

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

Vulnerability for human consumption water and sanitary sewer systems to climate change tsunamis and floodwaters in the city of Trujillo, La Libertad

Sonia G. Rubio Herrera ^{1*}; Ana M. Guerrero Padilla ²

¹ Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de la Libertad SEDALIB S.A. Trujillo. Perú.

² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

*Autor correspondiente: sonia_85@outlook.com.pe (S. Rubio)

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el impacto del cambio climático en la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario de la ciudad de Trujillo ante sismos, tsunamis e inundaciones. Para ello se tomó en cuenta estudios previos realizados de la vulnerabilidad del sistema, basados en el análisis de vulnerabilidad que plantea la organización panamericana de la salud, esta información se procedió a determinar el número de fallas por kilómetro de redes de la infraestructura, teniendo en cuenta las propiedades del material, su antigüedad y características del suelo propias de la ciudad de Trujillo así como la probabilidad de ocurrencia de sismo severo de intensidad VIII en la escala de Mercalli. Se evaluó las condiciones climáticas y antecedentes de ocurrencia del fenómeno El Niño y sus efectos en el año 1998, identificándose las áreas inundables y componentes del sistema a mejorar. Se evaluó los antecedentes y la probabilidad de ocurrencia de Tsunami en la zona costera de la ciudad de Trujillo, determinándose el área inundable ante ocurrencia de Tsunami. Finalmente se obtuvo el impacto en los componentes del servicio y el riesgo al que se encontraron expuestos

Palabras clave: sismos; tsunami; inundaciones; agua potable; alcantarillado sanitario.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the impact of climate change on the drinking water and sewage infrastructure of the city of Trujillo in the wake of earthquakes, tsunamis and floods. In order to do this, previous studies of the vulnerability of the system, based on the analysis of vulnerability posed by the Pan American Health Organization, were taken into account. This information was used to determine the number of failures per kilometer of infrastructure networks. Account the properties of the material, its antiquity and characteristics of the soil of the city of Trujillo as well as the probability of occurrence of severe earthquake of intensity VIII in the scale of Mercalli. The climatic conditions and antecedents of occurrence of the El Niño phenomenon and their effects in 1998 were evaluated, identifying the flood areas and components of the system to be improved. The background and probability of occurrence of Tsunami in the coastal zone of the city of Trujillo were evaluated, determining the floodable area before Tsunami occurrence. Finally, the impact was obtained on the service components and the risk to which they were exposed.

Keywords: earthquakes; tsunami; floods; potable water; sanitary sewer.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático aumenta los riesgos de los desastres relacionados con el clima, que causa la pérdida de vidas y medios de subsistencia, y debilita la resiliencia de los ecosistemas vulnerables y sociedades. Comunidades de todo el mundo son ya vulnerables a los impactos del clima peligrosos relacionados tales como inundaciones, sequías, temperaturas extremas, y incendios forestales (UNEP, 2014).

En el campo social, la región de América Latina y el Caribe ha demostrado un mayor compromiso para reducir la pobreza, habiendo logrado disminuir el porcentaje de personas viviendo en situación de pobreza del 48,4%

en 1990 al 27,9% en 2013 (CEPAL, 2013).

Pero la problemática reside en que la situación es más crítica, si se considera que con frecuencia la calidad de los servicios no es la adecuada (intermitencia, baja presión, elevadas pérdidas de agua, etc.) y la infraestructura se encuentra en mal estado. Especialmente servicios básicos como son el agua potable y el alcantarillado sanitario se han visto seriamente afectados producto de estos eventos climáticos y de origen natural, al respecto Franz Rojas Ortuste en su investigación denominada: “Políticas e institucionalidad en materia de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe, 2014” indica que la región amazónica cuenta con un poco más de 620 millones de habitantes y es la región más urbanizada del mundo en vías desarrollo con un 80% de su población viviendo en ciudades (Rojas, 2014)

El crecimiento urbano expone a los habitantes de las grandes urbes a serios riesgos derivados de las condiciones ambientales y ha dejado a las autoridades municipales con capacidad insuficiente para proporcionar los servicios de higiene ambiental que la gente necesita. (Agenda 21, 1992). Los sismos en el Perú han demandado pérdidas de vidas humanas, materiales y económicas por ejemplo el terremoto de Ancash ocurrido el 31 de mayo de 1970, tuvo una magnitud de 7.8° grados en la escala de Richter. Este fue el terremoto más catastrófico del siglo XX (INDECI, 2006).

Actualmente, el Instituto geofísico del Perú utiliza una variedad de modelos climáticos, tanto atmosféricos como oceánicos, para estudiar y comprender diferentes aspectos del clima con el objetivo final de desarrollar un sistema de pronóstico que permita predecir los impactos de El Niño y otros fenómenos climáticos en el Perú con varios meses de anticipación (IGP, 2007).

Al respecto el departamento de procesamiento de Imágenes del CISMID se encarga de investigar y desarrollar nuevas tecnologías para la prevención y mitigación de desastres en áreas urbanas, basándose en el uso de imágenes satelitales y la integración con información terrestre a través de sistemas de información geográfica (SIG), para luego procesar y analizar los resultados utilizando modelos numéricos los cuales son presentados en mapas y publicados en la Internet (Centro de Estudios y Prevención de Desastres, 2009).

Las Inundaciones en el Perú han ocurrido periódicamente con la llegada de El Fenómeno de El Niño, así lo describe el SENAMHI en su estudio denominado “El Fenómeno del el niño en el Perú: El niño es una de las manifestaciones más significativas de la variabilidad interanual del clima de nuestro planeta”. El significado del fenómeno El Niño ha ido cambiando a lo largo de los años. En algunos países de Sudamérica como Perú y Ecuador, se denomina “El Niño” al incremento de la temperatura Superficial del agua del Mar, en el litoral de la costa oeste de Sudamérica con ocurrencia de lluvias intensas. Antes era considerado como un fenómeno local. Actualmente se le reconoce como el principal modular de la variabilidad climática interanual en todo el mundo” (SENAMHI, 2014).

Las Inundaciones en el Perú han ocurrido periódicamente con la llegada de El Fenómeno de El Niño. Por ejemplo lo ocurrido en el año 1982-83 con una intensidad extraordinaria, sin precedentes en la historia escrita de la región (más de 450 años), causó lluvias torrenciales en la normalmente desértica costa norte del Perú (en Piura, llovió 40 veces más que el promedio) con efectos catastróficos. En 1997-98, tan solo 15 años después, y contra toda expectativa, ocurrió otro fenómeno de El Niño de magnitud extraordinaria (INDECI, 2003).

