de evaluación sean incluido las premisas de: cuenta con obras de protección adecuadas, con obras de protección en estado regular, con obras de protección en mal estado, con obras de protección insuficientes y no cuenta con obras de protección.

**13) Nivel de organización ante un evento sísmico:** Corresponde a una dimensión social referente a la fragilidad social que considera el análisis para identificar el nivel de organización de los trabajadores y personal que opera y mantiene el sistema ante la ocurrencia de algún evento sísmico. Los indicadores de medición para esta variable son: nada organizado, organización en proceso, poco organizado, organización promedio y bien organizado.

**14) Estándares de diseño y construcción:** De acuerdo a CENEPRED (2018), los parámetros de medición que se tienen para este indicador es desde el menos vulnerable, edificación diseñada posterior a la Norma E030, edificación diseñada con la Norma E030, edificaciones con diseño anterior a norma E030, edificaciones diseñadas antes de 1977 y una edificación con visibles defectos en Estructuras, la cual sería la más vulnerable.

**15) Configuración del reservorio, según CENEPRED (2018),** el reservorio podrá estar enterrado, lo cual lo hace menos vulnerable; apoyado; elevado soportado con fuste de concreto armado; elevado soportado con pórtico de concreto armado y reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado menor a 4 columnas viene a ser la configuración estructural más vulnerable.

**B. Diseño de instrumentos de levantamiento de información documentaria, fichas técnicas.**

El instrumento de levantamiento de información documentaria, para el registro de características de cada componente del sistema de agua potable de Bellavista se agrupó en diferentes fichas técnicas de acuerdo al tipo de infraestructura en análisis.

La ficha técnica A, usado para la captación y el desarenador ambas fichas constan de 08 indicadores, que recoge información de estado actual, antigüedad, pendiente del terreno, si reciben mantenimiento, el material de construcción predominante, el tipo de suelo, si cuenta con obras de protección y el nivel de organización ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Ficha técnica B, para la línea de conducción, con indicadores igual a la ficha A; sin embargo, con pesos diferentes en algunos indicadores. De acuerdo a los planos proporcionados por EPS, el tipo de suelo y pendiente varían para 09 tramos a lo largo de toda la longitud, lo que llevó a realizar la estimación de la vulnerabilidad en partes y luego determinar el valor promedio de nivel de vulnerabilidad para toda la línea de conducción.



La ficha técnica C1 usada para el sub componente de la planta de tratamiento, indicado como mezcla rápida, el cual contiene 08 indicadores: estado actual, antigüedad, pendiente del terreno, mantenimiento, material de construcción, tipo de suelo, nivel de organización ante un posible evento sísmico, y estándares de diseño y construcción.

La Ficha técnica C2 usada para la cámara de decantación y cámara de filtración, sub componentes de la Planta de tratamiento, la ficha contiene 08 indicadores como el estado actual, la antigüedad, la pendiente del terreno, el mantenimiento, material de construcción, tipo de suelo, nivel de organización ante un posible evento sísmico, y estándares de diseño y construcción.

Ficha técnica C3 para la galería de maniobras y el edificio de control, las cuales son evaluadas como una edificación contienen 09 indicadores como el estado actual, la antigüedad, la pendiente del terreno, número de pisos, material de construcción, tipo de suelo, condiciones de la edificación, nivel de organización ante un posible evento sísmico, y estándares de diseño y construcción y estándares de diseño.

La Ficha técnica D elaborada para el reservorio, la misma que cuenta con 11 indicadores tales como: estado actual, antigüedad, pendiente del terreno, mantenimiento, material de construcción, tipo de suelo, condiciones de la edificación, nivel de organización ante un posible evento sísmico, estándares de diseño y construcción y configuración del reservorio.

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO					
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz					
FICHA TÉCNICA					
DIMENSION	INDICADORES	DESCRIPTORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION/ PESO
Dimensión 1	Indicador 1	Descriptor 1			
		Descriptor 2			
		Descriptor 3			
		Descriptor 4			
		Descriptor 5			
	Indicador 2	Descriptor 1			
		Descriptor 2			
		Descriptor 3			
		Descriptor 4			
		Descriptor 5			
	Indicador 3	Descriptor 1			
		Descriptor 2			
		Descriptor 3			
		Descriptor 4			
		Descriptor 5			
	Indicador "n"	Descriptor 1			
		Descriptor 2			
		Descriptor 3			
		Descriptor 4			
		Descriptor 5			
Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez					
Tesista en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos					

Figura 4. Modelo del instrumento - ficha técnica

Cada ficha técnica cuenta con diferentes indicadores, así mismo estos con sus descriptores y valor de los mismos, la columna calificación se asigna en campo de la observación e información obtenida y la columna de ponderación o peso es la que tiene un indicador respecto de otro de acuerdo a su relevancia en la infraestructura.

### C. Análisis jerárquico de los descriptores de los indicadores

Cada descriptor cuenta con un valor, del más favorable al más desfavorable, para obtener dichos valores se realizó el proceso analítico jerárquico, para determinar también el índice de consistencia, para ello se trabajó con la matriz de Saaty, siguiendo los pasos que se detalla a continuación.

**Paso 01:** Se identificó los descriptores del parámetro escogido.

**Paso 02:** Se realizó la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa (Saaty), para determinar la intensidad de preferencia de un parámetro respecto a otro.

**Paso 03:** Se elaboró la matriz de Normalización

**Paso 04:** Se determinó el vector priorización (ponderación)

**Paso 05:** Se determinó la relación de consistencia, este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), y de acuerdo al número de indicadores en análisis se tendrá un índice de consistencia aleatorio, con la cual se determinará la relación de consistencia RC.

#### **Cálculo de la relación de consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.1$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

- a) Hallando el vector suma ponderada.
- b) Hallando  $\lambda$  max Se determina al dividir los valores del vector suma ponderada y el Vector de Priorización.
- c) Hallando el Índice de consistencia (IC)
- d) Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$RC = IC/IA < 0.1$$

Tabla 5. Valores de índice de consistencia aleatorio

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ICA	0,525	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

Fuente (Moreno, 2002)

#### **D. Validación de expertos**

Se realizó las ponderaciones de los indicadores de los instrumentos de cada componente con ayuda de las guías y estudios indicados, luego se realizó una validación de los instrumentos mediante el juicio de expertos, en los que participaron 05 ingenieros conocedores del área y tema en estudio.

La validación de expertos para las fichas técnicas, se evaluó de acuerdo a una puntuación del 1 al 5 en diferentes criterios como: la validez del contenido, validez del criterio, claridad y coherencia en los enunciados, objetividad, consistencia, pertinencia, organización lógica, intencionalidad además de presentación y formalidad del instrumento; el valor de uno (1), corresponde a muy poco, dos (2) poco, tres (3) regular, cuatro (4) aceptable y el valor de cinco (5) muy aceptable. Según ello se diseñó la ficha de validación de expertos como se muestra en la figura 5

Luego de analizar el Instrumento de validacion cualitativa, se le solicita que en base a su criterio y experiencia laboral, valide el instrumento para su aplicación.										
Apellidos y Nombres:										
Cargo e Institucion donde labora:										
Titulo del Estudio:		Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz								
Nota: para cada criterio considere la escala del 1 al 5										
1.- Muy Poco		2.- Poco		3.- Regular		4.- Aceptable		5.- Muy Aceptable		
Criterio de Validez		Puntuacion					Observacion o Sugerencia			
		1	2	3	4	5				
1.- Validez del Contenido										
2.- Validez del criterio										
3.- Se muestra Claridad en cada enunciado.										
4.- Se muestra Coherencia en cada enunciado.										
5.- Objetividad; esta expresado de acuerdo a la realidad física										
6.- Consistencia; basado en aspectos teórico-científicos										
7.- Pertinencia, es útil y adecuado para la Investigacion										
8.-Existe una organización lógica y coherente										
9.-Intencionalidad;el Instrumento es adecuado para el propósito del Estudio.										
10.-Presentacion y formalidad del Instrumento										
<b>Puntuacion:</b>										
De 10 a 20, No válida, reformular		<input type="text"/>								
De 21 a 30, No válida, Modificar		<input type="text"/>								
De 31 a 41, Válido, Mejorar		<input type="text"/>								
De 41 a 50, Válido, aplicar		<input type="text"/>								
Lugar y fecha		DNI		Firma de Experto				Teléfono		

Figura 5. Ficha de validación de expertos

De acuerdo a la puntuación dada por cada experto, el instrumento o ficha técnica podía darse por válida y ser aplicada, también podía ser mejorada y aplicada o no válida para modificar o reformular, como se muestra en la figura. Los instrumentos de validación se muestran en el anexo 2.

Tabla 6. Intervalo de puntuación en la validación del instrumento.

<b>Puntuación</b>	<b>Descripción</b>
10 - 20	No válida, reformular
21 - 30	No válida, modificar
31 - 40	Válido, mejorar
41 - 50	Válido, aplicar

Con el juicio de expertos de acuerdo a la naturaleza descriptiva de la investigación, no es necesario hacer una validación estadística, ya que no se establecen correlatos entre las variables observables o indicadores con cada una de sus dimensiones, de modo que, la validación de expertos se entiende como una validación teórica.

Según Barraza (2007), debido a la diversidad de concepciones y criterios la American Psychological Association (APA), es que se organiza un comité que en 1954 publica un trabajo en donde aparecen cuatro categorías de validez, como son contenido, predictiva, concurrente y constructo. Es aquí donde aparece por primera vez el término “Validez del Constructo”, en el entendido que constructo se refiere a la variable de análisis o el concepto que engloba. Esta validez se encuentra presente en la mayor parte de los manuales de investigación, que fundamenten su uso y aplicación, sin perjuicio de la validación estadística en instrumentos de aplicación a poblaciones en estudios correlacionales-explicativos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

#### **E. Análisis jerárquico de las ponderaciones de los indicadores**

Luego de haber desarrollado la validación de expertos del instrumento de levantamiento e información documentaria, se realizó el análisis jerárquico para las ponderaciones asignadas a los indicadores de cada ficha técnica, para analizar la consistencia en las ponderaciones asignadas, mediante el proceso de análisis jerárquico con la matriz de Saaty y siguiendo los pasos de manera similar al realizado para los valores de los descriptores de los indicadores.

#### **F. Cálculo de nivel de vulnerabilidad sísmica**

Luego de haber recopilado la información necesaria de las visitas de campo a cada componente del sistema de agua potable, se realizó el procesamiento de los datos. Cabe resaltar que, para la línea de conducción, se trabajó con el plano brindado por EPS Chavín, donde muestran los tramos y tipo de suelo a lo largo de la tubería de conducción, pues esta se encuentra enterrada.

Para determinar el nivel de vulnerabilidad, se trabajó según la metodología de CENEPRED (2018), se establecieron niveles de importancia para cada parámetro y descriptor mediante un proceso jerárquico, así como para establecer los niveles de vulnerabilidad según se detallan:

**Nivel de vulnerabilidad muy alta;** que indica un estado de conservación muy bajo, de antigüedad mayor a 40 o 50 años, no cuenta con obras de protección, muy mal mantenimiento del sistema, material de construcción inadecuado, suelo deslizante, deficiente en el nivel de organización.

**Nivel de vulnerabilidad Alta;** indica un estado de conservación malo, antigüedad entre 30-40 años, obras de protección insuficientes o en mal estado, mal mantenimiento del sistema, estado del suelo muy suelto, deficiente nivel de organización.

**Nivel de vulnerabilidad media;** Estado de conservación regular, obras de protección inconclusas o en estado regular. Regular mantenimiento del sistema. Estado de suelo suelto, regular nivel de organización.

**Nivel de vulnerabilidad baja;** estado de conservación bueno, tiene obras de protección en estado regular y óptimo, muy buen mantenimiento del sistema, estado de suelo rocoso y compacto, buen nivel de organización.

Después de haber obtenido la ponderación y valor de descriptores mediante el proceso analítico jerárquico, los rangos de calificación del nivel de vulnerabilidad fueron los siguientes:

NIVEL DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	RANGO
Muy Alta	$0.260 < V_s < 0.503$
Alta	$0.134 < V_s < 0.260$
Media	$0.068 < V_s < 0.134$
Baja	$0.035 < V_s < 0.068$

Figura 6. Rangos de nivel de vulnerabilidad sísmica

De acuerdo a la metodología del Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales de CENEPRED y la guía de análisis de vulnerabilidad a nivel de cantonal, de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador, se utilizó la fórmula siguiente para hallar el nivel de vulnerabilidad:



$$V_s = \sum_n^{i=1} \text{Valor del Descriptor}_i \times \text{Peso}_i$$

Donde:

$V_s$  = Vulnerabilidad sísmica de la dimensión en análisis

$\text{Valor del descriptor}_i$  = Calificación asignada al indicador

$\text{Peso}_i$  = Ponderación obtenida del proceso analítico jerárquico

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz.

De acuerdo a la calificación asignada de la observación en campo e información documentaria recibida de la entidad encargada del manejo del sistema; se determinó que el sistema de agua potable bellavista presenta un nivel de vulnerabilidad medio y alto ante la presencia de un sismo probable que sería de intensidad VII a VIII en la escala de Mercalli, y de 8 o más en la escala de Richter. El nivel de vulnerabilidad sísmica para cada componente de muestra en la tabla 7 y en la figura 7.

Tabla 7. Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista por componentes

<b>N°</b>	<b>Componente</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad sísmica</b>	<b>Valor</b>
1	Captación	Medio	0.107
2	Desarenador	Medio	0.090
6	Línea de conducción	Medio	0.121
3	Mezcla rápida	Alto	0.173
4	Planta de tratamiento 01	Alto	0.202
5	Planta de tratamiento 02	Medio	0.131
7	Reservorio 01	Alto	0.236
8	Reservorio 02	Medio	0.086

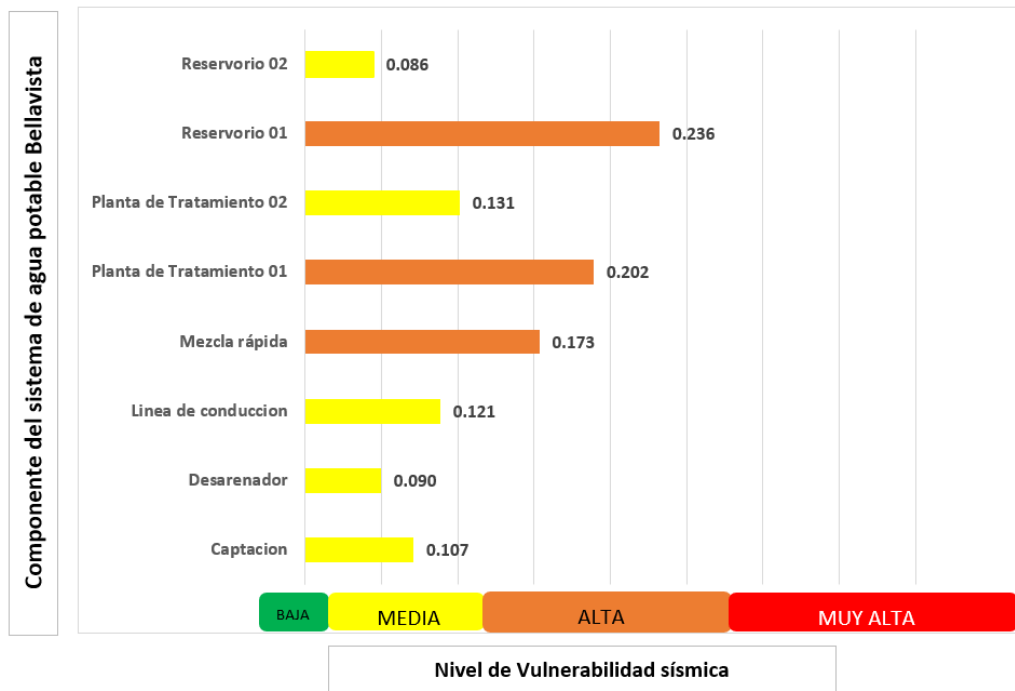


Figura 7. Rangos de nivel de vulnerabilidad sísmica

#### 4.2 Características de un sismo probable en la zona de estudio

Según los estudios que indican que los sismos ocurridos antes en un lugar, pueden volver a ocurrir después de un intervalo de tiempo, donde los terremotos más pequeños son siempre más frecuentes que los terremotos de mayor magnitud, se esperaría que las características del sismo ocurrido en 1970, se repitan. Por ello de acuerdo a los estudios y aproximaciones indicadas en las bases teóricas y expuestas en estas líneas, en la ciudad de Huaraz podría presentarse un sismo con intensidad de VII a VIII en la escala de Mercalli, y de 8 o más en la escala de Richter de acuerdo INDECI.

