



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

VULNERABILIDAD Y RIESGO DE  
INFRAESTRUCTURAS HIDRAULICAS ANTE LA  
INFLUENCIA DE DESASTRES NATURALES. UNA  
REVISIÓN SISTEMÁTICA 2010-2020

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Civil**

**Autor:**

Derick Alberto Piscocoya Polo

**Asesor:**

Mg. Heberth Diestra Cruz

Trujillo - Perú

2020

## INDICE

<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>22</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1.....	10
Tabla 2.....	12
Tabla 3.....	13
Tabla 4.....	15
Tabla 5.....	17

## RESUMEN

Los sistemas y estructuras hidráulicas son muy importantes para el abastecimiento y servicios de la población en el ámbito diario. Debido a esto es de suma importancia determinar la vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas ante posibles desastres naturales.

Se recaudó la información necesaria de diferentes bases de datos EBSCOHOST, SCIELO, GOOGLE ACADEMICO, REDALYC. Se obtuvo finalmente 21 artículos en total previos filtros como año de publicación, revistas, artículos; seleccionando aquellos que tengan la mayor relación y proximidad al tema a tratar.

**PALABRAS CLAVES:** Riesgo, Vulnerabilidad, Estructuras hidráulicas, Mitigación.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la utilidad que se le da a las infraestructuras hidráulicas son de suma importancia; debido a esto, su mantenimiento, conservación y vida útil son clave para que los servicios brindados por éstas se den de la mejor manera; asimismo el Perú por la zona donde está ubicada es vulnerable a diferentes tipos de desastres naturales lo que influye de manera negativa a los distintos sectores de nuestro litoral (Morales-Soto et al., 2008), sobre todo a los sectores de mayor pobreza desabasteciéndolos de manera inmediata de los servicios de agua o desagüe ante el colapso de las infraestructuras; por lo que es vital realizar un estudio y análisis de la vulnerabilidad y/o riesgos que puedan tener estos ante el efecto de desastres naturales.

En general se puede considerar que un sistema es vulnerable si cualquier daño de cualquier fuente produce consecuencias que son desproporcionadamente grandes en comparación con ese daño. (Agarwal et al., 2007), por lo que la vulnerabilidad frente a la influencia de desastres naturales se entiende como el nivel de afectación que sufre la sociedad en una zona ante ciertos eventos peligrosos (Bohórquez y Enrique, 2013), está en función de un conjunto de factores socioeconómicos, institucionales, psicológicos y culturales los cuales podrían ser afectados de manera directa por las consecuencias que pueda traer una alta vulnerabilidad. (Rubio & Guerrero, 2016). Asimismo la demanda urbana y crecimiento poblacional está generando conflictos sociales y políticos debido a una mayor necesidad de servicios básicos, por lo que estos factores incrementan la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua (Escolero et al., 2016), estas infraestructuras hidráulicas urbanas, teniendo en cuenta el servicio básico que brindan para la población, son

un activo crítico a la vez estratégico, vulnerables a las amenazas, por lo que la gestión de estas, de manera eficiente y sostenible resulta esencial. (Egea et al., 2019).

El riesgo natural es definido, como la probabilidad de que en un lugar y momento específico se presente un fenómeno natural altamente peligroso para la comunidad y que este pueda causar daños a las personas así como también su estabilidad económica (Mardones & Vidal, 2001) estos problemas podrían estar directamente relacionados con la falta de servicios básicos de saneamiento; por lo tanto es necesario proteger y mantener de manera conservada las infraestructuras hidráulicas, frente a desastres naturales, éstas van desde la protección de la salud hasta asegurar la inversión de las instituciones del sector de agua y saneamiento (Marroquín, 2016) ya que todo sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado está expuesto en mayor o menor grado a las emergencias y desastres, por lo tanto, a daños en sus componentes (OPS & OMS, 1998) es por esto que las empresas prestadoras de estos servicios deben tener un control adecuado de recopilación y procesamiento de información sobre el funcionamiento del sistema de distribución que permita estimar los riesgos. (Pérez et al., 2012)