En 1993 y 1998 la ciudad de Trujillo, Perú fue inundada por desbordes de la acequia la Mochica y el almacenamiento y ruptura del dique de Mampuesto, propiciando arenamiento de diferentes tramos de tuberías de alcantarillado, por efectos de lluvias de carácter extraordinarios ocasionados por el fenómeno del Niño. De estas se tiene referencia en los registros de algunas estaciones meteorológicas, tales como la del aeropuerto de Huanchaco que indican por ejemplo, que en marzo del 1998 se tuvo una precipitación máxima de 35 mm acumulados al mes (Acuña, 2001).

Así mismo la ciudad de Trujillo - Región La Libertad, como todo el borde del océano pacífico está expuesta a los efectos de posibles maremotos y tsunamis, que pueden ser generados por sismos en el fondo marino alcanzando de 15 a 20 minutos y se tiene registrado cinco eventos en los dos últimos siglos, por el grado de incidencia han sido nominados “maretaos” y su presencia se registra a lo largo de nuestro litoral ocasionando problemas de erosión en algunos ámbitos. (IH-Cantabria, 2012). Por este motivo y como lo plantea Edmundo Warner en su libro Abastecimiento de agua en zonas rurales y en las pequeñas ciudades; “La ampliación y mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado, demanda establecer planes de operación y mantenimiento que reduzcan las probabilidades de vulnerabilidad ante un eventual desastre, así explica que: “Conviene tener presente que es mucho mejor conservar y mejorar el sistema mediante pequeños programas y construcción anuales que dejar que las deficiencias se acumulen y que las necesidades adquieran carácter agudo. Estos programas deben planearse de forma que se ajusten a los objetivos y necesidades finales del servicio” (Warner, 1993).

La Ley N° 29664 promulgada por el Congreso de la Republica, ley que crea el “Sistema Nacional de Gestión

de Riesgo de Desastres”, en su Art. 4º Principio de Gestión de Riesgo de Desastres GRD. I. Principio protector; la cual refiere textualmente: “La persona humana es el fin supremo de Gestión del Riesgo de Desastres, por lo cual se debe proteger su vida e integridad física, sus estructuras productivas, sus bienes y su medio ambiente, frente a posibilidades de desastres o eventos peligrosos que puedan ocurrir” (Ministerio del Ambiente, 2015). Al respecto, las entidades públicas deben estar preparados ante desastres de origen natural como lo explica el Art 5º 5.2. Esta ley plantea que las entidades públicas, en todos los niveles de gobierno, son responsables de implementar los lineamientos de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres dentro de sus procesos de planeamiento. Así mismo la Organización Panamericana de Salud plantea el análisis de vulnerabilidad para los sistemas de agua potable y alcantarillado ante la ocurrencia de desastres de origen natural y mitigar la intensidad de los daños en vidas humanas y la calidad de sus principales servicios (Organización Panamericana de La Salud, 1998).

Es en ese sentido que de acuerdo a los antecedentes expuestos, el servicio de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Trujillo se encuentran seriamente afectados por la antigüedad de infraestructura que algunos casos supera los 40 años, por cual fue necesario evaluar su estado de operatividad y condiciones de la infraestructura física, de esta manera determinar el grado de vulnerabilidad para los componentes del sistema de agua potable y alcantarillado, que ante la ocurrencia de un desastre de origen natural sismo, inundación o tsunami, pudieron intensificar el desastre afectando seriamente a la población de la ciudad Trujillo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo de la presente investigación fue determinar el impacto del cambio climático en la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario de la ciudad de Trujillo ante sismos, tsunamis e inundaciones. Para ello se tomó en cuenta estudios previos realizados de la vulnerabilidad del sistema. Finalmente se realizó la identificación de los componentes del sistema a mejorar, obteniéndose el impacto en los componentes del servicio y el riesgo al que se encontraron expuestos. Se desarrolló un análisis y evaluación por componentes del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario, evaluándose su estado físico y operativo. Para la evaluación de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de sismo se determinó la cantidad total de redes a mejorar, habiéndose identificado los sectores más vulnerables. La evaluación se desarrolló en base al análisis del el factor de amenaza por tipo de perfil del suelo(fts), el factor de amenaza por licuefacción potencial (fpls), el factor de deformación permanente del suelo(fdps). Así mismo se determinó el factor de amenaza sísmica y el índice básico de daño en el cual interviene la selección de la intensidad de un sismo en escala de Mercalli en base a los datos históricos, la selección del material de la tubería, para finalmente determinar el cálculo de numero de fallas por metro al producirse el impacto de la amenaza en el área vulnerable. Por otra parte se tomó en cuenta la vulnerabilidad de la infraestructura ante inundaciones y tsunamis, identificándose las áreas potenciales de inundación y los componentes de la infraestructura con mayor riesgo de ser impactados por del desastre de origen natural sismo, inundación o tsunami ante las condiciones vulnerables de su infraestructura.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Índice básico de daño en redes de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Trujillo, Perú

COMPONENTES	INTENSIDAD DE MERCALLI	CANTIDAD TUBERÍA	ÍNDICE BÁSICO	FACTOR DE CORRECCIÓN	
		EN KILÓMETROS (CTK)	DE DAÑO (IBD) FAS > 2	MATERIAL	FCM
Agua Potable					
Línea de Conducción	VIII	23,36	0,55	H.D	0,80
Línea de Impulsión Agua	VIII	25,64	0,55	A.C	2,60
Redes de Agua Potable	VIII	48,01	0,55	PVC	1,50
Alcantarillado Sanitario					
Colector principal	VIII	36,42	0,55	C.R	2,60
Interceptores	VIII	3,20	0,55	PVC	1,50
Emisores	VIII	14,63	0,55	C.R	2,60

COMPONENTES	INTENSIDAD DE MERCALLI	CANTIDAD	ÍNDICE	FACTOR DE	
		TUBERÍA	BÁSICO	CORRECCIÓN	
		EN KILÓMETROS	DE DAÑO (IBD)	MATERIAL	FCM
		(CTK)	FAS > 2		
Línea de Impulsión	VIII	2,44	0,55	PVC	1,50
Alcantarillado Sanitario					
Distrito de Trujillo	VIII	251,35	0,55	PVC	1,50
Distrito de El Porvenir	VIII	3,42	0,55	PVC	1,50
Distrito de Florencia de Mora					
Distrito de La Esperanza	VIII	1,33	0,55	PVC	1,50
Distrito de Víctor Larco	VIII	3,93	0,55	PVC	1,50
		26,67	0,55	PVC	1,50

En la Tabla 1 para la evaluación sísmica realizada para el servicio de agua potable, los componentes a analizar fueron línea de conducción de 23360,00 metros lineales (ml), de material hierro dúctil (H.D) diámetro nominal entre 400mm y 900mm, línea de impulsión de 25637,00 ml de material asbesto cemento (A.C) diámetro entre 100mm y 300mm, y redes de agua potable de 48005,80 ml entre 75mm y 300mm de material poli cloruro de vinilo de PVC. Así mismo se cuantifico la cantidad de metros lineales existentes en la ciudad de Trujillo que brindan el servicio de alcantarillado sanitario determinándose el colector principal con 36418,00 ml diámetro nominal (DN), de entre 200mm y 350mm de material concreto reforzado.