### **4.3 Características de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz.**

El sistema de agua potable de Bellavista, comprende componentes como la captación denominada Yarush, que recibe un caudal de 120 l/s, capta aguas del río Paria, se ubica en las coordenadas UTM de E=228988.17 y N=8949651.81; construida de concreto armado entre el año 2011 y 2012, la misma que se encuentra en estado regular, donde se tiene en proceso de implementación un mantenimiento preventivo y correctivo. Construido de concreto armado, sobre un suelo tipo II de gravas y arena, con obras de protección insuficientes, con un muro bajo de mampostería de piedra.

Seguida a la captación se tiene el desarenador, ubicado aproximadamente desde la captación en el Km 1+200. La tubería que sale de la captación y llega al desarenador es de PVC, diámetro 400 mm; construida en el 2017, protegido por un cerco perimétrico, se encuentra en estado actual bueno, donde viene implementando un plan de mitigación de emergencias para un mantenimiento preventivo y correctivo. Construido de concreto armado, con un suelo tipo II de gravas y arena, con obras de protección en estado regular.

La tubería que sale del desarenador y llega a la planta de tratamiento es de 355 mm de diámetro, de PVC con una longitud un poco más de 4 km; la misma corresponde a la línea de conducción, la cual se encuentran en estado regular, con tipo de suelo y pendiente variable a lo largo de su recorrido, que fue colocada hace menos de 10 años, presenta un mantenimiento solo correctivo, con obras de protección insuficientes.

La planta de tratamiento, está ubicada en el barrio de bellavista en las coordenadas E=227027.69, N=8946820.42, construida de concreto armado; en estas instalaciones el agua llega al sub componente llamado mezcla rápida donde se dosifica un coagulante (policloruro de aluminio) para atrapar los sólidos del agua; se encuentra en estado regular, construido hace casi 50 años, en el año 1968 con reglamentación de diseño de antes de 1977, sobre un suelo tipo II, de grava y arena.

El agua sale de la mezcla rápida y se reparte a dos plantas de tratamiento de filtración rápida, cada una tiene un sub componentes como son:

- **Cámara de decantación**, donde los sólidos atrapados caen por su propio peso, para dejar agua más limpia en la superficie.
- **Cámara de filtración**, el agua atraviesa las capas de filtro eliminando los sólidos más pequeños, para dejar el agua más clara y limpia.
- **Galería de maniobras**, donde están las válvulas de control de las tuberías que transportan el agua de la filtración a la cisterna
- **Edificio de control**, edificio donde están los elementos para la desinfección (dosificación del cloro), donde también está la sala de equipos, de desinfección y control del sistema.

La planta de tratamiento 01 fue construida en 1968 y trata 60 l/s; el sub componente cámara de decantación, se encuentra en estado regular, con un mantenimiento preventivo y correctivo en proceso de implementación, de concreto armado con reglamentación de diseño de antes de 1977, sobre un suelo tipo II, de grava y arena. El sub componente cámara de filtración se encuentra en estado regular, con un mantenimiento preventivo y correctivo

en implementación, construido de concreto armado con reglamentación de diseño de antes de 1977, sobre un suelo tipo II, de grava y arena. En cuando a la galería de maniobras, se encuentra en estado regular, es de 02 pisos, construido de concreto armado, sobre un suelo tipo II, de grava y arena, no reciben mantenimiento regular, hay deterioro, aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visibles desperfectos en algunos elementos, diseñadas con la norma antes de 1977. De igual forma del edificio de control la planta de tratamiento 01, se encuentra en mal estado, es de 02 pisos, construido de concreto armado, sobre un suelo tipo II, de grava y arena, no reciben mantenimiento regular, hay deterioro, aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visibles desperfectos en algunos elementos, fue diseñado antes de 1977.

La planta de tratamiento 02 construida en 1994 que trata 120l/s, posee una cámara de decantación que se encuentra en estado regular, es de concreto armado, sobre un suelo tipo II, de grava y arena, con diseño anterior a norma E030 y con un mantenimiento preventivo y correctivo en proceso de implementación. En cuando al sub componente cámara de filtración, se encuentra en estado regular, construido de concreto armado con reglamentación de diseño anterior a la Norma E-030, sobre un suelo tipo II, de grava y arena. En cuando a la galería de maniobras, se encuentra en estado regular, construido en el año de 1994, de 02 niveles, construido de concreto armado, sobre un suelo tipo II, de grava y arena, reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro (en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones

deterioros visibles debido a mal uso y diseñadas antes de la Norma E-030. De igual forma del edificio de control, se encuentra en estado regular, construido de concreto armado, sobre un suelo tipo II, de grava y arena, hay deterioro, aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visibles desperfectos en algunos elementos, con diseño anterior a la Norma E-030.

Se tienen dos reservorios de concreto armado, el Reservorio Pedregal, es circular de sistema apoyado y esta ubicado a 220 metros de la planta de tratamiento, construido en 1968, de volumen 250 m<sup>3</sup>, de concreto armado, sobre un suelo de tipo II, de gravas y arena, se encuentra en mal estado y hay deterioro considerable, acabados con visibles desperfectos, con obras insuficientes de protección, construido con diseño antes de 1977. El Reservorio Batan ubicado en las instalaciones de lo oficina central de la empresa EPS Chavín, es circular de concreto armado de 1800 m<sup>3</sup>, construido en el año 2004, se encuentra en buen estado, sobre un suelo de tipo II, de gravas y arena, con mantenimiento rutinario y solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal, sin embargo, con obras insuficientes de protección, construido con diseño de la Norma E-030 y de configuración apoyado.

Se muestra un esquema del sistema de agua potable Bellavista en la figura 8 y se tiene imágenes de cada componente mencionado en el anexo 4.

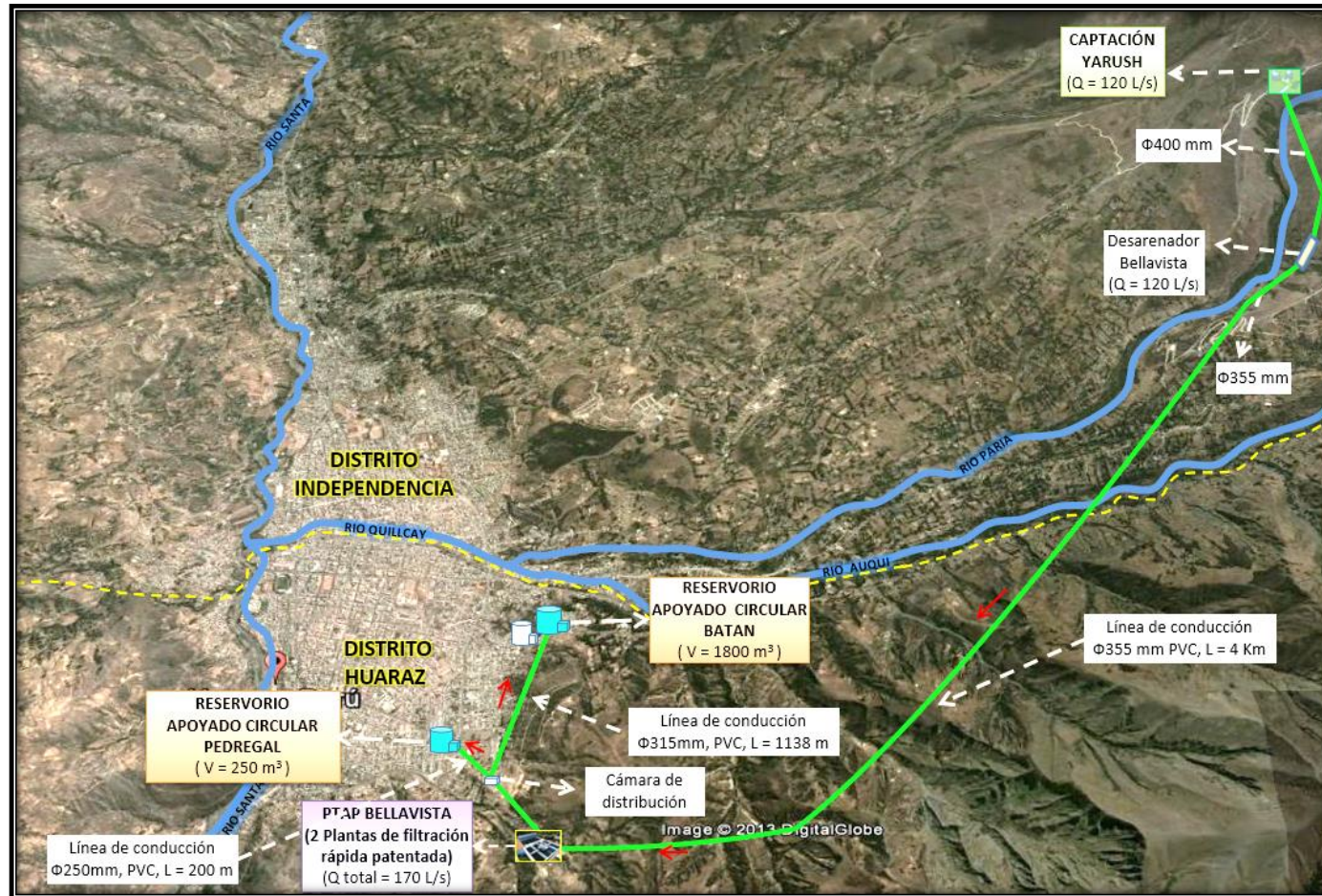


Figura 8. Sistema de agua potable bellavista de la ciudad de Huaraz

Fuente EPS Chavín.



**4.4 Nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz, ante la ocurrencia de un sismo probable.**

**Estructuración de los indicadores**

Los indicadores utilizados para analizar el nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable fueron identificados y estructurados de acuerdo al tipo de infraestructura o componente, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Estructuración de indicadores por componente

FICHA	A	B	C1	C2	C3	D
DIMENSIÓN/ COMPONENTE	CAPTACIÓN DESARENADOR	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	PLANTA DE TRATAMIENTO - MEZCLA RÁPIDA	PLANTA DE TRATAMIENTO- CÁMARA DE DECANTACIÓN Y FILTRACIÓN	GALERÍA DE MANIOBRAS Y EDIFICIO DE CONTROL	RESERVORIO
INDICADORES	Estado actual	Estado actual	Estado actual	Estado actual	Estado actual	Estado actual
	Antigüedad	Antigüedad	Antigüedad	Antigüedad	Antigüedad	Antigüedad
	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno	Pendiente del terreno
	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Mantenimiento	Número de pisos	Mantenimiento
	Material de construcción	Material de construcción	Material de construcción	Material de construcción	Material de construcción	Material de construcción
	Tipo de suelo	Tipo de suelo	Tipo de suelo	Tipo de suelo	Tipo de suelo	Tipo de suelo
	Obras de protección	Obras de protección	Nivel de Organización	Nivel de Organización	Condiciones de la edificación	Condiciones de la edificación
	Nivel de Organización	Nivel de Organización	Estándares de diseño y construcción.	Estándares de diseño y construcción.	Nivel de Organización	Obras de protección
					Estándares de diseño y construcción.	Nivel de organización
						Estándares de diseño y construcción.
					Configuración del reservorio	

## **Diseño de instrumentos de levantamiento de información documentaria, fichas técnicas.**

Los instrumentos de levantamiento de información documentaria fueron organizados en fichas técnicas A, B, C1, C2, C3 y D, de acuerdo a los componentes en análisis, cada una cuenta con una serie de indicadores según la tabla 8, estos a su vez tienen descriptores y valores del descriptor, los cuales fueron 5 para cada indicador.

Las seis fichas técnicas aplicadas se encuentran en el anexo 02; la figura 9 muestra un ejemplo del diseño de una ficha técnica con los valores de los descriptores que se obtuvo, que corresponde a la ficha técnica A, aplicada para los componentes de capacitación y desarenador.

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO						
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz						
FICHA TÉCNICA A						
DIMENSION	INDICADORES	DESCRIPTORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION /PESO	
CAPTACIÓN	Estado actual	Muy malo				
		Malo				
		Regular				
		Bueno				
		Muy bueno				
	Antigüedad	Mayor a 40 años				
		15 - 40 años				
		10 - 15 años				
		3 - 10 años				
		0 - 3 años				
	Pendiente del terreno	50% - P - 80%				
		30% - P - 50%				
		20% - P - 30%				
		10% - P - 20%				
		P menor a 10%				
	Mantenimiento	Ninguno				
		Solo correctivo				
		Preventivo y correctivo con plan de mitigación y emergencias en implementación.				
		Preventivo y correctivo según plan de mitigación y emergencias cumplido parcialmente				
	Material de Construcción	Preventivo y correctivo al 100% según plan de mitigación y emergencias.				
		Mampostería de piedra y ladrillo				
		Asbesto cemento				
		Concreto Simple				
		Concreto Armado				
	Tipo de Suelo	PVC				
Suelo Tipo V						
Suelo Tipo IV						
Suelo Tipo III						
Suelo Tipo II						
Obras de protección	Suelo Tipo I					
	No cuenta con obras					
	Obras insuficientes					
	Con obras de protección en mal estado					
	Con obras de protección en estado regular					
Nivel de organización (Ante un evento sísmico)	Con obras de protección adecuadas					
	Nada organizado					
	Organización en proceso					
	Poco organizado					
	Organización promedio					
		Bien Organizado				

Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez  
 Tesista en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos

Figura 9. Diseño de la ficha técnica

### Análisis jerárquico del valor de los descriptores

Cada indicador posee 5 descriptores de acuerdo al indicador, además 5 valores para cada descriptor, que van desde el más desfavorable hasta el más favorable, se utilizó el análisis jerárquico para determinar el valor de cada

descriptor en todos los indicadores y se obtuvo los siguientes valores para los descriptores, según muestra la tabla 9.

Tabla 9. Valor de los descriptores de los indicadores

Descriptor	Valor de descriptor
Descriptor 1	0.503
Descriptor 2	0.260
Descriptor 3	0.134
Descriptor 4	0.068
Descriptor 5	0.035

### Validación de expertos

De la validación teórica de los expertos realizada a cinco ingenieros que trabajan en el área, se obtuvo los siguientes puntajes

Tabla 10. Puntuación asignada por los expertos del instrumento

Experto	Puntuación
Experto 1	48
Experto 2	41
Experto 3	45
Experto 4	40
Experto 5	46

Se visualiza que 4 expertos mostraron una calificación de 41 a más, que corresponde a una calificación válida para aplicar el instrumento según se muestra en la tabla 10, mientras que uno de los expertos indicó un puntaje de 40 que correspondía mejorar el instrumento para aplicarlo.

