



Resolución Jefatural

N° 050 -2018-CENEPRED/J

Lima, 06 MAR 2018

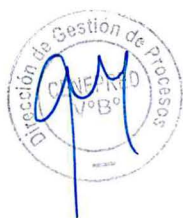
VISTOS

El Informe N° 04-2018-CENEPRED/DGP/SNL/NAO del 07 de febrero de 2018, de la Subdirección de Normas y Lineamientos, el Memorando N° 051-2018-CENEPRED/DGP del 08 de febrero de 2018, de la Dirección de Gestión de Procesos y el Informe Legal N° 022-2018-CENEPRED/OAJ, de la Oficina de Asesoría Jurídica; y,

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 12° de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD (en adelante el SINAGERD), en concordancia con el artículo 5° de su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM; el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (en adelante el CENEPRED), es un organismo público ejecutor que conforma el SINAGERD, responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en los procesos de estimación, prevención y reducción del riesgo, así como la reconstrucción;

Que, el artículo 3° de la Ley del SINAGERD, establece que la Gestión del Riesgo de Desastres es un proceso social cuyo fin último es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastres de la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. La Gestión del Riesgo de Desastres está basada en la investigación científica y de registro de informaciones y orienta las políticas, estrategias y acciones en todos los niveles de gobierno de la sociedad con la finalidad de proteger la vida de la población y el patrimonio de las personas y del Estado;



Que, de otro lado, el numeral 5.1 del artículo 5° de la Ley del SINAGERD, señala que la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres es el conjunto de orientaciones dirigidas a impedir o reducir los riesgos de desastres, evitar la generación de nuevos riesgos y efectuar una adecuada preparación, atención rehabilitación y reconstrucción ante situaciones de desastres, así como minimizar sus efectos adversos sobre la población, la economía y el ambiente, sobre la base de los componentes: Prospectivo, Correctivo y Reactivo que es el conjunto de acciones para evitar prevenir la conformación del riesgo futuro que podría originarse con el desarrollo de nuevas inversiones y proyectos en el territorio;



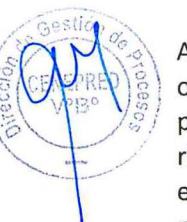
Que, por su parte, el literal f. del artículo 12° de la Ley del SINAGERD, establece que el CENEPRED debe elaborar los lineamientos para el desarrollo de los instrumentos técnicos que las entidades públicas puedan utilizar para la planificación, organización, ejecución y seguimiento de las acciones de estimación, prevención, reducción del riesgo de desastres, lo que implica adoptar mecanismos que orienten a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad y reducir las vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible;



Que, conforme lo prescribe el numeral 6.11 del artículo 6° del Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley N° 29664, señala que el CENEPRED tiene como competencia para desarrollar estrategias de comunicación, difusión y sensibilización a nivel nacional sobre las políticas, normas, instrumentos de gestión y herramientas técnicas, entre otros, en lo que corresponde a la gestión prospectiva y correctiva.



Que, mediante Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, se aprueba los "Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres", estableciendo que el CENEPRED es el órgano encargado de conducir, orientar y supervisar el cumplimiento de los lineamientos aprobados, asimismo deberá formular y aprobar el Manual para la Evaluación de Riesgos, emitiendo los correspondientes procedimientos administrativos para cada uno de los fenómenos tanto de origen natural como inducidos por la acción humana, con la finalidad de orientar de manera específica a las entidades públicas de los tres niveles de gobierno, e instituciones privadas en su calidad de miembros integrantes del SINAGERD;



Que, la propuesta de Guía para la Evaluación del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, es un instrumento técnico normativo que tiene como objetivo establecer los procedimientos técnicos para la identificación y caracterización de los peligros, el análisis de la vulnerabilidad, el cálculo del riesgo y efectos probables para el control del riesgo, además, identifica los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario expuestos en áreas de influencia de probable impacto por fenómenos naturales y por los provocados por la acción humana; la Guía permitirá mediante las metodologías de la evaluación de riesgos, identificar y evaluar los niveles de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado, con la finalidad de formular los planes que permitan mantener el abastecimiento sostenido de Agua Potable a la población, proponiendo las medidas de prevención y reducción de riesgos

Que, al amparo de los fundamentos legales expuestos, la Dirección de Gestión de Procesos del CENEPRED ha propuesto el procedimiento administrativo denominado "Guía para la Evaluación del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario", con la finalidad de que los organismos integrantes del SINAGERD, cuenten con un instrumento técnico orientador, así como, con un procedimiento uniforme para su formulación;

Que, en el marco del Reglamento de Organización y Funciones del CENEPRED aprobado mediante Decreto Supremo N° 104-2012-PCM, la Dirección de Gestión de Procesos tiene la función de asesorar y proponer las normas, lineamientos técnicos y coordinar la incorporación de la Gestión Prospectiva y Correctiva en los planes de desarrollo, ordenamiento territorial, proyectos de inversión pública y demás instrumentos de planificación, en los tres niveles de gobierno, sectores e instituciones que integran el SINAGERD;

Con el visado de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Procesos y la Oficina de Asesoría Jurídica; y,

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 29664 – Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, la Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres”, las atribuciones conferidas en el Reglamento de Organización y Funciones del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, aprobado por Decreto Supremo N° 104-2012-PCM, y en uso de las facultades concedidas mediante la Resolución Suprema N° 291-2016-PCM;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar la “Guía para la Evaluación del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario”, que consta de ochenta y ocho (88) folios, que en Anexo forma parte integrante de la presente Resolución Jefatural.

Artículo 2°.- La presente Resolución Jefatural es de aplicación y cumplimiento obligatorio de los integrantes que componen el Sistema Nacional de Gestión del Riesgos de Desastres.

Artículo 3°.- Dispóngase la publicación de la presente Resolución Jefatural en el Diario Oficial el Peruano; y en el mismo día, en el Portal Web Institucional (www.cenepred.gob.pe) del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, conjuntamente con la “Guía para la Evaluación del Riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario”, aprobado en el artículo 1°.

Regístrese, comuníquese y publíquese


VICEALMIRANTE (R)
VLADIMIRO GIOVANNINI Y FREIRE
JEFE DEL CENEPRED



CENEPRED

Centro Nacional de Estimación, Prevención y
Reducción del Riesgo de Desastres

"Promoviendo Cultura de Prevención"

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

2018



[Handwritten signature]

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Catalogación realizada por la Biblioteca del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

Guía para la evaluación del riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

Lima: CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos, 2018.

88 p.; tab. ilus.

RUTA METODOLÓGICA: PELIGRO – VULNERABILIDAD – FRAGILIDAD- RESILIENCIA – SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE – ALCANTARILLADO SANITARIO – CÁLCULO DEL RIESGO – MEDIDAS DE PREVENCIÓN – MEDIDAS DE REDUCCIÓN



Guía para la evaluación del riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

Publicado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Dirección de Gestión de Procesos (DGP). Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL). CENEPRED, 2018.

Av. Del Parque Norte N° 313 - 319. San Isidro - Lima - Perú

Teléfono: 2013-550, correo electrónico: info@cenepred.gob.pe

Página web: www.cenepred.gob.pe



[Handwritten signature]

Equipo Técnico:

VALM. (R) WLADIMIRO GIOVANNINI Y FREIRE
Jefe del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED

Sr. RAÚL LUIS ESTEBAN VÁSQUEZ ALVARADO
Secretario General del CENEPRED

Sr. FÉLIX EDUARDO ROMANÍ SEMINARIO
Director de la Dirección de Gestión de Procesos

Ing. ENA JAIMES ESPINOZA
Responsable de la Subdirección de Normas y Lineamientos

Profesionales de la Subdirección de Normas y Lineamientos:

Ing. Neil Sandro Alata Olivares D.Sc.

Ing. Marco Andrés Moreno Tapia

Econ. Marycruz Flores Vila

MSc. Ing. Yolanda Isabel Zamudio Díaz

Ing. Eduardo Alonso Páez

Ing. John Conrad Barrena Dioses

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES	9
1.1. FINALIDAD.....	9
1.2. OBJETIVO.....	9
1.3. ALCANCE	10
1.4. JUSTIFICACION	10
1.5. MARCO LEGAL	11
1.6. MARCO CONCEPTUAL	12
1.7. ACTORES INVOLUCRADOS.....	14
1.8. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO	14
1.9. CONCEPTO DE PELIGRO	15
1.10. DEFINICIÓN DE PELIGRO NATURAL.....	16
1.11. DEFINICIÓN DE PELIGRO INDUCIDO POR ACCIÓN HUMANA.....	16
1.11.1. Clasificación de peligros inducidos por acción humana	17
1.12. SERVICIOS DE SANEAMIENTO	18
1.13. SISTEMAS DE SANEAMIENTO	18
1.13.1. Sistemas de abastecimiento de agua potable	18
1.13.2. Sistemas de alcantarillado sanitario	18
1.13.3. Sistemas de disposición sanitaria de excretas	18
1.13.4. Sistemas de alcantarillado pluvial.....	19
1.14. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	19
1.15. ABASTECIMIENTO DE AGUA	20
1.16. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	20
1.16.1. Tipos de sistema de abastecimiento de agua.....	20
a. Gravedad sin planta de tratamiento.....	20
b. Gravedad con planta de tratamiento	21
c. Bombeo sin tratamiento	21
d. Bombeo con tratamiento.....	21
1.17. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	22



[Handwritten signature]

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

2. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	24
2.1. FACTORES DEL RIESGO.....	24
3. EVALUACIÓN DEL PELIGRO	28
3.1. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	29
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA	30
3.3. ANÁLISIS JERÁRQUICO DE SAATY	31
3.4. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	31
3.5. SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO	33
3.6. Determinación de niveles de peligro.....	35
3.7. Cuadro de estratificación del nivel de peligro	35
3.8. Definición de escenarios	36
3.9. Mapa de peligro	36
3.10. Análisis de elemento expuesto: Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario	37
4 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	38
4.1 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	38
4.2 VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO	39
4.3 Análisis de vulnerabilidad del Sistema de Alcantarillado Sanitario	45
4.4 Factores de la vulnerabilidad.....	46
4.5 Análisis de los factores de la vulnerabilidad	47
4.6 Evaluación de las dimensiones de vulnerabilidad	48
4.7 Obtención de niveles de vulnerabilidad	50
4.8 Análisis de vulnerabilidad de acuerdo a componente:	51
4.9 Casos prácticos supuestos:	55
4.10 Determinación de niveles de vulnerabilidad	59
A. Cálculo de la vulnerabilidad física del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable.....	59
B. Cálculo de la vulnerabilidad ambiental del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable.....	60
C. Cálculo de la vulnerabilidad social del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable.....	61



[Handwritten signature]

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

D.	Cálculo de la vulnerabilidad económica del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable.....	62
E.	Determinación de los niveles de vulnerabilidad del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable	63
4.11	Estratificación de niveles de vulnerabilidad	63
4.12	Elaboración del Mapa de vulnerabilidad	65
5.	CÁLCULO DEL RIESGO.....	66
5.1.	DETERMINACIÓN DE NIVELES DEL RIESGO	67
5.2.	ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO	67
5.3.	MAPA DE RIESGOS.....	68
5.4.	MATRIZ DE RIESGOS.....	70
5.5.	CÁLCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES	70
6.	CONTROL DEL RIESGO.....	71
6.1.	ACEPTABILIDAD O TOLERANCIA DEL RIESGO	71
7.	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE REDUCCIÓN A SER CONSIDERADAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO	73
7.1.	PRINCIPALES PELIGROS Y SUS EFECTOS SOBRE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO	76
	Referencias bibliográficas	87



Handwritten signature

PRESENTACIÓN

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres presenta la Guía de evaluación del riesgo en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

Esta guía se basa en una metodología que permite la identificación y caracterización del peligro, identificar los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable expuestos y los Sistemas de Alcantarillado Sanitario expuestos en áreas de influencia de probable impacto por fenómenos naturales y por los provocados por acción humana, así como el análisis de vulnerabilidad de los mismos, como el cálculo del riesgo y su respectivo control del riesgo.

La metodología de evaluación de riesgos impartida en esta guía permite identificar y evaluar los niveles de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario ante peligros por fenómenos naturales o inducidos por la acción humana con el fin de proponer medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres y poder contar con los planes respectivos que permitan mantener sostenido el Abastecimiento de Agua Potable a la población al momento de un evento adverso.

La elaboración, organización, compilación, edición y publicación de este manual estuvo bajo la responsabilidad del equipo técnico de la Subdirección de Normas y Lineamientos de la Dirección de Gestión de Procesos, del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

San Isidro, febrero de 2018



INTRODUCCIÓN

El agua es considerada como elemento básico de la vida y generalmente suele ser una gran limitación y preocupación después de un desastre. La disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente es un grave problema durante las etapas inmediatas a la ocurrencia de un evento adverso para dar atención a los heridos, al consumo humano, al mantenimiento de condiciones mínimas de higiene, al apoyo de labores de búsqueda, al rescate y a la reactivación de las actividades productivas y comerciales.

Las condiciones de inequidad, de pobreza extrema, de degradación ambiental y de cambio climático han propiciado el aumento del riesgo ante fenómenos naturales como inundaciones, deslizamientos, flujos de detritos, lluvias intensas, sequías y sismos y han propiciado el aumento del riesgo ante los fenómenos inducidos por la acción humana de origen biológico, de origen químico y de origen físico como depredación de recursos naturales y daño al ecosistema, entre otros.

El crecimiento urbano y no planificado conllevan un aumento de los asentamientos humanos en terrenos inestables o inundables y donde los fenómenos naturales tendrían consecuencias devastadoras.

El desarrollo demográfico acelerado de nuestro país y la necesidad de vivienda cerca de las principales ciudades han generado una situación de demanda insatisfecha para el acceso al servicio de agua potable y alcantarillado sanitario.

Las poblaciones que aún no cuentan con los servicios de agua y saneamiento son objetos de atención prioritarios. Debido a un inusual desconocimiento de zonas de riesgo, aversión al riesgo y falta de cumplimiento a las normas de seguridad por gran parte de dichas poblaciones generalmente se asientan en las zonas marginales de las ciudades urbanas y de áreas rurales. Esta ubicación generalmente coincide con una mayor exposición a los peligros por fenómenos naturales: inundaciones, deslizamientos de tierra, sismos entre otros y por consiguiente a una mayor vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado a construir.

Dichos factores socioeconómicos incrementan la vulnerabilidad de las comunidades y también de la infraestructura y los servicios básicos.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado sanitario en el Perú se encuentran generalmente expuestos ante el probable impacto de fenómenos naturales y de los provocados o inducidos por la acción humana.

Estos sistemas que operan en áreas geográficas donde los fenómenos naturales manifiestan cierta probabilidad de ocurrencia tales como sismos, inundaciones, flujos de detritos, deslizamientos, etc., demandan tener implementadas sus propias medidas estructurales y medidas no estructurales de prevención y reducción del riesgo, asimismo como ante peligros por accidentes, roturas, emergencias, contaminación de



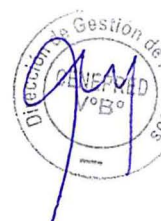
GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

tipo químico, biológico o radiactivo entre otros que puedan impactar el agua y afectar su abastecimiento a la población.

Los proyectos de inversión de servicios de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado sanitario tienen como prioridad mejorar las condiciones de salud y de calidad de vida de la población, reduciendo las mayores inequidades en acceso a los servicios básicos y de salud hacia la consecución de los objetivos de desarrollo del milenio.

Las acciones de reducción de riesgos ante el impacto de fenómenos naturales y de los inducidos por la acción humana deben ser parte de las actividades de la planificación integral de los Sistemas de agua potable y saneamiento.

La Gestión del Riesgo de Desastres está dirigida a salvaguardar la vida humana y los bienes públicos y privados. Así también está orientada a la protección de la infraestructura en Agua y Saneamiento, a minimizar los posibles riesgos que se podrían generar por diversos factores como una incorrecta planificación y mal funcionamiento de los sistemas de agua potable para abastecer a la población y su sistema de alcantarillado.



CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. FINALIDAD

Proporcionar a los actores integrantes del SINAGERD un instrumento técnico - científico que oriente en los procedimientos técnicos para realizar el informe de evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario en áreas geográficas en el territorio peruano.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer los procedimientos técnicos para realizar el informe de evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario en áreas geográficas en el territorio peruano.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Facilitar los procedimientos técnicos para la identificación y caracterización del peligro; el análisis de la vulnerabilidad; cálculo del riesgo; cálculo de efectos probables y las pautas para el control del riesgo
- ✓ Estandarizar los criterios técnicos a ser utilizados en la identificación y caracterización de los peligros, los niveles de peligro y la elaboración del mapa del nivel de peligro.
- ✓ Estandarizar los criterios técnicos a ser utilizados en el análisis de la vulnerabilidad, los niveles de vulnerabilidad y la elaboración del mapa del nivel de vulnerabilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario expuesto.
- ✓ Establecer los niveles de riesgos del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario expuesto, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.
- ✓ Recomendar las medidas de control del riesgo.



[Handwritten signature]

1.3. ALCANCE

La presente guía está dirigida a los evaluadores de riesgos inscritos en el Registro Nacional de Evaluadores de Riesgos administrado por el CENEPRED y los profesionales y especialistas de las entidades conformantes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, que tienen la responsabilidad de elaborar los Informes de Evaluación del Riesgo Originado en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

Los sectores, gobiernos regionales y gobiernos locales, organismos formuladores, ejecutores de proyectos y empresas prestadoras de los servicios de abastecimientos de agua potable y de alcantarillado sanitario deberán utilizar la metodología de evaluación de riesgos bajo los procedimientos establecidos en esta guía.

La guía para la evaluación del riesgo en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario será de referencia para los proyectos de inversión en abastecimiento de agua potable y en alcantarillado sanitario que se formulen, ejecuten y operen en el territorio nacional.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La presente guía se elabora en cumplimiento al Decreto Supremo N°048-2011-PCM, aprobado el 26 de mayo de 2011, en el cual desarrolla el tercer, cuarto y quinto subproceso del proceso de Estimación del Riesgo:

- a) Generación del conocimiento del peligro o amenaza
- b) Análisis de la vulnerabilidad
- c) Valoración y escenarios de riesgo

Asimismo, esta guía se encuentra enmarcado con el objetivo estratégico “Desarrollar el conocimiento del riesgo”, y sus 3 objetivos específicos, indicado en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - PLANAGERD 2014 – 2021, aprobado D.S. N° 034-2014- PCM, con fecha 12 de Mayo del 2014.

- a) Desarrollar investigación científica y técnica en GRD.
- b) Fortalecer el análisis del riesgo de desastres.
- c) Desarrollar la gestión de información estandarizada en GRD.

Debido a esto, y a las aplicaciones del mismo, la realización de esta guía resulta justificable e imperativo, toda vez que sirva para la identificación del nivel del riesgo para la elaboración de recomendaciones de medidas de prevención y reducción del riesgo por parte de los tres niveles de gobierno.



1.5. MARCO LEGAL

- a. Ley N° 27867 – Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales.
- b. Ley N° 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades.
- c. Ley N° 29664 – Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- d. Ley N° 29869 – Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable.
- e. Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29664 que crea el SINAGERD.
- f. Decreto Supremo N° 111-2012-PCM, que incorpora la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como Política Nacional de Obligatorio Cumplimiento para las entidades del Gobierno Nacional.
- g. Decreto Supremo N° 115-2013-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para las Zonas de Muy Alto Riesgo no Mitigable.
- h. Decreto Supremo N° 034-2014-PCM, que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGERD.
- i. Resolución Ministerial N° 276-2012-PCM, que aprueba los “Lineamientos para la constitución y funcionamiento de los Grupos de Trabajo de la Gestión del Riesgo de Desastres”.
- j. Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres”.
- k. Resolución Ministerial N° 046-2013-PCM, que aprueba la Directiva N° 001-2013-PCM/SINAGERD - “Lineamientos que definen el Marco de Responsabilidades en Gestión de Riesgo de Desastres en las entidades del Estado en los tres niveles de Gobierno”.
- l. Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres”.
- m. Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM, que aprueba los “Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres”.
- n. Resolución Ministerial N° 147-2016-PCM, que aprueba los “Lineamientos para la Implementación del Proceso de Reconstrucción”.
- o. Directiva N° 002-2017-CENEPRED/J, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 112-2017-CENEPRED/J.
- p. Ley N° 26338 - Ley General de Servicios de Saneamiento, promulgada el 24 de Julio de 1994, y por el Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento aprobado por Decreto Supremo No 023-2005-VIVIENDA, publicado el 1° de Diciembre de 2005.

