



## **ENTE REGULADOR DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

# **GUIA TÉCNICA Y PROTOCOLOS PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS EN LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO**

**PROGRAMA CONJUNTO EN AGUA Y SANEAMIENTO HONDURAS  
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD  
(OPS/OMS)**

Tegucigalpa M.D.C. Honduras C.A



## INDICE

PRESENTACION

SIGLAS Y ABREVIATURAS

- I. INTRODUCCIÓN
- II. LOS FENÓMENOS NATURALES Y SUS EFECTOS EN LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO
- III. INCORPORACIÓN DE CRITERIOS PARA LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN LA GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA DE ACUERDO AL CICLO DE PROYECTO.
  - III.1 FASE DE ESTUDIO
  - III.2 FASE DE DISEÑO
  - III.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN
  - III.4 ETAPA DE OPERACIÓN
- IV. INCORPORACIÓN DE CRITERIOS PARA LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN LA GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO DE ACUERDO AL CICLO DE PROYECTO
  - IV.1 FASE DE ESTUDIO
  - IV.2 FASE DE DISEÑO
  - IV.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN
  - IV.4 ETAPA DE OPERACIÓN

GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS

BIBLIOGRAFIA

ANEXO.  
PROTOCOLO PARA LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD Y PREPARATIVOS DE RESPUESTA EN SITUACIONES DE EMERGENCIAS Y DESASTRES EN LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

SIGLAS	
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CESCCO	Centro de Estudios y Control de Contaminantes
CONASA	Consejo Nacional de Agua y Saneamiento
ERSAPS	Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento
FHIS	Fondo Hondureño de Inversión Social
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
SANAA	Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
SdS	Secretaría de Salud
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
UGSA	Unidad de Gestión Sanitaria Ambiental
ABREVIATURAS	
APS	Agua Potable y Saneamiento
EDAN	Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades
HDP	Polietileno de Alta Densidad
HFD	Hierro Fundido Dúctil
ITCZ	Intertropical Convergence Zone
NPSH	Net Positive Suction Head (Carga Positiva Neta de Succión)
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ONGs	Organizaciones No Gubernamentales
SAS	Sistemas de Agua y Saneamiento
SINAGER	Sistema Nacional de Gestión de Riesgos
TSA	Técnicos de Salud Ambiental.
UMAs	Unidad Municipal Ambiental
ZIC (ITZ)	Zona Intertropical de Convergencia



## I. INTRODUCCIÓN



### Antecedentes

El territorio nacional ha sufrido desde épocas pasadas las consecuencias de eventos naturales, climatológicos y sismológicos, los primeros con mayor regularidad, ocasionando serios daños a la infraestructura sanitaria nacional.

Entre las afectaciones recientes más importantes, ocurridas a nivel nacional, se registran las ocasionadas por el Huracán Mitch, que dejó un saldo de 1700 sistemas de agua parcial o totalmente dañados, destrucción de la casi totalidad del sistema de colectores sanitarios, ubicados en las cercanías de cursos de agua, de la ciudad de Tegucigalpa y de otras ciudades urbanas, así como la destrucción de 55,000 letrinas.

En cifras económicas, estimadas por la CEPAL, los daños en el Sector de Agua y Saneamiento ascendieron a 196 millones de dólares que se consideraron necesarios para la reconstrucción.

La vulnerabilidad del sector de agua y saneamiento, ante este tipo de amenazas, ha sido evidenciada no solamente en eventos de gran magnitud y de largos o medianos períodos de retorno, ya que con una periodicidad casi anual se reportan estos tipos de afectaciones por diferentes partes del país, aún con eventos climatológicos de menor intensidad.

Del análisis de daños, quedó evidenciado que el deterioro de la calidad del agua fue mayor en aquellas cuencas con procesos severos de degradación ambiental, impactando sus efectos negativos, además de la calidad de las aguas crudas que en algunos casos obligaron a la paralización temporal de plantas potabilizadoras, en la estabilidad de los suelos, ocasionando acumulaciones de sedimentos en los embalses de almacenamiento de agua, así como daños en la infraestructura sanitaria construida en las mismas.

Los componentes de los sistemas de agua que resultaron más afectados fueron las estructuras de captación, tanto las construidas sobre cursos de aguas superficiales, como pozos y galerías de infiltración para el aprovechamiento de aguas subterráneas. De igual forma resultaron frecuentemente afectadas las obras desarenadoras y de conducción y con mayor significancia en aquellos acueductos con deficiencias de planeación, diseño, inadecuados procesos constructivos o con un nulo o deficiente mantenimiento preventivo, evidenciando vulnerabilidades de naturaleza física, operativa y administrativa.

En los aspectos operativos, la falta de agua en las poblaciones fue menos dramática cuando se tuvo la posibilidad de practicar interconexiones entre subredes de presión, previstas a ser operadas bajo situaciones de emergencia, solución viable con mayor facilidad en acueductos metropolitanos o de ciudades mayores, o cuando los sistemas de agua tenían la posibilidad de ser abastecidos con más de una fuente de suministro.