El termino vulnerabilidad, así como los eventos naturales no son predecibles ni en el tiempo ni en la magnitud de la misma, es por esta razón que se realizan los distintos tipos de acciones para prevenir los riesgos para así dar una protección ante los desastres causados por la presencia de estos fenómenos naturales (Cahuantico, 2019) por otro lado a pesar de que se aplicase amplias medidas de prevención, permanece un cierto riesgo residual, de fallas en las instalaciones de protección o la presentación de eventos mayores a los esperados. En caso de desastre, los planes de emergencia pueden contribuir a evitar y sobre todo a reducir los daños al nivel mínimo posible, cuidando a la vez los recursos gastados que estos daños podrían significar (Rodríguez & Enrique, 2015) debido a esto es esencial realizar el estudio de la vulnerabilidad y riesgo, ya sea de colapso o inundación de infraestructuras hidráulicas

a causa desastres naturales, ya que esto significaría un gran aporte tanto a la sociedad en general como también a las poblaciones más vulnerables debido a que teniendo el conocimiento de cuan vulnerable es la infraestructura hidráulica de un sector determinado podemos saber el riesgo que se tiene y con esto realizar un plan de mitigación ante posibles complicaciones. El sector de saneamiento gracias a su importancia, es un punto clave para la subsistencia de cualquier población, entonces, debido a que en nuestro país y de manera específica en nuestra ciudad de Trujillo, las infraestructuras hidráulicas tienen un mantenimiento muy escaso y se le da muy poca importancia, a pesar de la relevancia que tienen para las poblaciones. Se visualiza hacer una evaluación y análisis de vulnerabilidad y riesgo de su infraestructura hidráulica ante la influencia de posibles y pasados desastres naturales en el sector especificado anteriormente.

Los estudios similares realizados anteriormente denotaron el uso de métodos ya establecidos para hacer el análisis de vulnerabilidad, los cuales si bien es cierto son muy eficientes, han sido mejorados con el tiempo llegando así a mejores resultados. Por otro lado, en su mayoría los autores reflejan una gran concordancia entre las conclusiones de sus investigaciones llegando todos a un común resultado, un plan de mitigación, el cual podría ser mejorado incluyendo quizá el diseño de infraestructuras más eficientes o como evitar que éstas puedan dar señales previas de que están por sufrir desperfectos.

Finalmente, gracias a las investigaciones previas a esta durante los 10 últimos años se ha denotado la importancia de realizar un estudio de vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras, ya que esto nos trae ya sea, a largo o corto plazo un beneficio económico y de bienestar público, ya que nos evita posibles desabastecimientos o problemas de salud en la población más vulnerable; finalmente debido a lo mencionado anteriormente y a los antecedentes de las lluvias e inundaciones ocurridas por el Fenómeno del Niño costero en Enero-Marzo del 2017, como también fenómenos sísmicos y antigüedad de las instalaciones,

se genera la necesidad de realizar un estudio de vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas ante posibles y pasados desastres naturales y con esto llevar a cabo la implementación de medidas necesarias para la mitigación de posibles riesgos de daño o colapso de estas infraestructuras, las cuales afectarían de manera negativa la población.



## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

En la presente revisión sistemática la metodología empezó desarrollando la pregunta de investigación, estrategias de recolección de datos, criterios de inclusión y por último el desarrollo de la síntesis de información recolectada.

### **Pregunta de investigación**

Frente a la recurrencia de desastres naturales dentro del litoral peruano, siendo más específicos en la zona costera y viendo la variedad de problemas que arrastra el no contar con los servicios básicos de saneamiento, nace la necesidad de saber ¿Cuál es la influencia de los desastres naturales en la vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas?

### **Estrategias de recolección de datos**

Las fuentes de información utilizadas para la revisión sistemática son Scielo, Redalyc, EBSCOHOST, Google Académico.