Tabla 11. Rango de valores y puntuación del instrumento

Valores	Puntuación
De 10 a 20	No válida reformular
De 21 a 30	No válida, modificar
De 31 a 40	Válido, mejorar
De 41 a 50	Válido, aplicar

### Análisis jerárquico de las ponderaciones de los indicadores

Según los resultados obtenidos en el proceso analítico jerárquico de las fichas técnicas que antes fueron validadas por los expertos, se obtuvo consistencia en las ponderaciones asignadas, por ello para cada ficha técnica se muestran los pesos de un indicador respecto a otro:

Tabla 12. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica A

Parámetros	Peso ponderado	
Estado actual	PS1	0.064
Antigüedad	PS2	0.132
Pendiente del terreno	PS3	0.020
Mantenimiento	PS4	0.157
Material de construcción	PS5	0.344
Tipo de suelo	PS6	0.157
Obras de protección	PS7	0.064
Nivel de Organización	PS8	0.064

Tabla 13. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica B

Parámetros	Peso ponderado	
Estado actual	PS1	0.065
Antigüedad	PS2	0.312
Pendiente del terreno	PS3	0.020
Mantenimiento	PS4	0.065
Material de construcción	PS5	0.257
Tipo de suelo	PS6	0.153
Obras de protección	PS7	0.065
Nivel de Organización	PS8	0.065

Tabla 14. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica C1

<b>Parámetros</b>	<b>Peso ponderado</b>	
Estado actual	PS1	0.155
Antigüedad	PS2	0.138
Pendiente del terreno	PS3	0.020
Mantenimiento	PS4	0.063
Material de construcción	PS5	0.344
Tipo de suelo	PS6	0.063
Nivel de organización	PS7	0.063
Estandares de diseño y Construcción	PS8	0.155

Tabla 15. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica C2

Parámetros	Peso ponderado	
Estado actual	PS1	0.155
Antigüedad	PS2	0.138
Pendiente del terreno	PS3	0.020
Mantenimiento	PS4	0.063
Material de construcción	PS5	0.344
Tipo de suelo	PS6	0.063
Nivel de organización	PS7	0.063
Estandares de diseño y Construcción	PS8	0.155

Tabla 16. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica C3

Parámetros	Peso ponderado	
Estado actual	PS1	0.075
Antigüedad	PS2	0.157
Pendiente del terreno	PS3	0.020
Numero de pisos	PS4	0.075
Material de construcción	PS5	0.080
Tipo de suelo	PS6	0.075
Condiciones de la edificación	PS7	0.325
Nivel de organización	PS8	0.020
Estandares de diseño y Construcción	PS9	0.174

Tabla 17. Ponderaciones del análisis jerárquico para la ficha técnica D

<b>Parámetros</b>	<b>Peso ponderado</b>	
Estado actual	PS1	0.094
Antigüedad	PS2	0.168
Pendiente del terreno	PS3	0.027
Mantenimiento	PS4	0.083
Material de construcción	PS5	0.094
Tipo de suelo	PS6	0.051
Condiciones de la edificación	PS7	0.155
Obras de protección	PS8	0.050
Nivel de organización	PS9	0.027
Estandares de diseño y Construcción	PS10	0.159
Configuración del reservorio	PS11	0.094

### **Cálculo del nivel de vulnerabilidad sísmica**

En el componente de captación, el nivel de vulnerabilidad sísmica que se presenta es un nivel medio, con un valor de 0.107, de igual forma el desarenador tiene un nivel de vulnerabilidad medio de un valor de 0.09; el nivel de vulnerabilidad de línea de conducción ha variado a lo largo de su longitud, dividido en 09 tramos se obtuvo:

Tabla 18. Tramos de línea de conducción, características y vulnerabilidad

<b>N°</b>	<b>Tramos de Línea de Conducción</b>	<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Valor Vulnerabilidad</b>
1	0-500	Terreno Conglomerado	II	Medio	0.121
2	500-1000	Terreno Conglomerado	II	Medio	0.106
3	1000-1300	Rocoso	I	Medio	0.098
4	1300-2000	terreno de cultivo	IV	Medio	0.128
5	2000-3000	Terreno firme compactado	III	Medio	0.111
6	3000-3500	Terreno de cultivo	IV	Medio	0.127
7	3500-4000	Terreno normal no compactado	III	Medio	0.120
8	4000-4430	Rocoso Volcanico	I	Medio	0.106
9	4430-4550	Terreno de cultivo	IV	Alto	0.140
<b>Valor de Vulnerabilidad promedio en línea de conducción</b>					<b>0.117</b>

El promedio de todos los tramos de la línea de conducción tiene un valor de 0.117, que corresponde a un nivel de vulnerabilidad medio.

La captación, desarenador y línea de conducción, poseen un nivel de vulnerabilidad sísmica medio; lo que implica estado de conservación regular, obras de protección inconclusas o en estado regular, regular mantenimiento del sistema, de suelo suelto, regular nivel de organización.

En la Planta de tratamiento de Bellavista, se realizó el análisis para el sub componente mezcla rápida y se determinó un nivel de vulnerabilidad alto, con un valor de 0.173. Así mismo luego de la mezcla rápida el agua se distribuye a 02 plantas de tratamiento donde se halló lo siguiente para los sub componentes:

#### **Planta de tratamiento 01**

La cámara de decantación de la planta de Tratamiento 01, tiene un nivel de vulnerabilidad medio, próximo al nivel alto con un valor de 0.172; el sub componente cámara de filtración, tiene un nivel de vulnerabilidad de 0.172, por lo que se ubica en el nivel de vulnerabilidad alto; en cuando a la galería de maniobras, tiene un nivel de vulnerabilidad alto con un valor de 0.238, de igual forma del edificio de control tiene un nivel de vulnerabilidad alto, con un valor de 0.224.



Tabla 19. Vulnerabilidad Sísmica de la planta de Tratamiento 01

Componente	Sub componente	Nivel vulnerabilidad sísmica	Valor	Promedio
<b>Planta de Tratamiento 01</b>	Cámara de decantación	Alto	0.172	0.202
	Cámara de filtración	Alto	0.172	
	Galería de maniobras	Alto	0.238	
	Edificio de control	Alto	0.224	

El nivel de vulnerabilidad sísmica promedio para la Planta de Tratamiento 01 es de 0.202, que corresponde a un nivel de vulnerabilidad alto; lo cual indica un estado de conservación malo, antigüedad entre 30-40 años, obras de protección insuficientes o en mal estado, mal mantenimiento del sistema. Estado del suelo muy suelto, deficiente nivel de organización. En la tabla 19 se muestra el resumen de los valores y nivel de vulnerabilidad para cada sub componente.

### **Planta de tratamiento 02**

La cámara de decantación de la planta de Tratamiento 02, tiene un nivel de vulnerabilidad medio, con un valor de 0.119, el sub componente cámara de filtración de la planta de tratamiento 02, tiene un nivel de vulnerabilidad medio de valor 0.119. En cuando a la galería de maniobras, tiene un nivel de vulnerabilidad alto, con un valor de 0.134. El edificio de control la planta de tratamiento tiene un nivel de vulnerabilidad alto, con un valor de 0.153. En la tabla 19 se muestra el resumen de los niveles de vulnerabilidad por sub componente.

Tabla 20. Vulnerabilidad sísmica de la planta de tratamiento 02

<b>Componente</b>	<b>Sub componente</b>	<b>Nivel vulnerabilidad sísmica</b>	<b>Valor</b>	<b>Promedio</b>
<b>Planta de Tratamiento 02</b>	Cámara de decantación	Medio	0.119	0.131
	Cámara de filtración	Medio	0.119	
	Galería de maniobras	Alto	0.134	
	Edificio de control	Alto	0.153	

El nivel de vulnerabilidad sísmica para la Planta de Tratamiento 02 es de 0.131, que corresponde a un nivel de vulnerabilidad medio, lo que implica en terminaos generales obras de protección inconclusas o en estado regular, regular mantenimiento del sistema, de suelo suelto, regular nivel de organización.

El Reservorio 01, tiene un nivel de vulnerabilidad alto con un valor de 0.236; así mismo el Reservorio 02, tiene un nivel de vulnerabilidad medio con un valor de 0.086.

En la figura 10 y en el anexo 6 (Plano de vulnerabilidad sísmica), se muestran la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de acuerdo a los niveles de vulnerabilidad para cada componente.

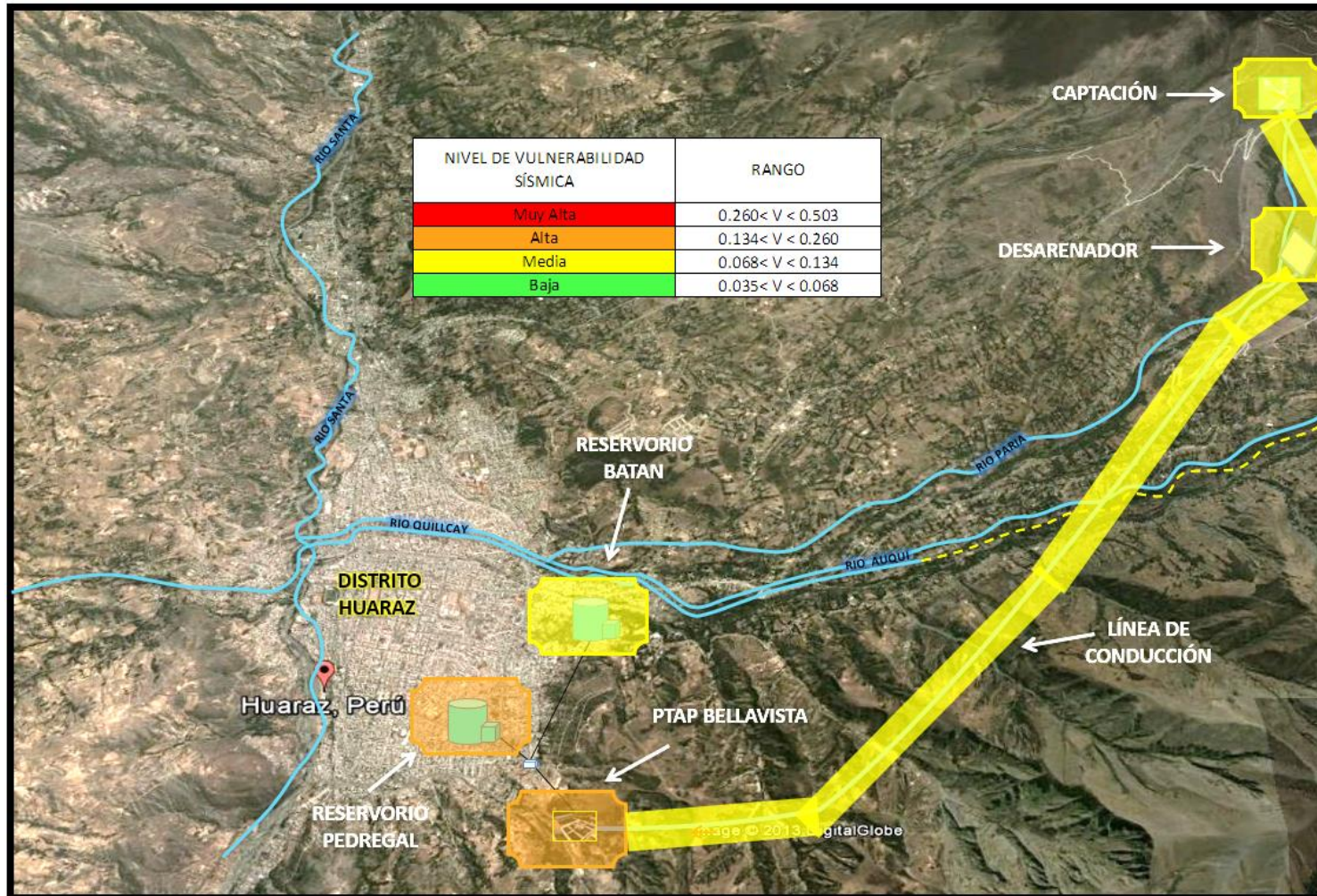


Figura 10: Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1.- Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz

Los resultados mostrados en la tabla 7 evidencian que el sistema de agua potable Bellavista presenta un nivel de vulnerabilidad medio y alto ante la presencia de un sismo probable que indica un estado de conservación regular a malo, antigüedad entre 30-40 años, obras de protección inconclusas, insuficientes o en mal estado, regular o mal mantenimiento del sistema, estado del suelo suelto y muy suelto, regular a deficiente nivel de organización; resultados que al ser comparados con lo encontrado por Fernandez (2017), quien obtuvo una vulnerabilidad de alta para el sistema de agua potable frente a un evento sísmico. Así como comparado con Curtihuanca (2017) en su tesis, que concluye que el sistema de agua potable tiene una vulnerabilidad media.

Con estos resultados se podría afirmar que como el Perú se ubica en una zona de alta actividad sísmica, muchos de los sistemas de agua potable serían mediana y altamente vulnerables ante la presencia de un evento sísmico considerable. Por otro lado, como el Perú, los países que se ubican en el cinturón de fuego y son propensos a la actividad sísmica, también tendrían sistemas de agua potable muy vulnerables; la OMS (1998), indica ejemplos de muchos terremotos en el mundo que han causado daños significativos en los sistemas de agua potable, en sus diversos componentes.

## **5.2. Características del sismo probable en la zona de estudio**

Se obtuvo que en la ciudad de Huaraz podría presentarse un sismo con intensidad de VII a VIII en la escala de Mercalli, y de 8 o más en la escala de Richter. Lo cual es comparado a lo obtenido en la investigación de Rodríguez , indica que el sismo probable que podría ocurrir está en el rango de intensidad desde VI, VII, VIII y de magnitud de 6.0 a 7.9, para Ancash. Ello también se asemeja al estudio de Bayona (2018), asume el estudio para un sismo de intensidad IX para la ciudad de Huaraz. De igual forma el estudio de Morales-Soto y Zavala (2008) mencionan que el sismo más probable que ocurra con epicentro frente a Lima será de magnitud 7.5 a 8.0 Richter, con intensidad de IX grados Mercalli y que presupone efectos destructivos en otros departamentos como Ancash; de donde se infiere que para Ancash un sismo con las características indicadas, tendrá repercusiones con una intensidad menor a IX y una magnitud menor a 8 Richter, de acuerdo a la distancia del epicentro.

## **5.3. Características de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz**

Los resultados obtenidos muestran los componentes de captación, construida entre el año 2011 y 2012, de concreto armado y recibe un caudal de 120 l/s; el desarenador de concreto armado construido en el 2017 se encuentra en estado actual bueno., la línea de conducción de 355 mm de diámetro de PVC que tiene menos de 10 años de antigüedad y se encuentra en estado regular, la planta de tratamiento que posee un sub componente

denominado mezcla rápida que tiene casi 50 años, luego el agua se reparte en 02 plantas de tratamiento de filtración rápida, la planta 01 para tratar 60 l/s construida en 1968 no recibe mantenimiento regular y hay deterioro en algunos de los sub componentes; la planta de tratamiento 02 construida en 1994 que trata 120 l/s, se encuentra en estado regular; también se cuenta con 02 reservorios circulares de concreto armado, el reservorio de Pedregal de un volumen de 250 m<sup>3</sup> construido en 1968 y el reservorio Batan para 1800 m<sup>3</sup> construido en el año 2004; también cuenta con un sistema de distribución que no se incluyó en el análisis del presente, pues este ha sido trabajado con una metodología diferente, tal como se trabaja en la investigación de Bayona (2018), para vulnerabilidad sísmica en redes de distribución en la ciudad de Huaraz.