La lectura de los hechos reveló que en la generalidad de los casos las Instituciones u Organizaciones responsables de la prestación de los servicios no tenían ningún o mayores conocimientos de la gestión de los riesgos en sus sistemas, y como consecuencia, carecían de



instrumentos necesarios para la apropiada administración de los mismos, como ser: información documentada de los sistemas, directorios de proveedores y de instituciones de cooperación, identificación de puntos críticos (mapas de riesgos, estudios de vulnerabilidad), planes de mitigación y de respuesta. Quedó evidenciado que para similares condiciones de intensidad de los eventos, instalaciones correctamente diseñadas, construidas y que recibieron un mantenimiento apropiado, resultaron menos afectadas, pero además, que el restablecimiento de servicios se facilitó en aquellos casos en que las organizaciones responsables por los mismos estaban mejor preparadas y cuando estas mantenían vínculos fortalecidos con las autoridades locales y con las organizaciones cooperantes presentes en sus zonas de trabajo, en tales casos las tareas de respuesta, rehabilitación y reconstrucción fueron mejor coordinadas con resultados positivos en beneficio de la población.

En cuanto a los sistemas de saneamiento, se ha mencionado los severos daños ocurridos en el alcantarillado sanitario de la ciudad de Tegucigalpa y otras ciudades urbanas, principalmente en los componente de tuberías colectoras y de unidades de depuración, ya que es práctica generalizada ubicarlos en las propias márgenes de los cauces superficiales, así como también las letrinas y las fosas sépticas, en las que las cifras de daños reportan cantidades importantes por ser soluciones muy usadas en aquellas ciudades metropolitanas, urbanas y rurales que carecen de sistemas de alcantarillado sanitario.

El manejo de los residuos sólidos, que incidió en gran medida en la afectación de los sistemas de alcantarillados sanitarios y principalmente pluviales, es otro componente de saneamiento básico que debe ser mejorado con la participación conjunta de autoridades, cooperantes y la sociedad.

Son numerosas y variadas las causas de las fallas mencionadas, entre ellas es importante destacar:

- La propia ubicación de poblaciones en zonas de riesgos (laderas y proximidades a cursos de agua), sin las protecciones de las obras civiles necesarias, producto de una falta de ordenamiento territorial y control en la planificación del desarrollo urbano, que implican la construcción de componentes con igual magnitud de riesgos.
- Los procesos de degradación ambiental potenciados por inadecuadas intervenciones humanas que inducen mayores riesgos por deslizamientos, inundaciones y sequías.
- Debilidad en las diferentes fases del ciclo de los proyectos, principalmente en el de la planeación, proceso en muchos casos, tratado superficialmente y confiado en técnicos sin la suficiente capacitación y experiencia.
- La cooperación técnica que reciben las organizaciones prestadoras (Juntas de Agua y Alcaldías), por parte de las entidades nacionales responsables de prestar esta asistencia, se ha visto disminuida producto de la falta de recursos logísticos y financieros, debilitándose la gestión de los servicios en los aspectos administrativos, operativos y estructurales.
- Debilidad en el mantenimiento preventivo y oportuno de los componentes de los sistemas, en algunos casos debida a la aplicación de tarifas que no permiten la recuperación de costos, incluyendo los necesarios para estas tareas preventivas.



- Debilidad gerencial por parte de los prestadores de servicios, en habilidades y destrezas administrativas y técnicas necesarias, incluyendo el manejo del riesgo (prevención y preparativos) de las infraestructuras a su cargo.
- Carencia de políticas públicas de agua y saneamiento, normativa nacional y debilidad en la normativa institucional en aspectos de reducción de vulnerabilidad.
- Falta de instrumentos metodológicos que apoyen a los prestadores a realizar estudios de vulnerabilidad, planes de mitigación y preparativos ante emergencias y desastres.
- Reconstrucción de sistemas de agua y saneamiento, sin visión de reducción de vulnerabilidad, reincidiendo en prácticas que han resultado ineficientes, tanto en la planeación, selección de soluciones tecnológicas, criterios de diseño, elección y uso de materiales, procesos constructivos, etc.

## Marco Legal Vigente

Es importante mencionar que se han alcanzado logros significativos en el sector de Agua y Saneamiento (APS), actualmente el sector está mejor organizado y fortalecido, se ha trabajado para desarrollar un mayor grado de conciencia en la población, mejores niveles de conocimientos y personal capacitado en nuevas tecnologías y un marco legal que aunque debe completarse con políticas públicas de agua y saneamiento y de normativa que incluya la incorporación de la reducción de riesgos, potencia las acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad.

La Visión de País 2010 – 2038 y el Plan de Nación 2010-2022, aprobados recientemente, establecen entre sus postulados el desafío de disminuir la vulnerabilidad ambiental y su impacto en la pobreza, reconociendo que existe una asociación intrínseca entre deterioro ambiental, altos índices de pobreza y aumento de la vulnerabilidad frente a la ocurrencia de desastres naturales, contemplando entre sus objetivos y metas, el fortalecimiento de la gestión ambiental y la gestión de riesgos, en aspectos legales, institucionales, de planificación, así como la aplicación de instrumentos para mejorar la función coordinadora y normativa de las instituciones vinculadas a la gestión ambiental y a la mitigación del riesgo.

Establece que será especialmente importante contar con un marco de desarrollo sostenible basado en el ordenamiento territorial y el manejo de cuencas y microcuencas hidrográficas, con enfoque de desconcentración, descentralización y la amplia participación local, para evitar la pérdida recurrente de bienes materiales y vidas ocasionados por la mala ubicación de asentamientos humanos, actividades productivas, vivienda e infraestructura en general.