Los términos usados para la búsqueda de información relacionada al tema de investigación fueron: vulnerabilidad, riesgo, mitigación, vulnerabilidad de infraestructuras hidráulicas, riesgo de obras de saneamiento ante desastres naturales, influencia de desastres naturales en infraestructuras hidráulicas. Por otro lado para realizar de manera más efectiva la recolección de datos se tomó solo los estudios realizados los últimos 10 años buscando a la vez que estos respondan a la pregunta de investigación de tal manera que puedan contribuir a la revisión sistemática con la información más precisa posible.

### **Criterios de inclusión**

Debido a la amplitud de artículos de investigación referente a los términos de vulnerabilidad, riesgo y desastres naturales se aplicaron filtros con la intención de solo usar los artículos más ligados al tema de análisis de vulnerabilidad de distintos sectores, nacionales como internacionales, seleccionando aquellos que estén dentro de los 10 últimos años de las publicaciones sobre estos temas. Dentro de estos criterios se tomó en cuenta estudios previos de vulnerabilidad y/o riesgo en poblaciones e infraestructuras; asimismo se consideraron los artículos referentes al tema de mitigación ante desastres naturales.

Otro de los criterios de inclusión que se tuvo en cuenta es si la revista o artículo realizó una investigación o análisis de vulnerabilidad en una población en específico para tener una idea más clara de cuáles son los beneficios de hacer este tipo de investigaciones.

Finalmente, para tener la certeza de que los artículos seleccionados aporten la mejor información posible, se usaron aquellos que estén dentro de bases de datos confiables como Scielo, Redalyc, EBSCOHOST y Google Académico, debido a la trascendencia y calidad que tienen dentro del ámbito investigativo.

---

### **Tabla 1**

*Artículos seleccionados para la revisión sistemática*

N°	AÑO	NOMBRE DE LOS ARTICULOS
1	2010	Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control
2	2010	A Theory of Vulnerability of Water Pipe Network
3	2011	Gestión del riesgo por desastres: Propuesta metodológica para identificar y analizar de vulnerabilidad de la infraestructura de la Comuna de La Región de Coquimbo.
4	2012	EFECTO DE LA PRESIÓN SOBRE LAS FUGAS DE AGUA EN UN SISTEMA DE TUBERÍA SIMPLE
5	2012	Guía de análisis de vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario
6	2013	Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo
7	2013	EVALUACIÓN DEL RIESGO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL MARCO DE UN PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA
8	2014	Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo sanitario –ambiental en los servicios de agua potable y de la disposición sanitaria de excretas y aguas residuales, en el centro poblado de molino – Chocope.
9	2014	Análisis de la vulnerabilidad de la Infraestructura Hidráulica mayor del sistema Chavimochic ante Fenómenos Hidrológicos de descargas extremas (niño)
10	2015	Vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado ante inundaciones en el distrito de Trujillo, Perú
11	2015	Modeling flow in pipes to detect and locate leaks using a state observer approach
12	2016	Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México
13	2016	AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL ESQUEMA JOSÉ GÁLVEZ SECTOR 315 DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO Y ESQUEMA VILLA ALEJANDRO DISTRITO DE LURÍN
14	2017	Evaluación de riesgos y desastres para la infraestructura hidráulica mayor de riego - Canal troncal de la irrigacion Margen izquierda Rio Tumbes - 2017
15	2017	The significance of a high resolution 2D hydraulic model including green infrastructure for assessment of coastal community vulnerability and resilience

- 16 2018 Investigación sobre modelos de gestión de infraestructuras hidráulicas urbanas resilientes en relación con los riesgos hidrológicos y geológicos
- 17 2019 Underground pipelines and railway infrastructure – failure consequences and restrictions
- 18 2019 A review on the durability of PVC sewer pipes: research vs. Practice
- 19 2019 EVALUATION AND IMPLEMENTATION OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE LINER: ALTERNATIVE OF SOLUTION TO CORROSION-WEAR PROBLEMS IN FLOWLINES
- 20 2019 Análisis de vulnerabilidad y riesgo en infraestructura hidráulicas de saneamiento en la localidad de MancoraPiura
- 21 2019 Desarrollo metodológico para una gestión resiliente de la seguridad de las infraestructuras hidráulicas urbanas críticas

Lista de 21 artículos seleccionados de las bases de datos EBSCOHOSTH, SCIELO, REDALYC y GOOGLE ACADEMICO.