Los estudios realizados por Jouralev A.2004, en cuanto a los servicios de saneamiento, demuestran que solamente el 49% de la población regional está conectada a sistemas convencionales de alcantarillado y otro 31% utiliza sistemas de saneamiento provisionales. Los niveles de cobertura de alcantarillado son considerablemente menores que los de agua potable con conexión domiciliaria (Jouralev, 2004).

Así mismo existe un total de interceptores de 3200,00 ml DN entre 200mm y 350mm de material Poli cloruro de vinilo (PVC), emisor América Sur de 14630,00 ml DN entre 500mm y 1300mm de material concreto reforzado, línea de impulsión de 2439,00 ml DN entre 200mm y 350mm de PVC, línea de impulsión de 2439,00 m DN entre 200mm y 350mm PVC, red secundarias del distrito de Trujillo de 251352,33 DN 200mm de material PVC, red secundaria del distrito del Porvenir de 3420,00 DN 200mm de PVC, Red Secundaria Alcantarillado del Distrito de Florencia de Mora 1330,00 DN 200mm de PVC, Red secundaria de alcantarillado del Distrito de La Esperanza de 3925,00 de 200mm de PVC, Red secundaria de Víctor Larco de 26670,00 de 200mm de PVC.

El Simposio Internacional denominado: “Actualización de los parámetros sismológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú”, realizó un revisión de la actividad sísmica del pasado, reafirmando la definición de la fuente sismogénica, teniendo en cuenta las características tectónicas de la región, donde la probabilidad de ocurrencia de sismo de distintas magnitudes es homogénea en toda la fuente (Alva y Escalaya, 2012).

Por otra parte, de acuerdo al cálculo de la amenaza por tipo de perfil del suelo, se determinó para la ciudad de Trujillo el criterio de suelo firme el cual es un estrato de suelos bien consolidados o blandos con espesor menos a 5 metros, calificado con un valor de 1,5 en escala del 1 al 2; Así como también el factor de amenaza sísmica por licuefacción potencial en el cual se consideró el elevado nivel freático que afecta las zonas más cercanas al mar como es el caso del distrito de Víctor Larco, por tanto el factor se consideró alto con suelos con niveles freáticos altos, estratos subyacentes con alto contenido de arenas calificado con valor 2 en escala de 1 al 2.

Se cuantifico el factor de amenaza por tipo de suelo determinando un suelo intermedio, consolidado con pendiente de 25%°, rellenos compactados, arenas cercanas a cauces de ríos o fallas geológicas esto en consideración a la cuenca hidrográfica del Rio Moche que atraviesa la ciudad, calificando este facto con valor 1,5 en escala del 1 al 2,00.

El estudio desarrollado por la Sociedad de Urbanistas del Perú, 2011 denominado: Informe Perú Vulnerabilidad de las ciudades frente al cambio climático en agua potable y saneamiento, tuvo como objetivo principal desarrollar un análisis y diagnóstico de la vulnerabilidad de las empresas prestadoras de servicio de agua y saneamiento a los efectos del cambio climático, así como establecer propuestas de adaptación que puedan ser consideradas al elaborar los planes maestros optimizados y contribuir a mejorar la calidad de vida de las ciudades(Sociedad de Urbanistas del Perú, 2011).

Con estos criterios se calculó el Factor de Amenaza Sísmica del Suelo, determinándose un factor de 4,50 teniendo en cuenta el criterio de calificación de 2 es un factor de amenaza sísmica bajo, entre 2 y 4 moderada, y mayor que 4 considerada un factor amenaza sísmica Alta. Luego se procedió a identificar el índice básico de daño (IBD) y selección de sismo probable que afecte a la ciudad de Trujillo de acuerdo a los antecedentes históricos, determinándose la probabilidad de ocurrencia de un sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli, y que de acuerdo al factor de amenaza sísmica (FAS) es de 4,50 analizándose este valor mayor que 2 dentro de los indicadores del Índice Básico de Daño (IBD), obteniéndose un valor de 0,55 IBD.

Se tuvo en cuenta el material de la tubería, y se asignó el factor de corrección de acuerdo al material Hierro Dúctil, Asbesto Cemento o Concreto Reforzado, obteniéndose el grado de impacto ante ocurrencia de sismo de intensidad VIII en escala de Mercalli en la infraestructura para los componentes del Agua Potable; La Línea de Conducción número de fallas por kilómetro fueron 10,28 (Fallas/Km) impactando al 44% del total de las redes, para la línea de impulsión 36,66 Fallas/Km superando el 100% debido al material de las tuberías como el asbesto cemento, para las redes de distribución de agua potable 39,60 Fallas/Km impactando en el 83% de total de las redes existentes.

El último gran sismo con origen en el proceso de convergencia de placas, ocurrió el día 15 de Agosto del 2007, con una magnitud de 7,0 ML (escala de Ríchter) y 7,9 Mw (escala Momento) denominado como “el sismo de Pisco”, debido a que su epicentro fue ubicado a 60 km al Oeste de esta ciudad. El sismo produjo daños importantes en un gran número de viviendas de la ciudad de Pisco aproximadamente el 80% y menor en localidades aledañas, llegando a evaluar una intensidad del orden de VII en la escala de Mercalli Modificada (MM) (Instituto geofísico del Perú, 2007).