Otro instrumento de importante apoyo es la Ley General de Aguas, que tiene entre sus objetivos establecer la normativa sobre protección, conservación y aprovechamiento del recurso hídrico, con el propósito de conservar o incrementar los niveles de calidad y cantidad del agua, ante el efecto destructivo de los fenómenos naturales y las acciones humanas de degradación y contaminación del recurso. Establece que en los instrumentos del ordenamiento territorial, de la planificación hídrica y en los planes reguladores municipales se identificarán zonas, que por comportamiento cíclico o eventual, se produzcan daños de origen hídrico que amenazan la vida de las personas o perjudican recursos naturales e infraestructura para establecer prohibiciones y limitaciones de uso de tales suelos, así como las acciones de





prevención y mitigación que deban aplicarse y que el aprovechamiento de las aguas subterráneas estará sujeto a estudios e investigaciones, planes reguladores y mapas de zonificación hídricos a efecto de mantener el adecuado balance hídrico y la calidad de acuíferos.

De alto significado para el Sector APS, fue la promulgación, en octubre de 2003, de la Ley Marco del Sector Agua Potable y Saneamiento, que establece entre sus objetivos: asegurar la calidad del agua y su potabilidad, fortalecer el ordenamiento y la gobernabilidad en la gestión de los servicios de agua potable y saneamiento, mediante una adecuada asignación de funciones, competencias y responsabilidades, propiciando la participación ciudadana, establecer las condiciones de regulación y control técnico de la actividad de quienes construyen u operan sistemas de agua potable y saneamiento y promover la operación eficiente de los sistemas de agua potable y saneamiento.

Indica que los prestadores de servicio asumirán las obligaciones establecidas en las normas vigentes, relacionadas con la calidad de la prestación de los servicios, incluyendo planes de emergencia.

En el Reglamento de esta Ley se remarca la obligación de los prestadores a: garantizar la calidad y continuidad en la prestación de los servicios; la correcta ejecución de las obras, el cumplimiento de las normas de diseño y construcción, la calidad de los materiales y equipos, la adecuada operación y mantenimiento en todas las unidades de los sistemas, así como a responder por los daños y perjuicios que se deriven de fallas de diseño, errores constructivos, deficiencias de los materiales y equipos o de la insuficiente supervisión de las obras realizadas directamente por el prestador o contratadas con terceros.

Establece que el prestador para proteger el medio ambiente y preservar los recursos naturales debe disponer conforme a normas técnicas sanitarias y ambientales, los sólidos generados en los procesos de tratamientos, las aguas de lavado de filtros y limpiezas e implementar un sistema permanente de inspección y mantenimiento preventivo de redes de alcantarillado, que minimice el riesgo de inundaciones y presencia de sustancias tóxicas.

Otro documento importante del Sector APS, es el Reglamento de Juntas Administradoras de Agua, cuyo propósito es normar y regular la creación, organización y funcionamiento de esta figura, que es el administrador del mayor número de los sistemas de agua del país, con objeto de: aplicar la regulación y control de la prestación de los servicios por parte de las Juntas; precisar los papeles de las instituciones sectoriales, establecidas en la Ley, en relación con el desempeño de las Juntas; propiciar el entendimiento y aplicación de los principios sobre calidad de prestación, tarifas, participación ciudadana, protección ambiental, derechos / obligaciones de usuarios y Juntas de Agua y facilitar el cumplimiento de la Ley Marco y de su Reglamento General.

Todo este marco legal que promueve el mejoramiento de la calidad de vida, la salud y la protección del ambiente, sociedad e infraestructura, adquiere mayor fortaleza cuando en agosto de 2009, es promulgada la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SINAGER), conjunto sistémico, participativo y de articulación armónica de todas las instituciones del Estado, empresa privada y organizaciones de la sociedad civil del país, que establece entre sus Principios Orientadores:



- Seguridad y responsabilidad. Derecho de todas las personas naturales y jurídicas a la protección de su integridad personal como a la de las estructura físicas y el entorno ambiental frente a la reconstrucción de escenarios de riesgos.
- Reducción de riesgos como proceso social. Obligatoriedad del gobierno central y gobiernos locales a emitir disposiciones de cumplimiento obligatorio relacionadas con la reducción del riesgo, así como acciones para reducir posibles daños y lograr con ello la reducción continua de la vulnerabilidad de la sociedad.
- Gestión descentralizada y desconcentrada. La administración pública, órganos o entidades desconcentradas (instituciones autónomas y municipalidades), deben asumir y ejecutar tareas y acciones concretas de prevención y reducción de riesgos, para prevenir y mitigar los desastres, adaptarse al cambio climático, dar respuesta a las emergencias y rehabilitar y reconstruir áreas afectadas.
- Coordinación. Principio y función fundamental para alcanzar la reducción de riesgos.
- Participación ciudadana. En la definición, planificación y ejecución de las acciones multidisciplinares y multisectoriales.
- Incorporación del componente de gestión de riesgo como parte del desarrollo nacional. La Gestión de Riesgos es una política de Estado de carácter permanente, todas las entidades miembros del SINAGER, del Sector Gubernamental y No Gubernamental deben incorporar en sus planes, programas y estrategias institucionales y territoriales, acciones concretas de gestión de riesgos. Los planes de reconstrucción deben contemplar obligatoriamente las medidas de reducción de riesgo, con la idea central de evitar en el futuro nuevos daños por similares causas.

Como lo establece otro de sus principios orientadores, El SINAGER no sustituye las funciones y responsabilidades de las instituciones u organizaciones, las refuerza, coordina, complementa y dirige hacia la reducción de riesgos.