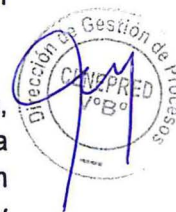


1.6. MARCO CONCEPTUAL

- a. **Agua potable.-** Es el agua que por su calidad química, física y bacteriológica es apta y aceptable para el consumo humano y que cumple con las normas de calidad de agua. Agua apta para el consumo humano, de acuerdo con los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la normatividad vigente.
- b. **Agua servida o residual:** Desecho líquido proveniente de las descargas por el uso de agua en actividades domésticas o de otra índole.
- c. **Aguas servidas tratadas o aguas residuales tratadas:** Aguas servidas o residuales procesadas en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad señalados por la autoridad sanitaria en relación con la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas o a sus posibilidades de uso.
- d. **Desastre:** Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por acción humana.
- e. **Entidad Prestadora de Servicios:** La EPS pública, municipal, privada o mixta constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento.
- f. **Emergencia:** Estado de daños sobre la vida, el patrimonio y el medio ambiente ocasionados por la ocurrencia de un fenómeno natural o inducidos por la acción humana que altera el normal desenvolvimiento de las actividades de la zona afectada.
- g. **Evaluación del Riesgo:** Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgo, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación del peligro y análisis de la vulnerabilidad, recomendando diversas medidas en forma general en prevención y/o reducción del riesgo de desastres y valoración de riesgos; las cuales deberán ser desarrolladas por los especialistas involucrados.
- h. **Informe de Evaluación del Riesgo:** Documento que sustenta y consigna de manera fehaciente el resultado de la ejecución de una evaluación del riesgos, mediante el cual se determina, calcula y se controla el nivel de riesgos de las áreas geográficas expuesta a determinados fenómenos de origen natural o inducidos por la acción humana, en un período de tiempo. Este informe se realiza luego de no identificarse Peligro Inminente a través del Informe de Estimación del Riesgo por Peligro Inminente, ni el Nivel Preliminar del Riesgo Muy Alto, Alto y/o Medio mediante el Informe Preliminar de Riesgos.
- i. **Operador especializado:** Organización privada con personería jurídica y carácter empresarial que una vez desarrollado el proceso de selección, negociación y suscripción del contrato con la municipalidad, se hace cargo de la prestación de

los servicios de saneamiento en el ámbito de las pequeñas ciudades.

- j. **Organización comunal:** Las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, Asociación, Comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad, constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento en uno o más centros poblados del ámbito rural.
- k. **Peligro:** Probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.
- l. **Peligro Inminente:** El Peligro Inminente es la probabilidad que un evento físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, ocurra en un lugar específico, en un periodo inmediato y sustentado por una predicción o evidencia técnico científica que determinen las acciones inmediatas y necesarias para reducir sus efectos.
- m. **Pequeña Empresa de Saneamiento:** La Pequeña Empresa de Saneamiento privada o mixta constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano. Asimismo, deberá poseer patrimonio propio, gozar de autonomía funcional y administrativa, así como cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento aprobado con Decreto supremo N° 023-2005-vivienda .
- n. **Pequeña Empresa de Saneamiento Municipal:** La Pequeña Empresa de Saneamiento pública de derecho privado, cuyo capital está suscrito en su totalidad por las municipalidades provinciales o distritales que la integran.
- o. **Pequeña Empresa de Saneamiento Privada:** La Pequeña Empresa de Saneamiento cuyo capital está suscrito íntegramente por personas naturales o jurídicas privadas y que presta los servicios de saneamiento como resultado de un proceso de promoción de la inversión privada.
- p. **Pequeña Empresa de Saneamiento Mixta:** La Pequeña Empresa de Saneamiento cuya participación accionaria está suscrita en un sesenta y seis (66%) o más, por personas naturales o jurídicas privadas.
- q. **Vulnerabilidad:** Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.
- r. **Identificación de peligros:** Conjunto de actividades de localización, estudio y vigilancia de peligros y su potencial de daño, que forma parte del proceso de Estimación del Riesgo.
- s. **Caracterización de peligros:** Conjunto de actividades posteriores a la identificación de peligros. Detalla las características del evento, así como los



[Handwritten signature]

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

factores intrínsecos involucrados que aportan y/o inhiben a la ocurrencia de este y los factores y/o condiciones que inician la ocurrencia del peligro, procesando y calculando cada factor y/o parámetro evaluado, del cual se obtiene la probabilidad de ocurrencia de este.

- t. **Análisis de la Vulnerabilidad:** Etapa de la evaluación del riesgo, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligrosidad determinada, se evalúa el nivel de vulnerabilidad y se elabora el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada.
- u. **Cálculo del Riesgo:** Etapa de la evaluación del riesgo, en la que se determina los niveles de riesgos, se estima (cualitativa y cuantitativa) los daños o afectaciones, se elabora el mapa de zonificación del nivel de riesgos y se recomiendan medidas de control preventivo y de reducción de orden estructural y no estructural.
- v. **Riesgo de Desastre:** Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro.
- w. **Elementos Expuestos:** Es el contexto social, económico y ambiental presentado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno.
- x. **Resiliencia:** Capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, las actividades económicas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro o amenaza, así como de incrementar su capacidad de aprendizaje y recuperación de los desastres pasados para protegerse mejor en el futuro.

1.7. ACTORES INVOLUCRADOS

Los actores involucrados son: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, empresas prestadoras de servicio de agua potable y alcantarillado, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, personal técnico involucrado en temas de agua y saneamiento.

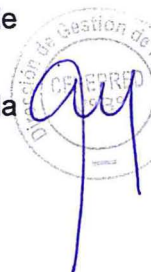
1.8. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Los Informes de "Evaluación del Riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario", adquieren especial importancia en nuestro país porque serán una herramienta muy útil para:

- Identificar actividades y acciones para prevenir la generación de nuevos riesgos o reducir los riesgos existentes, los cuales son incorporados en los Planes de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Adoptar medidas estructurales y no estructurales de prevención y reducción del riesgo de desastres, las cuales sustentan la formulación de los proyectos

de inversión pública a cargo de los Sectores, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales (Municipalidad Provincial y Distrital).

- Incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres en la inversión pública y privada en los tres niveles de gobierno, permitiendo de ésta manera que los proyectos de inversión sean sostenibles en el tiempo.
- Utilizar sus resultados como insumo básico y principal para la gestión ambiental, la planificación territorial, el ordenamiento y acondicionamiento territorial (Plan de Desarrollo Urbano, Zonificación Ecológica Económica, entre otros).
- Coadyuvar a la toma de decisiones de las autoridades con la finalidad de proporcionar condiciones de vida adecuadas a la población en riesgo.
- Permitir racionalizar el potencial humano y los recursos financieros, en la prevención y reducción del riesgo de desastres.



1.9. CONCEPTO DE PELIGRO

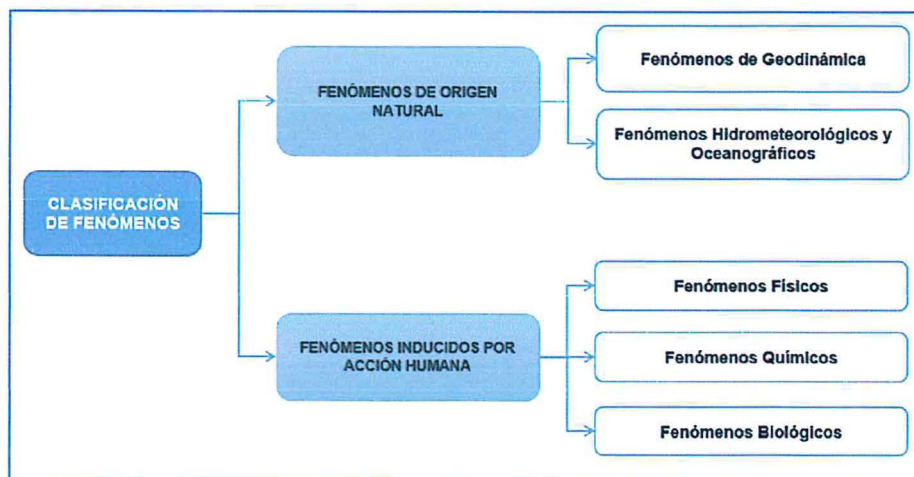
Según el glosario de términos, del Decreto Supremo N° 074-2014-PCM que aprueba la Norma complementaria sobre declaratoria de estado de emergencia, en el marco de la Ley N° 29664, del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, se define Peligro como probabilidad que un fenómeno físico potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos.



Se muestra la clasificación de los fenómenos de origen natural e inducidos por acción humana, mientras que el Gráfico N° 1, muestra la clasificación de los fenómenos de Geodinámica e Hidrometeorológicos y Oceanográficos

W. C. A. B.

Gráfico N° 1 Clasificación de los fenómenos de origen natural e inducidos por la acción humana

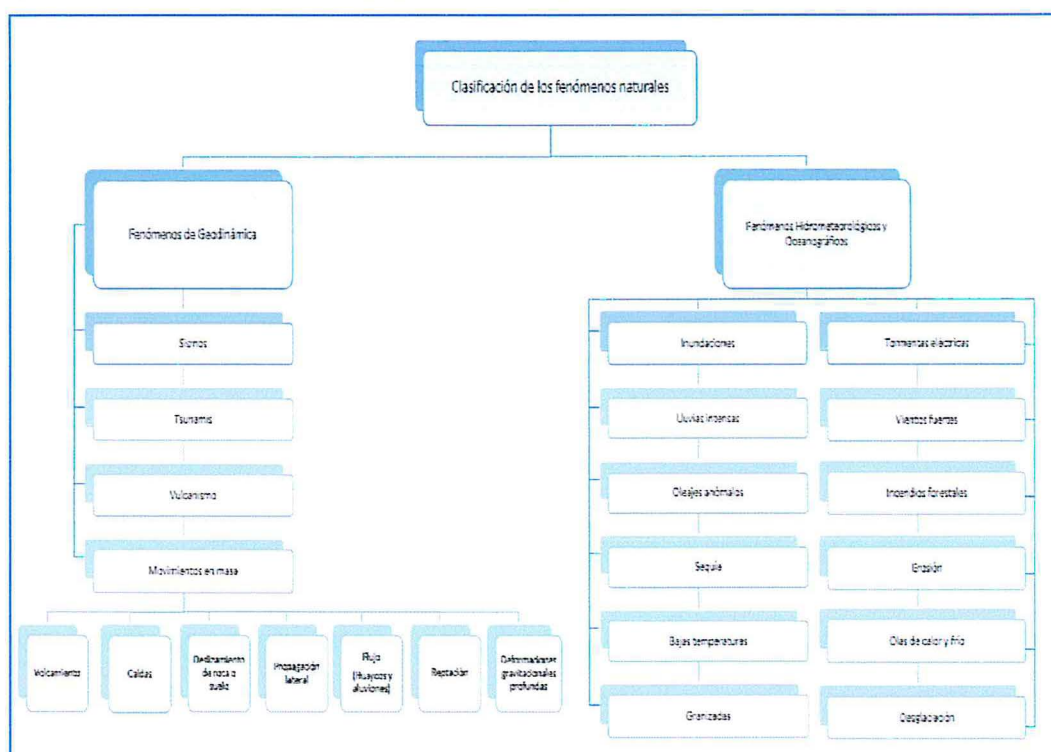


Fuente: CENEPRED

1.10. DEFINICIÓN DE PELIGRO NATURAL

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso por fenómeno natural, potencialmente dañino que afectaría al bienestar, a la sociedad, a la salud, al estado emocional, como a los bienes y patrimonio en la dimensión social, económica y ambiental en un ámbito geográfico específico dentro de un período determinado de tiempo y frecuencia. Están directamente relacionados con la actividad y el comportamiento del hombre.

Gráfico N° 2 Clasificación de los fenómenos naturales



Fuente: CENEPRED

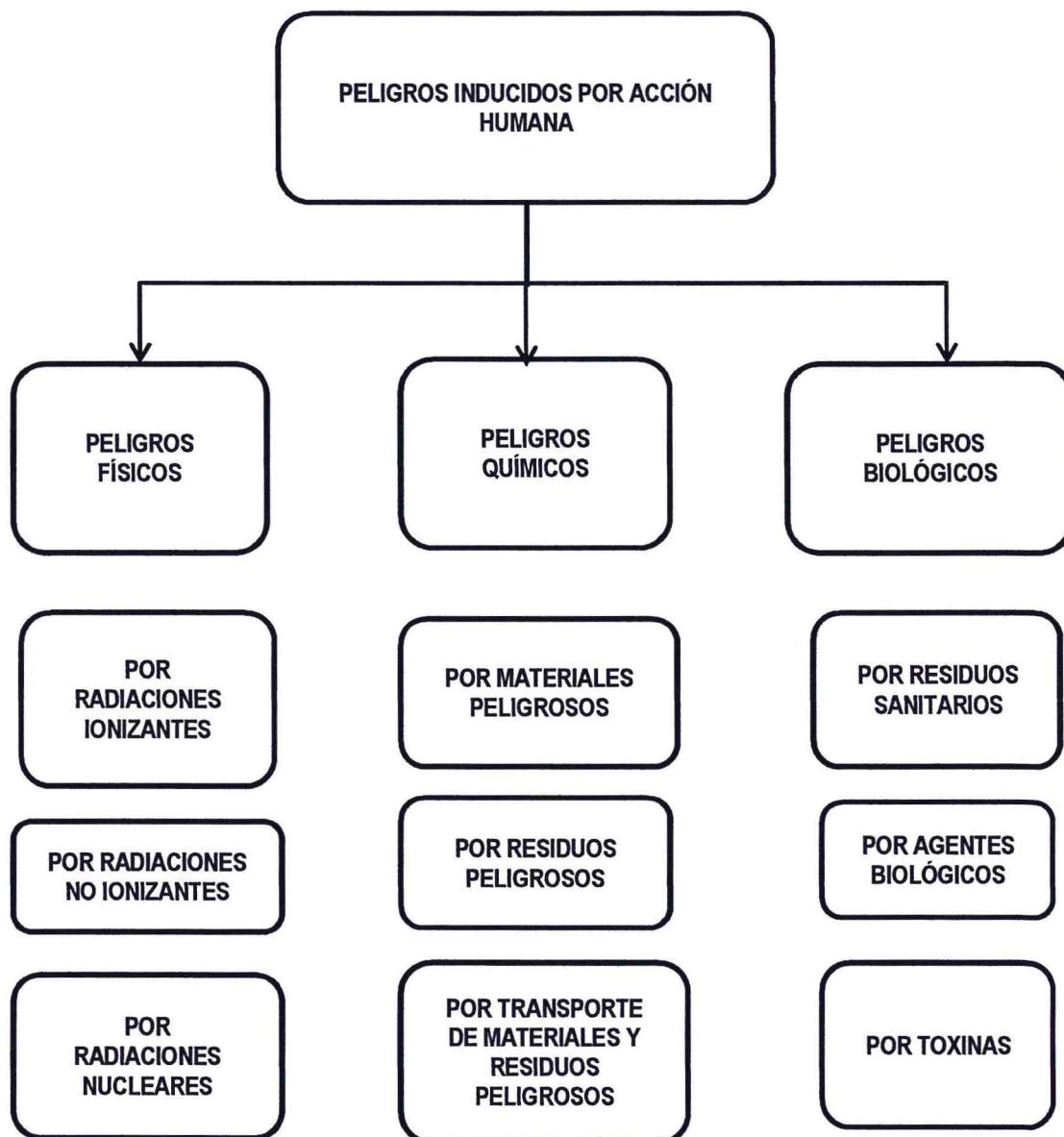
1.11. DEFINICIÓN DE PELIGRO INDUCIDO POR ACCIÓN HUMANA

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso inducido por la acción humana, potencialmente dañino que afectaría al bienestar, a la sociedad, a la salud, al estado emocional, como a los bienes y patrimonio en la dimensión social, económica y ambiental en un ámbito geográfico específico dentro de un período determinado de tiempo y frecuencia. Están directamente relacionados con la actividad y el comportamiento del hombre.

1.11.1. Clasificación de peligros inducidos por acción humana

Para el estudio de los peligros inducidos por acción humana se han agrupado de acuerdo a su origen, Ver Gráfico N° 3:

Gráfico N° 3. Clasificación de peligros inducidos por acción humana de acuerdo a su origen



Fuente: Manual de evaluación de riesgos inducidos por la acción humana, CENEPRED, 2014

1.12. SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Los sistemas que integran los servicios de saneamiento son los siguientes:

Servicio de Agua Potable

a. Sistema de Producción, que comprende:

Captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento y conducción de agua tratada.

b. Sistema de distribución, que comprende:

Almacenamiento, redes de distribución y dispositivos de entrega al usuario: conexiones domiciliarias inclusive la medición, pileta pública, unidad sanitaria u otros.

Servicio de Alcantarillado Sanitario y Pluvial

a. Sistema de recolección, que comprende:

Conexiones domiciliarias, sumideros, redes y emisores.

b. Sistema de tratamiento y disposición de las aguas servidas.

c. Sistema de recolección y disposición de aguas de lluvias.

Servicio de Disposición Sanitaria de Excretas.

Sistema de letrinas y fosas sépticas.



1.13. SISTEMAS DE SANEAMIENTO

Las características de los sistemas de saneamiento deberán tomar en cuenta las condiciones culturales, socioeconómicas y ambientales del ámbito en el cual se presta el servicio.

1.13.1. Sistemas de abastecimiento de agua potable

Es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinaria y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; y para el tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución de agua potable. Se consideran parte de la distribución las conexiones domiciliarias y las piletas públicas, con sus respectivos medidores de consumo, y otros medios de distribución que pudieran utilizarse en condiciones sanitarias.

1.13.2. Sistemas de alcantarillado sanitario

Es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales en condiciones sanitarias.

1.13.3. Sistemas de disposición sanitaria de excretas

Es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la construcción, limpieza y mantenimiento de letrinas, tanques sépticos, módulos sanitarios o cualquier otro medio para la disposición sanitaria domiciliaria o comunal de las excretas, distinto a los sistemas de alcantarillado.

1.13.4. Sistemas de alcantarillado pluvial

Es el Conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la recolección y evacuación de las aguas de lluvia.

1.14. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

A. Aguas de lluvia

Estas aguas son las más puras que se encuentran en la naturaleza, contienen generalmente materia amorfa en suspensión, sulfuros oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y cloruros en solución. Desde el punto de salud pública: estas aguas son de buena calidad, si se captan o almacenan con toda precaución, para evitar su contaminación debido a materias extrañas que pueden encontrarse en las áreas de recojo (Techos) o por un almacenamiento inadecuado en el recipiente.

Las aguas de lluvia al caer recogen de la atmósfera, partículas de hollín, ácido sulfúrico, amoníaco, ácido carbónico y otros gases, al caer sobre los techos de las casas cargan polen de plantas, partículas de insectos, hojas de árboles y otros materiales orgánicos, por todo eso, al iniciarse una lluvia esperar de 2 - 3 minutos, luego proceder a usarlo.

B. Aguas superficiales

Se los conoce como tales a las que forman los ríos, mares, reservorios naturales, lagunas, etc.

Estas aguas aunque sean cristalinas están generalmente contaminadas siendo peligroso usarlo en el consumo, mientras no se sometan a un tratamiento adecuado.