Para la evaluación del grado de impacto en los componentes de la infraestructura de alcantarillado se obtuvo para el colector principal 52,08 Fallas/Km que representan un impacto del 100% del total de la tuberías, esto debido al material Concreto Reforzado y su antigüedad de servicio que supera los 40 años en algunos casos, especialmente el centro de la ciudad de Trujillo, para los interceptores 2,64 Fallas/Km impactando el 83%, para las redes secundarias del distrito de Trujillo 207,37 Fallas/Km, en el Distrito la Esperanza 2.82 Fallas/Km, en el distrito de Florencia de Mora 1,10 Fallas/Km, en el distrito de la Esperanza 3,24 Fallas/Km y en el distrito de Víctor Larco 22,00 Fallas/Km que representan un impacto del 83% del total de redes secundarias existentes de alcantarillado.

Al respecto La UNESCO, 2010, desarrollo la investigación denominada: “Clasificación de Fenómenos y Desastres Naturales sugerida por la UNESCO e Impacto de los Desastres de Origen Natural más importante en el Perú”, en cual destacan al Terremoto de Áncash ocurrido el 31 de Mayo de 1970, el cual tuvo una Magnitud = 7,8 en la escala de Richter. Catalogándolo como el terremoto más catastrófico del siglo XX (UNESCO, 2010).

Realizado la evaluación de los sectores de mayor vulnerabilidad en redes de agua potable y alcantarillado sanitario se determinó que en el distrito de Trujillo, las redes vulnerables se ubican en el Centro Cívico, las urbanizaciones Santa María, El Bosque, La Merced, La Intendencia El Molino, La Marqueza, Razuri, Los Granados y Sector Pesqueda. En el distrito La Esperanza: Las Calles José Heredia, Alfonso Ugarte, Junín, Jerusalén, Los Cedros, Egipto, Avenida Gran Chimú, Benito Juárez, Tadeo Monagas, José Artigas y Félix Aldao. En el Distrito El Porvenir en el Sector Gran Chimú, San Martín, Baltazar Vilonga, Hipólito Unanue, Sector La Merced, Francisco de Paula, Manuel Ubalde, Avenida Pumacahua, Choque Huanca, Titu Cusi Yupanqui, José Olaya Cuadra 8, Micaela Bastidas, Pasaje Vicente Morales. En el distrito de Florencia de Mora en los sectores de Los Laureles, 29 de Junio, 17 de Diciembre, 24 de Abril, 12 de Febrero, 26 de Marzo, Alfonso Ugarte y 24 de Abril. En el distrito de Víctor Larco en los Sectores de Human, Vista Alegre, Buenos Aires, Manuel Soane, Liberación Social y Línea Ovalo Larco.

Al respecto, el estudio denominado Esquema director de Trujillo realizado en el año 2003, planteó el análisis de la amenaza sísmica en la ciudad de Trujillo, determinándose que los suelos con períodos de vibración más bajos (< 0,25 seg.); corresponden a las partes más altas de la ciudad, donde el suelo es más estable (dinámica) en comparación a otros sectores. Comprende las urbanizaciones Los Granados, La Rinconada, Razuri, Pesqueda, Libertad, Miraflores, Prolongación Unión y otras como la Urb. El Recreo), Torres Araujo, Santa María (4°, 5° Etapas), El Sol, Complejo Chicago. Suelos con períodos de vibración más altos (> 0,35 seg.); se caracterizan por estar entre el estado blando y suelto. Se ubican en las partes más bajas de la ciudad, como las urbanizaciones California, El Golf, Monserrate. La Merced, Los Pinos y otras zonas como Covicorti, Las Capullanas, El Alambre, Grupal, Santa Inés, Los Cedros, Mochica, San Fernando, San Salvador y Santa Isabel. Los suelos con períodos de vibración comprendidos en el rango entre 0,25 – 0,35 seg., se caracterizan por estar en estado blando. Corresponden a las urbanizaciones Los Rosales, Covicorti, La Merced, San Andrés, El Recreo, UNT, San Nicolás, Albrecht, Primavera, Santa Leonor, Las Quintanas, El Molino, Daniel Hoyle, Los Granados, La Rinconada, La Noria, El Bosque, El Sol, Santo Dominguito, Vista Bella, Santa María, Chicago y Palermo (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2003).

Tabla 2. Grado de Impacto en redes de agua potable y alcantarillado ante ocurrencia de sismo de VIII en escala de Mercalli en la ciudad de Trujillo, Perú

COMPONENTES	INTENSIDAD DE	N° DE	N° DE	PORCEN- TAJE	GRADO
		FALLAS POR	FALLAS POR	DE TUBERÍA	DE IMPACTO
		KM CTK*	METRO	AFFECTADA	INFRAES- TRUCTURA
		MERCALLI	IBD*FCM	ML	
AGUA POTABLE					
Línea de Conducción	VIII	10,28	10278,40	44%	Moderado
Línea de Impulsión Agua	VIII	36,66	36660,91	100%	Alto
Redes de Agua Potable	VIII	39,60	39604,79	83%	Alto
Alcantarillado Sanitario					
Colector Principal	VIII	52,08	52077,74	100%	Alto
Interceptores	VIII	2,64	2640,00	83%	Alto
Emisores	VIII	20,92	20920,90	100%	Alto
Línea de Impulsión	VIII	2,01	2012,18	83%	Alto
ALCANTARILLADO					
Distrito Trujillo	VIII	207,37	207365,67	83%	Alto
Distrito El Porvenir	VIII	2,82	2821,50	83%	Alto
Distrito Florencia de Mora	VIII	1,10	1097,25	83%	Alto
Distrito La Esperanza	VIII	3,24	3238,13	83%	Alto
Distrito Víctor Larco	VIII	22,00	22002,75	83%	Alto

En la Tabla 2, se evaluó el impacto en el Servicio de Agua para Consumo Humano ante la ocurrencia de un sismo grado VIII en la escala de Mercalli, se presentan daños moderados en 15 Pozos presentando rotura y fisuras así como daños en tableros electromecánicos, colapso generalizado de 2 Pozos. Por la antigüedad de Reservorios (más de 40 años), falta de seguridad y acceso a la Infraestructura, se presentan fisuras y rajaduras mayores a 1 cm en condiciones de antigüedad de reservorios.

De acuerdo a los estudios realizados por Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el año 2003, en cuanto a los servicios de saneamiento, solamente el 49% de la población regional está conectada a sistemas convencionales de alcantarillado y otro 31% utiliza sistemas de saneamiento provisionales. Los niveles de cobertura de alcantarillado son considerablemente menores que los de agua potable con conexión domiciliaria (CEPAL, 2003).

Se estiman daños por fallas en la línea de conducción que cruza el río Moche, que es la parte más vulnerable y conduce la totalidad de Producción de la Planta de tratamiento, cuya reparación duraría varios días. Rotura de Matriz y fisuras en tramos de tuberías principales de Agua Potable.