## Objeto de la Guía

En este contexto, para contribuir al logro de los propósitos citados en el marco legal revisado, se ha elaborado esta Guía de disminución de riesgos en los SAS, en el marco del Programa Conjunto en Agua y Saneamiento Honduras (PC-A&S), aprobado por el Comité Directivo del Fondo de las Naciones Unidas para contribuir al logro de los ODM.

El PC-A&S, tiene entre sus objetivos: i). Apoyar el diseño, la adecuación e implementación de políticas sectoriales, ii). El fortalecimiento de los mecanismos de inversión en infraestructura en ciudades menores, barrios marginales y en las zonas rurales y, iii). El fortalecimiento de las capacidades nacionales, a través del apoyo a las instituciones del sector, tanto a nivel nacional como local.

La presente Guía, no constituye una normativa, tampoco un código de diseño o de construcción, sino una herramienta de apoyo técnico, para incorporar criterios de reducción de riesgos en las etapas de planeación, diseño, construcción y operación de los sistemas de agua y saneamiento, con el fin de contar con infraestructura sanitaria más segura, que pueda continuar prestando los servicios esperados, o ser recuperables en menores tiempos, a costos razonables y con los mínimos impactos negativos posibles, después de eventos naturales, o antrópicos de causas predecibles.





## LOS FENÓMENOS NATURALES Y SUS EFECTOS EN LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

Debido a la morfología y a la ubicación geográfica que ocupa el territorio hondureño, el país ha sido históricamente afectado por una serie de eventos naturales entre los que figuran huracanes, sequías, movimientos sísmicos, inundaciones y deslizamientos (derrumbes o deslaves), que han provocado además de miles de pérdidas de vida, serios daños en la infraestructura del país atrasando consecuentemente su desarrollo.

Especial mención merecen las inundaciones que en más de un centenar de veces han provocado serios daños a la infraestructura nacional, principalmente en las zonas de mayor vulnerabilidad, en las que se ha asentado un alto porcentaje de la población nacional.

Es necesario reconocer que los daños por la materialización de amenazas naturales se han potenciado e incrementado por la inadecuada intervención humana sobre el ambiente, traducida en procesos acelerados de degradación ambiental, así como por la falta de políticas y un marco legal apropiado para la gestión de riesgos, del cual se carecía hasta hace muy poco, por la débil aplicación de las leyes vigentes y la falta de desarrollo de infraestructura con incorporación de criterios de reducción de riesgos.

Los desastres pueden ser originados; i). Por la manifestación de un fenómeno natural, ii). Provocado por la actividad humana, iii). Como consecuencia de la interacción de ambas variables, o bien, iv). Por una falla de carácter tecnológico en los sistemas productivos.

Las amenazas son caracterizadas como: i). Naturales, como la ocurrencia de terremotos, inundaciones, sequías, deslizamientos (derrumbes), marejadas, tormentas eléctricas, tornados, etc., y, ii). Antrópicas, que son las provocadas por la actividad humana, como la contaminación de fuentes con agroquímicos, plaguicidas, derrames industriales, tala de bosques, etc.

Algunos desastres ocasionados por fenómenos de origen natural, corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que sus mecanismos de origen, tal es el caso de terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis o maremotos y huracanes, mientras que inundaciones, sequías y deslizamientos o deslaves pueden llegar a controlarse o mitigarse con obras civiles, estabilización de suelos y atención preventiva de las comunidades en riesgos.

### Caracterización de Riesgos en el Territorio Nacional

En territorio en general es de naturaleza montañosa, con pendientes mayores al 25%, siendo Cēlaque, la montaña de mayor altura, con una elevación de 2,849 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar). El 40% del territorio es selva tropical, con una longitud de 960 kms., de playas entre las costas del atlántico y del pacífico.

El país se encuentra dividido en las tres regiones, siguientes:

- 1) La Planicie Costera del Norte, abarca una superficie del 16% del territorio nacional y se caracteriza por tener tierras planas, con clima tropical caliente y lluvioso. Las

precipitaciones llegan hasta los 2,000 mm y en algunas áreas se registran temperaturas superiores a los 24 grados centígrados. La vegetación propia de la zona es de tipo selva o tropical.

- 2) La Región Montañosa o tierras altas del interior, comprende una superficie del 82% del total nacional. El clima predominante es el húmedo sub-tropical, caracterizándose por una precipitación anual moderada y una temperatura promedio anual de 23 grados centígrados en las tierras por encima de los 700 metros de altura.

Esta región esta formada por tres cordilleras montañosas: i). La del Norte (Sierras del Espíritu Santo, Omoa y Nombre de Dios), ii). La Central (Sierras de Gallinero, Atima, Montecillos, Comayagua, Mico Quemado, Sulaco, Misoco, Agalta, Punta Piedra y La Esperanza), y iii). La cordillera del Sur que atraviesa Honduras desde el Departamento de Ocotepeque hasta el Departamento de Gracias a Dios (Sierras del Merendón, Celaque, Puca–Opalaca, Montañas de la Sierra, Lepaterique y Dipilto).

- 3) Planicie Costera del Pacífico comprende un área del 2% del total del país. El clima es de sabana con características de tropical lluvioso y seco, se observan temperaturas altas todo el año y dos estaciones climáticas bien marcadas, seca y lluviosa, con vegetación tipo bosque seco tropical y en el las tierras litorales (Golfo de Fonseca), es abundante la vegetación de manglar.

Como se ha dicho en párrafos anteriores, en el país suceden emergencias y situaciones de desastres, con recurrencia de corto plazo, originadas por fenómenos naturales que se potencian con factores hidrológicos, geodinámicos, morfológicos y la vulnerabilidad ambiental y de la infraestructura nacional.