Las aguas superficiales al discurrir sobre terrenos de cultivo. Recogen cantidad de bacterias, igualmente al pasar por las poblaciones reciben descargas de desagües, basuras, contaminándose de esta forma el agua.

El contenido de minerales, material orgánica, bacterias, algas etc., varían de acuerdo a las estaciones del año, de un día a otro y muchas veces en el mismo día.



C. Aguas subterráneas

Son aquellas formadas por el agua que se infiltra en las capas interiores de la superficie de la tierra y que afloran como manantiales, o son captadas por medio de galerías filtrantes, pozos, etc.

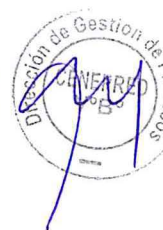
El agua subterránea, se encuentra generalmente, sobrecargada de sales, en cambio son de mejor calidad bacteriológica por haber sido sometida a filtración a través de las capas del terreno, las sales que lleva en solución le confiere muchas veces un sabor desagradable.

1.15. ABASTECIMIENTO DE AGUA

El abastecimiento del agua consiste en el suministro en forma individual o colectiva de agua, requerida para satisfacer las necesidades de las personas que integran una localidad, evitando que puedan afectarse en su salud.

Para el abastecimiento de agua, se deben realizar los siguientes procesos:

- Captación: Ir a la fuente de agua y captarla.
- Conducción: Transportar el agua hacia la vivienda.
- Tratamiento: Filtrado y desinfección del agua.
- Almacenamiento.
- Distribución: Llevar el agua a los diferentes sitios de consumo.
- Consumo: Utilizar el agua para satisfacer necesidades.



1.16. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Un sistema de abastecimiento de agua es un conjunto de estructuras que se construyen con el fin de suministrar un agua, desde una fuente de abastecimiento hasta el consumidor, conservando, mejorando la calidad de agua y haciéndola segura para la bebida.

1.16.1. Tipos de sistema de abastecimiento de agua

a. Gravedad sin planta de tratamiento

La fuente de abastecimiento de agua puede ser subterránea: un manantial o una galería filtrante. Este sistema consta de:

- Captación.
- Conducción.
- Reservorio.
- Distribución.
- Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

b. Gravedad con planta de tratamiento

Cuando la fuente de abastecimiento de agua por su calidad bacteriológica no constituye una fuente adecuada y por consiguiente debe ser sometida a tratamiento. Fuente superficial: río, lago, cocha. Este sistema consta de:

- Captación.
- Conducción.
- Planta de tratamiento.
- Reservorio.
- Distribución.
- Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

c. Bombeo sin tratamiento

El sistema cuenta necesariamente con un equipo de bombeo para elevar el agua hasta un reservorio y dar presión en la red, la fuente de abastecimiento puede ser un pozo, manantial, galería filtrante, ubicado en el parte baja de la población.

Cuando la fuente de abastecimiento de agua puede ser subterránea: pozos o manantiales en el que el perfil hidráulico señale la necesidad de elevación del agua. Este sistema consta de:

- Captación.
- Caseta de bombeo.
- Línea de impulsión.
- Reservorio.
- Distribución.
- Conexión domiciliaria y/o pileta pública.



d. Bombeo con tratamiento

Sistemas cuya fuente se encuentra en la parte baja de la población, lo cual requiere un sistema combinado (de bombeo y planta de tratamiento). El sistema consta de:

- Captación.
- Conducción.
- Planta de tratamiento.
- Caseta y equipo de bombeo.
- Línea de impulsión.
- Reservorio.
- Distribución.
- Conexión domiciliaria y/o pileta pública.

Sistema de agua potable

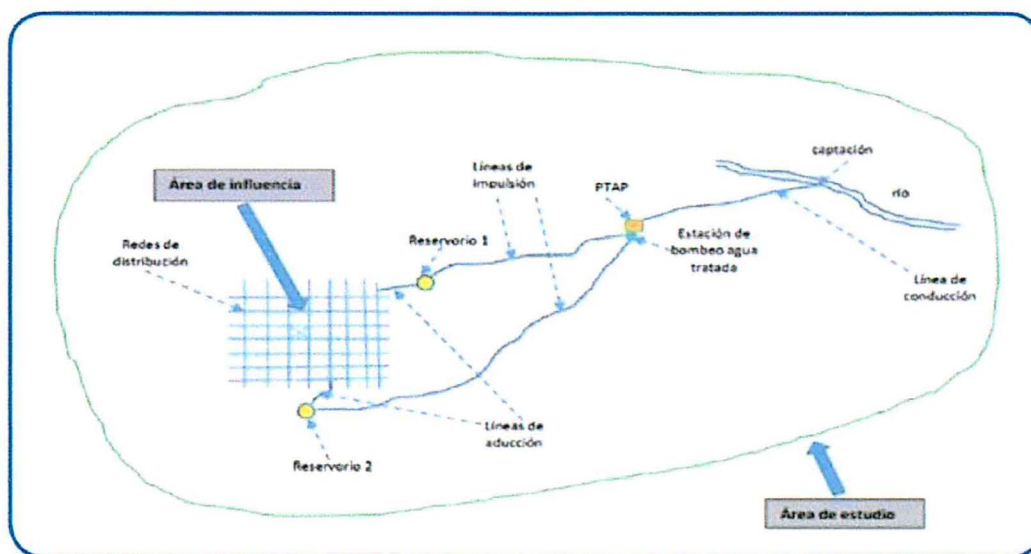


Figura 1. Sistema de agua potable. Fuente: MEF



1.17. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

[Firma manuscrita]

El sistema de alcantarillado sanitario consiste en la recolección de residuos, principalmente líquidos por medio de tuberías y conductos, evacuando aguas residuales o de lluvia. Sus actividades complementarias son el transporte, tratamiento y disposición final de residuos.

La infraestructura del sistema de alcantarillado se divide en los siguientes componentes:

- Colectores secundarios.
- Colectores principales.
- Interceptores.
- Emisores.
- Cámaras de inspección (buzones).
- Estaciones de bombeo.
- Conexiones domiciliarias.

Sistema de alcantarillado sanitario

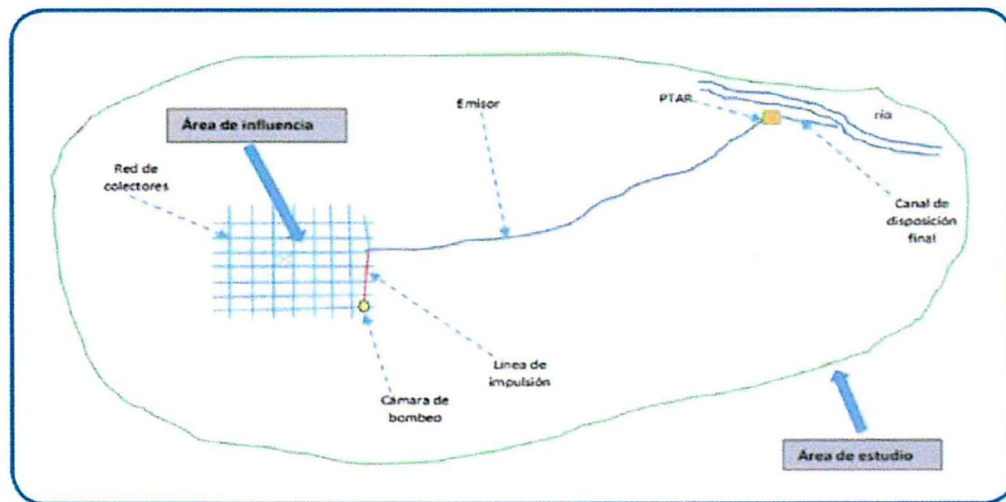


Figura 2. Sistema de alcantarillado sanitario. Fuente: MEF

Ejemplo de esquema para mostrar los peligros a los que están expuestos los elementos del sistema de AS

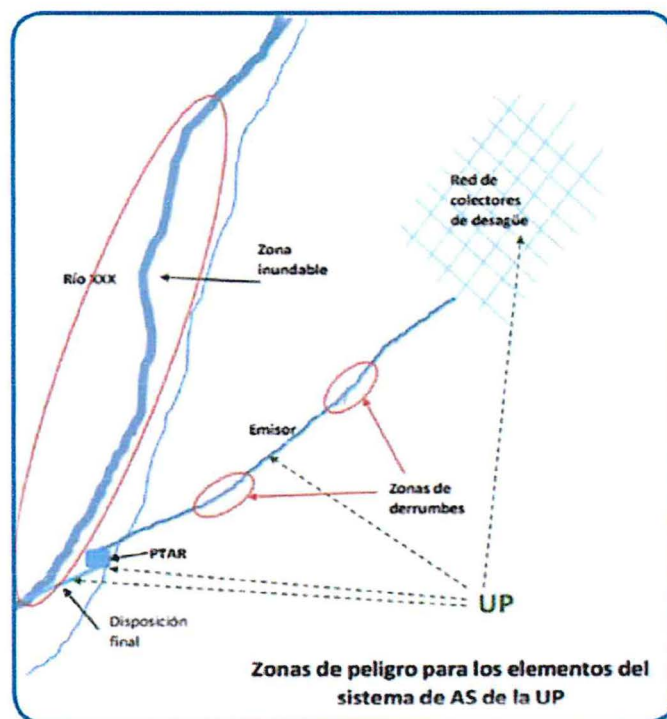


Figura 3. Elementos del sistema de agua y saneamiento a peligros.

Fuente: MEF

2. METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para la elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo, se debe de tener en cuenta los siguientes factores del Riesgo:

2.1. FACTORES DEL RIESGO

El riesgo de desastres se encuentra en función del peligro y la vulnerabilidad. La connotación del Riesgo se indica en la siguiente ecuación:

$$R_{ie}|^T = f(P_i, V_e)|^T$$

Donde:

R = Riesgo

F = en función

P_i = Peligro con la intensidad mayor o igual a una intensidad "i" durante un periodo de exposición "t".

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto "e"

T = Tiempo

De esto, el nivel de riesgo está función a la vulnerabilidad de los elementos expuestos susceptibles al potencial impacto del peligro a una cierta intensidad y en un tiempo determinado.

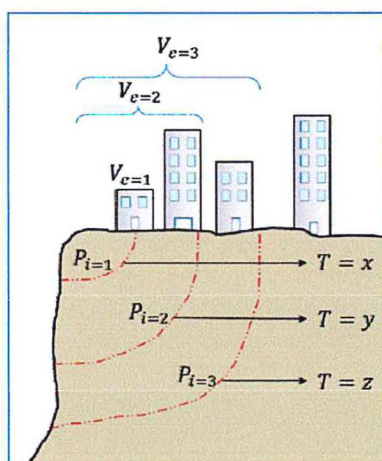


Figura 1: Asociación entre variables del Peligro (P_i) y Vulnerabilidad (V_e) con respecto al Tiempo (T).

Fuente: CENEPRED

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

De la Figura 1, se muestra que a una intensidad de un fenómeno igual a 1 ($P_i = 1$), este ocurre en un Tiempo "x" ($T = "x"$ años, por ejemplo); entonces, considerando el potencial área de impacto, los elementos expuestos ante esta intensidad será de 1 ($V_e = 1$). Asimismo, de evaluar el mismo fenómeno con una intensidad mayor ($P_i = 2$), este ocurre en un Tiempo "y" ($T = "y"$ años, por ejemplo); entonces, considerando el potencial área de impacto, los elementos expuestos ante esta intensidad será de 2 ($V_e = 2$). Finalmente, de evaluar el mismo fenómeno con una intensidad aún mayor ($P_i = 3$), este ocurre en un Tiempo "z" ($T = "z"$ años, por ejemplo); entonces, considerando el potencial área de impacto, los elementos expuestos ante esta intensidad será de 3 ($V_e = 3$).

En la práctica, se desea evaluar la intensidad de un evento mayor (Ejemplo $P_i = 3$), así como se debe de considerar el tiempo (periodo de retorno) que se encuentra asociado al factor desencadenante que produce el fenómeno con cierta intensidad, así como los elementos que estarán expuestos ante esta.

Para esto, se deben utilizar los informes de peligro, vulnerabilidad y riesgo existentes elaborados por las entidades técnico-científicas, así como los planes de gestión local. Por ejemplo, planes de Desarrollo Urbano, planes maestros, entre otros, indican tentativamente cuál será la distribución espacial de los elementos potencialmente expuestos ante un evento adverso en un Tiempo "T" determinado. Esto se debe asociar a la intensidad del fenómeno para poder obtener los elementos potencialmente expuestos a futuro.

Para entendimiento de los fenómenos naturales e inducidos por la acción humana, que podrían impactar a los componentes del Sistema de abastecimiento de agua potable y del Sistema de alcantarillado sanitario, se recomienda utilizar el Manual de evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales y el Manual de evaluación de riesgos inducidos por acción humana vigentes propuestos por el CENEPRED.



*Foto 1: Daños a tuberías de agua en Iztapalapa tras terremoto.
Fuente: Gobierno de la ciudad de México. 2017.*



*Foto 2: Daños a tuberías de agua en Iztapalapa tras terremoto.
Fuente: Gobierno de la ciudad de México. 2017.*



De la Cruz



*Foto 3: Un empresario de hortalizas utiliza la pipa de su empresa para abastecer a sus vecinos de Xochimilco, México tras terremoto.
Fuente: Gobierno de la ciudad de México. 2017.*



Foto 4: Flujo de detritos deja sin servicio de agua potable a vecinos de La Joya, Arequipa. 02 marzo 2017. Fuente: Diario Correo



[Handwritten signature]

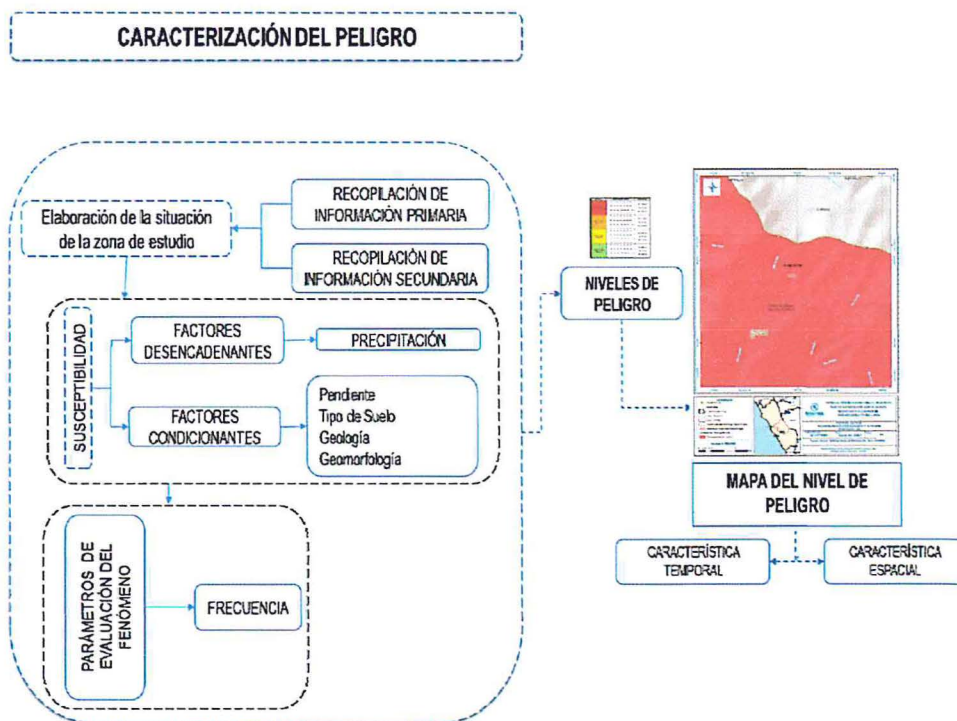
3. EVALUACIÓN DEL PELIGRO

Es necesario primeramente identificar y caracterizar el peligro y su área de influencia, para el caso de conocer si determinado componente del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario se encuentra en una zona ante la probabilidad de un efecto dañino o impacto de algún fenómeno natural o inducido por la acción humana o en condición de proyecto.

El principal objetivo de una evaluación del peligro es predecir o pronosticar el comportamiento de los **fenómenos naturales e inducidos por la acción humana** potencialmente dañinos o, en su defecto, tener una idea de la probabilidad de ocurrencia de dichos fenómenos para diferentes magnitudes.

Para identificar y caracterizar el nivel de peligro, se utiliza la siguiente metodología descrita en el gráfico N° 5 y N° 6.

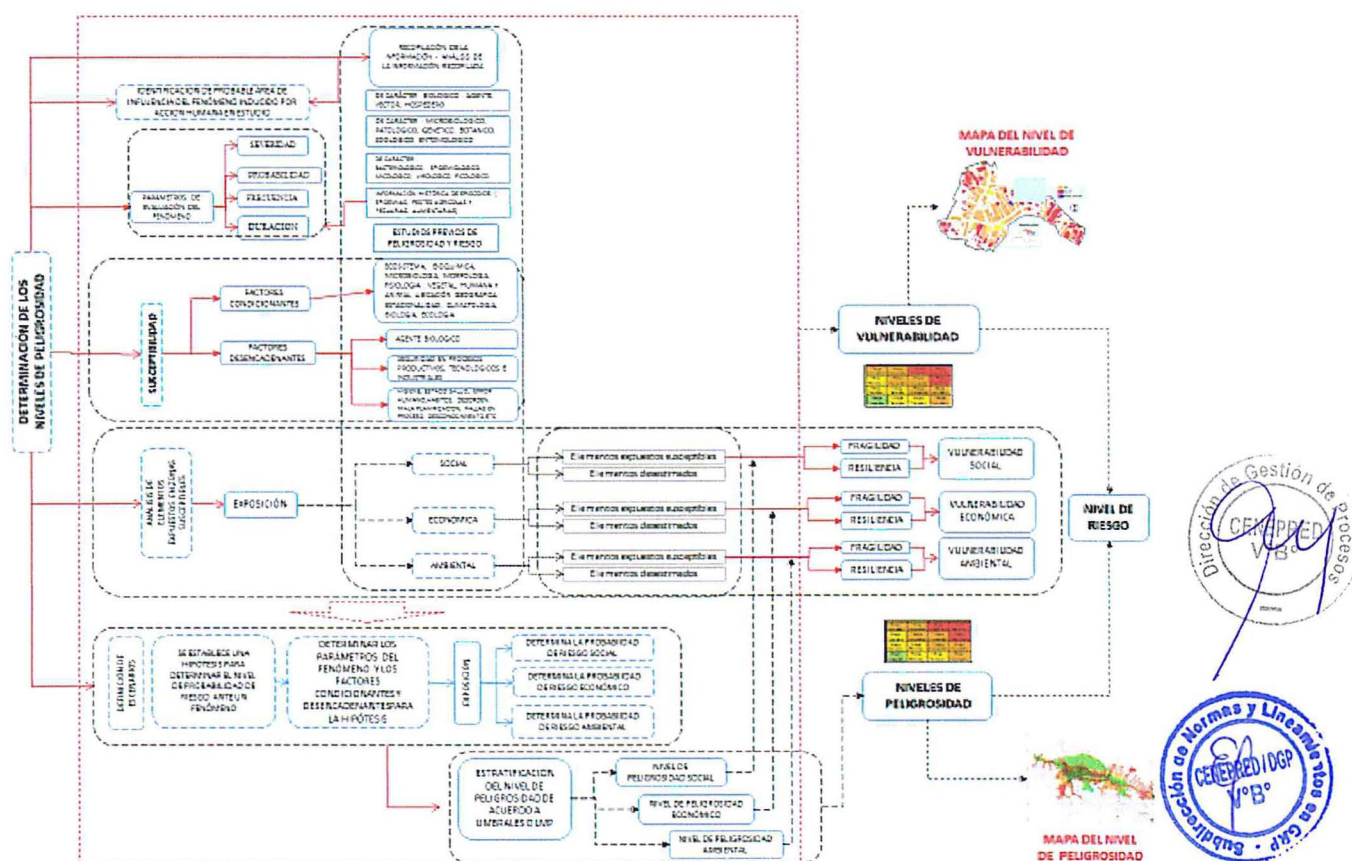
Gráfico N° 5. Metodología general para determinar el nivel de peligro por fenómenos naturales



Fuente: CENEPRED

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Gráfico N° 6. Metodología general para determinar el nivel de peligro inducido por acción humana



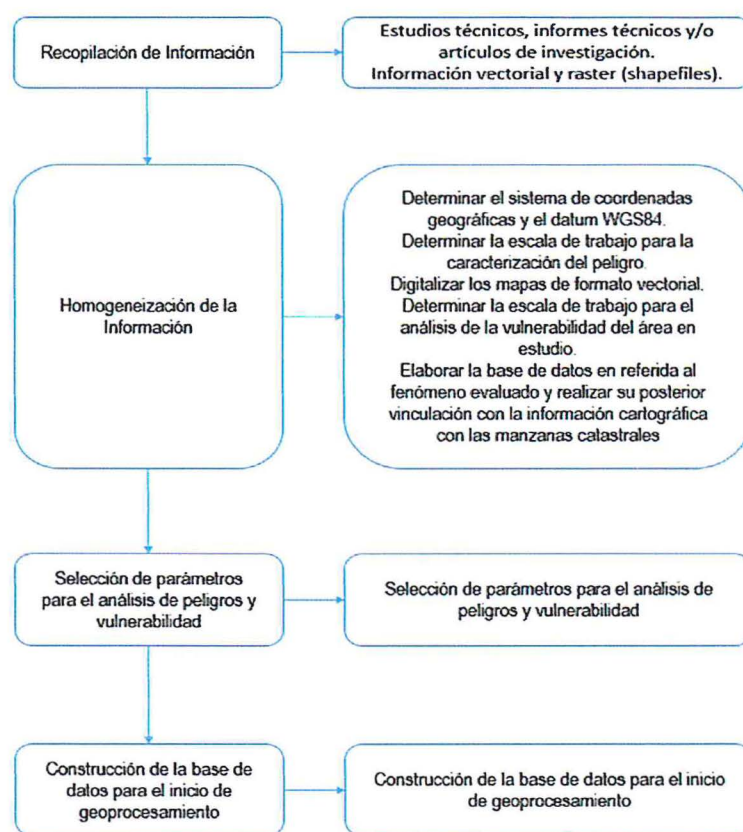
Fuente: CENEPRED

3.1. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se realiza la recopilación de información disponible: Estudios publicados por entidades técnico científicas competentes (INGEMMET, INEI, SENAMHI, INDECI, CENEPRED, otras), del área geográfica para el fenómeno natural o inducido por la acción humana.