El informe Gestión del riesgo de desastres en ciudades de América Latina, 2015, concluye que: “Las ciudades de América Latina están asumiendo mayor liderazgo en las estrategias de gestión del riesgo priorizando a las poblaciones más pobres y vulnerables” (Watanabe,2015).

Ante la ocurrencia de un Sismo grado VIII en la escala de Mercalli se presentan roturas y daños considerables en emisor los Paujiles ubicado en Efluente Covicorti y Emisor Avenida América Sur. Se presentan 380 Fallas/m, en 14,630 ml de Tubería de 500mm a 550mm pulgadas de diámetro material Concreto Reforzado que ha superado su periodo de vida útil. Rotura y colapso de Conexiones domiciliarias de Alcantarillado Sanitario de diámetro de 150mm y 20mm de PVC.

Se presentan 7140 conexiones colapsadas. Buzones colapsados y colmatados principalmente en zonas críticas del sistema de Alcantarillado de Trujillo Metropolitano. Se presentan 5,133 buzones colapsados y colmatados. Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas que se encuentran condiciones colmatadas por la falta de remoción de lodos activados, colmatación de lagunas primarias y secundarias se presenta impacto en el Servicio de Evacuación de Aguas Servidas Lagunas Covicorti, El Cortijo y Valdivia daños severos en infraestructura de concreto de ingreso a las lagunas, cámara de rejillas, sedimentadores y colmatación de lodos en lagunas.

El seminario de Tecnología Alemana en el rubro de Agua y Saneamiento denominado: “Situación actual y perspectivas en el sector agua y saneamiento en el Perú”, plantea que existe la necesidad de optimización de

la gestión empresarial de la infraestructura existente, especialmente en lo referente a la mejora del manejo de redes para lograr una mejor distribución, disminución de los altos niveles de agua no facturada, disminución de las pérdidas de agua, incremento de los niveles de micromedición (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

Tabla 3: Impacto total en Infraestructura de agua potable y alcantarillado ante ocurrencia de Sismo de VIII en escala de Mercalli

COMPONENTE EXPUESTO	GRADO DE		IMPACTO TOTAL	
	IMPACTO (A)	GRADO DE PELIGRO (B)	D*E	NIVEL
Pozos Subterráneos	0,78	3	2,34	Alto
Reservorios	0,78	2	1,56	Moderado
Línea de Conducción	0,67	2	1,34	Moderado
Línea de Impulsión	0,78	3	2,34	Alto
Cámaras de Bombeo de				
Agua Potable	0,67	3	1,34	Moderado
Red de Distribución	0,78	3	2,34	Alto
Conexiones Domiciliarias	0,78	3	2,34	Alto
Estaciones de Bombeo	0,67	2	1,34	Moderado
Línea de Impulsión	0,78	3	2,34	Alto
Interceptores	0,78	3	2,34	Alto
Colector Principal	0,78	3	2,34	Alto
Colector Secundario	0,89	3	2,67	Alto
Conexiones Domiciliarias	0,78	3	2,34	Alto
Buzones de Alcantarillado	0,67	3	2,01	Alto
Tratamiento y Disposición				
Final	0,89	3	2,67	Alto

En la Tabla 3, se evaluó el grado de impacto total ante sismo de los componentes que brindan el servicio de agua potable y alcantarillado, que es el resultado de grado de impacto en las condiciones físicas y de operatividad de la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario existente por el grado de peligro ante la ocurrencia de un sismo inundación o tsunami. Obteniéndose que para ocurrencia de un sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli, el grado de impacto en los pozos subterráneos de agua potable fue alto con una ponderación de 0,78 en escala del 0 al 1, así también el grado de peligro alto con una escala de 3 en escala del 1 al 3, obteniéndose un impacto total de 2,34 calificándose como un impacto total alto en escala del 1 al 3. El componente reservorio obtuvo un grado de impacto alto con calificativo de 0,78 y un grado de peligro moderado con un calificativo de 2, obteniéndose un grado de impacto total de 1,56 considerado como un grado de impacto moderado, igualmente se calificó a las líneas de conducción y cámaras de bombeo de agua potable obtuvieron un grado de impacto total de 1,34 considerado moderado. Las redes de distribución y conexiones domiciliarias se verían seriamente afectadas con un grado de impacto de 0,78, un grado de peligro de 3 obteniéndose un impacto total de Alto de 2,34 en la escala del 1 al 3. En cuanto la infraestructura del alcantarillado el grado de impacto total es alto de 2,67 en escala del 0 al 3.

Al respecto el Estudio de sismicidad regional para el análisis de la amenaza sísmica para Bogotá dictado en El Primer Congreso Latinoamericano y Segundo Colombiano de Sismología, 2004, trata del análisis de sismicidad regional de la ciudad de Bogotá, planteando que desde el punto de vista de la Ingeniería y la planificación territorial, es claro que las áreas propensas a la ocurrencia de sismos debe basarse en el conocimiento adecuado de las características de la sismicidad regional y de los posibles sismos que puedan presentarse en el futuro (Caneva y Van, 2004).

La identificación de los riesgos de inundación en la zona urbana de Trujillo se han diferenciado en función de la fuente generadora de riesgo: la lluvia local y el caudal aportado por la quebrada San Ildefonso, que se sitúa al norte de la ciudad, el punto de entrega se sitúa a la altura de la zona denominada El Porvenir.

Los puntos críticos más importantes en términos de riesgos de inundación pluvial son los siguientes: Calles colindantes al sur y al este con los Jardines de la Paz, en el distrito de, Florencia de Mora, Zona del Parque Trupal y Campus de la Universidad Nacional de Trujillo, Zona aledaña al Óvalo Larco, Calle Prolongación César Vallejo a la altura de la Real Plaza, Óvalo La Marina, zona norte, en calles Juan Cruzado, Manuel Iglesias y alrededores, Calle Simón Bolívar a la altura del cruce con la Avda. Víctor Larco Herrera, Avenida Panamericana Norte entre los cruces con las calles Mariscal Nieto y Manuel Seoane, en el distrito de Buenos Aires, Avenida Panamericana Norte entre los cruces con las calles José Balta y Jorge Chávez. De todos estos puntos, los únicos que presentan una peligrosidad moderada son la zona de la Universidad Nacional de Trujillo, las inmediaciones del Óvalo La Marina y la zona de la Avenida Panamericana Norte a su paso por el distrito de Buenos Aires; el resto se puede considerar de peligrosidad baja.

