

# EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE FRENTE A FENÓMENOS NATURALES EN LA CIUDAD DE TACNA

## *RISK ASSESSMENT OF THE DRINKING WATER SUPPLY SYSTEM IN THE FACE OF NATURAL PHENOMENA IN THE CITY OF TACNA*

Chandú Mirella Alexandra, Roque Castillo<sup>1</sup>  
Jherely Massyel, Vásquez Condori<sup>1</sup>  
Rosemary Poldy, Begazo Salas<sup>1</sup>

Aceptada: 30-12-2019.

### RESUMEN

Los sistemas de abastecimiento de agua proporcionan un servicio básico en las sociedades modernas, suministrando el agua para el consumo humano. El costo de este servicio únicamente puede ser valorado en toda su magnitud cuando falla. Dada su inherente naturaleza, los sistemas de abastecimiento de agua son complejos y vulnerables a diversas clases de riesgo, teniendo en cuenta también los diferentes fenómenos naturales que se tienen en Perú y que tienden a ocasionar inseguridad. La existencia de planes de emergencia es de gran importancia para mitigar los efectos de esos riesgos.

Para poder identificar los puntos críticos de un sistema de agua potable se debe utilizar una metodología que pueda admitir entregar en forma exacta los fundamentos y procedimientos para identificarlos. A esto se le llama evaluación del riesgo del sistema de abastecimiento de agua pretendiendo encontrar las vulnerabilidades del sistema que pueda iniciarse por las amenazas o peligros que se transformen en un riesgo. Teniendo esta información es necesario evaluar los puntos delicados del sistema de abastecimientos de agua de la ciudad de Tacna, empezando con la identificación de los peligros, analizando sus vulnerabilidades y estimando el riesgo, todo aquello que con lleva a que se afecten a las infraestructuras del sistema de abastecimiento de agua.

Este análisis es una ventajosa herramienta en el conocimiento del estudio de gestión de riesgos lo que lleva a realizar obras de abastecimiento de agua potable eficientes y que estas puedan atender a la población en caso de desastres y/o emergencias.

**Palabras clave:** Fenómeno natural, agua potable, sistema de abastecimiento

<sup>1</sup> Ingeniero Civil. Universidad Privada de Tacna.

## ABSTRACT

Water supply systems provide a basic service in modern societies, supplying water for human consumption. The cost of this service can only be fully appreciated when it fails. Given their inherent nature, water supply systems are complex and vulnerable to various types of risk, also taking into account the different natural phenomena that occur in Peru and that tend to cause insecurity. The existence of emergency plans is of great importance to mitigate the effects of these risks.

In order to identify the critical points of a drinking water system, a methodology must be used that can provide the exact foundations and procedures for identifying them. This is called risk assessment of the water supply system, which aims to find the vulnerabilities of the system that can be initiated by the threats or hazards that become a risk. With this information it is necessary to evaluate the delicate points of the water supply system of the city of Tacna, starting with the identification of the hazards, analyzing their vulnerabilities and estimating the risk, everything that leads to the water supply system infrastructure being affected.

This analysis is an advantageous tool in the knowledge of risk management studies, which leads to efficient drinking water supply works that can serve the population in the event of disasters and/or emergencies.

**Keywords:** *Natural phenomenon, drinking water, supply system*

## INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de origen natural, a medida que se incrementan ocasionan impactos socio-económicos y ambientales, debido al crecimiento inadecuado de la población en ámbitos geográficos inseguros. Los diversos fenómenos naturales ocurridos en el Perú, han generado daños a la vida y la salud, dejando personas afectadas y damnificadas, uno de los más significativos para nuestra región han sido las lluvias fuertes, donde se han registrado precipitaciones pluviales de moderadas a fuerte intensidad. Tacna, situada al Sur del Perú en la vertiente del océano Pacífico, consigue solo el 1.7% de agua dulce del país. Por ser una zona desértica tiende a dejar de recibir agua por periodos largos, ocasionando sequías que afectan a la zona sur del país y a las fuentes superficiales que llegan a niveles críticos. En el año 1998 Tacna manifestó el huayco que afectó a toda la zona de la bocatoma de Calientes y al primer embalse de Cerro Blanco, punto inicial del sistema de almacenamiento de agua de Tacna, dañando grandemente el abastecimiento del recurso hídrico de la ciudad. Durante los años, 2001 y 2004 ingresó nuevamente el huayco impactando las líneas de conducción de 20" de concreto armado de la planta de Calana provocando la discontinuidad del sistema por varios días.