Entre los eventos con potencial de ocurrencia y de causar daños, se tienen:

- a). Desde el punto de vista hídrico: i). Por exceso de precipitación, se presentan, huracanes, tormentas tropicales, depresiones tropicales y frentes fríos que históricamente han provocado inundaciones con severos daños a la infraestructura de agua y saneamiento, y ii). Por defecto, se presentan sequías con daños al sector productivo, a la agricultura de subsistencia y escasez de agua con severos programas de racionamientos en la dotación de agua para consumo humano.
- b). Desde el punto de vista geodinámico, se presentan movimientos de tierra, principalmente deslizamientos o deslaves y en menor escala temblores y sismos, ocasionando los primeros daños recurrentes en los sectores de infraestructura vial, edificaciones, eléctrico, de agua y saneamiento, en diferentes partes del territorio nacional.

La deforestación ocasionada por el gran número de incendios naturales y provocados, tala de bosques y prácticas inadecuadas de agricultura, aunada a la ocupación poblacional de riveras fluviales, introduce un alto nivel de riesgos a las poblaciones e infraestructura ubicada en las cuencas medias y bajas de la red hidrológica nacional. A los riesgos antropogénicos anteriores se suman los impactos por vertidos de efluentes sin tratar, de industrias, minería, ganadería y



otras actividades como ser el mal manejo de los residuos sólidos, induciendo riesgos a la salud pública.

### **A). Eventos Climatológicos**

Los climas principales en Honduras, según la clasificación de Köppen son: Clima de Selva (Afw), Clima de Bosque Tropical (Amw), Clima de Sabana (Aw), Clima Templado Lluvioso (Cfa) y Clima Sub tropical (Cwa).

Estos climas se ven modificados por la acción de fenómenos propios de temporadas como ser: huracanes, tormentas tropicales, frentes fríos y por fenómenos globales como el Cambio Climático, El Niño y La Niña. El fenómeno del Niño ocasiona una época seca en el centro y sur del país, que es acentuado por las alteraciones en la masa boscosa.

#### **1). Estación Seca**

Es originada por un conjunto complejo de elementos hidrometeorológicos, que actúan en la superficie terrestre y en la atmósfera y puede presentarse como leve, moderada o severa, la estación o período seco comienza en enero y finaliza en abril, pero por el impacto de los cambios climáticos estos períodos varían frecuentemente, prolongándose en ocasiones a los meses de mayo y junio. Las zonas más afectadas por las sequías, o prolongaciones de la estación seca, son las zonas sur y centro del país.

#### **Impacto de la Sequía en los Sistemas de Agua Potable**

- a) Reducciones de caudales y en oportunidades hasta pérdida total de las fuentes de producción de agua, principalmente cuando se trata de pozos someros o excavados, captaciones de manantiales, etc.
- b) Reducción en los caudales de explotación o aprovechamiento de las fuentes subterráneas al profundizarse los niveles estáticos y dinámicos.
- c) Pérdida de calidad del servicio de abastecimiento de agua, por la discontinuidad del servicio y la implantación de severos programas de racionamiento.
- d) Pérdida de bosque por incendios forestales y tala, causando además de deterioro ambiental de las cuencas, la producción de sedimentos y acortamiento de la vida útil en embalses de agua.
- e) Crisis energética por racionamientos en la producción de energía eléctrica, que a su vez, impacta el funcionamiento de los sistemas de agua que requieren de este servicio.
- f) Riesgos a la salud por la manipulación del agua, cuando esta se acarrea a través de carros cisternas, por el aprovechamiento de fuentes desconocidas en su calidad usadas para el suministro de agua a la población o por el propio manejo del agua en el domicilio.

#### **Impacto de la Sequía en los Sistemas de Saneamiento**

- a) Obstrucciones de colectores, de diferentes niveles de importancia (primarios, secundarios, etc.) por la acumulación de sedimentos depositados debido a la reducción de caudales, con impactos negativos en las velocidades mínimas de autolimpieza.
- b) Incremento de costos de operación y mantenimiento por la necesidad de un mayor número de personal y equipo para trabajos de limpiezas manuales y mecánicas.



- c) Reducción de la capacidad del cuerpo receptor de asimilación de cargas orgánicas.

## 2). Estación Lluviosa

El régimen de precipitaciones de Honduras es una consecuencia directa e indirecta de los fenómenos conocidos como Zona Intertropical de Convergencia, vaguadas, ondas tropicales, sistemas de baja presión atmosférica en altura y superficie, brisas de valle y montaña, frentes fríos y ciclones tropicales.

El período de lluvia comienza en el mes de mayo y termina en noviembre, cuando la intensidad de las lluvias es considerable, todo el territorio resulta afectado, recibiendo los mayores impactos las zonas norte, litoral atlántica, sur y centro, incluyendo la ciudad de Tegucigalpa por sus múltiples cursos de agua que la atraviesan en todas direcciones, asociados a los problemas de falta de planificación urbana e inadecuado manejo de residuos sólidos.