Se realiza el análisis de la información proporcionada de entidades técnicas-científicas y estudios publicados acerca de las zonas evaluadas.

Gráfico N° 7. Flujograma general del proceso de análisis de información



Fuente: CENEPRED



[Firma manuscrita]

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Área de Influencia

Deberá analizarse tanto el área de influencia, que es donde se ubica la población afectada como el área donde se ubican los componentes del sistema existente.

Se debe describir de la zona en estudio: ubicación, clima, estructura urbana, salud pública y saneamiento, datos geológicos, geomorfológicos y topográficos, desarrollo socioeconómico, etc.

Topografía (plana, empinada, irregular, etc.)

Altura (en metros sobre el nivel del mar).

Clima (Temperaturas mínima, máxima y promedio, precipitaciones en m.m., etc.)

Se debe determinar la probable área de influencia del fenómeno natural o inducido por la acción humana en base a los estudios previos de peligrosidad y riesgo realizados por las entidades técnicas competentes.

Se describe las características generales de la probable área de influencia del fenómeno en estudio, como la ubicación geográfica, vías de acceso, entre otras generalidades.

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Se describe en forma resumida las descripciones a considerar que varían en función de la realidad del territorio y de la disponibilidad de información.

3.3. ANÁLISIS JERÁRQUICO DE SAATY

Se utiliza la matriz de Saaty para las ponderaciones de parámetros y descriptores de evaluación, factores condicionantes y factores desencadenantes, así como más adelante para las dimensiones de la vulnerabilidad, sus factores, sus parámetros y descriptores en el análisis de vulnerabilidad de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable y del sistema de alcantarillado sanitario.

Cuadro N° 01. Matriz de Saaty

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que....	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

3.4. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

Los parámetros generales o de evaluación describen al fenómeno en evaluación,

Ejemplo: Para el caso de lluvias intensas, la información referente a parámetros de evaluación, es según la Clasificación Climática (Thornthwaite).

Lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua de diámetro mayor de 0.5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas.

Parámetros de evaluación o generales que caracterizan la lluvia:

Intensidad:

Definida como el volumen de agua caída por unidad de tiempo y superficie. La intensidad de lluvia depende de su duración. Cuando la intensidad de lluvia excede a la capacidad de filtración del suelo se presenta el escurrimiento superficial que puede dar lugar a inundaciones en las partes más bajas.

Tanto el escurrimiento superficial como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desaguan en los ríos, lagos, fuentes, pantanos, embalses y el mar.

Clasificación según la intensidad

Oficialmente, la lluvia se cuantifica respecto a la cantidad de precipitación por hora (Tabla 1). Una de las expresiones más empleadas en los medios de comunicación es la de la lluvia torrencial, que comúnmente se asocia a los torrentes y, por lo tanto, a fenómenos como las inundaciones repentinas, deslaves y otros con daños materiales

Duración.

La duración del evento de lluvia o tormenta varía ampliamente, oscilando entre unos pocos minutos a varios días.

Índice de regularidad de la intensidad

Este índice mide la relación entre la intensidad y la duración de una precipitación dada, tanto en el ámbito de la meteorología como en el de la climatología. En este último ámbito, las curvas que describen dicho comportamiento se conocen como Curvas IDF o de Intensidad-Duración-Frecuencia.

Frecuencia.

La frecuencia de un determinado evento de lluvia, estrechamente relacionado con el llamado tiempo de retorno, se define como el promedio de tiempo que transcurre entre los acaecimientos de dos eventos de tormenta de la misma característica. Para estas determinaciones se toman en cuenta la duración o la altura, y, eventualmente, ambas.

Distribución temporal.

La distribución temporal de una tormenta tiene un rol importante en la respuesta hidrológica de cuencas en términos de desarrollo del hietograma de una tormenta.

En el Perú, las lluvias generalmente en la costa, excepto en el norte, son escasas durante todo el año, en algunos veranos la humedad atmosférica proveniente del océano Atlántico, sobrepasa la cordillera de los Andes generando las lluvias veraniegas que alcanzan el litoral. En la zona andina, las lluvias suelen ser abundantes durante el verano y escasas en los periodos de invierno y otoño. En tanto que en la selva llueve durante todo el año, siendo estas mayores en verano.

Las lluvias, habitualmente en nuestro país suelen presentarse por la actividad convectiva, movimiento ascendente del aire provocado principalmente por el efecto de calentamiento que ocasiona la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno



origina la formación de nubes de tipo cúmulos, las que se pueden convertir en cumulonimbos si la convección es muy fuerte y ocasionar lluvias muy intensas.

3.5. SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno).

3.5.1. Factores desencadenantes

Son factores que desencadenan eventos o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico. Por ejemplo las lluvias generan deslizamiento de material suelto o meteorizado, los sismos de gran magnitud ocurridos cerca a la costa ocasionan tsunamis, etc.

a) Precipitación

Se puede consultar información en SENAMHI.

Cuadro N° 02. Caracterización de extremos de precipitación

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas
$RR/día > 99p$	Extremadamente Lluvioso
$95p < RR/día \leq 99p$	Muy Lluvioso
$90p < RR/día \leq 95p$	Lluvioso
$75p < RR/día \leq 90p$	Moderadamente Lluvioso

Fuente: SENAMHI, 2014

Cuadro N° 03. Umbrales calculados para el distrito Lurigancho

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas
$RR/día > 16 \text{ mm}$	Extremadamente Lluvioso
$6 \text{ mm} < RR/día \leq 16 \text{ mm}$	Muy Lluvioso
$4.7 \text{ mm} < RR/día \leq 6 \text{ mm}$	Lluvioso
$2.5 \text{ mm} < RR/día \leq 4.7 \text{ mm}$	Moderadamente Lluvioso

Fuente: SENAMHI, 2017



[Handwritten signature]

3.5.2. Factores condicionantes

Son factores propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural o inducido por la acción humana (magnitud, intensidad, entre otros), así como su distribución espacial, cada factor evaluado debe tener su mapa temático.

Algunos de ellos, dependiendo del fenómeno pueden ser:

A) Litología

Es la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante. Los tipos de relieve por causas litológicas más significativos son: el relieve cárstico, el relieve sobre rocas metamórficas y el relieve volcánico. Se puede consultar información en INGEMMET.

B) Geología

Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico. Ofrece testimonios esenciales para comprender la Tectónica de placas, la historia de la vida a través de la Paleontología, y cómo fue la evolución de ésta además de los climas del pasado. En la actualidad la geología tiene una importancia fundamental en la exploración de yacimientos minerales y de hidrocarburos, y la evaluación de recursos hídricos subterráneos. También tiene importancia fundamental en la prevención y entendimiento de desastres como remoción de masas en general, terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, entre otros. Aporta conocimientos clave en la solución de problemas de contaminación medioambiental, y provee información sobre los cambios climáticos del pasado. Juega también un rol importante en la Geotecnia y la Ingeniería Civil. Se puede consultar información en INGEMMET

C) Geomorfología

Es la ciencia que estudia las formas del relieve, dado que éstas son el resultado de la dinámica litosférica. En general integra, como insumos, conocimientos de otras ciencias de la Tierra, tales como la climatología, la hidrografía, la pedología, la glaciología, y también de otras ciencias, para abarcar la incidencia de fenómenos biológicos, geológicos y antrópicos, en el relieve. Se puede consultar información en INGEMMET

D) Estratigrafía

Es la rama de la geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias estratificadas, y de la identificación, descripción, secuencia, tanto vertical como horizontal; cartografía y correlación de las unidades estratificadas de rocas. Se puede consultar información en INGEMMET



Handwritten signature in blue ink.

3.6. Determinación de niveles de peligro

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty operativizando previamente los ponderaciones de los factores desencadenantes, factores condicionantes y parámetros de evaluación.

Cuadro N° 04. Niveles de peligro

Niveles de peligro	
$0.267 \leq P \leq 0.458$	Muy alto
$0.133 \leq P < 0.267$	Alto
$0.071 \leq P < 0.133$	Medio
$0.041 \leq P < 0.071$	Bajo



3.7. Cuadro de estratificación del nivel de peligro

Cuadro N° 05. Niveles de peligro

Desd.

Nivel de Peligro	Descripción	Rangos
Peligro muy alto	Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de Arroyada, Glacis y/o Montaña intrusivo y/o Colina y loma intrusivo y/o Abanico-aluvial, con pendientes menores a 15°, situado en depósitos fluviales y/o aluviales, con un promedio mayor de 3 eventos asociados a precipitaciones por año y/o por lo menos 1 vez al año cada evento de El Niño.	$0.267 \leq P \leq 0.458$
Peligro alto	Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de Colinas y lomas intrusivas, Volcano-sedimentario y/o Montaña, Volcano-sedimentario y/o Montaña intrusivo y/o Colina y loma intrusivo y/o Abanico-aluvial, con pendientes desde 15° a 25°, situado en depósitos aluviales y/o Lava Andesítica con un promedio de 3 a 4 eventos asociados a precipitaciones por año.	$0.133 \leq P < 0.267$
Peligro medio	Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de talud de detritos y/o Colinas y lomas intrusivas, Volcano-sedimentario y/o Montaña, Volcano-sedimentario, con pendientes desde 15° a 45°, situado en depósitos coluviales y/o Lava Andesítica y con un promedio de 1 a 3 eventos asociados a precipitaciones por año.	$0.071 \leq P < 0.133$
Peligro bajo	Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de Fondo de Valle y/o Cantera y/o Terraza fluvial y/o Talud de detritos, con pendientes mayores a 25°, situado en depósitos coluviales y/o Intrusivo Básico y con un promedio menor a 2 evento asociados a precipitaciones por año.	$0.041 \leq P < 0.071$

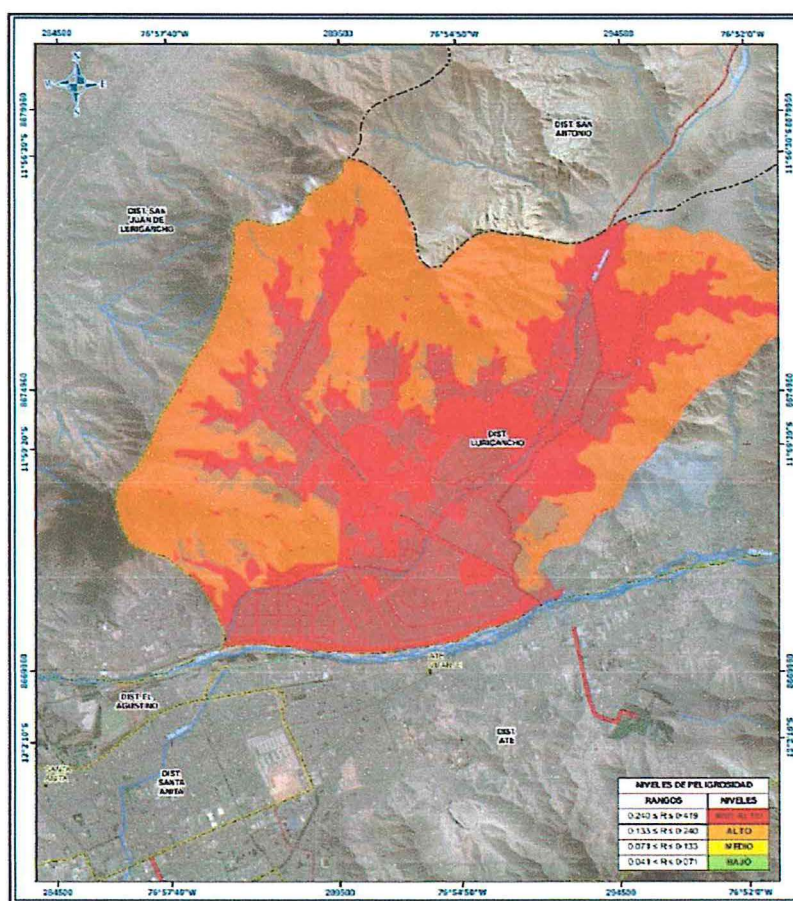
3.8. Definición de escenarios

Se establece una hipótesis para determinar el nivel de probabilidad de riesgo ante el fenómeno natural o inducido por la acción humana, utilizando los parámetros y los factores condicionantes y desencadenantes, indicando los elementos expuestos susceptibles correspondientes a la dimensión social, económica y ambiental.

3.9. Mapa de peligro

El mapa de peligro representa un elemento clave preliminar para la planificación del uso del territorio y constituye un insumo imprescindible para la evaluación de los riesgos actuales y potenciales.

Mapa N° 01. Mapa de peligros por flujos de detritos



Fuente: CENEPRED



[Firma manuscrita]

3.10. Análisis de elemento expuesto: Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

a. Dimensión física

Cuadro N° 06. Número de elementos expuestos

	Parámetro	Cantidad
1	Infraestructura en general (sistema de abastecimiento de agua y de alcantarillado sanitario, otros.)	
2	Material estructural predominante	
3	Tipo de material (Red primaria y secundaria de AP)	
4	Configuración estructural (Reservorios)	
5	Configuración estructural (Cámaras de bombeo de Aguas residuales)	

b. Dimensión económica

Cuadro N° 07. Número de servicios expuestos

	Parámetro	Cantidad
1	Servicios prestados para abastecer de agua potable y saneamiento	
2	Servicios prestados para el sector energía	
3	Producción agropecuaria	
4	Servicio prestados por el sector transporte y comunicación	
5	Comercio, industria y servicios	
6	Servicios de telecomunicación	
7	Turismo	

c. Dimensión ambiental

Cuadro N° 08. Número de elementos expuestos

	Parámetro	Cantidad
1	Deforestación	
2	Especies de flora y fauna por área geográfica expuestas	
3	Perdida de suelo	
4	Perdida de fuentes de agua	

d. Dimensión social

Cuadro N° 09. Número de elementos expuestos

	Parámetro	Cantidad
1	Población usuaria	
2	Nivel de organización	
3	Conocimiento en actividades de conservación del sistema	



[Handwritten signature]

4 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

En el marco de la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N° 048-2011-PCM) se define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

Este análisis de vulnerabilidad permite determinar el nivel de exposición y predisposición a daños y pérdidas de los componentes del Sistema de Agua potable y Saneamiento y del Sistema de Alcantarillado Sanitario, ante un peligro específico.

El análisis de vulnerabilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario se hace por componente.

De acuerdo al peligro identificado y caracterizado, se verifica si algún componente o varios se encuentran expuestos en el área de influencia del peligro.

El análisis de vulnerabilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario ante el peligro identificado se hace por componente.

4.1 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

EL Sistema de Abastecimiento de Agua Potable tiene los siguientes componentes: Captación, conducción, reservorio, red de distribución y conexión domiciliaria y/o pileta pública.

Cada análisis de vulnerabilidad se asocia a un determinado peligro y de esto se determinan las estructuras y equipos susceptibles de sufrir daños en forma directa (por ejemplo, la inundación de una estación de bombeo) o indirecta (como fallos en el fluido eléctrico). Aunque se hace referencia al abastecimiento de Agua Potable, es aplicable de igual manera al Alcantarillado Sanitario.

La vulnerabilidad de un Sistema de Agua Potable o Alcantarillado Sanitario, se analiza desde 4 dimensiones: Física, Económica, Social y Ambiental.

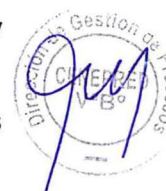
Los factores de vulnerabilidad están compuestos de exposición, fragilidad y resiliencia. Las dimensiones de vulnerabilidad son:

Dimensión Física.

Dimensión Social.

Dimensión Económica.

Dimensión Ambiental.



4.2 VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

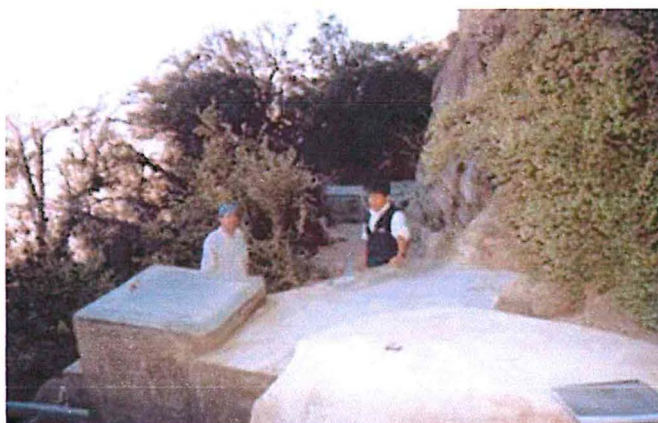
Es de gran importancia disponer siempre disponibles los sistemas de agua y saneamiento en relación a la salud, bienestar y mejora de la calidad de vida de la población beneficiada; sin embargo, si estos no son instalados apropiadamente, y no cumplen con una adecuada operación y mantenimiento, aun sin ocurrir ningún desastre, ya son vulnerables y ante la ocurrencia de algún peligro con efectos desencadenantes no necesariamente de gran intensidad, sus componentes se pueden ver seriamente afectados.

La incidencia de eventos por fenómenos naturales que podrían causar los desastres es un factor que está por fuera del control humano y a veces por los fenómenos inducidos por la acción humana, sin embargo la vulnerabilidad puede ser controlada por el hombre; por esta razón, es importante conocer las vulnerabilidades de los componentes del sistema a fin de reducirlos o minimizarlos.