De acuerdo a la norma E 030, Tacna se encuentra ubicada en la zona 4, una zona donde ocurre el fenómeno de subducción de las placas tectónicas y es sacudida por eventos sísmicos de gran magnitud. Los componentes de los sistemas de agua potable son muy variados y como producto se obtienen peligros naturales de gran magnitud. Tanto en el lado administrativo, operativo, organizativo y físico, es necesario identificar, valorizar, priorizar y corregir las debilidades de las infraestructuras de los sistemas de abastecimientos de agua potable. La estimación de la vulnerabilidad, permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a un peligro, posteriormente estimando el riesgo se

establecerían medidas de mitigación estructurales y no estructurales necesarias para corregir esas debilidades. La necesidad de proteger los sistemas de abastecimiento de agua potable frente a los desastres naturales, es de suma importancia puesto que en las últimas décadas las pérdidas económicas ocasionadas para las empresas de agua que generan los desastres están directamente asociadas a los daños físicos que se dan hacia las infraestructuras y por consiguiente al costo adicional que genera la empresa para poder atender la emergencia.

Según estudios de la Organización Panamericana de la Salud [1] el sismo ocurrido en Limón, Costa Rica, en abril de 1991, se comprobó que se habrían perdido alrededor de nueve millones de dólares en tareas de rehabilitación y emergencia sin embargo si hubiesen invertido cinco millones de dólares en medidas de prevención y mitigación los daños habrían sido mínimos.

Cano Zamora [2] en Costa Rica concluye que para poder estar prevenidos es necesario realizar medidas de emergencia, aunque su costo sea el doble que las medidas de mitigación, de manera análoga. Por otro lado, Miguel Ángel Gutiérrez Sandoval (2000) en la tesis sobre la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tacna, investiga las principales infraestructuras en la ciudad, así como su debido funcionamiento; analiza su deterioro, de la misma manera evalúa la operación de los sistemas de agua potable no solo para lograr recuperar el servicio sino para poder evitar daño a terceros. Así Josse Leonardo, Tasaico Begazo [3] en la tesis “Mejoramiento del sistema de agua potable en el SubSector 07, Sector IV en la Ciudad de Tacna”, hace mención a las 14 cooperaciones de las viviendas ubicadas en la parte baja del cerro Intiorko con el objetivo de eliminar las constantes fallas que existen en la red debido a las presiones estáticas altísimas, que llegan a pasar los 70 metros de columna de agua y según el reglamento peruano O.S 050 deben encontrarse por debajo de los 50 metros. El historiador Dr. Luis Cavagnaro Orellana [4] resalta que el río Caplina en el año 1570 discurría caprichosamente por un cauce mayor, que eventualmente se llenaba en épocas de avenida. En algunas partes del cauce existían puntos vulnerables que posibilitaban peligrosas y destructoras inundaciones, como a unos cuatrocientos metros de la cabecera del pueblo de esa época, se ubicaba uno de esos lugares riesgosos. No existen referencias precisas de algún fuerte impacto del río desbordado, pero es probable que los hubiese antes de 1700, se encontró, menciones como el agua desbordada por la prolongación San Martín. Por otro lado, explica que el terremoto del 8 de octubre de 1831 tuvo numerosas pérdidas. En cuanto al Instituto Nacional de Defensa Civil-INDECI [5] bajo el proyecto PNUD, Programa de Ciudades Sostenibles (2007)[6], nombra los peligros que amenaza a la ciudad, del mismo modo las inundaciones causadas por las excesivas lluvias en la zona alto andina, los eventos sísmicos, la presencia del fenómeno del Niño que provoca peligros que recaen sobre la ciudad debido a la estrechez del valle. Según el proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 ciudades sostenibles (Mapa de peligros de la ciudad de Tacna) 2004; se obtienen zonas de peligro medio, con suelos de clasificación SM que son arenas limosas, que abarcan en su totalidad en Ciudad Nueva, posteriormente encontraremos una zona de peligro alto que estará conformada por depósitos antropogénicos o de relleno R, con una clasificación SM es decir arenas limosas, cabe resaltar que en esta zona se obtendrán importantes amplificaciones de ondas sísmicas ya que poseen una capacidad portante entre 0.63 kg/ cm<sup>2</sup> a 0.76 kg/cm<sup>2</sup> , así mismo obteniendo una clasificación de cenizas volcánicas en la parte norte de la ciudad, siendo una zona colapsable, con peligros externos e internos y agresión química del suelo.