Lo datos obtenidos se asemejan al estudio de Cano (2006), quien define 4 componentes básicos como son la captación, conducción, tratamiento-almacenamiento y distribución y para el análisis de vulnerabilidad en dicho estudio solo trabajó con los tres primeros. Jimenez (2010), en su manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado, describe las obras de captación, línea de conducción, regularización (almacenamiento) y red de distribución.

#### **5.4. Nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz; ante la ocurrencia de un sismo probable**

Se obtuvo un nivel medio de vulnerabilidad sísmica estimado para los componentes de la captación Yarush y desarenador, lo que implica que para

estos componentes el estado de conservación es regular, obras de protección insuficientes, tienen un mantenimiento regular, suelo suelto, nivel de organización en proceso, resultado que se compara con lo encontrado por Fernández (2017) en su tesis, que obtuvo una vulnerabilidad sísmica alta en la zona de captación de la Planta de agua potable debido a que la captación tiene entre 25 y 50 años de antigüedad y un estado regular.

En el desarenador se obtuvo una vulnerabilidad de nivel medio de un valor de 0.09; ello se aduce a que se encuentra en estado actual bueno y fue construido en el 2017, de concreto armado.

La vulnerabilidad sísmica estimada en la línea de conducción fue medio, debido a que ha sido cambiada hace menos de 10 años, en su mayoría se encuentra bajo un suelo firme y se encuentra en estado regular; sin embargo, en el último tramo de la línea de conducción que corresponde al Km 4+430 - 4+550, se presenta un nivel de vulnerabilidad alto, porque hay presencia de terreno de cultivo, que lo hace más vulnerable; resultado que comparado al estudio de Fernández (2017), obtuvo una vulnerabilidad sísmica alta en la línea de conducción de la Planta de agua potable en estudio, siendo también de PVC pero con antigüedad de 25 a 50 años. De igual forma estos hallazgos concuerdan con lo encontrado para el sistema de agua potable de Oxapampa según Salinas y Ventura (2010), que indica también para la línea de conducción, una vulnerabilidad media pues se encuentra en regular estado de conservación, pendiente media, aunque un mantenimiento malo un tipo de suelo medio. Bautista (2017), indica que el análisis de vulnerabilidad sísmica en las tuberías de agua favorece a la detección de las

zonas más desfavorables para cierto tipo de evento sísmico, lo que podría ayudar a proponer obras de protección de las líneas de conducción.

El nivel de vulnerabilidad sísmica para la Planta de Tratamiento 01 estimado fue alto, sin embargo, el nivel de vulnerabilidad sísmica para la Planta de Tratamiento 02 fue medio, lo cual indica que la planta de tratamiento de agua potable 01 de Bellavista, posee una mayor vulnerabilidad frente a los demás componentes. Por ello fue importante realizar primero el análisis por separado para dichos componentes; datos que son comparados con lo obtenido en el estudio de Fernández (2017), que obtuvo un nivel medio de vulnerabilidad sísmica para la planta de tratamiento en su estudio por encontrarse en estado regular, con mantenimiento esporádico, pero diseñado de acuerdo normas actuales.

Por otro lado, el nivel de vulnerabilidad obtenido en el presente estudio se evidencia debido a que en el análisis de este componente tienen mayor peso los indicadores de: estándares de diseño y construcción, material de construcción, antigüedad y el estado actual. La planta de Tratamiento 01 fue construida en 1968, no fue diseñada con la Norma E-030 y no se encuentra en buenas condiciones, como se muestra en el anexo 4, lo cual refleja un nivel alto de vulnerabilidad. Lo que podría indicar que estas infraestructuras ya cumplieron su periodo y necesitan ser intervenidos para refaccionarse o ser construidos nuevamente, no como en el caso de la planta de tratamiento 2 construido en el año 1994 y encontrarse en mejores condiciones.

Así mismo Cano (2006), indica que el análisis de vulnerabilidad, es el método que permite determinar las debilidades de los componentes de un



sistema frente a una amenaza, con el objetivo de establecer las medidas de mitigación necesarias para corregir esas debilidades, y proponer las medidas de emergencia para dar una respuesta adecuada cuando el impacto de la amenaza se produce. En el sistema Bellavista los componentes más vulnerables que se identificaron son la mezcla rápida, la planta de tratamiento 01 y el reservorio 01. El reservorio 01, ubicado en pedregal, tiene un nivel de vulnerabilidad alto, el valor obtenido se aduce a que fue construido en 1968, no fue diseñada con la Norma E-030, no se encuentra en buenas condiciones, como se muestra en el anexo 4, de acuerdo a lo observado no recibe mantenimiento adecuado y se observa deterioro en la estructura, lo cual refleja un nivel alto de vulnerabilidad. lo que podría indicar que estas infraestructuras ya cumplieron su periodo y necesiten ser intervenidos para refaccionarse o ser construidos nuevamente. esto se evidencia debido a que en el análisis de este componente tienen mayor peso los indicadores de: estándares de diseño y construcción, condiciones de edificación, antigüedad, así como el estado actual, configuración y mantenimiento.

el Reservorio 02 ubicado en las instalaciones de las oficinas de EPS, tiene un nivel de vulnerabilidad medio, pues según los indicadores con más peso para el nivel de vulnerabilidad este fue construido el 2004, se encuentra en adecuadas condiciones y por ello también refleja que recibe mantenimiento, diseñada con la Norma E-030.

Viendo cómo funcionan la mayoría de los sistemas de agua potable en una secuencia de componentes donde el agua pasa de uno a otro, estos sistemas

se encuentran en serie, a menos que se tenga sistemas en paralelos (2 líneas de conducción o 02 captaciones para un mismo sistema) como contingencia a los riesgos. El sistema de agua potable bellavista también es un sistema en serie, debido a que las aguas recibidas en la captación pasan al desarenador, y luego a la línea de conducción, para llegar a la planta de tratamiento y ser distribuido a los reservorios; ante un evento sísmico, si un componente falla todo el sistema podría quedar paralizado hasta su reparación, por ejemplo, si falla el componente de captación el agua no llegaría hasta la planta de tratamiento para ser distribuida; de igual forma si falla la línea de conducción el agua no llegaría hasta la planta de tratamiento hasta ser reparado. Si falla un reservorio o una de las plantas de tratamiento también quedaría interrumpido el abastecimiento de agua o limitado solo para las zonas donde abastecen el otro reservorio y planta de tratamiento.

Lo encontrado se asemeja al estudio de Cano (2006), Concluyó que el sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula era vulnerable frente a los fenómenos naturales, y que no contaba con planes de mitigación, ni emergencia para contrarrestar los mismos.

De igual forma en la investigación de Salinas y Ventura (2010), se obtuvo una vulnerabilidad externa alta debido a ocurrencia de sismos.

Así mismo en el estudio de Fernández (2017) titulado “Evaluación del grado de vulnerabilidad del sistema de agua potable y alcantarillado, ante la amenaza sísmica en los barrios san Jacinto y Nueva Buena Fe del Cantón san Jacinto de Buena Fe, provincia de los Ríos período 2017”, obtuvo que la vulnerabilidad de la Planta de agua potable era de media –alta.

## VI. CONCLUSIONES

Del trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

1. El sistema de agua potable Bellavista presenta un nivel de vulnerabilidad medio y alto ante la presencia de un sismo probable.
2. El sismo probable en la ciudad de Huaraz es un sismo con intensidad de VII a VIII en la escala de Mercalli, y más de 8 en la escala de Richter.
3. El sistema de agua potable de Bellavista consta de componentes como la captación Yarush, que recibe un caudal de 120 l/s, capta aguas del río Paria, construida de concreto armado entre el año 2011 y 2012. El desarenador, construido en el año 2017 de concreto armado se encuentra en buen estado. La tubería que sale del desarenador y llega a la planta de tratamiento es de 355 mm de diámetro, de PVC con una longitud de 4.5 Km. La planta de tratamiento, está ubicada en el barrio de Bellavista, construido de concreto armado; que inicia con el sub componente mezcla rápida donde se dosifica un coagulante (policloruro de aluminio) para atrapar los sólidos del agua, luego se tienen dos plantas de tratamiento de filtración rápida, una construida en 1968 y trata 60 l/s y la otra en 1994 que trata 120 l/s. Cada planta de tratamiento posee sub componentes como son: cámara de decantación, cámara de filtración, galería de maniobras, edificio de control. Se tiene dos reservorios de concreto armado, el Reservorio Pedregal de 250 m<sup>3</sup>, construido en 1968 y el Reservorio Batán de 1800 m<sup>3</sup> construido en el año 2004.

4. El nivel de vulnerabilidad sísmica de la captación es medio con un valor de 0.107, el desarenador con 0.090 de nivel de vulnerabilidad; la línea de conducción presenta en promedio el valor de 0.117 que corresponde a un nivel medio, el sub componente mezcla rápida tiene un valor de 0.173, que corresponde a un nivel alto, la planta de tratamiento 01 tiene un valor de 0.202 que corresponde a un nivel de vulnerabilidad alto, mientras que la planta de tratamiento 02 a nivel medio con valor de 0.131, El reservorio 01 posee un nivel alto de vulnerabilidad con 0.236 mientras que el reservorio 2 un nivel medio con un valor de 0.086.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **1. Implementación de medidas**

La ficha técnica diseñada en la presente investigación se debe tener en cuenta para identificar los componentes más vulnerables en las estructuras de un sistema de agua potable y tomar un plan de acción según lo identificado.

Para este caso, se recomienda tomar acción inmediata en la planta de tratamiento 01 de filtración rápida de la PTAP Bellavista, en el componente de mezcla rápida y en el reservorio 01 de Pedregal; se recomienda la construcción nueva de estos componentes del sistema de agua potable Bellavista, por encontrarse en un nivel alto de vulnerabilidad ante la presencia de un sismo, además de haber cumplido su periodo de vida de diseño.

### **2. Proyección de la investigación**

El presente trabajo podría complementarse con el modelamiento de cada estructura, tomando como datos lo que se encontró en el presente estudio y teniendo en cuenta el tipo de infraestructura que al que corresponde cada componente.

Por otro lado, considerando que también hay otro sistema de agua potable en la ciudad de Huaraz, podría aplicarse la presente para hacer una evaluación preliminar del estado en que se encuentra y saber el nivel de vulnerabilidad que tiene ante la presencia de un evento sísmico para tomar acción ante ello.

### **3. Metodológico**

Para el análisis cualitativo de la vulnerabilidad sísmica, se debe agrupar los elementos para determinar los parámetros o indicadores de evaluación en función al tipo de infraestructura que se analizará.

A las empresas prestadoras de servicio que no hayan implementado o estén en proceso de implementación de planes de contingencia o gestión de riesgos ante desastres, se recomienda tomar en cuenta, las guías que han elaborado la Organización Panamericana de la Salud, CENEPRED y las de otros países, para así elaborar guías más completas de acuerdo a nuestra ubicación y realidad; además se debe incluir planos de riesgos sísmicos del sistema de agua potable.

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alva Hurtado, J., Meneses Loja, J. y Guzman León, V. (2011). Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú.
- Ballantyne, D. B. (2013). *Reduccion del daño sísmico - Guía para las empresas*. 109.
- Bautista, A. (2017), *Afectación al suministro de agua de las redes de tuberías de distribución ante un sismo*. Tesis de Licenciatura; Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bayona Antúnez, R. C. (2018). Influencia del cambio de tuberías en la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable de la ciudad de Huaraz.
- Cano Zamora, Wilfredo. (2006). *Análisis de Vulnerabilidad del Sistema de agua potable de santa Catarina Pinula, Guatemala*. Tesis; Universidad de San Carlos de Guatemala.
- CENEPRED. (2015). *Manual Para la Evaluacion de Riesgos Originados por Fenomenos Naturales*. 2, 248.
- CENEPRED. (2017). *Manual Para la Evaluacion del Riesgo por Sismos* (Primera Ed). LIMA.
- CENEPRED. (2018). *Guia Para La Evaluacion del Riesgo en el Sistema de Agua Potable Y Alcantarillado Sanitario* (p. 88). p. 88. LIMA.
- Comité Sectorial de Agua y Saneamiento. (2007). Agua. 25.

- Curthuanca, J. C. (2017). Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad par el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Localidad de Sandia - Provincia de Sandia-Puno (Tesis). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Fernandez, W. (2017). Evaluación del grado de Vulnerabilidad del Sistema de agua potable y Alcantarillado, ante la amenaza sísmica en los barrios San Jacinto y Nueva Buena Fe del cantón San Jacinto de Buena Fe, Provincia de los Rios período 2017 (Tesis).
- Ferradas, P., Cabrera, C., Chuquisengo, O., Barra, A., & Rodriguez, M. (2010). *Línea de Base de Condiciones de Vulnerabilidad y Capacidades para la Gestión de Riesgos de Desastres de la EPS EMAPISCO*. 89.
- Ferro, V. (2007). *La Evaluacion del riesgo de desastre en la planificacion del desarrollo de la ciudad d Huaraz, Ancash*. 190.
- Giner Caturla, J. J. y Molina, S. (2001). *Sismicidad y riesgo sísmico en la CAV*. España: Editorial Club Universitario.
- Giraldo Galvis, J. A. y Mendez Nivia, D. M. (2006). Evaluación de vulnerabilidad sísmica en viviendas de mampostería en estratos uno y dos según tipificación de la estructura. (Tesis). Universidad de los Andes, Bogotá D.C.
- Gómez, J. J. (2001). Vulnerabilidad y Medio Ambiente: Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y el Caribe.
- Hernando, T. (2011). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. Lima.



- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Jimenez, J. (2010). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*.
- Jovanny, L., Torres, C., Guijarro, A., Lopez, L., Gonzales, E., Gonzales, M. y Leyva, M. (2019). *Estudio Estadístico- Neutrosófico de los efectos causados por Sismos. Casos de estudio: Infinite Study*.
- INDECI. Instituto Nacional de Defensa Civil. 2012. *Manual Basico para la estimacion de riesgo. Unidad de estudios y Evaluacion de Riesgos*: Instituto Nacional de Defensa Civil
- INDECI. Instituto Nacional de Defensa Civil. 2012. *Afectacion al suministro de agua de las redes de tuberia de distribucion ante un sismo. Congreso latinoamericano de ingenieria hidraulica* Perú: Instituto Nacional de Defensa Civil.
- INDECI. (2006). *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima: Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).
- Jaimes M., Reinoso E., Ordaz M. y Arredondo C.. (2009). *Correlación entre la aceleración y velocidad máxima del suelo: Aplicación en el análisis del*

Referencias peligro sísmico. *Revista de Ingeniería sísmica: 19-25.*

*Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives* (2004 ver).

(2004). New York, Geneva: United Nations.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento - Reglamento Nacional de Edificaciones (2006), *Obras de Saneamiento*.156.

Moncayo, M., Vargas, J., Moncayo, G. y Barzola, I. (2017). Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador. *Prisma Tecnológico*, 8(1), 12–17. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1526>

Moreno, J. M. (2002). El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. *Rect@*, 1, 28–77.