A continuación veamos algunos ejemplos que hacen vulnerables los sistemas de agua y de alcantarillado sanitario, dependiendo de la ubicación de sus componentes, construcción e instalación, así como de la operación y mantenimiento.

Captación

Estructuras vulnerables por la ocurrencia de un sismo, con efectos de derrumbes y deslizamientos de rocas, que podrían afectar la captación; se observa tubería expuesta.



Localidad Jirata, Distrito y Provincia Candarave, Región Tacna – Perú.
Foto: CEPIS/ P.Del Pino, 2005.

Línea de Conducción

Tubería de PVC vulnerable, no cumple con especificaciones técnicas (0.80 m profundidad) deficiente instalación, no está a la profundidad adecuada y no se compacta el relleno, haciéndola vulnerable a cambios de clima y roturas por vibración sísmica.



[Handwritten signature]



Loc. Jirata, Distrito y Prov. Candarave, Región Tacna, Perú.

Foto: CEPIS/ P.Del Pino, 2005.

Línea de Impulsión

La Línea de Impulsión empotrada al puente de concreto que cruza el dren; vulnerable de ser arrasada.



Localidad Cerritos. Cristo nos valga, Región Piura – Perú.

Fenómeno El Niño 1998.

Foto: PRONAP/ A. Camacho.



Línea de Impulsión

Fuga producida en el tramo que cruza el dren, debido a la antigüedad de la tubería.



Localidad Cerritos. Cristo nos Valga, Región Piura – Perú.
Fenómeno El Niño 1998.
Foto: PRONAP/ A. Camacho



Línea de Impulsión

Línea de impulsión que da servicio de agua a la localidad de Cerritos, la tubería se encuentra a nivel del terreno, expuesta a la intemperie, sin ninguna protección



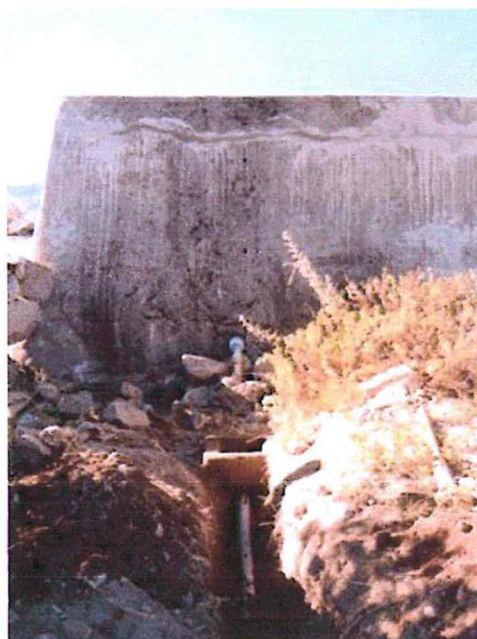
Localidad Cerritos. Cristo nos Valga, Región Piura – Perú.
Fenómeno El Niño 1998.
Foto: PRONAP/ A. Camacho



Handwritten signature

Reservorio

Tubería de salida de reservorio, está expuesta a ser dañada, sin caja de válvulas.



Localidad Yucarami, Distrito y Prov. Candarave, Región Tacna, Perú.
Foto: CEPIS/ P.Del Pino, 2005.

Captación

Deficiente instalación de tuberías de pozo. Vibración de tubería de fierro, genera rotura de muro del pozo y brida impacta sobre losa del techo.



Localidad Boca del Río, Prov. y Región Tacna, Perú.
Foto: CEPIS/ P. Del Pino, 2005.



Blue ink signature

Captación

Tanque de Almacenamiento

Se ubica generalmente en laderas para facilitar la distribución por gravedad, sin embargo al haber condiciones como el tipo de suelo inestable, inadecuada operación y mantenimiento (exceso de humedad debido a fugas del sistema), provocarán deslizamiento y erosión, poniendo en riesgo a la infraestructura y a la población aguas abajo.



Tanque de almacenamiento en zona de deslizamiento.

Foto: CEPIS/ P. Del Pino, 2005

La mala ubicación de algunas letrinas y tanques sépticos, próximos a los cauces de los ríos, que ante la crecida del caudal del río producto de las fuertes lluvias, se ven seriamente amenazadas por deslizamiento y erosión, atentando contra la sostenibilidad de la obra.

Todo esto aumenta la probabilidad de afectación de los componentes de un sistema ante la ocurrencia de fenómenos naturales, como consecuencia de una mayor exposición.

En este sentido, los estudios de vulnerabilidad que se realicen deben considerar no sólo el impacto que los fenómenos naturales puedan tener sobre los componentes del sistema de agua y saneamiento, sino también el impacto que el sistema puede generar por una falta o inadecuada operación y mantenimiento, ocasionando daño al ambiente y a la población.

Cuanto mejor sea la instalación, mejor sea la operación y mantenimiento de un sistema de agua y saneamiento, menor será su vulnerabilidad y mayor será la capacidad de resistencia al impacto de los fenómenos naturales.



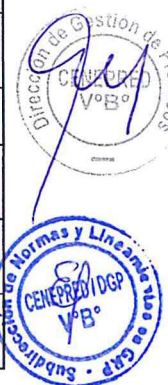
GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Parámetros de vulnerabilidad

Se presenta el cuadro de parámetros para el análisis de vulnerabilidad para cada componente del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.

Cuadro N° 10. Parámetros de vulnerabilidad para componentes de sistema de abastecimiento de agua potable

Parámetros	Componentes del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable				
	Captación	Conducción	Reservorio	Red de distribución	Conexión domiciliar y/o pileta pública.
Estado de conservación					
Estado del suelo					
Nivel de pendiente					
Mantenimiento					
Obras de protección					
Nivel de organización					
Exposición o ubicación					



Otros parámetros para ser usado en el análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable:

- Ubicación de fuentes de agua y manantiales.
- Tipo de suelo en el cual se ubica el sistema.
- Estado de las redes de captación y distribución.
- Mantenimiento del sistema de agua (captación, tratamiento, almacenamiento o distribución).
- Nivel de acceso a los elementos del sistema.
- Disponibilidad de protección de la infraestructura de saneamiento.
- Grado de organización y participación de la población en el mantenimiento y operación del sistema.
- Existencia de almacén de materiales: filtros de agua, tubería plástica, pastillas de cloro, tanques de agua otras herramientas como pegamentos, citas teflón llaves, tanques de agua, etc.
- Identificación de la organización: Sector, Gobierno Regional o Gobierno local implicado.
- Identificar y describir los elementos de cada componente del sistema.
- Identificar y describir el sistema (caudales, niveles, presiones y calidad del servicio).
- Identificar los aspectos operativos del sistema (capacidad de los componentes, demanda, déficit o superávit).
- Identificar y describir de los aspectos administrativos y capacidad de

[Handwritten signature]

respuesta de la empresa en el sistema en estudio.

- Determinar la demanda mínima de la población de los lugares considerados prioritarios para el abastecimiento, durante y después del impacto del peligro.
- Capacidad: (Capacidad de diseño y la capacidad de operación actual de los componentes según sea el caso en litros/segundo, m3/segundo, m3, etc.).
- Antigüedad de los componentes.
- Entre otros indicadores propios del componente en el lugar de evaluación.



4.3 Análisis de vulnerabilidad del Sistema de Alcantarillado Sanitario

Se presenta el cuadro de parámetros para el análisis de vulnerabilidad para cada componente del Sistema de Alcantarillado Sanitario.

Cuadro N° 11. Parámetros de vulnerabilidad para componentes de sistema de alcantarillado sanitario.

Parámetros	Componentes del Sistema de Alcantarillado Sanitario						
	Colectores secundarios	Colectores principales	Interceptores	Emisores	Cámaras de inspección (buzones)	Estaciones de bombeo	Conexiones domiciliarias
Estado de conservación							
Estado del suelo							
Nivel de pendiente							
Mantenimiento							
Obras de protección							
Nivel de organización							



[Handwritten signature]

Otros parámetros para ser usado en el análisis de vulnerabilidad de sistemas de alcantarillado sanitario:

- Ubicación de fuentes de agua y manantiales.
- Tipo de suelo en el cual se ubica el sistema.
- Estado de las redes de colectores secundarios, de colectores principales, de interceptores, de emisores, de cámaras de inspección, de estaciones de bombeo y de conexiones domiciliarias.
- Mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.
- Nivel de acceso a los elementos del sistema.
- Disponibilidad de protección de la infraestructura de saneamiento.
- Grado de organización y participación de la población en el mantenimiento y operación del sistema.
- Existencia de almacén de materiales: filtros de agua, tubería plástica, pastillas de cloro, tanques de agua otras herramientas como pegamentos, citas teflón llaves, tanques de agua, etc.
- Identificación de la organización: Sector, Gobierno Regional o Gobierno local

implicado.

- Identificar y describir los elementos de cada componente del sistema.
- Identificar y describir el sistema (caudales, niveles, presiones y calidad del servicio).
- Identificar los aspectos operativos del sistema (capacidad de los componentes, demanda, déficit o superávit).
- Identificar y describir de los aspectos administrativos y capacidad de respuesta de la empresa en el sistema en estudio.
- Determinar la demanda mínima de la población de los lugares considerados prioritarios para el abastecimiento, durante y después del impacto del peligro.
- Entre otros indicadores propios del lugar en estudio.
- Antigüedad y estado de conservación de los componentes.

4.4 Factores de la vulnerabilidad

Se consideran para el análisis de la vulnerabilidad tres factores:

a. Exposición

Referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro o amenaza.

La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenible. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad.

b. Fragilidad

Referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro o amenaza.

En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción que no siguen la normatividad vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.

c. Resiliencia

Referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro o amenaza.

Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.



[Handwritten signature]

4.5 Análisis de los factores de la vulnerabilidad

Para realizar el análisis de los factores de la vulnerabilidad, se realiza lo siguiente:

- Se identifica y cuantifica los elementos expuestos ubicados en el área potencial de impacto del peligro y posteriormente se elabora el mapa de los elementos expuestos.
- Posteriormente se procede a realizar el análisis de los otros dos factores de la vulnerabilidad (fragilidad y resiliencia), para lo cual se establecen en las dimensiones Físico, Social, Económico y Ambiental.
- En este análisis se identifican los parámetros y descriptores de los factores de fragilidad y resiliencia en cada una de las dimensiones (física, social, económica y ambiental).

En la Dimensión Física:

- Fragilidad física: Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad y de ubicación que tienen los activos físicos, frente al impacto de un peligro.
- Resiliencia física: Está referida a la capacidad que tienen las instituciones públicas o privadas y las estructuras físicas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, frente al impacto de un peligro.



En la Dimensión Social:

- Fragilidad social: Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad que tiene el ser humano y sus medios de vida frente a un peligro.
- Resiliencia social: Está referida a la capacidad de las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, frente al impacto de un peligro.

En la Dimensión Económica:

- Fragilidad económica: Está referida a las condiciones de desventaja que tiene el ser humano sobre sus ingresos económicos, frente al impacto de un peligro.

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

- Resiliencia económica: Está referida a la capacidad de recursos económicos que tienen las personas, familias y comunidades, entidades públicas y privadas, para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, del impacto de un peligro.

En la Dimensión Ambiental:

- Fragilidad Ambiental: Está referida a las condiciones de deterioro o debilidad que tienen los elementos de un ecosistema, frente al impacto de un peligro.
- Resiliencia Ambiental: Está referida a la capacidad que tienen los ecosistemas para asimilar, absorber, adaptarse, cambiar, resistir y recuperarse, frente al impacto de un peligro.

4.6 Evaluación de las dimensiones de vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad de los componentes del Sistema de Agua Potable y de Alcantarillado Sanitario permitirá obtener un mapa de vulnerabilidad del Sistema, en los cuales se tendrán identificados los componentes más vulnerables y críticos. Para su elaboración se debe superponer los planos del Sistema con los componentes identificados como más vulnerables y los mapas de peligros para cada una de los peligros identificados.

Para ello también es importante:

- Cuantificar la capacidad útil remanente de cada componente y subsistema para operar en determinada condición, considerando cantidad, calidad y continuidad.
- Estimar la capacidad organizativa de la población expuesta a prevenir, prepararse y recuperarse ante cualquier desastre.
- Determinar medidas de prevención y reducción para prevenir y revertir el impacto del peligro sobre los componentes del sistema; tanto en aspectos administrativos y operativos como físicos.

A. Análisis de fragilidad:

El análisis de la fragilidad del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado expuesto puede ser de tipo:

- **Fragilidad Social.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil estaría el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado a nivel de los usuarios: población y otros usuarios frente al impacto de algún evento.

- **Fragilidad Económica.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil económicamente estaría el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado a nivel de los gastos de mantenimiento y funcionamiento entre otros frente al impacto de algún evento y también cuan débil esta la infraestructura de dichos sistemas.

- **Fragilidad Ambiental.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil estaría los recursos naturales: suelo, agua, aire, flora y fauna silvestre entre otros en el entorno del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado frente al impacto de algún evento y también cuan débil esta la infraestructura de dichos sistemas.

- **Fragilidad Física.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen cuan débil estaría la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillados frente al impacto de algún evento.

B. Análisis de resiliencia:

El análisis de la resiliencia del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado expuesto puede ser de tipo:

- **Resiliencia Social.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido, es la cualidad humana de la población expuesta presente en todo tipo de situaciones difíciles y contextos desfavorecidos como desastres y sirve para hacerlos frente y salir fortalecido e incluso transformado de la experiencia con un adecuado nivel de organización y de resurgimiento ante el probable impacto de un evento adverso en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.

- **Resiliencia Económica.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido y adecuado nivel de organización y de resurgimiento estaría a nivel de los usuarios elementos expuestos de la dimensión social el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado a nivel de los gastos de mantenimiento y funcionamiento e infraestructura entre otros ante el probable impacto de algún evento.

- **Resiliencia Ambiental.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido estaría el recurso hídrico y otros recursos naturales en relación al sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado entre otros ante el probable impacto de algún evento.



[Handwritten signature]

- **Resiliencia Física.**

Considera el análisis de parámetros que identifiquen y midan cuan sólido y adecuado nivel de aplicabilidad de normativa de construcción y resistencia de la infraestructura en general ante el impacto de algún evento adverso.

4.7 Obtención de niveles de vulnerabilidad

Con la información de la exposición, análisis de fragilidad y análisis de resiliencia, se determinan la vulnerabilidad del elemento expuesto susceptible en este caso el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario clasificándose de acuerdo a:

- Vulnerabilidad Social.
- Vulnerabilidad Económica.
- Vulnerabilidad Ambiental.
- Vulnerabilidad Física.

A través de la suma total de la vulnerabilidad social, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad ambiental y vulnerabilidad física obtenidas, se obtiene la vulnerabilidad total del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado expuesto y luego, se determinan los niveles de vulnerabilidad clasificándose de acuerdo a:

- Nivel de Vulnerabilidad Muy Alta.
- Nivel de Vulnerabilidad Alta.
- Nivel de Vulnerabilidad Media.
- Nivel de Vulnerabilidad Baja



4.8 Análisis de vulnerabilidad de acuerdo a componente:

A. Sistema de abastecimiento de agua potable –

Componente: Captación del sistema de abastecimiento de agua potable

La vulnerabilidad del componente de captación del sistema de abastecimiento de agua potable se realiza mediante el análisis de exposición, fragilidad y resiliencia en las dimensiones: Física, Social, Ambiental y Económica.

Dimensión Física

Está referida a la Exposición, Fragilidad y Resiliencia de la infraestructura del componente de captación del sistema de abastecimiento de agua potable.

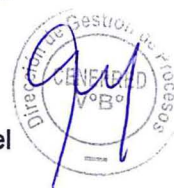
Parámetros de fragilidad física:

- Estado de conservación de infraestructura.
- Antigüedad de la infraestructura.
- Estado de limpieza de infraestructura
- Tipo de material
- Configuración estructural

Cuadro N° 12. Parámetros para análisis de fragilidad física

Parámetros para análisis de fragilidad física	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro
	Estado de conservación	Antigüedad de la infraestructura (Red Primaria y Secundaria de AP)	Tipo de material (Red primaria y secundaria de AP)	Configuración estructural (Reservorios)
Descriptor	Muy malo	Mayor a 40 años	MAG (Asbesto cemento magnani)	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado < a 4 columnas
Descriptor	Malo	15-40 años	AC (Asbesto Cemento) - HF (hierro fundido)	Reservorio elevado soportado con pórtico de concreto armado)
Descriptor	Regular	10-15 años	ACERO - FV (fibra de vidrio)	Reservorio elevado soportado con fuste de concreto armado
Descriptor	Bueno	3-10 años	PE (polietileno) - PVC (Policloruro de vinilo) - PVC-O	Apoyado
Descriptor	Muy bueno	0-3 años	PAD (polietileno de alta densidad) - HD (Hierro Ductil)	Enterrado

Fuente: (SEDAPAL, 2018)



[Handwritten signature]

B. Sistema de alcantarillado sanitario

La vulnerabilidad del componente del sistema de alcantarillado sanitario se realiza mediante el análisis de exposición, fragilidad y resiliencia en las dimensiones: Física, Social, Ambiental y Económica.

Dimensión Física

Está referida a la Exposición, Fragilidad y Resiliencia de la infraestructura del componente de captación del sistema de abastecimiento de agua potable.

Parámetros de fragilidad física:

- Estado de conservación de infraestructura.
- Antigüedad de la infraestructura.
- Tipo de material
- Configuración estructural (Cámaras de bombeo de aguas residuales)

Cuadro N° 13. Parámetros para análisis de fragilidad física

Parámetros para análisis de fragilidad física	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro
	Estado de conservación	Antigüedad de la infraestructura (Red Primaria y Secundaria de AP)	Tipo de material (Red primaria y secundaria)	Configuración estructural (Cámaras de bombeo de aguas residuales)
Descriptor	Muy malo	Mayor a 40 años	MAG (Asbesto cemento magnani) - ALB (albañilería)	Edificaciones con visibles defectos de estructuras
Descriptor	Malo	15-40 años	CSN (concreto simple normalizado) - HF (hierro fundido)	Edificaciones diseñadas antes de 1977
Descriptor	Regular	10-15 años	ACER (Acero revestido) - FV (fibra de vidrio)	Edificación con diseño anterior a norma E030
Descriptor	Bueno	3-10 años	PVC (Policloruro de vinilo) - PVC-O	Edificación con diseño a Norma E030
Descriptor	Muy bueno	0-3 años	PE (polietileno)	Edificación diseño posterior a Norma E030

Fuente: (SEDAPAL, 2018)

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Parámetros de resiliencia física:

- Diseño de obra
- Estado de obra de protección.
- Mantenimiento del sistema (obras y equipamiento).
- Operación del sistema
- Disponibilidad de sistemas de monitoreo y control.
- Seguros de infraestructura y equipamiento.

Parámetros de exposición física:

- Nivel de exposición o ubicación o cercanía a áreas de peligro.
- Ubicación en zona de alta variabilidad climática.

Dimensión Ambiental

Está referida a la exposición, fragilidad y resiliencia del recurso agua, su entorno, el ecosistema, suelo, aire entre otros que interactúan con el componente de captación del sistema de abastecimiento de agua potable.

Parámetros de fragilidad ambiental:

- Estado de fuente de agua.
- Volumen de agua útil de captación.
- Estado de suelo donde se encuentra infraestructura.
- Estado de caudal afluente.
- Estado de caudal efluente.
- Variabilidad climática de lluvias.
- Flora y fauna silvestre en cuenca.

Parámetros de resiliencia ambiental:

- Conocimiento de conservación ambiental.
- Aplicación de normativa ambiental.
- Tenencia de certificados de calidad.
- Obras para siembra del agua.
- Reforestación.
- Actividades de protección de cuenca.
- Tener un plan de prevención del riesgo de desastres.
- Tener un plan de remediación ambiental.
- Actividades de reforestación.
- Gestión adecuada de residuos.
- Conocimiento en manejo de cuencas.
- Actividades de adaptación al cambio climático.
- Manejo de pasivos ambientales.
- Nivel de seguridad en sanidad animal silvestre y sanidad vegetal de flora silvestre.