Del mismo modo según Ing. E. Chura Arocutipa [7] según su tesis “Evaluación y propuesta de un plan de gestión del riesgo de origen sísmico en el distrito de Ciudad Nueva – Tacna” , menciona a la zona de Ciudad Nueva como un distrito de alta sismicidad, de baja capacidad portante y de suelo arenoso , también con una topografía en pendiente principalmente en las laderas ubicadas en el cerro Intiorko.

## OBJETIVOS

- Evaluar el riesgo de la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna para establecer medidas de prevención frente a desastres naturales
- Identificar y ponderación los peligros naturales en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.
- Identificar y ponderación la vulnerabilidad en la infraestructura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.
- Determinar el nivel del riesgo para establecer las medidas de control en los sistemas de agua potable en la ciudad de Tacna.

## METODOLOGÍA

Estudio descriptivo, no experimental. La población son las instalaciones de los sistemas de abastecimiento, captación y producción de agua potable de la ciudad de Tacna. Se realizó el análisis y evaluación de la vulnerabilidad por zonas de estudio. Se clasificaron las zonas de investigación como:

### Zona 1: Pocollay – Calana

En la cual se evaluará los sistemas de ingreso y salida a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana (tuberías de río Seco), así como los reservorios de R1, R2 y la estación de bombeo que abastece al Reservorio R14 ubicado en Ciudad Nueva

### Zona 2: Casco Urbano

En ella se establece todo el centro de la ciudad de Tacna por lo cual se le denomina Casco Urbano. En esta zona de muestreo contempla la evaluación de los sistemas de ingreso y salida de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Alto de Lima, así como los reservorios R8, R7 y R4 que abastece al centro de la ciudad.

### Zona 3: Ciudad Nueva

Denominado al sector ubicado en la cabecera del Distrito de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, en la cual se observa los Reservorio R14 y R15 y son abastecido desde la Estación de Bombeo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Calana

### Zona 4: Cono Sur

Ubicado en el distrito de Gregorio Albarracín y Viñani, en donde se inicia con el Reservorio R9 frente del cuartel Tarapacá, concluyendo con el sistema de Viñani, que contempla tres estaciones de bombeo EB-1, EB-2 y EB-3, así como los reservorios R11, R12 y R13.

Para el desarrollo de la investigación, se basó en un proceso de experimentación, observación y entrevista, de la información brindada por el CENEPRED [8], así mismo por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [9].