Las quebradas denominadas, La Cumbre, El León y Río Seco atraviesan los terrenos situados alrededor de la localidad de El Milagro para desembocar conjuntamente en el núcleo de Huanchaco, estos cauces no tienen un curso claramente definido, pero en conjunto presentan una cuenca de drenaje de relativa importancia (unos 300 Km²), y caudales máximo asociados a una tormenta extrema de casi 400 m³/s, lo que supone una amenaza para los mencionados núcleos, considerándose que este es uno de los enclaves de mayor riesgo hidrológico de toda el área de estudio. Ante eventos de inundación fluvial, casi la totalidad de entrevistados identifica la ocupación ilegal humana de los antiguos cursos de agua en las Quebradas de San Idelfonso (El Porvenir) y de Río Seco o El León (La Esperanza y Huanchaco) como la mayor problemática ante fenómenos de intensificación del Niño (IH CANTABRIA, 2012).

Tabla 4: Impacto total en infraestructura de agua Potable y Alcantarillado ante ocurrencia de inundación por el Fenómeno el Niño

COMPONENTE EXPUESTO	IMPACTO TOTAL			
	GRADO DE IMPACTO	GRADO DE PELIGRO	PONDERACIÓN	
	(A)	(B)	D*E	NIVEL
Pozos Subterráneos	0,78	2	1,56	Moderado
Reservorios	0,67	2	1,34	Moderado
Línea de Conducción	0,56	2	1,12	Moderado
Línea de Impulsión	0,67	3	2,01	Alto
Cámaras de Bombeo de				
Agua Potable	0,78	2	1,56	Moderado
Red de Distribución	0,78	3	2,34	Alto
Conexiones Domiciliarias	0,78	3	2,34	Alto
Estaciones de Bombeo	0,78	2	1,56	Moderado
Línea de Impulsión	0,78	3	2,34	Alto
Interceptores	0,89	3	2,67	Alto
Colector Principal	0,78	2	1,56	Moderado
Colector Secundario	0,89	3	2,67	Alto
Conexiones Domiciliarias	0,78	3	2,34	Alto
Buzones de Alcantarillado	0,67	3	2,01	Alto
Tratamiento y Disposición				
Final	0,67	2	1,34	Moderado

En la Tabla 4, de acuerdo al impacto total de la infraestructura ante la ocurrencia de inundación por el Fenómeno el Niño, para el agua potable, el componente línea de impulsión obtuvo un grado de impacto alto con un calificativo de 0,67 y un grado de peligro 2 obteniendo un impacto total alto con un calificativo de Alto de 201, los componente redes de distribución y conexiones domiciliarias obtuvieron un calificativo de 0,78 y grado de peligro 3, obteniéndose el producto impacto total de 2,34 calificado como alto. Con respecto al sistema de alcantarillado sanitario los componentes interceptores, colector principal, colector secundario, conexiones domiciliarias y buzones, obtuvieron un valor de 0,78 como grado de impacto en la infraestructura y un calificativo de 3 en el grado de peligro ante inundaciones, obteniéndose un impacto total de 2,67 considerado alto en escala del 1 al 3.

Ante la amenaza de inundación por una eventual ocurrencia del Fenómeno el niño, se presentaron los antecedentes ocurridos en el año 1998 que aumento los caudales de la cuenca del Rio Seco y los acontecimientos de excesivas lluvias del año 2011, los cuales afectaron seriamente el servicio colmatando las cajas de inspección del agua potable, casetas de reservorios y casetas de cloración de los pozos y los principales emisores y colectores de las Avenida Pablo Casal, Jesús de Nazaret, Juan Pablo Segundo, Avenida Paujiles. Así también fue conocido que los Sectores Pedro Muñiz, Urbanización Santa María, Sector La Intendencia y el Molino así como el Centro Cívico de la ciudad y fueron identificados sectores cuyas redes colectoras son antiguas en algunos casos superan los 40 años de servicio, en algunos casos funcionando como canales de tierra al ser material asbesto cemento en el casos del servicio de agua potable y concreto reforzado en caso del servicio de alcantarillado, por tanto son los sectores más vulnerables ante el impacto de una inundación. Ante ocurrencia de Inundación se presentan colmatación de Ingreso a reservorios ubicados en el área de cuenca de la Inundación Reservorio Primavera, Vista Alegre Reservorio y La Rinconada. Colmatación de Caseta de Reservorio Huamán y Vista Alegre arenamiento de árbol de salida de reservorio. Se presentó flujo de aguas servidas, escurriendo hacia atrás por las alcantarillas e inundando con aguas servidas tanto el interior de las viviendas y pisos bajos de los edificios como las vías públicas. En las viviendas ocurre a través de los primeros pisos y piletas; en las calles de las principales avenidas a través de los buzones los cuales presentan antigüedad de más 30 años especialmente en las zonas céntricas urbanas de la ciudad de Trujillo.

El estudio realizado por la Unión Interparlamentaria, 2010, denominado Reducción del Riesgo de Desastres: Un Instrumento para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio – Kit de Cabildeo para Parlamentarios de Ginebra Suiza, plantea: “Los desastres ponen en peligro la seguridad alimentaria de las más pobres a nivel mundial. La reducción del riesgo de desastres es vital para asegurar unos de los derechos y libertades más fundamentales del hombre; el derecho a no padecer de hambre” (Unión Interparlamentaria, 2010).

Es necesario tomar en cuenta el asentamiento de nuevas viviendas y crecimiento de sectores el distrito del Porvenir y Huanchaco que se han ubicado en el área de peligro por inundación y mayor riesgo al desborde del Rio Moche ubicado, exponiéndose a serios peligros ante la ocurrencia de un eventual desastre y la afectación de sus principales servicios. Por este motivo los sectores como Rio Seco en el Distrito El Porvenir y Virgen del Socorro en el Distrito de Huanchaco seria los principales afectados en el servicio de Agua Potable y Alcantarillado ante un eventual impacto de Inundación.

Para los años venideros, debido al calentamiento global, se han descrito variaciones climáticas para el planeta, las que se pronostica que afectaran con mayor intensidad algunas regiones de la tierra. El cuarto Informe del IPCC (Panel Intergubernamental de cambio climático) señala que la temperatura de la tierra aumentara entre 1,8 y 4 grados hasta finales de siglo con probabilidad de 90% que el aumento se deba al a concentración de gases de efecto invernadero originados en la actividad humana. Pronosticando reducción de la cobertura de nivel, mayores precipitaciones y la elevación del nivel del mar hasta 59 centímetros (Fariña y Vera, 2012).