Entre los principales impacto de las inundaciones en los sistemas de agua, se tienen:

- a) Destrucción total o parcial de obras de captaciones y desarenadores ubicados en ríos y quebradas, incluyendo las galerías de infiltración que hayan quedado muy expuestas a las corrientes superficiales.
- b) Erosión y socavación en los estribos de las obras de toma y fundaciones de las mismas
- c) Asolvamiento prematuro de embalses y obstrucciones en las obras de captación.
- d) Pérdida de captación por cambios en los cursos de los ríos y quebradas.
- e) Daños a estaciones de bombeo ubicadas en las proximidades de los cauces y riberas de fuentes superficiales.
- f) Contaminación de la calidad del agua en los pozos y pérdidas de equipamientos
- g) Anegamientos de bodegas, con pérdidas de equipos, herramientas y materiales.
- h) Inundación y asolvamiento de plantas de tratamiento de agua potable ubicadas en zonas expuestas.
- i) Asolvamiento de bocatomas, desarenadores y canales de conducción.
- j) Alta turbidez causada por los sedimentos producto de la erosión de suelos aluviales, y/o por deslizamientos o derrumbes en las cuencas altas y medias, que en oportunidades obligan a la paralización de las plantas de tratamiento, por la mala calidad del agua cruda.
- k) Daños estructurales y no estructurales en los diferentes componentes de los sistemas (colapso de tuberías, accesorios, estructuras especiales (anclajes, cámaras de válvulas, cámaras distribuidoras, etc.), pérdida de estabilidad de taludes, fracturas y fisuras de elementos estructurales, socavación de estructuras de soporte de cruces aéreos y anclajes, etc.).
- l) Desabastecimiento eléctrico, daños de vías de acceso e interrupción de los medios de comunicaciones que impactan en la prestación de los servicios de agua.

## Impacto de las crecidas en los Sistemas de Alcantarillado

Las afectaciones principales son: el deterioro parcial o el daño total de redes colectoras (con mayor frecuencia los más expuestos), las estaciones de bombeo y las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Dada la práctica generalizada de conectar las aguas lluvias que se colectan en los domicilios a los sistemas de alcantarillado sanitario, lo cual es incorrecto e ilegal porque (en el país) los criterios de diseño de estas estructuras no consideran dichos aportes y porque esta prohibido por la reglamentación que regula estos servicios, es muy común que bajo condiciones de lluvia los aportes pluviales ilícitos y por influjos, afecten la capacidad de colectores y plantas de tratamiento de aguas residuales, ocasionando que el sistema trabaje a presión, impida la entrada de las descargas y favorezca estancamientos e inundaciones.

Además de algunos de los problemas apuntados para los sistemas de agua, pueden ocurrir en los alcantarillados sanitarios, los siguientes:

- a) Destrucción total o parcial de las obras ubicadas en las proximidades de los cauces de las diferentes fuentes de agua.
- b) Obstrucciones de los pozos (de visita o inspección y caída) con derrames de aguas residuales en las vías públicas.
- c) Inundaciones ocasionadas por el remanso o estancamiento de las aguas residuales que no pueden evacuarse por la sumergencia de los sitios de descarga final o por asolvamientos de tramos de redes y colectores.
- d) Desborde de aguas residuales en las estaciones de bombeo y en los sistemas de tratamiento.
- e) Inundación y pérdidas de letrinas, fosas sépticas y otras estructuras de disposición de aguas residuales, en aquellos casos que cuentan con soluciones in situ.

## B). Eventos Geodinámicos

Por eventos ocurridos en el territorio nacional, así como por los impactos de esta naturaleza en los países vecinos de Guatemala, El Salvador y Nicaragua, se tiene que la amenaza sísmica nacional de mayor importancia, corresponde a las zonas sur, sur-occidental, norte, litoral atlántico y nor-occidental, representando para cada una de ellas, diferentes niveles de peligrosidad o riesgo.

En la tabla siguiente se resumen las principales fallas existentes en el país:

NOMBRE DE FALLA	UBICACIÓN
Falla Ceiba	Quimistán, Valle de Sula, Sierra de Omoa, Costa Caribe
Graben Río Lean	Sur Valle de Sula
Falla Aguan	Valle Río Aguan
Valle de Sula	Valle de Sula, Lago de Yojoa, Río Ulúa
Zona de Subducción del Pacífico	México, Guatemala y Costa Rica
Sistema de Fallas Motagua Polochic	Frontera de Placas, definida por la fractura del Cisne, frontera entre Honduras y Guatemala
Depresión de Honduras	Comienza en la fractura del Cisne en el Caribe. En tierra firme, el Valle de Sula conforma la cuenca más septentrional de la depresión, reaparece en el Lago de Yojoa, continúa al Valle de Comayagua, finalmente la falla normal de Goascorán continuando hasta la depresión volcánica de Centroamérica

Fuente: Guías Técnicas para la Incorporación de Medidas de Mitigación de Desastres en el Diseño y Construcción de Sistemas de Agua y Saneamiento. SANAA



Los principales daños ocasionados por los terremotos a los sistemas de agua y alcantarillados son los siguientes:

- a) Destrucción total o parcial de estructuras de captación, tanto en fuentes superficiales como en aprovechamientos de aguas subterráneas (represas, cajas de captaciones para manantiales, galerías de infiltración, pozos perforados, etc.), líneas de conducción y distribución, conexiones domiciliarias, tanques de almacenamiento y distribución, plantas de tratamiento y estaciones de bombeo.
- b) Cambios del sitio de alumbramiento de las aguas subterráneas, en algunos casos desaparición o disminución de la producción de los acuíferos, y deterioro de la calidad del agua.
- c) Variación del caudal de producción (generalmente disminución) de las fuentes superficiales, debida a reacomodación de acuíferos aportadores, infiltraciones (pérdidas) de aguas superficiales, modificación morfológica de cauces y acumulación de sedimentos y desperdicios.
- d) Roturas y desacoples de tuberías por daños en las uniones o juntas entre tuberías y en los sistemas de anclajes de líneas de conducción y/o distribución.
- e) Fracturas en paredes y losas de pisos y techos de los tanques de distribución, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento y estructuras de suministro de energía eléctrica.
- f) Daños en las unidades de floculación, sedimentación y filtración de las plantas de tratamiento de agua, por el desacople o roturas de sus elementos componentes.
- g) Daños en los componentes de los sistemas ubicados en las cercanías a las costas (redes de distribución, estaciones de bombeo y conexiones domiciliarias), por inundaciones provocadas por maremotos o tsunamis como consecuencia de sismos ocurridos en las profundidades marinas.
- h) Alteraciones de la calidad del agua producidas en fuentes superficiales y subterráneas.
- i) Daños en equipos electromecánicos, paneles eléctricos, líneas de transmisión eléctrica y transformadores, propios del sistema de agua.
- j) Ocurrencia eventual de incendios, como efectos del sismo, con pérdidas de equipos y sistemas de información, catastros de usuarios y de obras estructurales y no estructurales.
- k) Interrupciones del fluido eléctrico, de las comunicaciones y de las vías de acceso, por vulnerabilidades en la infraestructura de estos sectores, que prestan servicios complementarios al sector de agua y saneamiento.

En los sistemas de alcantarillados sanitarios, los riesgos por daños ante la ocurrencia de sismos son similares a los que están expuestos los sistemas de agua, como ser: i). Fracturas en las obras civiles y edificaciones sanitarias (oficinas, bodegas, plantas de tratamiento), cabezales de descargas, pozos de inspección y caídas, sifones, etc.; ii). Roturas, desacoples y cambios de alineamiento horizontales y verticales de tuberías (redes colectoras), daños en los sistemas de bombeo (estaciones elevadoras, equipos, tuberías y sistemas de protección); iii). Derrames de aguas residuales en las vías públicas, con los consecuentes riesgos a la salud por exposición a contaminaciones, etc.

### **Impacto de los Deslizamientos en los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento**

Como consecuencia estrechamente asociada a las precipitaciones, inundaciones y eventos sísmicos, se presentan los derrumbes y deslizamientos, que son desplazamientos de masas de





suelos o rocas, en forma súbita o lenta, cuya ocurrencia depende, entre otras causas, por: i). Alteración de los ángulos de reposo de los taludes, según el tipo de suelos, por malas prácticas de construcción o falta de mantenimiento; ii). Procesos de erosión naturales y/o provocados; iii). Actividad sísmica y características geológicas de la zona; iv). Infiltraciones de aguas lluvias, manejo inadecuado de escorrentías superficiales y del subsuelo; v). Actividad antropogénica tanto en lo cotidiano como en la construcción de obras de infraestructura (malas prácticas de conservación de suelos, cortes en ladera, falta de canalización de aguas, etc.).

Los deslizamientos representan mayores riesgos de ocurrencia en las zonas montañosas descubiertas de cobertura vegetal, con naturaleza geológica inestable o en laderas de pendiente pronunciada, pueden ser inducidos por inadecuadas intervenciones en la construcción de obras de desarrollo, por ejemplo, vías de acceso, carreteras, prácticas inadecuadas en agricultura de laderas y la propia construcción de las obras de agua y saneamiento, cabe decir que muchos de los deslizamientos pueden evitarse con obras de mitigación y prácticas correctas de intervenciones en las cuencas.

Los principales impactos de los deslizamientos en los sistemas de abastecimiento de agua, son:

- a) Daños parciales o totales en obras de captación, unidades de desarenación, tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento, líneas de conducción y de distribución ubicadas en zonas geológicamente inestables.
- b) Variación en la producción de las fuentes de aguas superficiales por disminución o desaparición de los alumbramientos de aguas subterráneas.
- c) Modificaciones de la calidad de las propiedades físicas y/o químicas del agua, generando mayores costos en el tratamiento de la misma.
- d) Daños en los sistemas de abastecimiento eléctrico que repercute en aquellos componentes del sistema de agua potable que requieren de este servicio, como ser: plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, etc.
- e) Daños parciales o totales en las vías de acceso a obras de toma, tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y otros componentes de los acueductos.
- f) Daños estructurales en obras de captación (represas, diques de derivación, embalses, galerías de infiltración, pozos, etc.), tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento líneas de conducción, distribución y redes de distribución

En los sistemas de alcantarillados sanitarios ocasionan problemas de:

- a) Obstrucciones en los puntos de descargas por acumulación de lodos y sedimentos, causando estancamientos y remansos de aguas residuales, desbordamiento de aguas residuales en los pozos ubicados aguas arriba y hasta inundaciones en zonas bajas.
- b) Impactos como los identificados en el párrafo anterior, en las tuberías de la red de colectores, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento de las aguas residuales.
- c) Interrupción de los servicios por daños en vías de acceso, suministro de energía y sistemas de comunicaciones, por las fallas de estos otros servicios de apoyo, que son prestados por sectores que de igual forma resultan con daños en su infraestructura, producto de situaciones de emergencias y desastres.



### C). Amenazas Antropogénicas

El impacto de la actividad humana en el ambiente es directo, de tal forma que cuando existe una falta de conciencia ambiental y las intervenciones carecen de un enfoque de preservación y conservación, sus consecuencias no se hacen esperar, y quedan evidenciadas ante la presencia de fenómenos naturales.