El proceso de análisis jerárquico (AHP) [10] es una propuesta metodológica para los problemas de multicriterio. La metodología consiste en estructurar, medir y poder sintetizar una variedad de problemas, de ese modo se evalúan alternativas teniendo en cuenta varios criterios, basados principalmente en la experiencia y su conocimiento de los datos se son usados durante el proceso. Método multicriterio, al realizar la ponderación de los criterios, subcriterios y descriptores, se usó un método multicriterio que permitió incorporar criterios cuantitativos, así como pérdidas humanas, económicas o infraestructura expuesta, también se añadirá criterios cualitativos como programas de capacitación, aplicación de la normativa, considerado para la evaluación en la gestión de riesgos de desastres. Para el análisis y evaluación de peligrosidad, se realizó la evaluación de peligros, con Ponderación de los parámetros del peligro del sismo, pesos ponderados de los parámetros de evaluación del sismo, matriz de comparación de pares, matriz de normalización, cálculo de relación de consistencia. Medición de susceptibilidad del ámbito geográfico ante los sismos. La geomorfología de la Ciudad de Tacna está asentada en el Valle del Rio Caplina por lo tanto se escogerá el parámetro 4, a una altura de 550 m.s.n.m, en medio de los Cerros Arunta e Intiorko, que oscilan entre los 850 y 950 m.s.n.m. de altitud. La superficie de estos cerros; forman grandes llanuras denominadas Planicies del Huaylillas. Están cubiertas por suelos residuales y arenas eólicas que les dan una tonalidad rosada - marrón clara. Se consideró un solo parámetro general (nivel de precipitación) por lo tanto el peso ponderado se considera con el valor de 1. Se calculó el valor de susceptibilidad, hallando el factor condicionante. Para la ponderación de los parámetros del peligro por movimientos en masa (huayco) se han seleccionado los parámetros: textura de suelo, pendiente, erosión y velocidad del suelo. Los valores numéricos (pesos) fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico (matriz de Satty).

## RESULTADOS

Nivel de susceptibilidad por movimiento de masa (huayco) ( zona I – Pocollay y Calana )

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.130	0.5	0.135	0.5	<b>0.133</b>

Nivel de susceptibilidad por movimiento de masa (huayco) (zona II – Casco Urbano)

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.139	0.5	0.311	0.5	<b>0.225</b>

Nivel de susceptibilidad por movimiento de masa (huayco) (zona III – Ciudad Nueva)

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.156	0.5	0.106	0.5	<b>0.131</b>

### Nivel de susceptibilidad por sismo (zona IV – Cono Sur)

Peligro por movimiento en masa ( huayco)				Valor
Susceptibilidad		Peligro		
Valor	Peso	Valor	Peso	<b>0.083</b>
0.130	0.5	0.037	0.5	

Ubicamos el valor hallado en los niveles de peligrosidad:

### NIVEL DE PELIGRO DE HUAYCO

NIVEL	RANGO
<b>PELIGRO MUY ALTO</b>	$0.260 \leq R \leq 0.503$
<b>PELIGRO ALTO</b>	$0.134 \leq R \leq 0.260$
<b>PELIGRO MEDIO</b>	$0.068 \leq R \leq 0.134$
<b>PELIGRO BAJO</b>	$0.035 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Elaboración propia

### ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE PELIGRO: HUAYCO

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
<b>PELIGRO MUY ALTO</b>	Finas: Suelos arcillosos (arcilloso arenoso, arcilloso limoso, arcilloso) Terrenos planos o a nivel entre 0 y 2%	$0.260 \leq R \leq 0.50$
<b>PELIGRO ALTO</b>	Moderadamente Fina: Suelos francos (franco arcilloso, franco limoso arcilloso y/o franco limoso arcilloso) Pendiente ligeramente inclinada (2 – 4 %)	$0.134 \leq R \leq 0.260$
<b>PELIGRO MEDIA</b>	Mediana: Suelos francos (franco, franco limoso y/o limoso) Pendiente moderadamente inclinada (4 – 8 %)	$0.068 \leq R \leq 0.134$
<b>PELIGRO BAJA</b>	Moderadamente gruesa: suelos francos (franco arenoso). Gruesa: Suelos arenosos: arenosos, franco arenosos. Pendiente fuertemente inclinada a moderadamente inclinada (8- 15 % a 15 – 25%)	$0.035 \leq R \leq 0.068$

Fuente: Elaboración propia

### DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

Después de la determinación de vulnerabilidad por componentes se procedió al cálculo de:

### VALOR DE VULNERABILIDAD POR DIMENSIÓN

PESO DE IMPORTANCIA		
0.60	0.40	VALOR DE LA VULNERABILIDAD
VULNERABILIDAD FISICA	VULNERABILIDAD SOCIAL	
0.471	0.452	0.463
0.269	0.276	0.272
0.149	0.155	0.151
0.075	0.077	0.076
0.037	0.041	0.038