Tabla 5: Impacto total infraestructura de agua potable y alcantarillado ante ocurrencia de Tsunami ante sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli de la Ciudad de Trujillo, Perú

Componente Expuesto	Grado de Impacto (A)	Grado de Peligro (B)	Impacto Total	
			Ponderación	Nivel
Pozos Subterráneos	0,56	1	0,56	Potencial
Reservorios	0,78	2	1,56	Moderado
Línea de Conducción	0,78	1	0,78	Potencial
Línea de Impulsión	0,78	2	1,56	Moderado
Cámaras de Bombeo de				
Agua Potable	0,67	1	0,67	Potencial
Red de Distribución	0,89	2	1,78	Moderado
Conexiones Domiciliarias	0,78	2	1,56	Moderado
Estaciones de Bombeo	0,78	2	1,56	Moderado
Línea de Impulsión	0,78	2	1,56	Moderado
Interceptores	0,78	2	1,56	Moderado
Colector Principal	0,78	2	1,56	Moderado
Colector Secundario	0,89	2	1,78	Moderado

Componente Expuesto	Impacto Total			
	Grado de Impacto (A)	Grado de Peligro (B)	D*E	Nivel
Conexiones Domiciliarias	0,78	2	1,56	Moderado
Buzones de Alcantarillado	0,78	2	1,56	Moderado
Tratamiento y Disposición				
Final	0,89	2	1,78	Moderado

En la Tabla 5, el impacto total en la infraestructura de agua potable y alcantarillado ante ocurrencia de tsunami para los componentes de agua potable y alcantarillado sanitario se obtuvo un grado de impacto promedio de 0,78 y un grado de peligro de 2,0 obteniéndose un producto de 1,56 moderado en escala del 1 al 3.

Ante la ocurrencia de Tsunami la cámara de Bombeo de Buenos Aires se vería afectada, colmatación por arenamiento que ocasionan daños en caseta tableros electromecánicos, corte del suministro eléctrico el 60 % de las cámaras de bombeo afectadas. Se presentan 6 roturas en 200m de tubería línea de impulsión de 200mm - 400mm de PVC. Se presentan roturas y daños considerables en emisor Buenos Aires y tramos de Víctor Larco. Se presentan 10 Fallas/m: En 300 ml de Tubería de 250mm-315mm de diámetro material Concreto Reforzado y PVC que ha superado su periodo de Vida Útil. Se presentan 17 Roturas en 8,670 ml de tubería de Concreto Simple Normalizado y PVC diámetro entre 200mm y 400 mm. En distrito de Víctor Larco 400 Fallas /m, se presentan 400 Fallas/m en el total de la red colectora Secundaria de Víctor Larco y Buenos Aires. Los componentes afectados serían por arenamiento y colmatación en cajas de inspección de agua potables, cajas de conexiones domiciliarias del agua y alcantarillado, rebalse y atoro en buzones colmatación de principal emisor Víctor Larco, rotura de línea de conducción de agua potable, colmatación de cámara de aguas servidas Víctor Larco. Contaminación y afectación de tableros electromecánicos en caseta de pozo de agua potable y de reservorio de agua potable agua potable Huamán.

Al respecto el Simposio Internacional denominado: “Actualización de los parámetros sismológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú”, realizó una revisión de la actividad sísmica del pasado, reafirmando la definición de la fuente sísmica, teniendo en cuenta las características tectónicas de la región, donde la probabilidad de ocurrencia de sismo de distintas magnitudes es homogénea en toda la fuente (Alva, y Escalaya, 2005).

Los Tsunamis son un riesgo para la vida y las propiedades de todos los residentes costeros que viven cerca del océano. Por ejemplo, en el lapso de 1992 a 1998 más de 6000 personas perecieron por Tsunamis que ocurrieron en Nicaragua, indonesia, Japón, Filipinas, Perú y Papua – Nueva Guinea. Los Daños a la propiedad fueron cercanos a los mil millones de dólares americanos (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, 2014).

En los mapas de amenaza por Tsunami en la costa de Trujillo para el evento de 1746 de magnitud 8.9, se puede observar la existencia de inundaciones heterogéneas a lo largo de la misma. Así, en la zona de Huanchaco, la inundación alcanzaría la cota de 5 metros en las cercanías del aeropuerto internacional Carlos Martínez de Pinillos. La principal inundación se registra en Víctor Larco Herrera alcanzándose en algunos puntos cotas de 6 metros.

Al respecto La UNESCO, 2010, desarrollo la investigación denominada: “Clasificación de Fenómenos y Desastres Naturales sugerida por la UNESCO e Impacto de los Desastres de Origen Natural más importante en el Perú”, en cual destacan al Terremoto de Ancash ocurrido el 31 de Mayo de 1970, el cual tuvo una Magnitud = 7.8 en la escala de Richter. Catalogándolo como el terremoto más catastrófico del siglo XX (UNESCO, 2010).

En el caso del evento más extremo (no por su magnitud pero sí por su localización, justo enfrente de Trujillo), asociado al ocurrido en 1619 de magnitud 8.2 se puede observar, análogamente al caso anterior, que, en la zona de Huanchaco, la inundación sería menor, alcanzándose la cota de 5 metros en las cercanías del aeropuerto. La principal inundación se da en Víctor Larco Herrera alcanzándose en algunos puntos cotas de entre 15 y 20 metros.

En el ámbito de Trujillo Metropolitano, se presentan zonas de riesgo por el exceso de lluvias según SENAMHI se tienen precipitaciones pluviales normales en la ciudad de Trujillo de 0 a 3mm, precipitaciones pluviales intensas con fuertes lluvias de 9 mm (año 2010) y precipitaciones pluviales de 35,20 mm ocasionadas por el Fenómeno del Niño (Año 1998); a consecuencia de ello peligros geofísicos, siendo los principales casos lo

que san en el áreas de influencia de las cuencas de drenaje pluvial que son las siguientes: El León dormido, San Idelfonso y Caballo Muerto (SENAMHI, 2014).

Respecto al impacto en la infraestructura de agua potable y alcantarillado ante la ocurrencia de un Tsunami, se tuvo en cuenta los antecedente ocurridos en el año 1619 con un sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli, el distrito de Víctor Larco se vería seriamente afectado esto impactando aún en mayor grado debido a que la antigüedad de sus tuberías supera los 30 años de servicio y son en su mayoría de material asbesto cemento en agua y concreto reforzado en alcantarillado encontrándose en la actualidad con serios problemas de atoros en algunos casos funcionando como canales de tierra.