Morales, N. y Zavala, C. (2008). Terremotos En El Litoral Central Del Perú : ¿ Podría Ser Lima El Escenario De Un Futuro Desastre ? Earthquakes in the Central Coast of Peru : Could It Be Lima the Scene of a Future Disaster ?, 25(2), 217–224.

Muñoz, D. “*Conceptos básicos en riesgo sísmico.*” Física de la tierra.

Organización Panamericana de la Salud. (1998). *Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario Guías para el análisis de vulnerabilidad*. 102.

Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. 34.

Pineda Omar y Ordaz Mario. (2006). *Análisis de Vulnerabilidad Sísmica en la red primaria de distribución de agua potable del distrito Federal*. Artículo presentado en una ponencia de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C. 2006

Quispe M.G. (2012). Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Gravedad y Bombeo, 1ra edición, editores Ltda., Oruro, Bolivia, 458.

Rodríguez Anaya, R. D. (2019). Vulnerabilidad estructural ante riesgo sísmico de las viviendas de la sub cuenca Chucchun - Carhuaz (Tesis). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú.

Salinas, V. y Ventura, M. R. (2010). Riesgo y Vulnerabilidad de la Infraestructura de servicios se Agua Potable y Saneamiento: Caso Proyecto mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Oxapampa (Tesis).

Sandi, H., Pomonis, A., Francis, S., Georgescu, E., Mohindra, R., and Borcia, I. S. (2007). "Seismic vulnerability assessment. Methodological elements and applications to the case of Romania." *Proceedings of the International Symposium on Strong Vrancea Earthquakes and Risk Mitigation*.

Sandi, H. (1986). "EAEE Working group on Vulnerability and Risk Analysis for Individual Structures and for Systems." Proc. 8th European Conf. on Earthquake Engineering,.

Sandi, H., Pomonis, A., Francis, S., Georgescu, E., Mohindra, R., and Borcia, I. S. (2007). "Seismic vulnerability assessment. Methodological elements and applications to the case of Romania." *Proceedings of the International*

Symposium on Strong Vrancea Earthquakes and Risk Mitigation. Salinas Castro, V. y Ventura Rosas, M. R. (2010). Riesgo y Vulnerabilidad de la Infraestructura de servicios de Agua Potable y Saneamiento: Caso Proyecto mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Oxapampa (Tesis).

SAATY, T.L. (1994a): How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process.

*Proceedings of the 3th. ISAHP*, vii-xxviii.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador; Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2011). *Guía para implementar el análisis de Vulnerabilidades a nivel cantonal*. 109.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos de Ecuador. (2012). *Propuesta Metodológica - Análisis de Vulnerabilidad a Nivel Municipal*.

SEDAPAL (2014), *Manual de Operación y Mantenimiento, PROYECTO Mejoramiento del sistema de agua potable del sector 80: A.H. Fortín Caycho y A.H. Moradores del Pasaje Venus – Distrito Los Olivos*. 12.

Silva A. M. (2002), *Análisis de vulnerabilidad del sistema de agua potable de la ciudad de Huaraz*. REPIDISCA. 17.

Tadeo, A. B. (2017). *Afectación al suministro de agua de las redes de tuberías de distribución ante un sismo*. 99.

Tavera, H. y Buforn, E. (1998). Sismicidad y sismotectónica de Perú, 187–219.

Tavera, H. y Cuya, A. (2017). *Estimación del riesgo por exposición a partir de mapas de isosistas en el Perú*. Lima.

Valdez, E.C. (1994), Abastecimiento de agua Potable. 258

Vergara, R. A. (2011). *Vulnerabilidad en grandes ciudades de América Latina*:  
Universidad del Norte.

# **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia lógica

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE BELLAVISTA DE LA CIUDAD DE HUARAZ 2017**

Problema	Objetivo	Hipótesis/VARIABLES	Marco teórico	Metodología
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Hipótesis</b>		
¿Cómo es la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista, de la ciudad de Huaraz?	Analizar la vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz.	El Sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz tiene una vulnerabilidad sísmica de nivel alto.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vulnerabilidad</li> <li>2. Vulnerabilidad sísmica</li> <li>3. Sistema de abastecimiento de agua potable</li> <li>4. Vulnerabilidad sísmica de los sistemas de agua potable</li> <li>5. Parámetros sísmicos</li> <li>6. Sismicidad en el Perú</li> <li>7. Sismo probable en la zona de estudio</li> <li>8. Proceso de análisis jerárquico</li> </ol>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p><b>Enfoque:</b> Investigación cualitativa <b>Alcance:</b> Investigación descriptiva</p> <p><b>Tipo de diseño:</b> No experimental</p> <p><b>Diseño general:</b> Transversal</p> <p><b>Población y muestra</b></p> <p><b>Población</b> La población está representada por el sistema de agua potable Bellavista.</p> <p><b>Muestra</b> La unidad de análisis fue igual a la población, el sistema de agua potable Bellavista.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos</b> La revisión documental La observación</p> <p><b>Instrumentos de recolección de datos</b> Fichas técnicas La observación</p>
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Variables</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuáles son las características de un sismo probable en la zona de estudio?</li> <li>- ¿Cómo son las características de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz?</li> <li>- ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz, ante la ocurrencia de un sismo probable?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Describir las características de un sismo probable en la zona de estudio.</li> <li>- Describir las características de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz.</li> <li>- Determinar el nivel de vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Huaraz, ante la ocurrencia de un sismo probable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vulnerabilidad sísmica del sistema de agua potable Bellavista de Huaraz.</li> <li>- Parámetros sísmicos en la zona de Huaraz</li> </ul>		

Anexo 2: Fichas de validación de expertos

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE VALORACION CUALITATIVA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS						
Luego de analizar el Instrumento de validacion cualitativa, se le solicita que en base a su criterio y experiencia laboral, valide el instrumento para su aplicación.						
Apellidos y Nombres:		URTECHO CASIMIRO, RAMÓN TEODORO				
Cargo e Institucion donde labora:		JEFE OFICINA GENERAL DE DESARROLLO FISICO. UNASAM				
Titulo del Estudio:		Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz				
Nota: para cada criterio considere la escala del 1 al 5						
1.- Muy Poco	2.- Poco	3.- Regular	4.- Aceptable	5.- Muy Aceptable		
Criterio de Validez	Puntuacion					Observacion o Sugerencia
	1	2	3	4	5	
1.- Validez del Contenido				X		
2.- Validez del criterio				X		
3.- Se muestra Claridad en cada enunciado.			X			
4.- Se muestra Coherencia en cada enunciado.			X			
5.- Objetividad; esta expresado de acuerdo a la realidad física				X		
6.- Consistencia; basado en aspectos teórico-científicos				X		
7.- Pertinencia, es útil y adecuado para la Investigacion				X		
8.- Existe una organización lógica y coherente				X		
9.- Intencionalidad; el Instrumento es adecuado para el propósito del Estudio.				X		
10.- Presentacion y formalidad del Instrumento				X		
<b>Puntuacion:</b> De 10 a 20, No válida, reformular <input type="checkbox"/> De 21 a 30, No válida, Modificar <input type="checkbox"/> De 31 a 41, Válido, Mejorar <input type="checkbox"/> De 41 a 50, Válido, aplicar <input checked="" type="checkbox"/>						

HUARAZ, 15 MAYO 2019	07416950
Lugar y fecha	DNI


 RAMÓN TEODORO URTECHO CASIMIRO  
 Firma de Experto  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. del Colegio de Ingeniero del Perú N° 28597

975127823
Teléfono



VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE VALORACION CUALITATIVA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS						
Luego de analizar el instrumento de validacion cualitativa, se le solicita que en base a su criterio y experiencia laboral, valide el instrumento para su aplicación.						
Apellidos y Nombres:		Montoro Vergara Danilo				
Cargo e Institucion donde labora:		Docente de la FIC - UNASAM				
Titulo del Estudio:		Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz				
Nota: para cada criterio considere la escala del 1 al 5						
1.- Muy Poco		2.- Poco		3.- Regular		
4.- Aceptable		5.- Muy Aceptable				
Criterio de Validez	Puntuacion					Observacion o Sugerencia
	1	2	3	4	5	
1.- Validez del Contenido				///		
2.- Validez del criterio				///		
3.- Se muestra Claridad en cada enunciado.				///		
4.- Se muestra Coherencia en cada enunciado.				///		
5.- Objetividad; esta expresado de acuerdo a la realidad física				///		
6.- Consistencia; basado en aspectos teórico-científicos				///		
7.- Pertinencia, es útil y adecuado para la Investigacion				///		
8.- Existe una organización lógica y coherente				///		
9.- Intencionalidad; el Instrumento es adecuado para el propósito del Estudio.			///			
10.- Presentacion y formalidad del Instrumento				///		

**Puntuacion:**

De 10 a 20, No válida, reformular

De 21 a 30, No válida, Modificar

De 31 a 41, Válido, Mejorar

De 41 a 50, Válido, aplicar

H2 17/05/19	3167059	 Ing. Danilo Montoro Vergara Docente FIC - UNASAM	992867892
Lugar y fecha	DNI		Teléfono

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE VALORACION CUALITATIVA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS									
Luego de analizar el Instrumento de validacion cualitativa, se le solicita que en base a su criterio y experiencia laboral, valide el instrumento para su aplicación.									
Apellidos y Nombres:		RINCON Melendez, MIGUEL ANGEL Melendez							
Cargo e Institucion donde labora:		EPS CASITA S.A. GERENTE OPERACIONES y MANTENIMIENTO							
Titulo del Estudio:		Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz							
Nota: para cada criterio considere la escala del 1 al 5									
1.- Muy Poco		2.- Poco		3.- Regular		4.- Aceptable		5.- Muy Aceptable	
Criterio de Validez	Puntuacion					Observacion o Sugerencia			
	1	2	3	4	5				
1.- Validez del Contenido				✓					
2.- Validez del criterio				✓					
3.- Se muestra Claridad en cada enunciado.					✓				
4.- Se muestra Coherencia en cada enunciado.					✓				
5.- Objetividad; esta expresado de acuerdo a la realidad física					✓				
6.- Consistencia; basado en aspectos teórico-científicos				✓					
7.- Pertinencia, es útil y adecuado para la Investigacion					✓				
8.- Existe una organización lógica y coherente					✓				
9.- Intencionalidad; el Instrumento es adecuado para el propósito del Estudio.				✓					
10.- Presentacion y formalidad del Instrumento				✓					
<b>Puntuacion:</b>									
De 10 a 20, No válida, reformular		<input type="checkbox"/>							
De 21 a 30, No válida, Modificar		<input type="checkbox"/>							
De 31 a 41, Válido, Mejorar		<input type="checkbox"/>							
De 41 a 50, Válido, aplicar		<input checked="" type="checkbox"/>							

Huaraz, 14 de mayo 2019

EPS CASITA S.A.  
  
 Ing. Miguel Melendez Melendez  
 GERENTE OPERACIONAL  
 C.D. 87603

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE VALORACION CUALITATIVA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS						
Luego de analizar el Instrumento de validacion cualitativa, se le solicita que en base a su criterio y experiencia laboral, valide el instrumento para su aplicacion.						
Apellidos y Nombres:		Coral Jamanca Julio Cesar				
Cargo e Institucion donde labora:		Gerente Gral. EPS CHAVIN S.A.				
Titulo del Estudio:		Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz				
Nota: para cada criterio considere la escala del 1 al 5						
1.- Muy Poco		2.- Poco		3.- Regular	4.- Aceptable	5.- Muy Aceptable
Criterio de Validez	Puntuacion					Observacion o Sugerencia
	1	2	3	4	5	
1.- Validez del Contenido				X		
2.- Validez del criterio				X		
3.- Se muestra Claridad en cada enunciado.				X		
4.- Se muestra Coherencia en cada enunciado.				X		
5.- Objetividad; esta expresado de acuerdo a la realidad física				X		
6.- Consistencia; basado en aspectos teórico-científicos				X		
7.- Pertinencia, es útil y adecuado para la Investigacion				X		
8.- Existe una organización lógica y coherente				X		
9.- Intencionalidad; el Instrumento es adecuado para el propósito del Estudio.				X		
10.- Presentacion y formalidad del Instrumento				X		
<b>Puntuacion:</b> De 10 a 20, No válida, reformular <input type="checkbox"/> De 21 a 30, No válida, Modificar <input type="checkbox"/> De 31 a 41, Válido, Mejorar <input checked="" type="checkbox"/> De 41 a 50, Válido, aplicar <input type="checkbox"/>						

HUARAZ - 16-05-19	31650233
Lugar y fecha	DNI

  
\_\_\_\_\_  
Firma de Experto

997729836
Teléfono

VALIDACION DEL INSTRUMENTO DE VALORACION CUALITATIVA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS						
Luego de analizar el Instrumento de validacion cualitativa, se le solicita que en base a su criterio y experiencia laboral, valide el instrumento para su aplicacion.						
Apellidos y Nombres:		LOLI SILVA, MARCO ANTONIO				
Cargo e Institucion donde labora:		UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO				
Titulo del Estudio:		Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz				
Nota: para cada criterio considere la escala del 1 al 5						
1.- Muy Poco		2.- Poco	3.- Regular	4.- Aceptable	5.- Muy Aceptable	
Criterio de Validez	Puntuacion					Observacion o Sugerencia
	1	2	3	4	5	
1.- Validez del Contenido				X		
2.- Validez del criterio				X		
3.- Se muestra Claridad en cada enunciado.					X	
4.- Se muestra Coherencia en cada enunciado.					X	
5.- Objetividad; esta expresado de acuerdo a la realidad fisica					X	
6.- Consistencia; basado en aspectos teórico-científicos				X		
7.- Pertinencia, es útil y adecuado para la Investigacion					X	
8.- Existe una organización lógica y coherente					X	
9.- Intencionalidad; el Instrumento es adecuado para el propósito del Estudio.					X	
10.- Presentacion y formalidad del Instrumento				X		
<b>Puntuacion:</b> De 10 a 20, No válida, reformular <input type="checkbox"/> De 21 a 30, No válida, Modificar <input type="checkbox"/> De 31 a 41, Válido, Mejorar <input type="checkbox"/> De 41 a 50, Válido, aplicar <input checked="" type="checkbox"/>						

H2/15/05/2019	31626594
Lugar y fecha	DNI

  
Firma de Experto

943488818
Teléfono

Anexo 3: Fichas de levantamiento de información documentaria

Ficha técnica A

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO					
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz					
FICHA TÉCNICA A					
DIMENSION	INDICADORES	DESCRIPTORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION / PESO
	Estado actual	Muy malo	0.503		
		Malo	0.260		
		Regular	0.134		
		Bueno	0.068		
		Muy bueno	0.035		
	Antigüedad	Mayor a 40 años	0.503		
		15 - 40 años	0.260		
		10 - 15 años	0.134		
		3 - 10 años	0.068		
		0 - 3 años	0.035		
	Pendiente del terreno	50% - P - 80%	0.503		
		30% - P - 50%	0.260		
		20% - P - 30%	0.134		
		10% - P - 20%	0.068		
		P menor a 10%	0.035		
	Mantenimiento	Ninguno	0.503		
		Solo correctivo	0.260		
		Preventivo y correctivo con plan de mitigación y emergencias en implementación.	0.134		
		Preventivo y correctivo según plan de mitigación y emergencias cumplido parcialmente	0.068		
	Material de Construcción	Preventivo y correctivo al 100% según plan de mitigación y emergencias.	0.035		
		Mampostería de piedra y ladrillo	0.503		
		Asbesto cemento	0.260		
		Concreto Simple	0.134		
		Concreto Armado	0.068		
	Tipo de Suelo	PVC	0.035		
		Suelo Tipo V	0.503		
		Suelo Tipo IV	0.260		
		Suelo Tipo III	0.134		
Suelo Tipo II		0.068			
Obras de protección	Suelo Tipo I	0.035			
	No cuenta con obras	0.503			
	Obras insuficientes	0.260			
	Con obras de protección en mal estado	0.134			
	Con obras de protección en estado regular	0.068			
Nivel de organización (Ante un evento sísmico)	Con obras de protección adecuadas	0.035			
	Nada organizado	0.503			
	Organización en proceso	0.260			
	Poco organizado	0.134			
	Organización promedio	0.068			
Bien Organizado	0.035				

Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez  
 Tesista en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos

## Ficha técnica B

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO					
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz					
FICHA TÉCNICA B					
DIMENSION/TRAMO	INDICADORES	DESCRIPTORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION /PESO
	Estado actual	Muy malo	0.503		
		Malo	0.260		
		Regular	0.134		
		Bueno	0.068		
		Muy bueno	0.035		
	Antigüedad	Mayor a 40 años	0.503		
		15 - 40 años	0.260		
		10 - 15 años	0.134		
		3 - 10 años	0.068		
		0 - 3 años	0.035		
	Pendiente del terreno	50% - P - 80%	0.503		
		30% - P - 50%	0.260		
		20% - P - 30%	0.134		
		10% - P - 20%	0.068		
		P menor a 10%	0.035		
	Mantenimiento	Ninguno	0.503		
		Solo correctivo	0.260		
		Preventivo y correctivo con plan de mitigación y emergencias en implementación.	0.134		
		Preventivo y correctivo según plan de mitigación y emergencias cumplido parcialmente	0.068		
	Material de Construcción	Preventivo y correctivo al 100% según plan de mitigación y emergencias.	0.035		
		Asbesto cemento	0.503		
		Asbesto cemento - Hierro fundido	0.260		
		Acero- Fibra de vidrio	0.134		
		PVC	0.068		
	Tipo de Suelo	HDPE	0.035		
		Suelo Tipo V	0.503		
		Suelo Tipo IV	0.260		
		Suelo Tipo III	0.134		
		Suelo Tipo II	0.068		
	Obras de protección	Suelo Tipo I	0.035		
No cuenta con obras		0.503			
Obras insuficientes		0.260			
Con obras de protección en mal estado		0.134			
Con obras de protección en estado regular		0.068			
Nivel de Organización (Ante un evento sísmico)	Con obras de Protección adecuadas	0.035			
	Nada organizado	0.503			
	Organización en proceso	0.260			
	Poco organizado	0.134			
	Organización promedio	0.068			
	Bien Organizado	0.035			

Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez  
Tesis en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos

## Ficha técnica C1

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO					
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz					
FICHA TÉCNICA C1					
DIMENSION	INDICADORES	DESCRIPTORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION/P ESO
PLANTA DE TRATAMIENTO (MEZCLA RAPIDA)	Estado Actual	Muy malo	0.503		
		Malo	0.260		
		Regular	0.134		
		Bueno	0.068		
		Muy bueno	0.035		
	Antigüedad	Mayor a 40 Años	0.503		
		15 - 40 Años	0.260		
		10 - 40 Años	0.134		
		3 - 10 Años	0.068		
		0 - 3 Años	0.035		
	Pendiente del terreno	50% - P - 80%	0.503		
		30% - P - 50%	0.260		
		20% - P - 30%	0.134		
		10% - P - 20%	0.068		
		P menor a 10%	0.035		
	Mantenimiento	Ninguno	0.503		
		Solo correctivo	0.260		
		Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	0.134		
		Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente.	0.068		
	Material de Construcción	Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	0.035		
		Adobe	0.503		
		Mampostería de piedra	0.260		
		Mampostería de ladrillo	0.134		
		Concreto simple	0.068		
	Tipo de Suelo	Concreto armado	0.035		
		Suelo Tipo V	0.503		
		Suelo Tipo IV	0.260		
		Suelo Tipo III	0.134		
		Suelo Tipo II	0.068		
	Nivel de Organización (Ante un evento sísmico)	Suelo Tipo I	0.035		
		Nada organizado	0.503		
		Organización en proceso	0.260		
Poco organizado		0.134			
Organización promedio		0.068			
Estándares de diseño y construcción	Bien Organizado	0.035			
	Visibles defectos en Estructuras	0.503			
	Edificaciones diseñadas antes de 1977	0.260			
	Edificaciones con diseño anterior a norma E030	0.134			
	Edificaciones con diseño a norma E030	0.068			
	Edificaciones con diseño posterior a norma E030	0.035			

Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez  
 Tesista en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos

## Ficha técnica C2

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO					
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz					
FICHA TÉCNICA C2					
DIMENSION	INDICADORES	DESCRIPTORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION/P ESO
PLANTA DE TRATAMIENTO (CAMARA DE DECANTACION)	Estado Actual	Muy malo	0.503		
		Malo	0.260		
		Regular	0.134		
		Bueno	0.068		
		Muy bueno	0.035		
	Antigüedad	Mayor a 40 Años	0.503		
		15 - 40 Años	0.260		
		10 - 40 Años	0.134		
		3 - 10 Años	0.068		
		0 - 3 Años	0.035		
	Pendiente del terreno	50% - P - 80%	0.503		
		30% - P - 50%	0.260		
		20% - P - 30%	0.134		
		10% - P - 20%	0.068		
		P menor a 10%	0.035		
	Mantenimiento	Ninguno	0.503		
		Solo correctivo	0.260		
		Preventivo y correctivo con plan de mitigación y emergencias en implementación.	0.134		
		Preventivo y correctivo según plan de mitigación y emergencias cumplido parcialmente.	0.068		
		Preventivo y correctivo al 100% según plan de mitigación y emergencias.	0.035		
	Material de Construcción	Adobe	0.503		
		Mampostería de piedra	0.260		
		Mampostería de ladrillo	0.134		
		Concreto simple	0.068		
		Concreto armado	0.035		
	Tipo de Suelo	Suelo Tipo V	0.503		
		Suelo Tipo IV	0.260		
		Suelo Tipo III	0.134		
		Suelo Tipo II	0.068		
		Suelo Tipo I	0.035		
	Nivel de Organización (Ante un evento sísmico)	Nada organizado	0.503		
		Organización en proceso	0.260		
Poco organizado		0.134			
Organización promedio		0.068			
Bien Organizado		0.035			
Estándares de diseño y construcción	Visibles defectos en Estructuras	0.503			
	Edificaciones diseñadas antes de 1977	0.260			
	Edificaciones con diseño anterior a norma E030	0.134			
	Edificaciones con diseño a norma E030	0.068			
	Edificaciones con diseño posterior a norma E030	0.035			
Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez					
Tesisista en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos					



## Ficha técnica C3

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO						
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz						
FICHA TÉCNICA C3						
DIMENSION	INDICADORES	DESCRIPTORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION/P ESO	
PLANTA DE TRATAMIENTO 1 - GALERIA DE MANIOBRAS	Estado Actual	Muy malo	0.503			
		Malo	0.260			
		Regular	0.134			
		Bueno	0.068			
		Muy bueno	0.035			
	Antigüedad	Mayor a 40 Años	0.503			
		30 - 40 Años	0.260			
		20 - 30 Años	0.134			
		10 - 20 Años	0.068			
		Menor a 10 Años	0.035			
	Pendiente del terreno	50% - P - 80%	0.503			
		30% - P - 50%	0.260			
		20% - P - 30%	0.134			
		10% - P - 20%	0.068			
		P menor a 10%	0.035			
	Número de pisos	Más de 5 pisos	0.503			
		04 Pisos	0.260			
		03pisos	0.134			
		02 pisos	0.068			
		01 Piso	0.035			
	Material de Construcción	Adobe	0.503			
		Mampostería de piedra	0.260			
		Mampostería de ladrillo	0.134			
		Concreto simple	0.068			
		Concreto armado	0.035			
	Tipo de Suelo	Suelo Tipo V	0.503			
		Suelo Tipo IV	0.260			
		Suelo Tipo III	0.134			
		Suelo Tipo II	0.068			
		Suelo Tipo I	0.035			
	Condiciones de la Edificación, Mantenimiento	Las estructuras presentan un deterioro tal que hace resumir su colapso	0.503			
		No reciben mantenimiento regular, hay deterioro aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible desperfecto	0.260			
		Reciben mantenimiento esporádico, las estructuras no tienen deterioro ( en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones deterioros visibles debido a mal uso	0.134			
		Reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal	0.068			
		Reciben mantenimiento permanente, no presenta deterioro alguno	0.035			
	Nivel de Organización (Ante un evento sísmico)	Nada organizado	0.503			
		Organización en proceso	0.260			
		Poco organizado	0.134			
		Organización promedio	0.068			
		Bien Organizado	0.035			
Estándares de diseño y construcción	Visibles defectos en Estructuras	0.503				
	Edificaciones diseñadas antes de 1977	0.260				
	Edificaciones con diseño anterior a norma E030	0.134				
	Edificaciones con diseño a norma E030	0.068				
	Edificaciones con diseño posterior a norma E030	0.035				

Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez

Tesista en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos

## Ficha técnica D

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO					
Investigación : Análisis de Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de agua Potable Bellavista de la Ciudad de Huaraz					
FICHA TÉCNICA D					
DIMENSION	INDICADORES	DESCRITORES	VALOR DESCRIPTOR	CALIFICACION	PONDERACION/PESO
RESERVORIO 01	Estado Actual	Muy malo	0.503		
		Malo	0.260		
		Regular	0.134		
		Bueno	0.068		
		Muy bueno	0.035		
	Antigüedad	Mayor a 40 Años	0.503		
		15 - 40 Años	0.260		
		10 - 10 Años	0.134		
		3 - 10 Años	0.068		
		0 - 3 Años	0.035		
	Pendiente del terreno	50% - P - 80%	0.503		
		30% - P - 50%	0.260		
		20% - P - 30%	0.134		
		10% - P - 20%	0.068		
		P menor a 10%	0.035		
	Mantenimiento	Ninguno	0.503		
		Solo correctivo	0.260		
		Preventivo y correctivo con plan de Mitigación y emergencias en implementación.	0.134		
		Preventivo y correctivo según plan de Mitigación y emergencias cumplido parcialmente.	0.068		
		Preventivo y correctivo al 100% según plan de Mitigación y emergencias.	0.035		
	Material de Construcción	Mampostería de piedra	0.503		
		Mampostería de ladrillo	0.260		
		ferrocemento	0.134		
		Concreto simple	0.068		
		Concreto armado	0.035		
	Tipo de Suelo	Suelo Tipo V	0.503		
		Suelo Tipo IV	0.260		
		Suelo Tipo III	0.134		
		Suelo Tipo II	0.068		
		Suelo Tipo I	0.035		
	Condiciones de la Edificación	Las estructuras presentan un deterioro tal que hace resumir su colapso	0.503		
		Hay deterioro aunque sin peligro de desplome, acabados e instalaciones con visible perfecto	0.260		
		Las estructuras no tienen deterioro ( en caso de tenerlas no los compromete y es subsanable) acabados e instalaciones deterioros visibles debido a mal uso.	0.134		
		Solo tienen ligeros deterioros en acabados, debido al uso normal	0.068		
		No presenta deterioro alguno	0.035		
	Obras de protección	No cuenta con obras	0.503		
		Obras insuficientes	0.260		
		Con obras de protección en mal estado	0.134		
		Con obras de protección en estado regular	0.068		
		Con obras de Protección adecuadas	0.035		
Nivel de Organización (ante un evento sísmico)	Nada organizado	0.503			
	Organización en proceso	0.260			
	Poco organizado	0.134			
	Organización promedio	0.068			
	Bien Organizado	0.035			
Estándares de diseño y construcción	Visibles defectos en Estructuras	0.503			
	Edificaciones diseñadas antes de 1977	0.260			
	Edificaciones con diseño anterior a norma E030	0.134			
	Edificaciones con diseño a norma E030	0.068			
	Edificaciones con diseño posterior a norma E030	0.035			
configuración del Reservorio	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado, menos a 4 columnas	0.503			
	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado	0.260			
	Reservorio elevado soportado con fuste de concreto armado	0.134			
	Apoyado	0.068			
	Enterrado	0.035			

Instrumento elaborado por : Cinthia Katherine Torres Dominguez  
Tesis en la Maestría de Ciencias e Ingeniería, Mención en Ingeniería de Recursos Hídricos

Anexo 4: Panel fotográfico

**Captación**



Fotografía 01: Captación Yarush de concreto armado, para captar 120 lt/s



Fotografía 02: Cuenta con un muro de encausamiento de 15.00 m de largo por 0.50 m de espesor



**Fotografía 03:** Se encuentra con peligros de deslizamiento e inundaciones



**Fotografía 04:** Condiciones en estado regular

## Desarenador



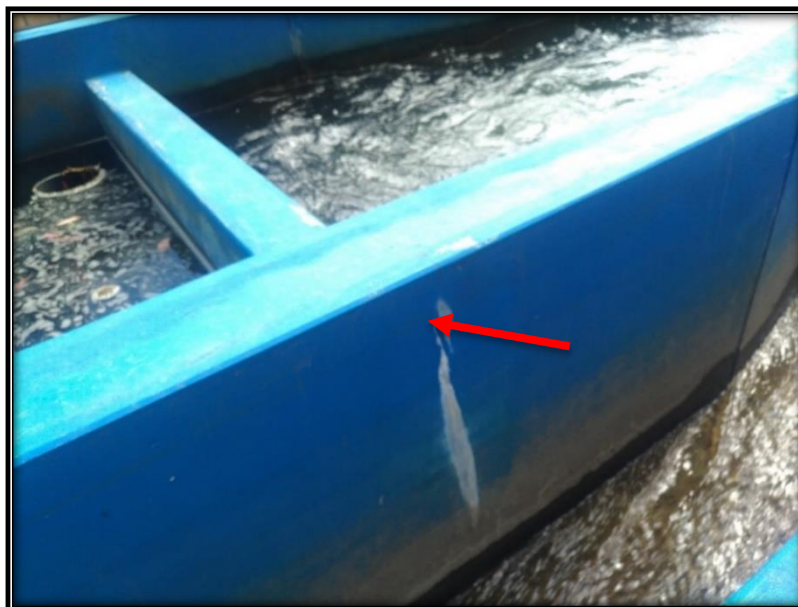
**Fotografía 05:** Desarenador Bellavista, construido en el año 2017, de 120l/s



**Fotografía 06:** presenta condiciones regulares, pero con necesidad de mantenimiento preventivo



**Fotografía 07:** con Obras de protección en buen estado

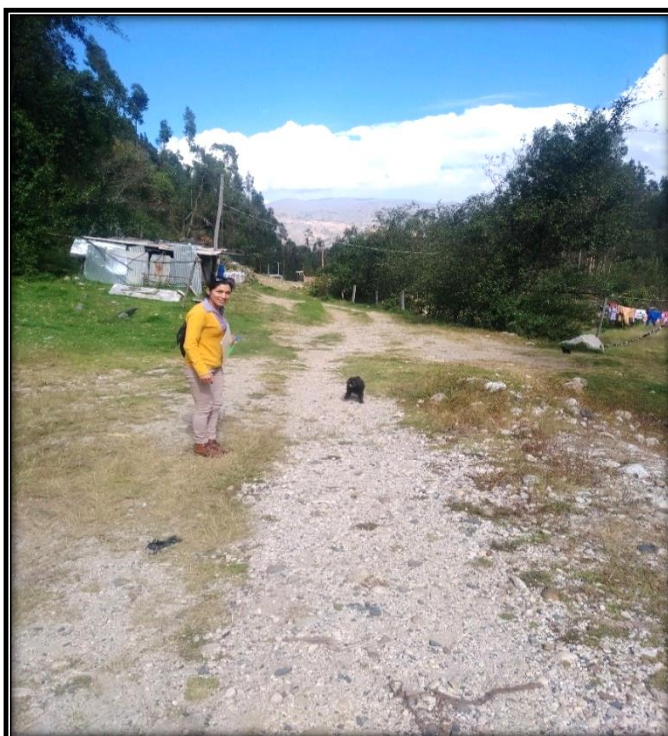


**Fotografía 08:** pequeñas rajaduras o grietas en los muros del desarenado

## Línea de conducción



**Fotografía 10:** Sección por donde pasa la línea de conducción, de la captación al desarenador.



**Fotografía 11,:** Muestra enterrada la línea de conducción es de 355 mm de PVC



**Fotografía 11 y 12:** Sección por donde pasa la línea de conducción del desarenador a la planta de tratamiento.

**Planta de tratamiento bellavista (v=170 l/s)**

**Mezcla rápida**



**Fotografía 13**





**Fotografía 13 y 14:** Mezcla rápida en construida hace más de 40 años



**Fotografía 15:** Se evidencia desgaste en la estructura

## Planta de Tratamiento 01

### Cámara de decantación



**Fotografía 16:** Construida hace más de 40 años.



**Fotografía 17:** Con presencia de rajaduras en las juntas del piso pared

## Cámara de filtración



**Fotografía 18:** Elementos donde se observa mantenimiento, pero se evidencia desgaste



**Fotografía 19:** Reciben mantenimiento de limpieza de los componentes que un mantenimiento preventivo de la estructura.