En esta tabla podemos observar la selección preliminar de los artículos que serán analizados para el final de la presente revisión sistemática analizando las relaciones con las variables de vulnerabilidad y riesgo en infraestructuras hidráulicas.

### Extracción y síntesis de información

La extracción de datos para la síntesis fue de forma organizada donde se escogieron un total de 74 artículos de los cuales 53 fueron excluidos por antigüedad, falta de relevancia, aporte y/o demasiada similitud. Posterior a esto se analizó describiendo campos como año, título, autor, palabra clave, objetivos, métodos, resultados y conclusiones (Tabla 2), donde se escogieron un total de 74 artículos de los cuales 53 fueron excluidos por antigüedad, falta de relevancia, aporte y/o demasiada similitud.

**Tabla 2**

*Formato de extracción de datos.*

Año	Título	Autor	Palabra clave	Objetivos	Métodos	Resultados	Conclusiones

La información seleccionada fue separada (Tabla 3); por un lado en los estudios de vulnerabilidad y riesgo, tomando aquellos de mayor calidad en cuanto a conclusiones y por otro lado los efectos que trae consigo los desastres naturales a una infraestructura hidráulica.

**Tabla 3**

*Formato de selección según a que variable se relacionaban más.*

<b>Título</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Palabra Clave</b>	<b>Variable</b>

Finalmente analizar y seleccionar también artículos referentes a los estudios de ambas variables en mención para así tener una conclusión más sólida.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el proceso de búsqueda y recojo de información se encontraron un total de 74 artículos relacionados al tema de revisión, con una distribución de 15 artículos de Redalyc, 13 artículos de Scielo, 29 artículos de Google Académico y 27 de Ebscohost. Determinando que los datos porcentuales inicialmente son 20.17%, 17.57%, 39.19% y 23.07% respectivamente; teniendo como mayor fuente inicial de artículos la base de datos Google Académico (Fig.1)