Los principales problemas de impacto en el Perú son los sismos e inundaciones. Así mismo ante la ocurrencia de Inundaciones, la infraestructura usada para la provisión de bienes y servicios públicos es afectada por esta, como es el caso de sistemas de riego carreteras, establecimientos de salud o de educación (Ministerio de Economía y Finanzas, 2012).

4. CONCLUSIONES

Se concluye que el cambio climático ha impacto en la vulnerabilidad de los componentes de agua potable y alcantarillado, los daños estimados ante la ocurrencia de sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli, el grado es Alto en caso de amenaza de Sismo, a causa de la situación crítica en la que se encuentran los componentes de la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario. Ante ocurrencia de Inundación por el Fenómeno de El Niño, los componentes expuestos un alto grado de impacto fueron Alto en agua potable en los componentes líneas de impulsión, red de distribución, conexiones domiciliarias, en el caso de alcantarillado sanitario las líneas de impulsión, interceptores, colector secundario, conexiones domiciliarias y buzones. Ante ocurrencia de Tsunami el grado de impacto es de nivel Moderado afectando seriamente al distrito de Víctor Larco en la infraestructura de agua potable a las casetas de los reservorios, conexiones domiciliarias, redes de distribución, en el caso de alcantarillado sanitario fueron afectados los colectores primario, secundario, conexiones domiciliarias buzones.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de la Libertad SEDALIB S.A por la contribución prestada en la elaboración del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña K.2001. Estudio de vulnerabilidad con planes y programas de mitigación y emergencia en el sistema de agua potable y alcantarillado sanitario de Trujillo Metropolitano. Trujillo, 723 pp.
- Alva, J; Escalaya M.2005.Actualización de los parámetros sismológicos en la evaluación del peligro sísmico en el Perú”, Simposio Internacional en Honor al profesor Yuji Ishiyama 30-31 de Mayo 2005 CIS-MID/Fic/Uni, 10:2-10.
- Agenda 21.1992, Intendencia Municipal de Montevideo Desarrollo Ambiental, 435p. Instituto Nacional de Defensa Civil- Indeci.2003. Plan de Prevención ante desastres plan de usos de suelo y medidas de mitigación de Camaná, Perú, 179:10-18.
- Autoridad Nacional del Agua 2013. Situación actual y perspectiva en el sector agua y saneamiento en el Perú, Seminario de Tecnología Alemana en el rubro de Agua y Saneamiento. Lima, 11 de marzo del 2013, Perú, 35:20-27.
- Caneva, A., Salcedo, J., Van, H.2004, Estudio de Sismicidad Regional para el análisis de la amenaza Sísmica para Bogotá. I Congreso Latinoamericano y Segundo Colombiano de Sismología Colombia.26:5-14.
- Centro de Estudios y Prevención de Desastres – Predes 2009. “Diseño de escenario sobre el impacto de un sismo de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao” Lima, Perú 95 pp.
- Comisión Económica para América Latina y El Caribe – CEPAL 2013. Panorama Social de América Latina. Chile.228pp.
- Fariña, L., Opasso, C., Vera, P., 2012, Impactos Ambientales del Terremoto y Tsunami en Chile. Las réplicas ocultas del 27 F. Fundación Terram, Santiago de Chile, 164pp.
- Instituto Nacional de Defensa Civil 2006, Programa de Capacitación para la Estimación del Riesgo –PCER, Perú 484 pp.
- Instituto Nacional de Defensa Civil- INDECI, “Plan de Prevención ante desastres plan de usos de suelo y medida des de mitigación de Camaná”, Perú, 2003 -179pp.

- Instituto Geofísico Del Perú-Igp.2007. El sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9 Mw) Departamento de Ica – Perú Lima, Perú, 47:8-14.
- Instituto de Hidráulica Ambiental de La Universidad De Cantabria – España -Ih Cantabria; “Evaluación Probabilística de La Peligrosidad y La Vulnerabilidad frente a Desastres Naturales basados en Proyecciones de Cambio Climático” Aplicado Al Área Metropolitana de Trujillo- España - 565pp.
- Jouralev A.2004. Los Servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI. Cepal, Santiago de Chile,55 pp.
- Ministerio del Ambiente 2015, “Zonas Propensas A Inundaciones Deslizamientos en La Costa y Sierra frente a la Ocurrencia de Eventos Hidrometeorológicos Extremos”. Lima, Perú 70pp.
- Ministerio de Economía y Finanzas 2012, “Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Proyección de Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos frente a Inundaciones a Nivel de Perfil ” Lima Junio 2012. 41pp.
- Municipalidad Provincial de Trujillo 2003, “Esquema Director de Trujillo revisión y actualización”, Trujillo, Perú, 38pp.
- Organización Panamericana de La Salud 1998, “Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario”, Editado por el Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Caso de Desastre, OPS/OMS. 102pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura 2010. Clasificación de Fenómenos y Desastres Naturales sugerida por UNESCO e Impacto de Desastres de Origen Natural más importantes en el Perú, Atlas de Peligros Naturales del Perú 64pp.
- Rojas O. R. 2014, Políticas e Institucionalidad en Materia de Agua y Saneamiento en Americana Latino y El Caribe, Editado por Naciones Unidas - Santiago de Chile, 2014, 81pp.
- Programa de Las Naciones Unidas para El Medio Ambiente-UNEP.2014 Informe Anual 2014. Nairobi, Kenya 66pp.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de La Armada de Chile, 2014. “Tsunamis- Las Grandes Olas” Chile, 2014,20pp.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú- SENAMHI, “El Fenómeno El Niño en el Perú”. 2014, Lima - Perú.36 pp.
- Sociedad de Urbanistas del Perú.2011. “Informe Perú: Vulnerabilidad de las ciudades frente al cambio climático en agua potable y saneamiento”, Perú- 2011, 80 pp.
- Unión Interparlamentaria.2010. “La Reducción del Riesgo de Desastres: Un Instrumento para alcanzar Los Objetivos de Desarrollo del Milenio” Kit de Cabildeo para Parlamentarios, Ginebra, Suiza, Setiembre del 2010,53pp.
- Warner, G.E. 1971 “Abastecimiento de agua en Zonas Rurales y en las Pequeñas Ciudades, Organización Mundial de la Salud”, Serie de Monografías 1971- Perú, 274 pp.
- Watanabe, M. 2015, “Gestión de Riesgos de desastres en ciudades de América Latina”, Apuntes de Investigación N°4, Febrero 2015,17.