## Galería de maniobras



**Fotografía 20:** Se evidencia desgaste de las estructuras



**Fotografía 21:** Se observa filtraciones y falta de mantenimiento

## Edificio de control



**Fotografía 22:** Se observan filtraciones en el techo y paredes



**Fotografía 23:** Se evidencia también algunas rajaduras



**Fotografía 24:** Hay paredes donde se presentan más filtraciones y se observan malas condiciones para la estructura.



**Fotografía 25:** Ambiente de equipos en estado regular

## Planta de tratamiento 02



**Fotografía 26:** Construida en el año 1994, condiciones regulares

## Cámara de decantación



**Fotografía 27:** no se evidenciaron rajaduras, solo desgaste de las cámaras

### Cámara de filtración



**Fotografía 28:** Se observa desgaste y paredes perjudicadas por las filtraciones de agua.

### Galería de maniobras



**Fotografía 29:** Condiciones en estado regular.



## Edificio de control



**Fotografía 30:** Se observa que esta sobre grava, sin presencia de napa freática



**Fotografía 31:** Se observa ambientes en buenas condiciones

### Reservorio 01 de pedregal



**Fotografía 32:** Se observa que se encuentra en mal estado, construido hace más de 40 años ( $v=250 \text{ m}^3$ ).



**Fotografía 33:** Falta de mantenimiento, con rajaduras visibles y desgaste

**Reservorio 02 batan**



**Fotografía 34:** Se encuentra en buenas condiciones ( $V=1800 \text{ m}^3$ )



**Fotografía 38:** Con estructuras de protección y mantenimiento preventivo

Anexo 5: Desarrollo del proceso de análisis jerárquico

**Análisis jerárquico para la ponderación de los descriptores de la captación y el desarenador**

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DE:

CAPTACIÓN

n= 8

PASO 1: Identificar los descriptores del parametro escogido.

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Obras de proteccion	Nivel de Organización
Estado actual								
Antigüedad								
Pendiente del terreno								
Mantenimiento								
Material de construccion								
Tipo de suelo								
Obras de proteccion								
Nivel de Organización								

PASO 2: Realizar la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa (Saafy)

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Obras de proteccion	Nivel de Organización
Estado actual	1.000	0.333	5.000	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000
Antigüedad	3.000	1.000	7.000	1.000	0.333	1.000	3.000	0.200
Pendiente del terreno	0.200	0.143	1.000	0.143	0.111	0.143	0.200	0.200
Mantenimiento	3.000	1.000	7.000	1.000	0.333	1.000	3.000	3.000
Material de construccion	5.000	3.000	9.000	3.000	1.000	3.000	5.000	5.000
Tipo de suelo	3.000	1.000	7.000	1.000	0.333	1.000	3.000	3.000
Obras de proteccion	1.000	0.333	5.000	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000
Nivel de Organización	1.000	0.333	5.000	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000
Suma	17.200	7.143	46.000	7.143	2.711	7.143	17.200	14.400
1/suma	0.058	0.140	0.022	0.140	0.369	0.140	0.058	0.069

**PASO 3: Se elabora la matriz de Normalización**

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Obras de proteccion	Nivel de Organización	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	PORCENTAJE
Estado actual	0.058	0.047	0.109	0.047	0.074	0.047	0.058	0.069	0.064	6.4%
Antigüedad	0.174	0.140	0.152	0.140	0.123	0.140	0.174	0.014	0.132	13.2%
Pendiente del terreno	0.012	0.020	0.022	0.020	0.041	0.020	0.012	0.014	0.020	2.0%
Mantenimiento	0.174	0.140	0.152	0.140	0.123	0.140	0.174	0.208	0.157	15.7%
Material de construccion	0.291	0.420	0.196	0.420	0.369	0.420	0.291	0.347	0.344	34.4%
Tipo de suelo	0.174	0.140	0.152	0.140	0.123	0.140	0.174	0.208	0.157	15.7%
Obras de proteccion	0.058	0.047	0.109	0.047	0.074	0.047	0.058	0.069	0.064	6.4%
Nivel de Organización	0.058	0.047	0.109	0.047	0.074	0.047	0.058	0.069	0.064	6.4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

**PASO 4: Se determina el vector priorización (ponderación)**

**Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

A.- Hallando el Vector Suma Ponderada

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Obras de proteccion	Nivel de Organización	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	VECTOR SUMA PONDERADA	λ max
Estado actual	1.000	0.333	5.000	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000	0.064	0.508	7.993
Antigüedad	3.000	1.000	7.000	1.000	0.333	1.000	3.000	0.200	0.132	1.094	8.271
Pendiente del terreno	0.200	0.143	1.000	0.143	0.111	0.143	0.200	0.200	0.020	0.160	8.004
Mantenimiento	3.000	1.000	7.000	1.000	0.333	1.000	3.000	3.000	0.157	1.272	8.123
Material de construccion	5.000	3.000	9.000	3.000	1.000	3.000	5.000	5.000	0.344	2.813	8.173
Tipo de suelo	3.000	1.000	7.000	1.000	0.333	1.000	3.000	3.000	0.157	1.272	8.123
Obras de proteccion	1.000	0.333	5.000	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000	0.064	0.508	7.993
Nivel de Organización	1.000	0.333	5.000	0.333	0.200	0.333	1.000	1.000	0.064	0.508	7.993

B.- Hallando  $\lambda$  max Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

$$\lambda \text{ max} = 8.084$$

C.- Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = 0.0121$$

D.- Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$RC = IC/IA = 0.009 < 0.10 \quad \text{Cumple}$$

<b>n</b>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>IA</b>	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57

#### CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

PARAMETRO		Parámetros	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	S1	Estado actual	PS1	0.064
	S2	Antigüedad	PS2	0.132
	S3	Pendiente del terreno	PS3	0.020
	S4	Mantenimiento	PS4	0.157
	S5	Material de construccion	PS5	0.344
	S6	Tipo de suelo	PS6	0.157
	S7	Obras de proteccion	PS7	0.064
	S8	Nivel de Organización	PS8	0.064

## Análisis jerárquico para descriptores de la línea de conducción

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO:

n=

8

**PASO 1:** Identificar los descriptores del parametro escogido.

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construcción	Tipo de suelo	Obras de protección	Nivel de Organización
Estado actual								
Antigüedad								
Pendiente del terreno								
Mantenimiento								
Material de construcción								
Tipo de suelo								
Obras de protección								
Nivel de Organización								

**PASO 2:** Realizar la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa (Saafy)

PARAMETRO:	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construcción	Tipo de suelo	Obras de protección	Nivel de Organización
Estado actual	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000
Antigüedad	5.000	1.000	7.000	5.000	5.000	3.000	5.000	0.200
Pendiente del terreno	0.200	0.143	1.000	0.200	0.111	0.143	0.200	0.200
Mantenimiento	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000
Material de construcción	5.000	0.200	9.000	5.000	1.000	3.000	5.000	5.000
Tipo de suelo	3.000	0.333	7.000	3.000	0.333	1.000	3.000	3.000
Obras de protección	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000
Nivel de Organización	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000
Suma	17.200	2.476	44.000	17.200	7.244	8.476	17.200	12.400
1/suma	0.058	0.404	0.023	0.058	0.138	0.118	0.058	0.081

**PASO 3: Se elabora la matriz de Normalización**

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construcción	Tipo de suelo	Obras de protección	Nivel de Organización	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	PORCENTAJE
Estado actual	0.058	0.081	0.114	0.058	0.028	0.039	0.058	0.081	0.065	6.5%
Antigüedad	0.291	0.404	0.159	0.291	0.690	0.354	0.291	0.016	0.312	31.2%
Pendiente del terreno	0.012	0.058	0.023	0.012	0.015	0.017	0.012	0.016	0.020	2.0%
Mantenimiento	0.058	0.081	0.114	0.058	0.028	0.039	0.058	0.081	0.065	6.5%
Material de construcción	0.291	0.081	0.205	0.291	0.138	0.354	0.291	0.403	0.257	25.7%
Tipo de suelo	0.174	0.135	0.159	0.174	0.046	0.118	0.174	0.242	0.153	15.3%
Obras de protección	0.058	0.081	0.114	0.058	0.028	0.039	0.058	0.081	0.065	6.5%
Nivel de Organización	0.058	0.081	0.114	0.058	0.028	0.039	0.058	0.081	0.065	6.5%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

**PASO 4: Se determina el vector priorización (ponderación)**

**Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

A.- Hallando el Vector Suma Ponderada

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construcción	Tipo de suelo	Obras de protección	Nivel de Organización	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	SUMA PONDERADA	$\lambda$ max
Estado actual	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000	0.065	0.525	8.135
Antigüedad	5.000	1.000	7.000	5.000	5.000	3.000	5.000	0.200	0.312	3.178	10.188
Pendiente del terreno	0.200	0.143	1.000	0.200	0.111	0.143	0.200	0.200	0.020	0.167	8.165
Mantenimiento	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000	0.065	0.525	8.135
Material de construcción	5.000	0.200	9.000	5.000	1.000	3.000	5.000	5.000	0.257	2.253	8.780
Tipo de suelo	3.000	0.333	7.000	3.000	0.333	1.000	3.000	3.000	0.153	1.260	8.244
Obras de protección	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000	0.065	0.525	8.135
Nivel de Organización	1.000	0.200	5.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000	0.065	0.525	8.135
									1.000		



B.- Hallando  $\lambda$  max Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

$$\lambda \text{ max} = 8.490$$

C.- Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$\text{IC} = 0.0699$$

D.- Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$\text{RC} = \text{IC}/\text{IA} = 0.050 < 0.10 \quad \text{Cumple}$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57

### 3 CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

PARAMETRO		Parámetros	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	S1	Estado actual	PS1	0.065
	S2	Antigüedad	PS2	0.312
	S3	Pendiente del terreno	PS3	0.020
	S4	Mantenimiento	PS4	0.065
	S5	Material de construcción	PS5	0.257
	S6	Tipo de suelo	PS6	0.153
	S7	Obras de protección	PS7	0.065
	S8	Nivel de Organización	PS8	0.065

## Análisis jerárquico para descriptores de la planta de tratamiento (mezcla rápida, cámara de filtración y cámara de decantación)

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO:

n= 8

### PASO 1: Identificar los descriptores del parametro escogido.

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción
Estado actual								
Antigüedad								
Pendiente del terreno								
Mantenimiento								
Material de construccion								
Tipo de suelo								
Nivel de organización								
Estandares de diseño y Construcción								

### PASO 2: Realizar la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa (Saafy)

PARAMETRO:	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción
Estado actual	1.000	1.000	7.000	3.000	0.333	3.000	3.000	1.000
Antigüedad	1.000	1.000	7.000	3.000	0.333	3.000	3.000	0.143
Pendiente del terreno	0.143	0.143	1.000	0.200	0.111	0.200	0.200	0.143
Mantenimiento	0.333	0.333	5.000	1.000	0.200	1.000	1.000	0.333
Material de construccion	3.000	3.000	9.000	5.000	1.000	5.000	5.000	3.000
Tipo de suelo	0.333	0.333	5.000	1.000	0.200	1.000	1.000	0.333
Nivel de organización	0.333	0.333	5.000	1.000	0.200	1.000	1.000	0.333
Estandares de diseño y Construcción	1.000	1.000	7.000	3.000	0.333	3.000	3.000	1.000
Suma	7.143	7.143	46.000	17.200	2.711	17.200	17.200	6.286
1/suma	0.140	0.140	0.022	0.058	0.369	0.058	0.058	0.159

**PASO 3: Se elabora la matriz de Normalización**

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	PORCENTAJE
Estado actual	0.140	0.140	0.152	0.174	0.123	0.174	0.174	0.159	0.155	15.5%
Antigüedad	0.140	0.140	0.152	0.174	0.123	0.174	0.174	0.023	0.138	13.8%
Pendiente del terreno	0.020	0.020	0.022	0.012	0.041	0.012	0.012	0.023	0.020	2.0%
Mantenimiento	0.047	0.047	0.109	0.058	0.074	0.058	0.058	0.053	0.063	6.3%
Material de construccion	0.420	0.420	0.196	0.291	0.369	0.291	0.291	0.477	0.344	34.4%
Tipo de suelo	0.047	0.047	0.109	0.058	0.074	0.058	0.058	0.053	0.063	6.3%
Nivel de organización	0.047	0.047	0.109	0.058	0.074	0.058	0.058	0.053	0.063	6.3%
Estandares de diseño y Construcci	0.140	0.140	0.152	0.174	0.123	0.174	0.174	0.159	0.155	15.5%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

**PASO 4: Se determina el vector priorización (ponderación)**

**Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

A.- Hallando el Vector Suma Ponderada

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	VECTOR SUMA PONDERADA	$\lambda$ max
Estado actual	1.000	1.000	7.000	3.000	0.333	3.000	3.000	1.000	0.155	1.268	8.199
Antigüedad	1.000	1.000	7.000	3.000	0.333	3.000	3.000	0.143	0.138	1.136	8.251
Pendiente del terreno	0.143	0.143	1.000	0.200	0.111	0.200	0.200	0.143	0.020	0.160	7.978
Mantenimiento	0.333	0.333	5.000	1.000	0.200	1.000	1.000	0.333	0.063	0.507	8.056
Material de construccion	3.000	3.000	9.000	5.000	1.000	5.000	5.000	3.000	0.344	2.809	8.161
Tipo de suelo	0.333	0.333	5.000	1.000	0.200	1.000	1.000	0.333	0.063	0.507	8.056
Nivel de organización	0.333	0.333	5.000	1.000	0.200	1.000	1.000	0.333	0.063	0.507	8.056
Estandares de diseño y Construcci	1.000	1.000	7.000	3.000	0.333	3.000	3.000	1.000	0.155	1.268	8.199

B.- Hallando  $\lambda$  max Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

$$\lambda \text{ max} = 8.119$$

C.- Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$\text{IC} = 0.0171$$

D.- Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$\text{RC} = \text{IC}/\lambda = 0.012 < 0.10 \quad \text{Cumple}$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57

### 3 CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

PARAMETRO		Parámetros	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	S1	Estado actual	PS1	0.155
	S2	Antigüedad	PS2	0.138
	S3	Pendiente del terreno	PS3	0.020
	S4	Mantenimiento	PS4	0.063
	S5	Material de construcción	PS5	0.344
	S6	Tipo de suelo	PS6	0.063
	S7	Nivel de organización	PS7	0.063
	S8	Estandares de diseño y Construcción	PS8	0.155

## Análisis jerárquico descriptores de la planta de tratamiento (edificio de control y galería de maniobras)

PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO:

n= 9

PASO 1: Identificar los descriptores del parametro escogido.