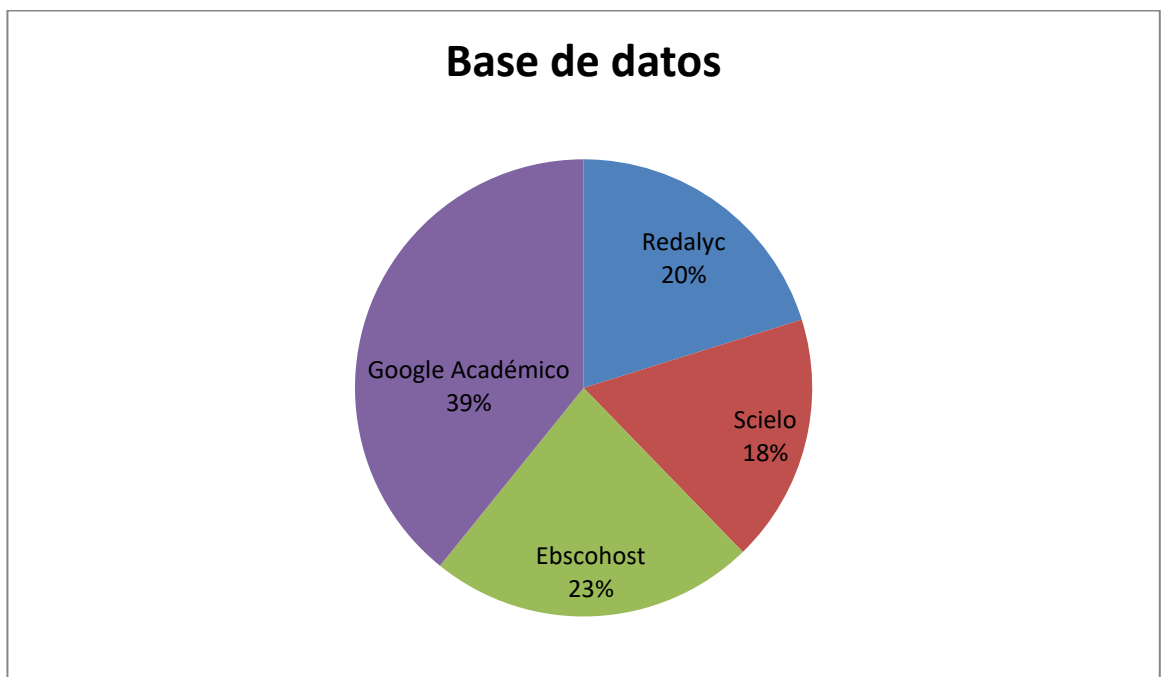


Figura 1: Representación porcentual de los 74 artículos obtenidos inicialmente.

Con este número de artículos seleccionados inicialmente se escogió aquellos que guardaban más conexión con los términos relacionados a esta revisión; asimismo descartando aquellos artículos duplicados o que el aporte brindado en cuanto a avances era casi nulo, quedando así finalmente 33 artículos.

A pesar de la relevancia de estos 33 artículos seleccionados, 12 de estos fueron separados por antigüedad de publicación ya que estaban entre los años 2000 y 2009; para finalmente solo quedarnos con los artículos relacionados al tema dentro de los últimos 10 años.

### **Sobre la vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras**

Se seleccionaron 11 artículos referentes a la vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas, las cuales conforman un 52% aproximadamente de los artículos seleccionados que respondían a las interrogantes a tratar sobre qué tan vulnerable puede ser una infraestructura hidráulica ante posibles riesgos. Estos artículos fueron revisados a detalle para extraer una síntesis que aporte significativamente a la revisión sistemática.

#### **Tabla 4**

##### *Artículos referentes a la vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas*

- 2010 Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable:  
Revisión de las estrategias de control
- 2010 A Theory of Vulnerability of Water Pipe Network
- 2012 EFECTO DE LA PRESIÓN SOBRE LAS FUGAS DE AGUA EN UN SISTEMA DE TUBERÍA SIMPLE
- 2013 EVALUACIÓN DEL RIESGO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL MARCO DE UN PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA
- 2014 Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo sanitario –ambiental en los servicios de agua potable y de la disposición sanitaria de excretas y aguas residuales, en el centro poblado de molino – Chocope.
- 2015 Modeling flow in pipes to detect and locate leaks using a state observer approach
- 2016 AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL ESQUEMA JOSÉ GÁLVEZ SECTOR 315 DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO Y ESQUEMA VILLA ALEJANDRO DISTRITO DE LURÍN
- 2017 The significance of a high resolution 2D hydraulic model including green infrastructure for assessment of coastal community vulnerability and resilience
- 2019 Underground pipelines and railway infrastructure – failure consequences and restrictions

2019 A review on the durability of PVC sewer pipes: research vs. Practice

2019 EVALUATION AND IMPLEMENTATION OF HIGH DENSITY  
POLYETHYLENE LINER: ALTERNATIVE OF SOLUTION TO  
CORROSION-WEAR PROBLEMS IN FLOWLINES

Palabras clave usadas como filtro para la recolección de estos artículos:  
Vulnerabilidad y Riesgo de Infraestructuras Hidráulicas. De esta tabla se extraerá la  
síntesis de las conclusiones de cada uno de los artículos mencionados referentes a la  
vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas, siendo ésta la siguiente:

Debido al amplio riesgo que pueden tener los distintos tipos de infraestructuras  
hidráulicas es importante diseñar redes de tuberías de agua más robustas contra daños a las  
tuberías es por esto que TVWPN puede proporcionar información útil para identificar fallas  
vulnerables importantes escenarios. (Pinto et al., 2010) por otro lado dentro de los riesgos  
que pueden originarse están las posibles fugas por lo que la implementación de sistemas de  
control con el fin de evitar daños mayores (Montoya & Montoya, 2012) es por esto que la  
evaluación del riesgo permite identificar los posibles eventos que pongan en peligro la  
infraestructura en cuestión y así priorizar medidas de control que se puedan implementar un  
plan de seguridad (Marroquín et al., 2014). Llegando como aporte general de este subtema  
a que análisis de vulnerabilidad y riesgo se debe hacer a través de las matrices de  
probabilidad de daños para así hacer la descripción general de las principales amenazas  
(Lopez Diestra & Aguilar Mendoza, 2014) (Garmabaki et al., 2020) buscando así  
alternativas de solución viables ante un eventual suceso de riesgo implementado nuevas  
tecnologías para una mayor durabilidad de las infraestructuras. (Duarte et al., 2019).