[Handwritten signature]

Parámetros de exposición ambiental:

- Cercanía a áreas naturales protegidas.
- Cercanía a zonas de reserva natural.

Dimensión Social

Está referida a la Exposición, Fragilidad y Resiliencia de la población y personal en el entorno del componente de captación del sistema de abastecimiento de agua potable.

Parámetros de fragilidad social:

- Nivel de organización.
- Calidad del servicio.
- Calidad del agua (salubridad, etc.).
- Población (Grupo de edades).
- No tener acceso al servicio de agua potable.
- Nivel de gasto de agua para el usuario sin servicio.
- Nivel de migración.
- Nivel de asentamiento poblacional.
- Nivel de racionamiento del servicio de agua potable.
- Estado de salud pública de población en el entorno y usuarios.



[Handwritten signature]

Parámetros de resiliencia social:

- Conocimiento de gestión de riesgos de desastres.
- Aptitud frente al riesgo.
- Nivel de capacitación en cuidado del agua
- Nivel de organización para cuidado del agua
- Nivel de acceso al servicio público de abastecimiento de agua potable
- Nivel de cuidado y mantenimiento de instalaciones domiciliarias.
- Desconocimiento de reciclaje de agua.
- Nivel de existencia de actividades para comunicación social.
- Personal de operación y mantenimiento capacitado en gestión de riesgos de desastres.
- Nivel de seguridad en salud y protección del trabajador.

Dimensión Económica

Está referida a la Exposición, Fragilidad y Resiliencia de los medios de vida de la población y su entorno del componente de captación del sistema de abastecimiento de agua potable.

Parámetros de fragilidad económica:

- Gasto de las familias por enfermedades de origen hídrico.
- Demanda per cápita de agua.
- Consumo per cápita de agua.
- Costo de tarifa de agua.

Parámetros de resiliencia económica:

- Actividad económica.
- Cultura de pago por servicio de agua potable.
- Las familias sin servicio, una vez conectados, gastan menos por agua potable presentando ahorros.

4.9 Casos prácticos supuestos:

A. Planta de Tratamiento N° 01 la Atarjea (Supuesto)

La mayoría de las veces la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable, alcantarillado sanitario, frente a los desastres están relacionados estrechamente con las debilidades en sus componentes físicos.

Deben considerarse diferentes tipos de peligros dependiendo de su ubicación dentro del sistema y de riesgos presentes en la zona. SEDAPAL está en la obligación de entregar un servicio de calidad a los usuarios y es de gran importancia el conocer el tiempo que tomará reparar los posibles daños sufridos a causa del desastre, cuál será la capacidad remanente del sistema con posterioridad al desastre y como se verá afectado el servicio en lo que se refiere a la calidad y continuidad del suministro de agua potable.

Supuesto 1. Falta de agua para aprovisionamiento de la ciudad de Lima

El colapso de los decantadores de la planta N° 1 de la ATARJEA ante un evento sísmico; dejaría algunos distritos de la ciudad de Lima sin suministro de agua potable. Siendo la prioridad de SEDAPAL abastecer a la población del suministro de agua en forma continua, por lo cual SEDAPAL debe adoptar las medidas pertinentes para garantizar y cumplir con este objetivo, requiriéndose planificar y coordinar previamente todas las acciones frente a un desastre de gran magnitud.

Supuesto 2. Contaminación de los Sistemas de Abastecimiento de Agua

Uno de los mayores peligros para la salud pública, que se asocian generalmente con las catástrofes es el riesgo de contaminación de los abastecimientos de agua. La contaminación puede producirse en diferentes puntos: la fuente, durante la conducción, en la planta de tratamiento, durante el almacenamiento o en cualquier punto de la red de distribución.

Los daños causados a las estructuras de obras civiles, son la causa fundamental de la contaminación, o por derrame de sustancias químicas.



Supuesto 3. Contaminación de agua cruda

El agua cruda de la ciudad de Lima está captada del río Rímac y se afecta frecuentemente por vertimientos industriales y domésticos sin tratamiento.

A parte de la contaminación se teme también una reducción del caudal de los ríos por las actividades mineras, constituyendo una seria amenaza para la ciudad, donde los recursos en el tiempo de estiaje satisfacen apenas para la cobertura de demanda.

Probables consecuencias:

➤ Daños estructurales

Todos los tipos de catástrofes, tienen la posibilidad de causar la destrucción o de dañar severamente las estructuras de las obras de ingeniería de la planta de tratamiento de agua, estas estructuras comprenden edificios, estructuras hidráulicas, tuberías, estaciones de bombeo, estructuras de toma, postes para líneas eléctricas, caminos plataformas, etc. Cuando estas estructuras sufren daños, pueden causar accidentes a aquellos que trabajan en o cerca de ellas y/o interrumpir total o parcialmente los servicios de agua en calidad y cantidad, estos problemas pueden reducirse o eliminarse haciendo anticipadamente preparativos o modificaciones a las instalaciones existentes y mejorando la planificación de la base de información proveniente de experiencia actualizada.

➤ Paralización del suministro de energía

Las paralizaciones del suministro de energía son comunes durante o en la secuela de una catástrofe, ellas se deben mayormente a los daños en las líneas de transmisión, estas paralizaciones aumentan los problemas del suministro de agua y algunos de sus efectos, para el caso de la infraestructura que dispone SEDAPAL son:

- Interrupción de comunicaciones.
- Interrupción de los sistemas de alumbrado.
- Interrupción de los sistemas de alerta o medición.



GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Se conoce que la cuenca del río Rímac es utilizado para abastecer de agua a la ciudad de Lima, por lo que el agua es generalmente captada de las escorrentías provenientes de las precipitaciones. Cuando se amplían los periodos de estiaje, se produce la reducción del caudal de esta fuentes, la cual en casos extremos es nulo, poniendo en serio peligro el abastecimiento a la población.

Vulnerabilidad – Abastecimiento de agua para la ciudad de Lima

Cuadro N° 14 Caso didactico: Planta Atarjea 1 - Lima

Consecuencia	Componente expuesto	Peligro
Falta de suministro de agua	Fuente	Contaminación de las aguas por actividades mineras y vertimientos sin tratamiento
	Captación, conducción	Roturas del sistema de captación por avenidas extraordinarias. Roturas de tubería de conducción por fenómenos geodinámicos. Presencia exagerada de objetos y materiales sólidos que afectan la operación de las estructuras de captación.
	Plantas de Tratamiento	Colapso de los 4 decantadores de la planta N° 01 de la ATARJEA, ante un evento sísmico. Derrame de cloruro férrico o escape de gas cloro en la planta.
	Almacenamiento	Daño estructural en las instalaciones de los reservorios, generando grietas, fisura o el colapso integral de la estructura ante un evento sísmico.
Falta de suministro de agua	Redes de distribución	Tránsito de vehículos con exceso de peso que afecten a las redes. Este impacto perdurará mientras no se contruyan vías de evitamiento. Rotura de tuberías por eventos sísmicos.
	Desabastecimiento de energía eléctrica	Por el momento el uso de energía eléctrica no es indispensable para el flujo de abastecimiento de agua.
	Sequías	Por la topografía la ciudad de Lima podemos apreciar que la cuenca es pequeña y el acuífero limitado para abastecer de agua, el cual es generalmente proveniente de las precipitaciones. Cuando se amplían los periodos de estiaje se reducen los caudales de las fuentes y hasta llegan a secarse, poniendo en riesgo el normal abastecimiento a la población.



[Handwritten signature]

Caso B: Tratamiento deficiente del agua

El agua debe distribuirse en cantidades y calidad que satisfaga básicamente las necesidades de las personas que se encuentran en el área afectada por la catástrofe.

Es preferible que el agua sea obtenida de una red de distribución en funcionamiento. Sin embargo, también deberá verse la posibilidad de buscar agua de fuentes privadas existentes y sin desperfectos, manantiales, pozos o áreas de agua pluvial que no hayan sufrido daños. Donde quiera que se encuentren las fuentes de abastecimiento de agua, éstas deben evaluarse cuidadosamente para eliminar riesgos de infecciones y envenenamiento transmitidos por este elemento vital.

No deberá permitirse que los abastecimientos disponibles de agua se vuelvan una fuente infecciosa. Cuando se sospeche de la contaminación del agua por desechos humanos o químicos, su uso deberá ser descartado. Las fuentes de agua que se encuentren en las inmediaciones de plantas de tratamiento de desagües, campos de eliminación de desechos sólidos, minas abandonadas, rellenos sanitarios, pozos sépticos y otros lugares peligrosos deberán tenerse por sospechosas.



Vulnerabilidad – Tratamiento deficiente del agua en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable

Handwritten signature in blue ink.

Cuadro N° 15 Caso didactico

Consecuencia	Componente Expuesto	Peligro
Entrega a los usuarios de agua inadecuada para la salud	Filtros	Elevada concentración de sólidos suspendidos durante los periodos de avenidas de los ríos.
	Dosificación inadecuada de reactivos	Reducido stock de reactivos empleados para el tratamiento de las aguas: Cloro Sulfato de cobre Sulfato de aluminio Cal
	Medición y control de aguas tratadas.	Falta de capacitación del personal y de equipamiento para la realización de mediciones.

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

4.10 Determinación de niveles de vulnerabilidad

Los niveles de vulnerabilidad se determinan por componente del sistema de agua potable y/o sistema de alcantarillado sanitario. Para ello, se determinan los parámetros y descriptores de Fragilidad y Resiliencia y luego se realiza la ponderación de Análisis Jerárquico o de Saaty para determinar los valores de vector de priorización utilizando lo indicado en el cuadro N° 01.

A. Cálculo de la vulnerabilidad física del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable

FRAGILIDAD FÍSICA			
Parámetro	0.5	Parámetro	0.5
Estado de conservación	Vector priorización	Antigüedad de infraestructura	Vector priorización
Muy Malo	0.416	Más de 50 años	0.409
Malo	0.262	Entre 40 a 50 años	0.285
Regular	0.161	Entre 30 a 40 años	0.156
Bueno	0.099	Entre 20 a 30 años	0.092
Muy Bueno	0.062	Menor a 20 años	0.059

RESILIENCIA FÍSICA			
Parámetro	0.5	Parámetro	0.5
Estado de obra de protección	Vector priorización	Mantenimiento del sistema	Vector priorización
No tiene obras de protección	0.423	Muy Malo	0.406
Deteriorada	0.269	Malo	0.282
Con obra inconclusa	0.157	Regular	0.166
Obra en estado regular	0.096	Bueno	0.090
Obra en estado óptimo	0.056	Muy Bueno	0.056

VULNERABILIDAD FÍSICA
0.413
0.274
0.160
0.094
0.058



[Handwritten signature]

B. Cálculo de la vulnerabilidad ambiental del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable

FRAGILIDAD AMBIENTAL	
Parámetro	0.5
Estado del suelo	Vector priorización
Deslizable	0.413
Muy suelto	0.272
Suelto	0.159
Rocoso	0.097
Compacto	0.059

RESILIENCIA AMBIENTAL	
Parámetro	0.5
Actividad de conservación ambiental	Vector priorización
Ninguna	0.470
Mínima	0.242
Eventual	0.161
Frecuente	0.076
Aplica siempre	0.050

VULNERABILIDAD AMBIENTAL
0.442
0.257
0.160
0.087
0.055



[Handwritten signature]

C. Cálculo de la vulnerabilidad social del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable

FRAGILIDAD SOCIAL	
Parámetro	0.5
Nivel de organización	Vector priorización
Muy deficiente	0.403
deficiente	0.278
Regular	0.180
Bueno	0.084
Muy Bueno	0.055

RESILIENCIA SOCIAL	
Parámetro	0.5
Población aplica conservación de sistema	Vector priorización
Nunca aplica	0.420
Rara vez aplica	0.266
Aplica	0.156
Frecuentemente aplica	0.106
Siempre aplica	0.052

VULNERABILIDAD SOCIAL
0.411
0.272
0.168
0.095
0.054



[Handwritten signature]

D. Cálculo de la vulnerabilidad económica del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable

FRAGILIDAD ECONÓMICA	
Parámetro	0.5
Ingresos vs Costo de tarifa por agua potable	Vector de priorización
Ingresos no cubren costo de tarifa	0.403
Ingresos cubren hasta un 25 % del costo de tarifa	0.278
Ingresos cubren hasta un 50 % del costo de tarifa	0.180
Ingresos cubren Hasta un 75 % del costo de tarifa	0.084
Ingresos cubren costo de tarifa	0.055

RESILIENCIA ECONÓMICA	
Parámetro	0.5
Ahorro por gasto de agua	Vector de priorización
Muy bajo nivel	0.423
Bajo nivel	0.269
Regular nivel	0.157
Alto nivel	0.096
Muy alto	0.056

VULNERABILIDAD ECONOMICA
0.413
0.273
0.169
0.090
0.055



[Handwritten signature]

E. Determinación de los niveles de vulnerabilidad del componente de captación de sistema de abastecimiento de agua potable

PESO DE IMPORTANCIA				VALOR DE VULNERABILIDAD
0.4	0.2	0.2	0.2	
VULNERABILIDAD FISICA	VULNERABILIDAD AMBIENTAL	VULNERABILIDAD SOCIAL	VULNERABILIDAD ECONOMICA	
0.413	0.442	0.411	0.413	0.419
0.274	0.257	0.272	0.273	0.270
0.160	0.160	0.168	0.169	0.163
0.094	0.087	0.095	0.090	0.092
0.058	0.055	0.054	0.055	0.056

Cuadro N° 15. Niveles de vulnerabilidad

Por componente del sistema de agua potable	
Nivel de vulnerabilidad	Rango
Muy Alta	$0.270 \leq V < 0.419$
Alta	$0.163 \leq V < 0.270$
Media	$0.092 \leq V < 0.163$
Baja	$0.056 \leq V < 0.092$

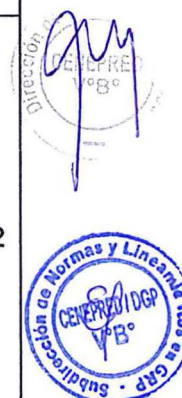
4.11 Estratificación de niveles de vulnerabilidad

Se menciona y describe por cada nivel de vulnerabilidad de cada parámetro y descriptor de fragilidad y resiliencia considerado por componente del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario para en el Análisis de la vulnerabilidad, considerando la vulnerabilidad física, vulnerabilidad ambiental, vulnerabilidad social y vulnerabilidad económica.

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Cuadro N° 16. Cuadro de estratificación de la vulnerabilidad

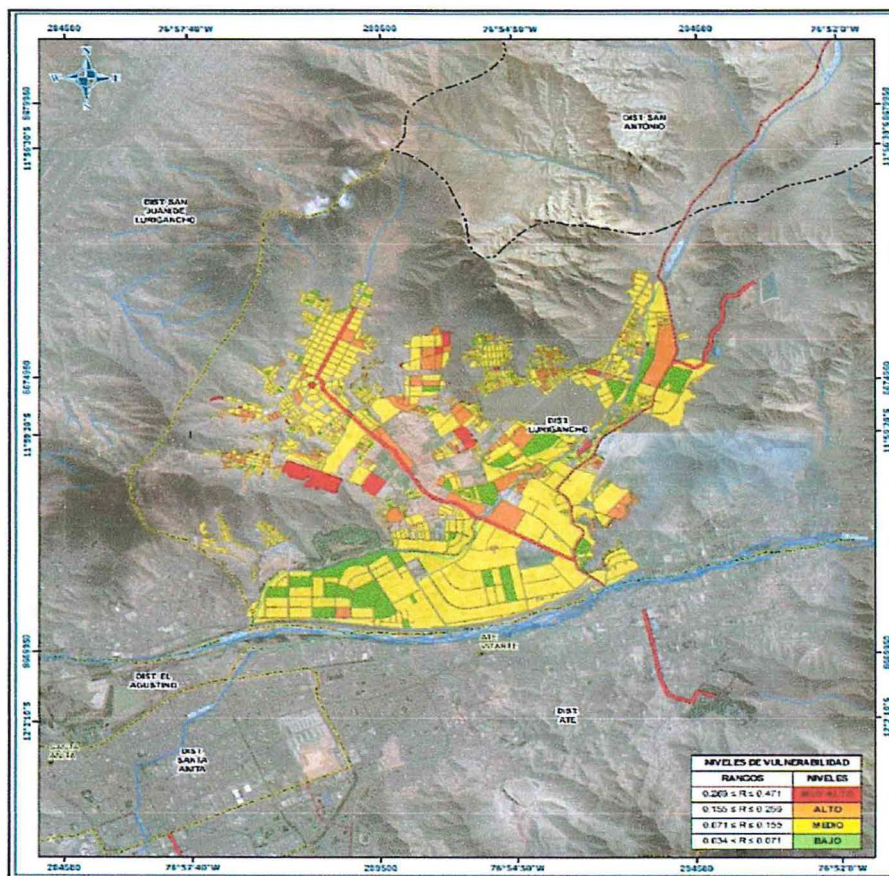
Nivel de vulnerabilidad	Descripción	Rangos
Vulnerabilidad Muy Alta	Estado de conservación muy malo. Antigüedad de infraestructura de más de 50 años. No tiene obras de protección. Muy mal mantenimiento del sistema. Estado del suelo deslizante. Ninguna actividad de conservación ambiental se aplica. Muy deficiente nivel de organización. Población no aplica actividades de conservación del sistema. Ingresos no cubren el costo de tarifa de agua potable. Muy bajo nivel de ahorro por gasto de agua.	$0.270 \leq V < 0.419$
Vulnerabilidad Alta	Estado de conservación malo. Antigüedad de infraestructura entre 40 a 50 años. Tiene obras de protección deterioradas. Mal mantenimiento del sistema. Estado del suelo muy suelto. Evidencia de depredación y deforestación en la zona. Población rara vez aplica prácticas de conservación del sistema. Deficiente nivel de organización. Ingresos cubren hasta un 25% del costo de tarifa de agua potable. Bajo nivel de ahorro por gasto de agua.	$0.163 \leq V < 0.270$
Vulnerabilidad Media	Estado de conservación regular. Tiene obras de protección inconclusas. Regular mantenimiento del sistema. Estado del suelo suelto. Eventualmente actividades de conservación ambiental. Población aplica prácticas de conservación del sistema. Regular nivel de organización. Ingresos cubren hasta un 50% del costo de tarifa de agua potable. Regular nivel de ahorro por gasto de agua.	$0.092 \leq V < 0.163$
Vulnerabilidad Baja	Estado de conservación muy malo. Tiene obras de protección en estado regular y óptimo. Buen y muy buen nivel de mantenimiento del sistema. Estado del suelo rocoso y compacto. Se evidencian reforestación parcial y actividades de conservación ambiental. Población frecuentemente y siempre aplican prácticas de conservación del sistema. Buen y muy buen nivel de organización. Ingresos cubren desde un 75% al 100 % del costo de tarifa de agua potable. Muy alto y alto nivel de ahorro por gasto de agua.	$0.056 \leq V < 0.092$



Handwritten signature

4.12 Elaboración del mapa de vulnerabilidad

Mapa N° 02. Mapa de vulnerabilidad



Handwritten signature in blue ink.



Handwritten signature in blue ink.