## Por Componente del Sistema de Agua Potable

Nivel de Vulnerabilidad	Rango
<b>Muy Alta</b>	$0.272 \leq V < 0.463$
<b>Alta</b>	$0.151 \leq V < 0.272$
<b>Media</b>	$0.076 \leq V < 0.151$
<b>Baja</b>	$0.038 \leq V < 0.076$

## ESTRATIFICACION DE NIVEL DE VULNERABILIDAD

vulnerabilidad	Descripcion	Rango
VMA	Estado de Conservación: Muy malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: más de 50 años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con pórtico < 4 columnas. Mantenimiento del sistema: muy malo. Nivel de organización: muy deficiente. Capacitación en temas de riesgos: nunca. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Muy malo. Actitud frente al riesgo: actitud fatalista conformista y con desidia de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: No hay difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgos para la población local	$0.272 \leq V < 0.463$
VA	Estado de Conservación: Malo. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre $40 < x < 50$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con porticos de C° A . Mantenimiento del sistema: Malo. Nivel de organización: Deficiente. Capacitación en temas de riesgos: Cada 5 años. Conocimientosobre la ocurrencia pasada de Desastres: Malo. Actitud frente al riesgo: Actitud escasamente previsor de la mayoría de la población. Campaña de Difusión: Escasa difusión en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el desconocimiento de la mayoría de la población.	$0.151 \leq V < 0.272$
VM	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A . Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.	$0.076 \leq V < 0.151$
VB	Estado de Conservación: Regular. Estado de antigüedad de la infraestructura: Entre Entre $30 < x < 40$ años. Configuración estructural: Reservorio elevado soportado con fuste de C° A. Mantenimiento del sistema: Regular. Nivel de organización: Regular. Capacitación en temas de riesgos: Cada 3 años. Conocimiento sobre la ocurrencia pasada de Desastres: Regular. Actitud frente al riesgo: Actitud parcialmente previsor de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medida para prevenir riesgo. Campaña de Difusión: Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación sobre temas de gestión de riesgo, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población.	$0.038 \leq V < 0.076$

DESCRIPCIÓN	Zona	VULNERABILIDAD FÍSICA	VULNERABILIDAD SOCIAL	VULNERABILIDAD PONDERADA	VULNERABILIDAD PÓR ZONA
Reservorio 1	I	0.0918	0.0608	0.153	0.1675
Reservorio 2	I	0.0678	0.1104	0.178	
Reservorio 3	I	0.0714	0.1048	0.189	
Planta de tratamiento( Calana)	I	0.0860	0.082	0.150	
Reservorio 4	II	0.0684	0.082	0.161	0.1527
Reservorio 7	II	0.0654	0.082	0.147	
Reservorio 8	II	0.0860	0.082	0.150	
Reservorio 10	III	0.0860	0.082	0.150	0.1500
Reservorio 14	III	0.0860	0.082	0.150	
Reservorio 9	IV	0.0860	0.082	0.150	0.1660
Reservorio 11	IV	0.0860	0.082	0.150	
Reservorio 13	IV	0.0860	0.082	0.150	
Reservorio 15	IV	0.0800	0.082	0.162	
Muro de contención( Conosur)	IV	0.1074	0.1104	0.218	

## ANÁLISIS Y EVALUACION DEL RIESGO

### Zona I

Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo

PMA	0.469	0.036	0.071	0.128	0.217
PA	0.270	0.021	0.041	0.073	0.125
PM	0.160	0.012	0.024	0.044	0.074
PB	0.068	0.005	0.010	0.018	0.031
		0.076	0.151	0.272	0.463
		VB	VM	VA	VMA

Niveles de riesgo

DESCRIPCIÓN	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
Sismo	Alto	Alto	Alto
Inundación	Medio	Alto	Alto
Movimiento de masa Huayco)	Medio	Alto	Alto

### Zona II

Niveles de riesgo

DESCRIPCIÓN	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
Sismo	Muy alto	Alto	Muy Alto
Inundación	Medio	Alto	Alto
Movimiento de masa (Huayco)	Alto	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia

### Zona III

Niveles de riesgo

DESCRIPCIÓN	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
Sismo	Muy alto	Medio	Alto
Inundación	Medio	Medio	Medio
Movimiento de asa(Huayco)	Medio	Medio	Medio



## Zona IV

### Niveles de riesgo

DESCRIPCIÓN	PELIGRO	VULNERABILIDAD	RIESGO
Sismo	Alto	Alto	Alto
Inundación	Medio	Alto	Alto
Movimiento de masa (Huayco)	Medio	Alto	Alto

## DISCUSIÓN

Es recomendable realizar estudios para un adecuado desarrollo urbano, para que exista un adecuado crecimiento el cual debe ser ordenado, equilibrado y equitativo del poblado con los sistemas de abastecimiento. Se deberán realizar estudios y trabajos para mejorar el encauzamiento de los ríos en las Zonas I y IV para evitar desbordes, el mismo que debe contar sistemas de confinamiento como muros de contención. Los administradores de los sistemas de agua potable deberán realizar anualmente una evaluación de los sistemas estructurales correspondientes para contar con planes de mantenimiento. Respecto al Orden No Estructural es necesario la actualización de los estudios y datos estadísticos de los fenómenos naturales que se presentan en la ciudad de Tacna, determinar los factores urbanísticos para uniformizar los criterios en los procesos constructivos cerca de las zonas de abastecimiento. Los Gobiernos Locales, deberán erradicar los animales domésticos que son criados alrededor de los sistemas de abastecimiento para evitar contaminaciones.

Se debe contar con un plan de contingencia por parte de las autoridades y poblaciones en general que permita atender a la población durante una emergencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] OPS, «Estudio de Caso: Terremoto del 22 de abril de 1991 - Limón, Costa Rica (OPS)». <http://www.nzdl.org/gsdmmod?e=d-00000-00---off-0paho--00-0----0-10-0---0---0direct-10---4---0-0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00-0--4----0-0-11-10-0utfZz-8-00&cl=CL1.1&d=HASH01a4421b593c723cd84f8aa4&gt;=2> (accedido sep. 09, 2020).
- [2] A. Zamora, «Análisis de vulnerabilidad del sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula, Guatemala». <https://docplayer.es/63508708-Analisis-de-vulnerabilidad-del-sistema-de-agua-potable-de-santa-catarina-pinula-guatemala.html> (accedido sep. 09, 2020).
- [3] J. L. Tasaico Begazo, «Mejoramiento del Sistema de Agua Potable en Subsector 07, Sector IV en la Ciudad de Tacna», 2018. .
- [4] L. C. Orellana, *Tacna: desarrollo urbano y arquitectónico (1536-1880)*. tacna, peru: CETICOS Tacna, 2000.
- [5] Instituto Nacional de Defensa Civil, «Programa Ciudades Sostenibles. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (INDECI – PNUD – PER 02/51), 2007. Programa de Prevención y medidas de Mitigación ante Desastres de la ciudad de Tacna.», p. 40.
- [6] C. L. V. Barrera y M. E. G. Chancan, «Programa Ciudades Sostenibles. INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL», p. 40.

- [7] E. Chura Arocutipa, «Evaluación y propuesta de un plan de gestión del riesgo de origen en el distrito de Ciudad Nueva -Tacna», *Univ. Nac. Jorge Basadre Grohmann*, 2012, Accedido: sep. 09, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/708>.
- [8] CENEPRED, «Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo del Desastre. Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Versión 02. (Biblioteca SIGRID)», 2014. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257> (accedido sep. 03, 2020).
- [9] INEI-Perú, «PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática», 2019. <https://www.inei.gob.pe/>.
- [10] J. Moreno Jiménez, «El proceso analítico jerárquico (ahp). fundamentos, metodología y aplicaciones», pp. 1-20, [En línea]. Disponible en: [https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP\(ve%20rpaginas11-16\).pdf](https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP(ve%20rpaginas11-16).pdf).