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Numero de pisos	Material de construccion	Tipo de suelo	Condiciones de la edificacion	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción
Estado actual									
Antigüedad									
Pendiente del terreno									
Numero de pisos									
Material de construccion									
Tipo de suelo									
Condiciones de la edificacion									
Nivel de organización									
Estandares de diseño y Construcción									

PASO 2: Realizar la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa (Saafy)

PARAMETRO:	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Numero de pisos	Material de construccion	Tipo de suelo	Condiciones de la edificacion	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción
Estado actual	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.200	5.000	0.333
Antigüedad	3.000	1.000	7.000	3.000	3.000	3.000	0.333	7.000	0.143
Pendiente del terreno	0.200	0.143	1.000	0.200	0.200	0.200	0.111	1.000	0.143
Numero de pisos	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.200	5.000	0.333
Material de construccion	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.333	5.000	0.333
Tipo de suelo	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.200	5.000	0.333
Condiciones de la edificacion	5.000	3.000	9.000	5.000	3.000	5.000	1.000	9.000	3.000
Nivel de organización	0.200	0.143	1.000	0.200	0.200	0.200	0.111	1.000	0.143
Estandares de diseño y Construcción	3.000	1.000	7.000	3.000	3.000	3.000	0.333	7.000	1.000
Suma	15.400	6.619	45.000	15.400	13.400	15.400	2.822	45.000	5.762
1/suma	0.065	0.151	0.022	0.065	0.075	0.065	0.354	0.022	0.174

**PASO 3: Se elabora la matriz de Normalización**

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Numero de pisos	Material de construccion	Tipo de suelo	Condiciones de la edificacion	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	PORCENTAJE
Estado actual	0.065	0.050	0.111	0.065	0.075	0.065	0.071	0.111	0.058	0.075	7.5%
Antigüedad	0.195	0.151	0.156	0.195	0.224	0.195	0.118	0.156	0.025	0.157	15.7%
Pendiente del terreno	0.013	0.022	0.022	0.013	0.015	0.013	0.039	0.022	0.025	0.020	2.0%
Numero de pisos	0.065	0.050	0.111	0.065	0.075	0.065	0.071	0.111	0.058	0.075	7.5%
Material de construccion	0.065	0.050	0.111	0.065	0.075	0.065	0.118	0.111	0.058	0.080	8.0%
Tipo de suelo	0.065	0.050	0.111	0.065	0.075	0.065	0.071	0.111	0.058	0.075	7.5%
Condiciones de la edificacion	0.325	0.453	0.200	0.325	0.224	0.325	0.354	0.200	0.521	0.325	32.5%
Nivel de organización	0.013	0.022	0.022	0.013	0.015	0.013	0.039	0.022	0.025	0.020	2.0%
Estandares de diseño y Construcción	0.195	0.151	0.156	0.195	0.224	0.195	0.118	0.156	0.174	0.174	17.4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

**PASO 4: Se determina el vector priorización (ponderación)**

**Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

A.- Hallando el Vector Suma Ponderada

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Numero de pisos	Material de construccion	Tipo de suelo	Condiciones de la edificacion	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	VECTOR SUMA PONDERADA	$\lambda$ max
Estado actual	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.200	5.000	0.333	0.075	0.683	9.166
Antigüedad	3.000	1.000	7.000	3.000	3.000	3.000	0.333	7.000	0.143	0.157	1.487	9.466
Pendiente del terreno	0.200	0.143	1.000	0.200	0.200	0.200	0.111	1.000	0.143	0.020	0.185	9.042
Numero de pisos	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.200	5.000	0.333	0.075	0.683	9.166
Material de construccion	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.333	5.000	0.333	0.080	0.726	9.106
Tipo de suelo	1.000	0.333	5.000	1.000	1.000	1.000	0.200	5.000	0.333	0.075	0.683	9.166
Condiciones de la edificacion	5.000	3.000	9.000	5.000	3.000	5.000	1.000	9.000	3.000	0.325	3.042	9.357
Nivel de organización	0.200	0.143	1.000	0.200	0.200	0.200	0.111	1.000	0.143	0.020	0.185	9.042
Estandares de diseño y Construcción	3.000	1.000	7.000	3.000	3.000	3.000	0.333	7.000	1.000	0.174	1.635	9.422

1.000

B.- Hallando  $\lambda$  max Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

$$\lambda \text{ max} = 9.215$$

C.- Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$\text{IC} = 0.0269$$

D.- Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$\text{RC} = \text{IC}/\text{IA} = 0.018 < 0.10 \quad \text{Cumple}$$

<b>n</b>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>IA</b>	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583

#### CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

PARAMETRO		Parámetros	PESO PONDERADO	
DESCRIPTORES	S1	Estado actual	PS1	0.075
	S2	Antigüedad	PS2	0.157
	S3	Pendiente del terreno	PS3	0.020
	S4	Numero de pisos	PS4	0.075
	S5	Material de construccion	PS5	0.080
	S6	Tipo de suelo	PS6	0.075
	S7	Condiciones de la edificacion	PS7	0.325
	S8	Nivel de organización	PS8	0.020
	S9	Estandares de diseño y Construcción	PS9	0.174

## Análisis jerárquico para descriptores del reservorio

N=

11

PASO 1: Identificar los descriptores del parametro escogido.

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Condiciones de la edificacion	Obras de protección	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	Configuración del reservorio
Estado actual											
Antigüedad											
Pendiente del terreno											
Mantenimiento											
Material de construccion											
Tipo de suelo											
Condiciones de la edificacion											
Obras de protección											
Nivel de organización											
Estandares de diseño y Construcción											
Configuración del reservorio											

PASO 2: Realizar la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa (Saaty)

PARAMETRO:	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construccion	Tipo de suelo	Condiciones de la edificacion	Obras de protección	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	Configuración del reservorio
Estado actual	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	4.000	4.000	0.500	1.000
Antigüedad	2.000	1.000	5.000	2.000	2.000	5.000	1.000	5.000	5.000	1.000	2.000
Pendiente del terreno	0.250	0.200	1.000	0.250	0.250	0.500	0.200	1.000	1.000	0.200	0.250
Mantenimiento	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	0.250	4.000	0.500	1.000
Material de construccion	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	4.000	4.000	0.500	1.000
Tipo de suelo	0.500	0.200	2.000	0.500	0.500	1.000	0.500	2.000	2.000	0.333	0.500
Condiciones de la edificacion	2.000	1.000	5.000	2.000	2.000	2.000	1.000	5.000	5.000	1.000	2.000
Obras de protección	0.250	0.200	1.000	4.000	0.250	0.500	0.200	1.000	1.000	0.200	0.250
Nivel de organización	0.250	0.200	1.000	0.250	0.250	0.500	0.200	1.000	1.000	0.200	0.250
Estandares de diseño y Construcción	2.000	1.000	5.000	2.000	2.000	3.000	1.000	5.000	5.000	1.000	2.000
Configuración del reservorio	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	4.000	4.000	0.500	1.000
Suma	11.250	5.800	36.000	15.000	11.250	20.500	6.100	32.250	36.000	5.933	11.250
1/suma	0.089	0.172	0.028	0.067	0.089	0.049	0.164	0.031	0.028	0.169	0.089



**PASO 4: Se elabora la matriz de Normalización**

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construcción	Tipo de suelo	Condiciones de la edificación	Obras de protección	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	Configuración del reservorio	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	PORCENTAJE
Estado actual	0.089	0.086	0.111	0.067	0.089	0.098	0.082	0.124	0.111	0.084	0.089	0.094	9.4%
Antigüedad	0.178	0.172	0.139	0.133	0.178	0.244	0.164	0.155	0.139	0.169	0.178	0.168	16.8%
Pendiente del terreno	0.022	0.034	0.028	0.017	0.022	0.024	0.033	0.031	0.028	0.034	0.022	0.027	2.7%
Mantenimiento	0.089	0.086	0.111	0.067	0.089	0.098	0.082	0.008	0.111	0.084	0.089	0.083	8.3%
Material de construcción	0.089	0.086	0.111	0.067	0.089	0.098	0.082	0.124	0.111	0.084	0.089	0.094	9.4%
Tipo de suelo	0.044	0.034	0.056	0.033	0.044	0.049	0.082	0.062	0.056	0.056	0.044	0.051	5.1%
Condiciones de la edificación	0.178	0.172	0.139	0.133	0.178	0.098	0.164	0.155	0.139	0.169	0.178	0.155	15.5%
Obras de protección	0.022	0.034	0.028	0.267	0.022	0.024	0.033	0.031	0.028	0.034	0.022	0.050	5.0%
Nivel de organización	0.022	0.034	0.028	0.017	0.022	0.024	0.033	0.031	0.028	0.034	0.022	0.027	2.7%
Estandares de diseño y Construcción	0.178	0.172	0.139	0.133	0.178	0.146	0.164	0.155	0.139	0.169	0.178	0.159	15.9%
Configuración del reservorio	0.089	0.086	0.111	0.067	0.089	0.098	0.082	0.124	0.111	0.084	0.089	0.094	9.4%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000	1.000	1.000	

**PASO 4: Se determina el vector priorización (ponderación)**

**Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

A.- Hallando el Vector Suma Ponderada

PARAMETRO	Estado actual	Antigüedad	Pendiente del terreno	Mantenimiento	Material de construcción	Tipo de suelo	Condiciones de la edificación	Obras de protección	Nivel de organización	Estandares de diseño y Construcción	Configuración del reservorio	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	VECTOR SUMA PONDERADA	$\lambda$ max
Estado actual	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	4.000	4.000	0.500	1.000	0.094	1.120	11.964
Antigüedad	2.000	1.000	5.000	2.000	2.000	5.000	1.000	5.000	5.000	1.000	2.000	0.168	1.981	11.789
Pendiente del terreno	0.250	0.200	1.000	0.250	0.250	0.500	0.200	1.000	1.000	0.200	0.250	0.027	0.316	11.776
Mantenimiento	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	0.250	4.000	0.500	1.000	0.083	0.934	11.248
Material de construcción	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	4.000	4.000	0.500	1.000	0.094	1.120	11.964
Tipo de suelo	0.500	0.200	2.000	0.500	0.500	1.000	0.500	2.000	2.000	0.333	0.500	0.051	0.603	11.828
Condiciones de la edificación	2.000	1.000	5.000	2.000	2.000	2.000	1.000	5.000	5.000	1.000	2.000	0.155	1.828	11.814
Obras de protección	0.250	0.200	1.000	4.000	0.250	0.500	0.200	1.000	1.000	0.200	0.250	0.050	0.627	12.658
Nivel de organización	0.250	0.200	1.000	0.250	0.250	0.500	0.200	1.000	1.000	0.200	0.250	0.027	0.316	11.776
Estandares de diseño y Construcción	2.000	1.000	5.000	2.000	2.000	3.000	1.000	5.000	5.000	1.000	2.000	0.159	1.879	11.805
Configuración del reservorio	1.000	0.500	4.000	1.000	1.000	2.000	0.500	4.000	4.000	0.500	1.000	0.094	1.120	11.964
												1.000		

B.- Hallando  $\lambda$  max Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

$$\lambda \text{ max} = 11.872$$

C.- Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$\text{IC} = 0.0872$$

D.- Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$\text{RC} = \text{IC}/\text{IA} = 0.058 < 0.10 \quad \text{Cumple}$$

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57

#### CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO Y SUS DESCRIPTORES

PARAMETRO		Parámetros	PESO PONDERADO:	
DESCRIPTORES	S1	Estado actual	PS1	0.094
	S2	Antigüedad	PS2	0.168
	S3	Pendiente del terreno	PS3	0.027
	S4	Mantenimiento	PS4	0.083
	S5	Material de construcción	PS5	0.094
	S6	Tipo de suelo	PS6	0.051
	S7	Condiciones de la edificación	PS7	0.155
	S8	Obras de protección	PS8	0.050
	S9	Nivel de organización	PS9	0.027
	S10	Estandares de diseño y Construcción	PS10	0.159
	S11	Configuración del reservorio	PS11	0.094

**Análisis jerárquico para descriptores de cada parámetro.**

Se procedió de igual forma para todos los descriptores de los parámetros, a continuación, se muestra el análisis para el primer parámetro del componente captación “situación actual”, se trabajó con estos descriptores para todos los parámetros.

**PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO:** Estado Actual

n= 5

**PASO 1:** Identificar los descriptores del parametro escogido.

PARAMETRO	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo					
Malo					
Regular					
Bueno					
Muy bueno					

**PASO 2:** Realizar la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa (Saaty)

PARAMETRO:	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Malo	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Regular	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Bueno	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Muy bueno	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

**PASO 3: Se elabora la matriz de Normalización**

PARAMETRO	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	PORCENTAJE
Muy malo	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503	50.3%
Malo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260	26.0%
Regular	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134	13.4%
Bueno	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068	6.8%
Muy bueno	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035	3.5%
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

**PASO 4: Se determina el vector priorización (ponderación)**

**Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% (RC<0.1), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

A.- Hallando el Vector Suma Ponderada

PARAMETRO	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	VECTOR PRIORIZACION (PONDERACION)	VECTOR SUMA PONDERADA	$\lambda$ max
Muy malo	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	0.503	2.743	5.455
Malo	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000	0.260	1.414	5.432
Regular	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000	0.134	0.699	5.204
Bueno	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000	0.068	0.341	5.030
Muy bueno	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000	0.035	0.177	5.093

B.- Hallando  $\lambda$  max Se determina al dividir los valores del Vector Suma ponderada y el Vector de Priorización.

$$\lambda \text{ max} = 5.243$$

C.- Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$\text{IC} = 0.0607$$

D.- Hallando la relación de Consistencia (RC)

$$\text{RC} = \text{IC}/\text{IA} = 0.054 < 0.10 \quad \text{Cumple}$$

<b>n</b>	3	4	5	6
<b>IA</b>	0.525	0.882	1.115	1.252

Fuente:

#### CUADRO FINAL DE PONDERACIÓN DEL PARÁMETRO DE LOS DESCRIPTORES

PARAMETRO			PESO PONDERADO:	VALOR
DESCRIPTORES	S1	Muy malo	PS1	0.503
	S2	Malo	PS2	0.260
	S3	Regular	PS3	0.134
	S4	Bueno	PS4	0.068
	S5	Muy bueno	PS5	0.035

Anexo 6: Plano general del sistema y su vulnerabilidad sísmica