5. CÁLCULO DEL RIESGO

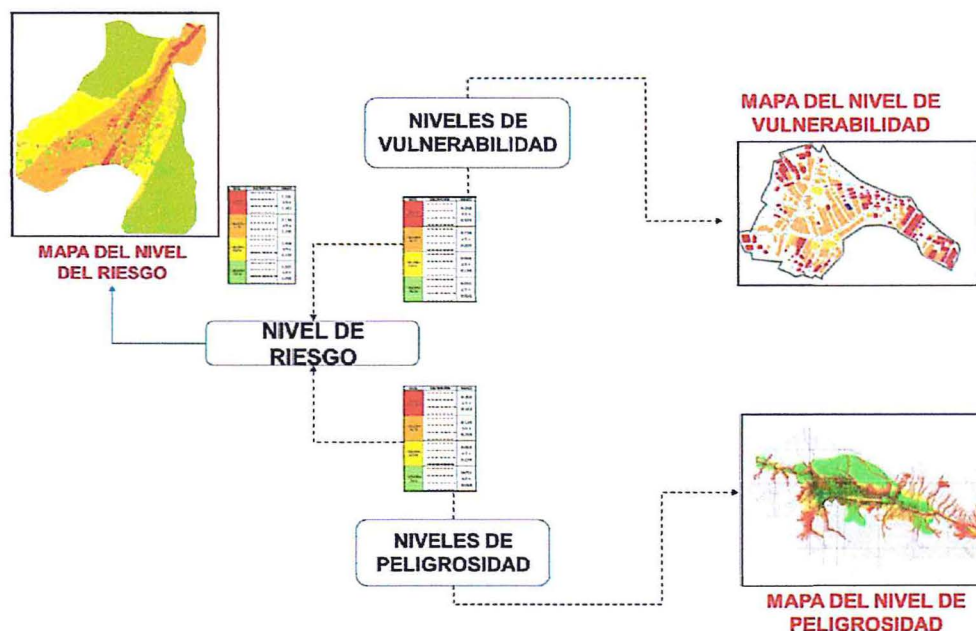
El cálculo del riesgo es relacionar el peligro y la vulnerabilidad con el fin de determinar los niveles del riesgo ante determinado peligro que se encuentre expuesto el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado para este caso.

Es el conjunto de acciones y procedimientos para la identificación de los peligros y análisis de la vulnerabilidad de elementos expuestos con fines de evaluar los riesgos (probabilidad de daños: pérdidas de vidas humanas e infraestructura), en función de ello, recomendar medidas de Prevención (medidas estructurales y no estructurales) y/o Reducción para reducir los efectos de los desastres.

Con el análisis de riesgo de los componentes del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado permitirá obtener un mapa de riesgos de dicho Sistema, en los cuales se tendrán identificados los componentes más vulnerables y críticos del Sistema y los peligros a las cuales está expuesto. Para su elaboración se debe superponer los planos del Sistema con los componentes identificados como más vulnerables y los mapas de los peligros identificados.

Para determinar el cálculo del riesgo de la zona, se utiliza el siguiente procedimiento:

Grafico N° 08. Flujograma para estimar los niveles del riesgo



Fuente: CENEPRED

5.1. DETERMINACIÓN DE NIVELES DEL RIESGO

Los niveles de riesgos se obtienen de multiplicar o relacionar los niveles de peligro con los niveles de vulnerabilidad del elemento expuesto, para este caso del componente abastecimiento de agua potable.

Cuadro N° 17. Niveles del riesgo

Por componente del sistema de abastecimiento de agua potable	
Nivel de riesgo	Rango
Muy Alto	$0.072 \leq P < 0.192$
Alto	$0.022 \leq P < 0.072$
Medio	$0.007 \leq P < 0.022$
Bajo	$0.002 \leq P < 0.007$



[Handwritten signature]

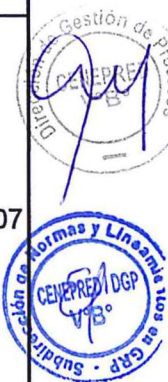
5.2. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO

Cuadro N° 18. Estratificación del riesgo

Nivel de Riesgo	Descripción	Rangos
Riesgo Muy Alto	Precipitación superior al Percentil 95, se presenta geomorfología de Arroyada, Glacis y/o Montaña intrusivo y/o Colina y loma intrusivo y/o Abanico-aluvial, con pendientes menores a 15°, situado en depósitos fluviales y/o aluviales, con un promedio mayor de 3 eventos asociados a precipitaciones por año y/o por lo menos 1 vez al año cada evento de El Niño. Estado de conservación muy malo. Antigüedad de infraestructura de más de 50 años. No tiene obras de protección. Muy mal mantenimiento del sistema. Estado del suelo deslizante. Ninguna actividad de conservación ambiental se aplica. Muy deficiente nivel de organización. Población no aplica actividades de conservación del sistema. Ingresos no cubren el costo de tarifa de agua potable. Muy bajo nivel de ahorro por gasto de agua.	$0.072 \leq P < 0.192$
Riesgo Alto	Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de colinas y lomas intrusivas, volcano-sedimentario y/o montaña, volcano-sedimentario y/o montaña intrusivo y/o Colina y loma intrusivo y/o Abanico-aluvial, con pendientes desde 15° a 25°, situado en depósitos aluviales y/o lava andesítica con un promedio de 3 a 4 eventos asociados a precipitaciones por año. Estado de conservación malo. Antigüedad de infraestructura	$0.022 \leq P < 0.072$

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

	entre 40 a 50 años. Tiene obras de protección deterioradas. Mal mantenimiento del sistema. Estado del suelo muy suelto. Evidencia de depredación y deforestación en la zona. Población rara vez aplica prácticas de conservación del sistema. Deficiente nivel de organización. . Ingresos cubren hasta un 25% del costo de tarifa de agua potable. Bajo nivel de ahorro por gasto de agua.	
Riesgo Medio	Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de talud de detritos y/o Colinas y lomas intrusivas, volcano-sedimentario y/o Montaña, volcano-sedimentario, con pendientes desde 15° a 45°, situado en depósitos coluviales y/o lava andesítica y con un promedio de 1 a 3 eventos asociados a precipitaciones por año. Estado de conservación regular. Tiene obras de protección inconclusas. Regular mantenimiento del sistema. Estado del suelo suelto. Eventualmente actividades de conservación ambiental. Población aplica prácticas de conservación del sistema. Regular nivel de organización. . Ingresos cubren hasta un 50% del costo de tarifa de agua potable. Regular nivel de ahorro por gasto de agua.	$0.007 \leq P < 0.022$
Riesgo Bajo	Precipitación superior al Percentil 95, presenta geomorfología de Fondo de Valle y/o Cantera y/o Terraza fluvial y/o Talud de detritos, con pendientes mayores a 25°, situado en depósitos coluviales y/o Intrusivo Básico y con un promedio menor a 2 eventos asociados a precipitaciones por año. Estado del suelo rocoso y compacto. Se evidencian reforestación parcial y actividades de conservación ambiental. Población frecuentemente y siempre aplican prácticas de conservación del sistema. Buen y muy buen nivel de organización. Ingresos cubren desde un 75% al 100 % del costo de tarifa de agua potable. Muy alto y alto nivel de ahorro por gasto de agua.	$0.002 \leq P < 0.007$

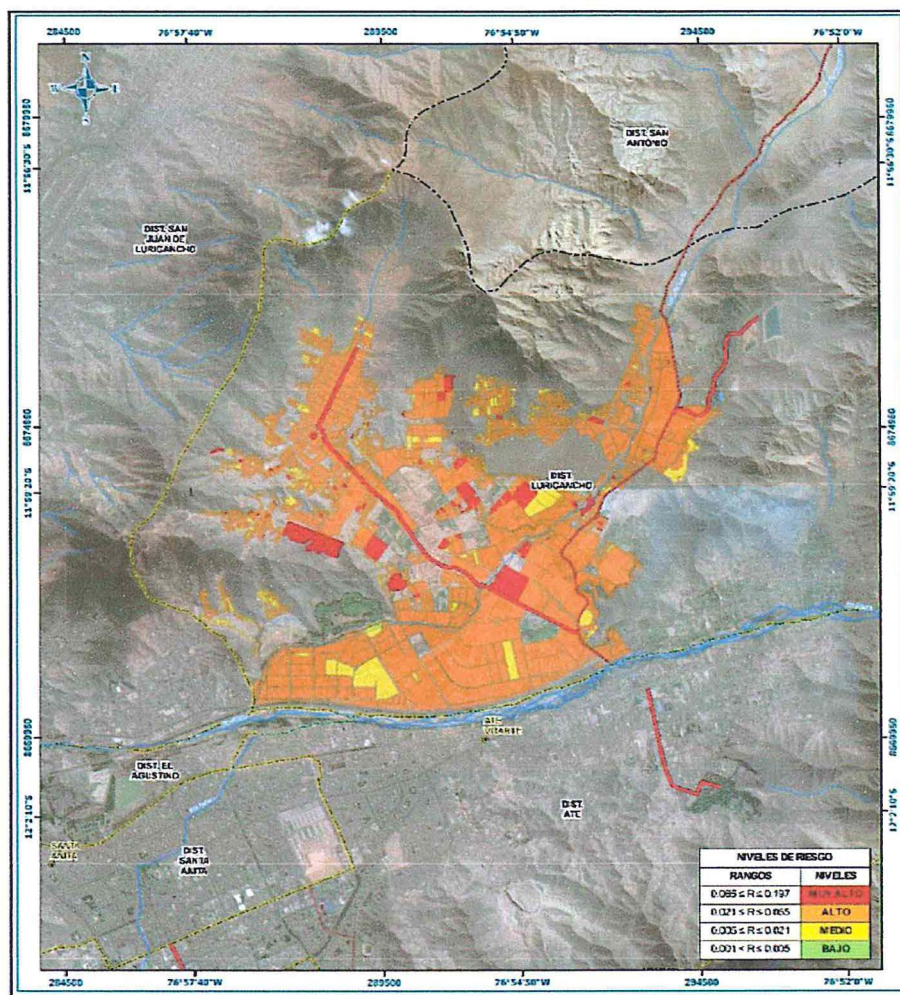


5.3. MAPA DE RIESGOS

De la

Con el cálculo de riesgo de los componentes del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado permitirá obtener un mapa de riesgos de dicho Sistema, en los cuales se tendrán identificados los componentes más vulnerables y críticos del Sistema y los peligros a las cuales está expuesto. Para su elaboración se debe superponer los planos del Sistema con los componentes identificados como más vulnerables y los mapas de los peligros identificados.

Mapa N° 03. Mapa de riesgos



[Firma manuscrita]

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

5.4. MATRIZ DE RIESGOS

La matriz de riesgos se obtiene de relacionar los niveles de peligro y los niveles de vulnerabilidad.

Cuadro N° 19. Matriz de riesgos (Textual)

MATRIZ DE RIESGOS				
Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Medio
NIVEL	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Cuadro N° 20 Matriz de Riesgo

PMA	0.458	0.042	0.075	0.124	0.192
PA	0.267	0.025	0.044	0.072	0.112
PMA	0.133	0.012	0.022	0.036	0.056
PB	0.071	0.007	0.012	0.019	0.030
		0.092	0.163	0.270	0.419
		VB	VM	VA	VMA

5.5. CALCULO DE LOS EFECTOS PROBABLES

Consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles, al evaluar el riesgo, relacionando los peligros y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias ante un determinado evento.

Cuadro N° 21

Efectos probables del componente captación, distribución de sistema de agua potable

Efectos probables	Total	Daños probables	Pérdidas probables
1 Reservoirio elevado soportado con portico de Concreto Armado < a 4 columnas	49,000,000.00	49,000,000.00	
1500 m de tubería PAD (polietileno de alta densidad) -HD (Hierro Ductil)	150,000.00	150,000.00	
Pérdidas probables			
12 000 000 m3 de agua potable			
Costos de adquisición de tuberías PAD-HD	15,000,000.00		15,000,000.00
Costos de adquisición de servicios para reinstalación y mano de obra directa	2,000,000.00		2,000,000.00
Total	66,150,000.00	49,150,000.00	17,000,000.00

6. CONTROL DEL RIESGO

El Sector de Agua y Saneamiento necesita de un enfoque multidisciplinario y holístico para abarcar las relaciones lógicas que mantienen los elementos que la componen. Al mismo tiempo, cada uno de los servicios (Suministro de Agua, Disposición y Recolección de Aguas Residuales, Manejo y Disposición final de Desechos Sólidos) requiere una metodología particular para controlar el riesgo.

6.1. ACEPTABILIDAD O TOLERANCIA DEL RIESGO

Se considera el siguiente caso para ilustración:

- **Peligro por lluvias intensas**

Tipo de Peligro: Hidrometeorológico

Tipo de Fenómeno: Lluvias intensas

Elementos Expuestos: Infraestructura de Sistema de abastecimiento de agua potable.

- Valoración de las consecuencias:

Muy Alta

Los peligros asociados al fenómeno de lluvias intensas destruyen infraestructura de material estructural.

Cuadro N° 22. Valoración de consecuencias

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad



GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

- Valoración de Frecuencia de Recurrencia:

Baja

Flujo de detritos son muy eventuales, por lo que la valoración de la frecuencia de recurrencia sería baja.

Cuadro N° 23. Valoración de frecuencia de recurrencia

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

- Nivel de Consecuencia y Daño (Matriz): Alta

El nivel Alta de Consecuencia y Daño se obtiene al interceptar consecuencia (Muy Alta) y Frecuencia (Baja).

Cuadro N° 24. Nivel de Consecuencia y Daño

Consecuencias	Nivel	Zona de consecuencias y daños			
Muy alta	4	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy alta



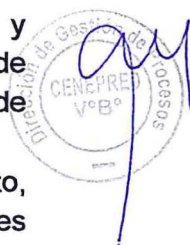
[Handwritten signature]

7. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE REDUCCIÓN A SER CONSIDERADAS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

La identificación y determinación de las medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres permite programar las acciones para reducir los efectos del peligro sobre el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado sanitario. A continuación, se presentan una relación de diferentes medidas no estructurales a evaluarse para cada caso en particular:

Medidas no estructurales

- Formulación de las operaciones de emergencia, realización de convenios y acuerdos con otras instituciones, formulación y desarrollo de cursos de capacitación, asignación de recursos materiales y la identificación de proyectos de reforzamiento de los componentes del sistema.
- Las medidas deben incorporarse en las actividades de operación y mantenimiento, ya que constituyen una excelente oportunidad para incorporarlas en las funciones diarias. Es muy importante considerar que para un eficiente manejo de recursos, se requiera una buena administración, basada en el desarrollo y grado de formación del personal. La capacitación y entrenamiento deben estar dirigidos a to nivel.
- Disponer de un marco legal consecuente que permita y propicie la aplicación de las medidas preventivas.
- Cumplimiento con las Normas Técnicas tanto en el ámbito de estudios y diseños como en la construcción, de manera que se pueda garantizar la seguridad de los sistemas sobre el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado sanitario, ante el riesgo de desastres.
- La ejecución de un programa de prevención en las instituciones administradoras de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario obtendrá un mejor resultado, considerando los siguientes medidas:
 - a. Aplicar las medidas preventivas, considerando los mayores desastres y la disponibilidad de información apropiada a corto plazo.
 - b. Aplicación integrada de las medidas en un solo programa que contenga diferentes niveles de ejecución en función de los recursos existentes.
 - c. Localización de las áreas prioritarias donde la aplicación de las medidas preventivas sea más necesaria.
 - d. Administración apropiada de las medidas que garanticen la asignación de recursos y la aplicación acertada de las mismas.
 - e. Introducción de todas las medidas preventivas en las funciones diarias de las instituciones administradoras de los servicios.
 - f. Asignación de recursos financieros para la implementación de las medidas preventivas que comprendan acciones de índole física y normativa, debido a que éstas generan un mayor uso de recursos económicos, tales como el mejoramiento



GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

de la infraestructura existente, nuevas obras, códigos de diseño y construcción, sistemas de drenaje, etc.

Para reducir el riesgo se debe previamente identificar y caracterizar los peligros que pudieran impactar a los sistemas y sus componentes, para luego tomar las consideraciones pertinentes. En esta identificación debe señalarse la prioridad relativa del peligro de acuerdo a la frecuencia y magnitud de las mismas; así como determinadas medidas de prevención y mitigación ante desastres, que deben ser tomadas en cuenta por los Responsables de los proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, localizados en áreas de Riesgo.

Para garantizar que se implementen medidas que permitan programar las acciones previas para reducir los efectos del peligro sobre el sistema, se deben incluir en el proceso de planificación de los proyectos para la sostenibilidad del mismo. Por tanto la gestión del ciclo del proyecto, es una oportunidad para incluir la Reducción de Riesgo ante Desastre y Reducir la Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado ante cualquier Desastre.

Para sistema de abastecimiento de agua potable:

En captaciones de agua potable:

- a. Disponer de mapas de microzonificación, que permitan conocer las áreas con estructuras hidrogeológicas e hidrológicas disponibles, para localizar obras de captaciones principales y alternas que alimenten los Sistemas de Tratamiento y tanques de almacenamiento.
- b. En las Fuentes de Aguas Superficiales se deben realizar análisis físicos-químicos y bacteriológicos de la calidad del agua. En las Fuentes Subterráneas se debe considerar la topografía de la cuenca de la captación, naturaleza del suelo, posibles focos de contaminación interna y externa y usos.
- c. Tomar en cuenta medidas de protección en el entorno a la captación, tales como reforestación, caracterización de peligros inducidos por la acción humana hacia la fuente, cerco perimetral, etc.
- d. Identificar la frecuencia esperada, así como los niveles críticos y potenciales de inundación para los diferentes períodos de retorno, según el área de ubicación del proyecto.
- e. Realizar los estudios geotécnicos de la zona, para ubicar correctamente las obras de captación.
- f. En lo posible, las obras de toma en ríos se deben ubicar en el área menos vulnerable, evitando zonas de deslizamiento e inundación.
- g. Identificar y analizar las fuentes alternas de Abastecimiento de Agua, Municipales o Privadas, que puedan ser utilizadas en casos de desastres.
- h. Evaluar las características físicos-químicas y bacteriológicas del Agua a captarse y las fluctuaciones del nivel freático según la estación del año.

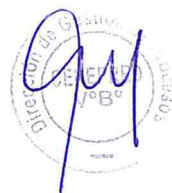


En tubería de conducción y distribución de agua:

Considerar la utilización de juntas flexibles en los tramos de tuberías que cruzan fallas geológicas, áreas inestables o en transiciones de suelos firmes o suelos inestables.

En estaciones de bombeo:

- a. En estaciones de bombeo se debe considerar la instalación de un equipo adicional para emergencia.
- b. Prever costos para instalación de plantas de emergencia generadoras de energía eléctrica, por los diferentes peligros.
- c. Diseñar la ubicación equipos electromecánicos sobre la cota de inundación o implementar obras de protección.
- d. Realizar diseños apropiados para el anclaje de los equipos de bombeo.
- e. Establecer diseños que permitan, en lo posible, la protección de las estructuras y equipos electromecánicos



En Tanques de Almacenamiento:

Prever costos para obras de protección de las instalaciones por los diferentes peligros.

[Handwritten signature]

Para sistema de alcantarillado sanitario

- a. Prever el suministro de equipos y herramientas mínimos para el mantenimiento preventivo y correctivo. Definir equipo mínimo para cada actividad rutinariamente y durante una emergencia.
- b. Considerar el establecimiento de dispositivos de derivación de sobreflujo en las líneas o colectores principales de Alcantarillado Sanitario.
- c. Proyectar la localización de las plantas de tratamiento de aguas residuales, en zonas donde los derrames por fisuras, alivio de excesos de flujo, etc. puedan fluir hacia áreas donde se ocasione un menor impacto ambiental (contaminación de fuentes, problemas epidemiológicos, afectación a las actividades económicas, etc.).
- d. Identificar e incluir rutas alternas para el acceso a los componentes de del Sistema de Alcantarillado Sanitario (Colectoras, Tratamiento, Disposición final).

7.1. PRINCIPALES PELIGROS Y SUS EFECTOS SOBRE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Los principales peligros que afectan a los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario y que deben ser consideradas al incorporar medidas de prevención y reducción para las diferentes etapas en el ciclo del proyecto, se describen a continuación:

7.1.1. INUNDACIONES

Estas son originadas por precipitaciones intensas o extraordinarias. Las lluvias intensas o extraordinarias pueden producir crecidas en los ríos, crecimiento anormal del mar. En ambos casos la influencia de la topografía del terreno es importante, así como la humedad del suelo y su composición geológica.