## Sobre la influencia de desastres naturales

Se seleccionaron 10 artículos referentes a la influencia de desastres naturales en la vulnerabilidad de infraestructuras hidráulicas los cuales respondían a la variable indicada, estos 10 artículos en su totalidad estaban ligado directamente al tema de revisión ya que son estudios previos de vulnerabilidad en infraestructuras ante desastres naturales en diferentes locaciones tanto de nuestro litoral como extranjeros.

### Tabla 5

#### *Artículos referentes a la influencia de desastres naturales en infraestructuras*

- 2012 Guía de análisis de vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario
- 2013 Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo
- 2016 Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México
- 2018 Investigación sobre modelos de gestión de infraestructuras hidráulicas urbanas resilientes en relación con los riesgos hidrológicos y geológicos
- 2019 Análisis de vulnerabilidad y riesgo en infraestructura hidráulicas de saneamiento en la localidad de MancoraPiura
- 2019 Desarrollo metodológico para una gestión resiliente de la seguridad de las infraestructuras hidráulicas urbanas críticas
- 2011 Gestión del riesgo por desastres: Propuesta metodológica para identificar y analizar de vulnerabilidad de la infraestructura de la Comuna de La Región de Coquimbo.
- 2014 Análisis de la vulnerabilidad de la Infraestructura Hidráulica mayor del sistema Chavimochic ante Fenómenos Hidrológicos de descargas extremas (niño)
- 2015 Vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado ante inundaciones en el distrito de Trujillo, Perú
- 2017 Evaluación de riesgos y desastres para la infraestructura hidráulica mayor de riego - Canal troncal de la irrigación Margen izquierda Rio Tumbes - 2017

Palabras clave usadas como filtro para la recolección de estos artículos: evaluación de desastres naturales y estructuras hidráulicas ante vulnerabilidad. De esta tabla se sacará la síntesis de las conclusiones de cada uno de los artículos mencionados referentes a la influencia de desastres naturales, siendo esta la siguiente:

Los desastres naturales comprenden una amplia gama de posibilidad que podrían dañar las infraestructuras hidráulicas que nos brindan servicios básicos como agua y desagüe en algunos casos directamente a la zona de captación de agua potable (Rodríguez & Enrique, 2015). Pretender que dicha vulnerabilidad disminuya, o bien, aumenten las capacidades existentes y enfrentar con ello de mejor manera los desastres por sismos (Acuña Delgadillo, 2011), para prevenir los riesgos y así dar una protección ante los desastres causados por la presencia de estos fenómenos naturales es necesario hacer un estudio o análisis de vulnerabilidad y riesgo basados en los posibles o ya acontecidos desastres.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo de revisión sistemática extrajo artículos de las bases de datos Scielo, Ebscohost, Readyc y Google Académico con el fin de realizar el análisis del avance con respecto al tema de vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas ante la influencia de desastres naturales la cual se centró en el periodo 2010-2020, donde inicialmente se encontraron una gran variedad de artículos relacionados demostrando así el gran interés de investigación sobre este tema lo cual a su vez nos va dando sugerencias de cómo ir mejorando el procedimiento de análisis de vulnerabilidad.

La aplicación de una metodología correcta y basada en filtros específicos para la inclusión y descarte de un total de 74 artículos, nos permitió llegar a obtener 21 de estos para su posterior análisis de la investigación que realizaron. Este análisis se hizo de manera dividida en subtemas, vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras y la influencia de desastres naturales en infraestructuras de saneamiento. Llegando a la conclusión de que para prevenir los riesgos y dar una protección ante los desastres causados por la presencia de fenómenos naturales, es necesario hacer un estudio o análisis de vulnerabilidad y riesgo basados en los posibles o ya acontecidos desastres; este análisis se debe hacer con el uso de matrices de probabilidad de daños, (Lopez Diestra & Aguilar Mendoza, 2014) buscando así alternativas de solución viables ante un eventual suceso de riesgo. En su mayoría los artículos estudiados son enfocados y/o relacionados en el mismo tema, por lo que al final vemos que todos concuerdan con que se debe hacer un plan de mitigación y mejoras.

Sobre la frecuencia de este tipo de estudios en los últimos 10 años se detonó que fue de manera uniforme ya que al menos se hizo un estudio de vulnerabilidad cada año entre el periodo 2010-2020. Una de las delimitaciones para esta revisión sistemática fue que en gran mayoría lo referente al análisis de vulnerabilidad en infraestructuras eran guías y manuales

de cómo hacer esto ya que se ha vuelto en un estudio necesario en cualquier sector poblacional.

Se logró evidenciar la gran importancia que puede llegar a tener un plan de mitigación ante posibles desastres que afecten las infraestructuras hidráulicas ya que esto no solo prevendría a la población directamente afectada de riesgos de salud o necesidades básicas, sino que también a las empresas prestadoras de servicios y estado tendrían un mejor balance económico ya que podría predecir futuros accidentes y riegos para así formular un plan de mitigación.

Asimismo se cumplió con el objetivo de estudiar y analizar cuál es la influencia de los desastres naturales en la vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas llegando así a determinar que la influencia de desastres es completamente perjudicial no solo en cuanto a daños a la infraestructura sino también al sector económico como también de salud poblacional, concluyendo así que es necesario y completamente efectivo el realizar un análisis de vulnerabilidad y riesgo según indican los distintos artículos mencionados en esta revisión sistemática para así prevenir y hasta evitar problemas futuros ya sea de infraestructura o salud.

Otro lo los puntos clave en cuanto a avances obtenidos de esta revisión sistemática es el aprender de diversas fuentes el uso de los métodos utilizados en estudios similares de vulnerabilidad y riesgo, donde pudimos considerar el uso de las guías INDECI, PMBOK y PMI, para la elaboración del plan y secuencia del estudio de vulnerabilidad y riesgo de infraestructuras hidráulicas ante posibles o pasados desastres naturales.

Finalmente debido al estudio realizado a los artículos de investigación se recomienda la revisión de guías instructivas de cómo hacer el análisis de vulnerabilidad para que esta

acción se pueda llevar acabo con el fin de contribuir principalmente con la sociedad y su estabilidad económica y salubre.

## REFERENCIAS

- Acuña Delgadillo, Daniel. 2011. «Gestión del riesgo por desastres. Propuesta metodológica para identificar y analizar condiciones de vulnerabilidad de las edificaciones en el centro histórico de La Serena».
- AGARWAL, J., D. I. BLOCKLEY, y N. J. WOODMAN. 2007. «VULNERABILITY OF SYSTEMS». *Civil Engineering and Environmental Systems* 18(2):141-65.
- Bohórquez, Thomas, y Javier Enrique. 2013. «Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima): Un aporte de método». *Investigaciones geográficas* (81):79-93.
- Cahuantico, Santos. 2019. «Análisis de vulnerabilidad y riesgo en infraestructura hidráulicas de saneamiento en la localidad de MancoraPiura». Universidad Cesar Vallejo, Lima-Pepu.
- Duarte, Gloria, Martin M. Valera-Rosales, Miguel Antonio Manrique Rojas, y Miguel Mateus Barragán. 2019. «Evaluation and Implementation of High Density Polyethylene Liner: Alternative of Solution to Corrosion-Wear Problems in Flowlines». *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro* 9(1):65-72.
- Egea, Ramón, Arturo Trapote, y Joaquin Melgajero. 2019. «Desarrollo metodológico para una gestión resiliente de la seguridad de las infraestructuras hidráulicas urbanas críticas». Universidad de Alicante.
- Escolero, Oscar, Stefanie Kralisch, Sandra E. Martínez, y María Perevochtchikova. 2016. «Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México». 68.