Los fenómenos hidrometeorológicos que provocan las inundaciones ocasionan:

- Inundaciones fluviales: Se producen cuando por efecto de las lluvias, el agua excede la capacidad del cauce del río.
- Inundaciones pluviales: Producidas por lluvias o lluvias intensas que superan la capacidad de drenaje de un área geográfica.

Los daños más frecuentes que ocasionan estos eventos son:

- a. Daños, afectación y destrucción de viviendas situadas en las proximidades de los cauces de ríos, canales de drenaje artificiales y las orillas de los lagos.
- b. Inundaciones de zonas pobladas ubicadas en áreas bajas, de bajas pendientes o mal drenadas, que pueden afectar la infraestructura y los servicios.



GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

7.1.1.1. Afectaciones más frecuentes a sistemas de agua potable por inundaciones

Afectación	Ubicación del daño
Daños estructurales	Destrucción total o parcial de las obras de captación de agua situadas en ríos y quebradas. Destrucción de galerías de infiltración. Daños o destrucción a estaciones de bombeo, estructuras y sistemas eléctricos. Socavación de las bases de estructuras. Daños a equipos electromecánicos, bodegas y materiales almacenados. Afectación, roturas y daños en tapas de tanques y reservorios. Afectación y daños en tuberías instaladas en puentes o pasos elevados, ubicadas por debajo de la máxima crecida. Daños en las bases y posible colapso de las tuberías. Afectación, roturas y desacoples de tuberías por deslizamiento y torrentes de agua.
Otras afectaciones	Daño, impacto, destrucción y afectación en zonas de captación de caudales de agua por cambios de curso del flujo y perfil en los cauces. Afectación y anegamiento de Plantas de Tratamiento de Agua Potable ubicadas en zonas inundables. Afectación y azolvamiento de desarenadores y micro presas. Exposición de tuberías de conducción de agua potable por erosión en laderas y zanjas. Daños y concurrencia de problemas colaterales como suspensión de energía eléctrica, cortes de caminos, telecomunicaciones y de sistemas de control a distancia.
Calidad del agua	Contaminación con sedimentos, residuos y/o agentes biológicos en pozos perforados o excavados. Incremento de la turbiedad en fuentes superficiales. Aguas estancadas con proliferación de vectores, mosquitos, zancudos, roedores y otros fuentes de diseminación de epidemias y otras enfermedades.

[Firma manuscrita]

7.1.1.2. Afectaciones más frecuentes a los sistemas de alcantarillado sanitario por inundaciones

Afectación	Ubicación del daño
Otras	Afectaciones, obstrucciones y derrames de los pozos de visita en los sistemas de alcantarillado sanitario. Pérdidas de tapas de pozos de visita. Afectaciones a sistemas de tratamiento y posible contaminación por derrame de sustancias residuales, sustancias peligrosas y lodos. Colapso de infraestructura. Afectaciones que provocan anegación de letrinas sanitarias y otras estructuras de disposición de excretas. Afectaciones a estaciones de bombeo, estructuras y sistemas eléctricos. Socavación de las bases de estructuras. Afectaciones a equipos electromecánicos y materiales almacenados. Afectaciones en tuberías instaladas en puentes o pasos elevados, ubicadas por debajo de la máxima crecida. Fallas en las bases; posible colapso de la tubería. Afectaciones o destrucción de caminos de acceso a los lugares de obras.



[Handwritten signature]

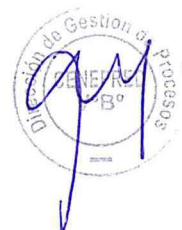
7.1.2. SISMOS

En el Perú, el mayor peligro sísmico se presenta a consecuencia de la presencia de la cordillera de los andes y por acción de la placa de Nazca y placa Continental. Se han observado mucha ocurrencia en la zona sur y centro del país. Sin embargo, no podemos descartar la probabilidad de ocurrencia de sismos en las demás regiones.

Las principales manifestaciones negativas en los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario por ocurrencia de sismos pueden ser:

- a. Fallas en el suelo y subsuelo.
- b. Hundimientos que afectan drásticamente las obras de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.
- c. Derrumbe de taludes y avalanchas.
- d. Daños por inundación en la costa adentro por ser el sismo con epicentro en el mar o cercano al mismo un factor desencadenante para la ocurrencia de tsunamis y su posterior impacto.

Considerando la ubicación de los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, las principales afectaciones pueden ser las siguientes:



7.1.2.1. Afectaciones a los sistemas de agua potable por sismos

Afectación	Ubicación del daño
Daño estructural	Impacto o destrucción total o parcial de zonas de captaciones, pozos perforados, conducciones, estructuras de almacenamiento, unidades de tratamiento y redes de distribución. Afectación, impacto y roturas de tuberías de conducción y/o distribución; daños en las uniones entre tuberías y en las uniones de las tuberías con tanques. Afectación y fracturas en la base de los tanques, reservorios y estructuras de bombeo y de energización. Destrucción de componentes del sistema eléctrico. Afectación, impacto y daños en laboratorios analíticos (sobre todo en cristalería, en reactivos, instrumentos y equipos.). Afectación por inundación costa adentro por el impacto de tsunamis e introducción de agua marina en acuífero costero. Fracturas en los diques de obras de agua. Rotura o caída de placas/laminas en las unidades de floculación y sedimentación en plantas de tratamiento de agua. Caída de cilindros de cloro y posible fuga del gas.
Otra afectación	Alteración del nivel de capas freáticas. Alteración de sitio de salida de aguas de manantiales y/o cambio de nivel de capa freática. Alteración del caudal de fuentes superficiales debido al bloqueo o desviación de los cursos de corrientes de agua, o de aguas subterráneas por los cambios en el subsuelo. Desplazamientos de bolsas de agua subterráneas localizadas a consecuencia del movimiento de fallas. Interrupciones del fluido eléctrico, las comunicaciones y los caminos de acceso. Incendios Pérdida de comunicaciones, señal de internet y afines.
Calidad de agua	Modificaciones momentáneas de la calidad del agua de fuentes superficiales provocadas por deslizamientos de tierra a causa del sismo.



[Handwritten signature]

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

7.1.2.2. Afectaciones a los sistemas de alcantarillado sanitario por sismos

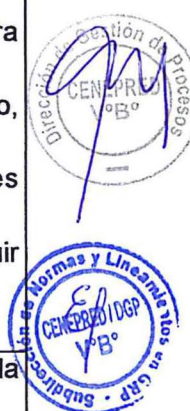
Afectación	Ubicación del daño
Daño estructural	Fracturas en los diques de las obras de tratamiento de aguas residuales; daños en equipos electromecánicos, postes, cables, paneles eléctricos, transformadores y otros equipos que no se encuentren debidamente anclados. Roturas de tuberías y uniones en redes, colectoras, interceptoras y pozos de visita. Fracturas en la base de los estructuras de bombeo de aguas residuales y de energía. Daños en laboratorios analíticos (cristalería, reactivos, instrumentos, etc.).
Otros daños	Interrupciones del fluido eléctrico, telecomunicaciones y caminos de acceso.
Contaminación	Afloramiento de aguas residuales en las calles.

7.1.3. SEQUÍAS

Las sequías se caracterizan por períodos secos muy prolongados y constituyen un peligro para las fuentes de abastecimiento de agua sobre todo las superficiales y sub superficiales.

7.1.3.1. Efectos de la sequía en los sistemas de abastecimiento de agua que inciden en las fuentes

Afectación	Ubicación del daño
Afectación	Reducciones drásticas de la producción de las fuentes de agua o la extinción de la fuente. Reducción del rendimiento en la captación de agua por parte de la estructura de toma de aguas superficiales y aún subterráneas. Reducción de las fuentes subterráneas por descenso del nivel freático, disminución del rendimiento de pozos y mayor altura de bombeo. Disminución del caudal de producción de las captaciones superficiales debido a la reducción del caudal base de los ríos y manantiales. Modificaciones de la calidad del agua suministrada, al tener que distribuir con camiones y cisternas, e incremento de costos de distribución. Racionamiento de agua y suspensión del servicio.
Calidad del agua	Contaminación de las fuentes superficiales debido a disminución de la capacidad auto purificadora originada por la disminución del caudal.



De la D.

7.1.4. DESLIZAMIENTOS

Los movimientos de masas de tierras o laderas constituyen un peligro a la vida humana, a los cultivos y a la infraestructura pública y privada en especial a los caminos y carreteras. Los deslizamientos ocurren sobre todo en las zonas de laderas de pendiente pronunciada. A diferencia de otros fenómenos como erupciones volcánicas y sismos, los deslizamientos pueden ser inducidos o provocados, e incluso previstos y evitados por la acción del hombre.

Los deslizamientos en nuestro país, usualmente son consecuencias de fenómenos primarios tales como precipitaciones que saturan el subsuelo o por sismos. También pueden ocurrir por efectos de la actividad humana, asociados a condiciones socioeconómicas. Por ejemplo, las estructuras de servicio de agua potable ubicadas en terrenos inestables, que saturan el suelo por la falta de un adecuado drenaje, pueden desencadenar deslizamientos.

Las principales afectaciones producidas por los deslizamientos pueden ser:

- Afectación del flujo normal de las corrientes de agua en los ríos y quebradas, por represamiento debido a la acumulación de masas de tierra y rocas en sus lechos.
- Hundimientos del terreno o desplazamientos.
- Cortes de terrenos en las vías de comunicación.
- Afectación a las estructuras viales, puentes, drenajes, viviendas, etc.

7.1.4.1. Afectaciones a los sistemas de agua potable por deslizamientos

Afectación	Ubicación del daño
Daño estructural	Daño parcial o total a las obras de captación y conducción ubicadas en las trayectorias de los deslizamientos activos. Daños estructurales en reservorios ubicados en laderas que pueden tornarse inestables por causa de fugas o reboses del mismo reservorio, erosión, inadecuada evacuación de aguas lluvias, etc.
Otros daños	Variación en la capacidad de producción de las fuentes superficiales de agua. Afectaciones y/o suspensión del servicio de energía eléctrica que incide en la interrupción del abastecimiento de agua potable, parcial o totalmente. Impactos indirectos a los servicios de abastecimiento de agua por daños a caminos y telecomunicaciones. Pérdidas económicas de la empresa operadora por no brindar el servicio de abastecimiento.
Calidad del agua	Modificaciones de la calidad física y química del agua cruda, que genera problemas en las plantas potabilizadoras.



[Handwritten signature]

7.1.4.2. Afectaciones a los sistemas de alcantarillado sanitario por deslizamientos

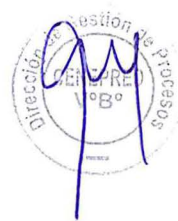
Afectación	Ubicación del daño
Daño estructural	Daño parcial o total de obras en plantas de tratamiento y colectoras ubicadas en las trayectorias de los deslizamientos activos
Otros daños	Atascamiento de tuberías de recolección, debido a la acumulación de lodos y sedimentos. Impactos indirectos por daños a caminos, servicio de energía y sistemas de comunicación. Contaminación por aguas residuales por falla de las colectoras y plantas de tratamiento.

7.1.5. ERUPCIÓN VOLCÁNICA

Nuestro país es uno de los países que presenta actividad volcánica, siendo los principales problemas asociados a este fenómeno los flujos de lava, caída de cenizas, flujos de lodo o lahares, avalancha de escombros, flujos piroclásticos. Otro problema que podría presentarse es la lluvia ácida, como resultado de la contaminación del aire con gases y otros materiales expulsados por los volcanes, que podrían alcanzar varios kilómetros de altura. La magnitud del impacto depende de los volúmenes y características de los materiales expulsados. La frecuencia de ocurrencias es muy variable.

Los efectos más significativos de las erupciones volcánicas son los siguientes:

- Microsismicidad.
- Deslizamientos de laderas por vibraciones locales.
- Daños a infraestructuras de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, debido a la caída de cenizas, rocas, lavas, lahares, lluvias ácidas y emanación de gases.
- Daños al sistema de generación y distribución eléctrica.
- Interrupción del tráfico aéreo, por efecto de las cenizas.



[Handwritten signature]

7.1.5.1. Afectaciones a los sistemas de agua potable por erupciones volcánicas

Afectación	Ubicación del daño
Daño estructural	Daño y destrucción de las obras localizadas en las áreas de influencia directa de los flujos de lava. Problemas estructurales en los edificios del sistema de abastecimiento y plantas de potabilización y tanques de almacenamiento, por las cargas de cenizas y otros materiales. Afectación a las estaciones de bombeo, en particular equipos electromecánicos.
Otros daños	Obstrucción de las obras de captación, desarenadores, tuberías de conducción, floculadores, sedimentadores y filtros. Obstrucción de obras de drenaje asociadas al sistema de abastecimiento. Afectaciones al sistema de distribución de energía eléctrica, comunicaciones y caminos. Destrucción de caminos de acceso a los sistemas, líneas de transmisión de energía eléctrica y de sistemas de comunicación. Afectación a las cuencas hidrográficas provocadas por incendios y acumulación de material contaminante producto de la erupción. Pérdidas económicas de la empresa operadora por no brindar el servicio de abastecimiento (aplica el caso de empresas autofinanciadas).
Calidad del Agua	Contaminación de ríos, quebradas y pozos excavados en zonas de deposición de materiales expulsados. Modificación de la calidad del agua en captaciones superficiales y reservorios abiertos, por caída de cenizas. Contaminación de pozos excavados carentes de tapa sanitaria.



De la D.

7.1.5.2. Afectaciones a los sistemas de alcantarillado sanitario por erupciones volcánicas

Afectación	Ubicación del daño
Daños estructurales	De acuerdo al grado de intensidad de la sismicidad originada por vulcanismo, pueden romperse diques de sistemas de tratamiento u otros
Otros daños	Obstrucción en las tuberías colectoras, subcolectoras de estructuras de tratamiento por caída de arenas y cenizas en los pozos de vista o por penetración desde las conexiones domiciliarias. Afectación al proceso biológico en las lagunas de estabilización y de otros procesos de tratamiento. Cementación de cenizas dentro de tuberías, principalmente en sistemas de alcantarillado y en obras de tratamiento.

7.1.6. PELIGROS INDUCIDOS POR LA ACCIÓN HUMANA

La experiencia mundial indica que los peligros inducidos por la acción humana u originada por el ser humano se caracterizan por ser muy impredecibles, violentos y de difícil localización.

Los principales daños o afectaciones originados por la acción u omisión del hombre pueden resumirse en lo siguiente:

- a. Fallas de los sistemas de seguridad de las instalaciones y edificios.
- b. Derrames deliberados o accidentales de sustancias tóxicas.
- c. Derrames de petróleo y sus derivados.
- d. Explosiones de instalaciones industriales.
- e. Incendios forestales provocados.
- f. Conflictos armados internos y externos.
- g. Incendios en las instalaciones.
- h. Incendio en centros poblados.
- i. Paro por interrupción del servicio de energía.
- j. Sabotaje.
- k. Accidentes laborales graves en la fase de construcción o de operación de obras de agua potable y alcantarillado sanitario.



La magnitud de los desastres causados por acciones humanas, varía de acuerdo al tipo y localización del peligro. A continuación se presentan los principales daños que se pudieren presentar en los sistemas de abastecimiento de agua y de alcantarillado sanitario.

7.1.6.1. Afectaciones a los sistemas de agua potable por peligros inducidos por acción humana

Afectación	Ubicación del daño
Daño estructural	Daños derivados de deficiencias en el diseño, construcción u operación. Daños derivados de la mala operación o inadecuado funcionamiento del sistema de abastecimiento. Afectaciones a las tuberías de aducción y distribución de agua. Problemas estructurales en los edificios del sistema de abastecimiento y plantas de potabilización.
Otros daños	Operación del sistema de tratamiento de agua por la mala calidad del servicio, en lo referente a la cantidad y en continuidad. Afectaciones al sistema de distribución de energía eléctrica, comunicaciones y caminos. Afectación a las estaciones de bombeo. Afectación a cualquier tipo de estructura en el servicio (válvulas, hidrantes, etc.). Accidentes por falta de utilización de equipos de

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Calidad del Agua	Contaminación de la fuente abastecimiento de agua del sistema de abastecimiento. Daños a la salud de operadores. Consecuencias epidemiológicas debido a fallas del sistema. Fugas de cloro gas y derrames de otras sustancias químicas utilizadas en los procesos de tratamiento.
------------------	---



7.1.6.2. Afectaciones a los sistemas de alcantarillado sanitario por peligros inducidos por acción humana

Afectación	Ubicación del daño
Daños Estructural	Daños derivados de deficiencias en el diseño, construcción u operación. Daños derivados de la mala operación o inadecuado funcionamiento del sistema. Afectación a las colectoras o redes de recolección por descargas de sustancias corrosivas o tóxicas Afectación a las estaciones de bombeo de aguas residuales. Problemas estructurales del sistema de tratamiento de aguas residuales y edificios.
Otros Daños	Mala operación del sistema de tratamiento de aguas residuales. Inhibición del proceso biológico en las lagunas de estabilización, y en los sistemas de tratamiento mecanizados. Afectaciones al sistema de distribución de energía eléctrica, comunicaciones y caminos. Fugas de reactivos y derrames de otras sustancias químicas utilizadas en los procesos de tratamiento de aguas residuales.
Contaminación	Daños a cuerpos receptores o fuentes por derrames deliberados o accidentales de aguas residuales. Fugas de cloro gas y derrames de otras sustancias químicas utilizadas en los procesos de tratamiento y Daños a la salud de operadores. Consecuencias epidemiológicas debido a fallas del sistema o por contaminación ambiental por vertido de efluentes.



Handwritten signature

Referencias bibliográficas

1. Manual para Evaluación de riesgos inducidos por acción humana. CENEPRED. 2014.
2. Manual para Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. CENEPRED. 2014.
3. Abastecimiento de Agua. Aspectos Ambientales. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias y Tecnologías. Digital.
4. Documentos I, II y III del Programa Nacional de capacitación en Gestión del Riesgo. Secretaria del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de desastres. 2004.
5. Emergencias y Desastres en Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario: Guía para una repuesta Eficaz- Segunda Edición. Organización Panamericana de la salud (OPS) y Organización Mundial de la salud (OMS). Asociación de Ingeniería Sanitaria ambiental (AIDIS). 2004.
6. Guías Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad en los Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. 2003.
7. Guía técnica de soporte para identificar, reducir y formular planes de contingencia por riesgos sobre la calidad del agua para consumo humano. Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. Decreto 1575-2007.
8. Instrumento de apoyo para el Análisis y la Gestión de riesgos Naturales en el ámbito Municipal de Nicaragua. Guía para el Especialista. COSUDE.- Ayuda Humanitaria y Cuerpo Suizo de Ayuda Humanitaria. Nicaragua. 2002.
9. La Gestión de Riesgo y los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Ing. Cesar Manssur Salomón (Consultor). Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmicas y Mitigación de Desastres. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. (CISMID-FIC-UNI). Digital.
10. Manual para la evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los desastres. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2003.
11. Mitigación de desastres naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarilla Sanitario. Guías para el análisis de vulnerabilidad. Serie Mitigación de Desastres. Washington. D. C. Organización Panamericana de la salud (OPS) y Organización Mundial de la salud (OMS). 1998.



Handwritten signature

GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

12. Reducción del Riesgo De Desastres en la Gestión del Ciclo del Proyecto. Herramientas para Oficiales de Programas y Gerentes del Proyecto. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Medio Oriente y Norte de África.
13. Servicios de Consultoría para la Elaboración del Estudio de Pre Inversión a Nivel de Perfil y Factibilidad del Proyecto, Rehabilitación y Mejoramiento de la Planta N° 1 de la Atarjea. Concurso Público Nacional N° 0008-2006-SEDAPAL.
14. Guía para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública de servicios de saneamiento básico urbano, a nivel de perfil, incorporando la gestión del riesgo en un contexto de cambio climático. 2015. Ministerio de Economía y Finanzas.