- García, Edith, y Sheila Zapata. 2017. «Evaluación de riesgos y desastres para la infraestructura hidráulica mayor de riego - Canal troncal de la irrigación Margen izquierda Río Tumbes - 2017». Universidad Nacional de Tumbes.
- Garmabaki, A. H. S., Stefan Marklund, Adithya Thaduri, Annelie Hedström, y Uday Kumar. 2020. «Underground pipelines and railway infrastructure – failure consequences and restrictions». *Structure and Infrastructure Engineering* 16(3):412-30.
- Guillén, Marcos, Jean-Francois Dulhoste, Rafael Santos, y Gildas Besancon. 2015. «Modeling flow in pipes to detect and locate leaks using a state observer approach». 39.
- Lopez Diestra, Eliza Valentina, y Hilda Margot Aguilar Mendoza. 2014. «Estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo sanitario –ambiental en los servicios de agua potable y de la disposición sanitaria de excretas y aguas residuales, en el centro poblado de molino – Chocope.» Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO.
- Makris, Konstantinos F., Jeroen Langeveld, y François H. L. R. Clemens. 2020. «A review on the durability of PVC sewer pipes: research vs. practice». *Structure and Infrastructure Engineering* 16(6):880-97.
- Mardones, María, y Claudia Vidal. 2001. «La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción». *Scielo* 27.
- Marroquín, Carlos. 2016. «ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL ÁREA URBANA DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE SAN MARCOS, GUATEMALA». 184.
- Marroquín, Claudia Patricia Amézquita, Andrea Pérez Vidal, y Patricia Torres Lozada. 2014. «EVALUACIÓN DEL RIESGO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL MARCO DE UN PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA». 13.

- Miller, Katie. 2017. «The significance of a high resolution 2D hydraulic model including green infrastructure for assessment of coastal community vulnerability and resilience». *Theses and Dissertations*.
- Montoya, Luis Javier, y Rubén Darío Montoya. 2012. «EFECTO DE LA PRESIÓN SOBRE LAS FUGAS DE AGUA EN UN SISTEMA DE TUBERÍA SIMPLE». *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 11(20):10.
- Morales-Soto, Nelson, Wilfredo Gálvez-Rivero, Carlos Chang-Ausejo, Daniel Alfaro-Basso, Abel García-Villafuerte, Marlon Ramírez-Maguiña, Juan Almeyda-Alcántara, y Luis Benavente-García. 2008. «Emergencias y desastres: desafíos y oportunidades (de la casualidad a la causalidad)». *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* 25(2):237-42.
- OPS, y OMS. 1998. *Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario: guías para el análisis de vulnerabilidad*. Washington, D.C.: OPS OMS.
- Pérez, Andrea, Claudia Amézquita, y Patricia Torres. 2012. «Identificación y priorización de peligros como herramientas de la gestión del riesgo en sistemas de distribución de agua potable».
- Pérez, Ramón Egea. 2018. «Investigación sobre modelos de gestión de infraestructuras hidráulicas urbanas resilientes en relación con los riesgos hidrológicos y geológicos». <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universitat d'Alacant - Universidad de Alicante.
- Pinto, Jorge, Humberto Varum, Isabel Bentes, y Jitendra Agarwal. 2010. «A Theory of Vulnerability of Water Pipe Network (TVWPN)». *Water Resources Management* 24(15):4237-54.



Rodríguez, Del Río, y Jorge Enrique. 2015. «Análisis de la vulnerabilidad de la Infraestructura Hidráulica mayor del sistema Chavimochic ante Fenómenos Hidrológicos de descargas extremas (niño)». Universidad Nacional de Trujillo.

Rubio, Sonia, y Ana Guerrero. 2016. «Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario ante el cambio climático sismos tsunamis e inundaciones de la ciudad de Trujillo, La Libertad». *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA* 13(1):43-54.

Sousa, Cristina, Angelina Correia, y María Colmenares. 2010. «Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control». *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 50:187-96.