En el Sector APS, si a lo anterior se suma la vulnerabilidad que se presenta en el desarrollo de la infraestructura sanitaria, por causas ya enunciadas con anterioridad, entre ellas la falta de aplicación de una normativa con incorporación de reducción de riesgos, la limitada asignación de recursos económicos y financieros en el diseño y construcción de las obras, y posteriormente, cuando los sistemas están en operación, la falta de un mantenimiento preventivo, muchas veces por causa de aplicación de tarifas insuficientes y una débil gestión gerencial, los impactos negativos ante la ocurrencia de eventos naturales son mayores.

Los principales impactos negativos de este tipo de amenazas en los sistemas de agua, son:

- a) Contaminación de las fuentes de aguas superficiales por derrames accidentales, por negligencia y hasta deliberados o intencionales, de sustancias tóxicas (agroquímicos, plaguicidas, etc.), orgánicas (descargas de heces y aguas residuales) o hidrocarburos (gas, diesel, etc.).
- b) Disposición de residuos sólidos en los cursos de aguas superficiales o en las cuencas, en las proximidades de obras de captación.
- c) Contaminación de acuíferos por productos lixiviados.
- d) Actos de vandalismo contra las propias instalaciones de los sistemas de agua y saneamiento, o contra la infraestructura de los sectores que prestan servicios complementarios, como ser el suministro de energía eléctrica, las comunicaciones y las vías de acceso.
- e) Interrupción del servicio por reacciones sociales expresadas a través de tomas temporales de las instalaciones o huelgas, que imposibilitan la prestación o acceso a los servicios, o por este mismo tipo de hechos, en contra de otros sectores que brindan servicios al sector APS.
- f) Pérdida de cobertura vegetal ocasionada por tala de bosques e incendios provocados que deterioran el estado de las cuencas, la producción y la calidad del agua y eventualmente los materiales en líneas de conducción y distribución.
- g) Explosiones de transformadores, incendio de equipos, fugas de cloro gas y derrames de insumos químicos destinados al tratamiento de las aguas, que ponen en riesgo la salud de las personas y ocasionan pérdidas de equipos y afectaciones estructurales.
- h) Ocupación por terceros de terrenos destinados para las servidumbres de paso de las tuberías, imposibilitando posteriormente el mantenimiento de dichas obras.

En los sistemas de alcantarillado sanitario, además de algunos de los daños antes enunciados, pueden ocurrir:

- a) Afectación de los procesos biológicos de tratamiento de las aguas residuales, producto de descargas de sustancias inadmisibles, principalmente de naturaleza química.



- b) Derrames de aguas residuales por sobre cargas del sistema sanitario con aguas lluvias conectadas en forma ilícita, o por el asolvamiento de pozos y tuberías ocasionados por el mal manejo de los residuos sólidos.
- c) Acortamiento de la vida útil de las tuberías colectoras y obras de tratamiento, por descargas de sustancias corrosivas o incrustantes.



## II. CRITERIOS PARA LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN LA GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA DE ACUERDO AL CICLO DE PROYECTO.

En este capítulo se incluyen recomendaciones que ayuden a prevenir, eliminar o mitigar, los daños que con mayor frecuencia han sido observados en las obras de los sistemas de agua potable.

En todas las fases del ciclo del proyecto debe considerarse la reducción de vulnerabilidades, iniciándose en la etapa de preparación de estudios y diseños preliminares, en la cual es de suma importancia prestar la mayor atención al emplazamiento de los diferentes componentes del sistema, tomando en cuenta aspectos económicos, técnicos, sociales y de evaluación de riesgos, considerando las variables topográficas, geológicas, climatológicas, hidrológicas, amenazas naturales predominantes y el conocimiento de las actividades antropogénicas propias de la zona.

Por otro lado, cabe mencionar que dado que varios elementos, como ser: tuberías, válvulas, cajas de válvulas, tapaderas sanitarias, consideraciones para reboses y tuberías de limpieza, criterios para la ubicación de obras, aspectos de seguridad de las instalaciones, acceso alterno a las mismas, rutas de evacuación, etc., son comunes a usarse en diferentes componentes de los sistemas, las recomendaciones para la reducción de riesgos se describen con mayor detalle solamente en algunos casos, dando por asumido que de requerirse su uso en otros componentes, o incluso, en las diferentes fases del ciclo de proyecto, pueden completarse las recomendaciones, con una visión general de todo el contenido de esta Guía.

A continuación, las recomendaciones o sugerencias en las diferentes fases o etapas del ciclo de proyectos de agua:

### III.1 FASE DE ESTUDIO

#### Aspectos Generales

- Realizar las evaluaciones ambientales, que demanda el cumplimiento de la ley, con visión integral de reducción de riesgos y no solamente de afectaciones al ambiente.
- Revisar la información geológica, hidrológica e hidrogeológica, disponible en las instituciones gubernamentales responsables de gestionarla, colegios profesionales, universidades y otras fuentes en el nivel central, y a nivel local con las autoridades y actores presentes.
- Consultar a la población local sobre los fenómenos que más frecuentemente se presentan en la zona.
- Informarse del comportamiento hidrológico registrado históricamente, en los sitios en donde se ubicarán los componentes del sistema, y en la comunidad en general, considerando períodos de retorno en función del nivel de riesgos aceptables.
- Cuando la información disponible sea insuficiente y la importancia de las obras o componente del sistema lo requiera, realizar estudios geológicos para localizar fallas superficiales y reducir riesgos de licuefacción de suelos ante eventuales sismos.

- Identificar en esta fase, la necesidad de hacer estudios especiales o más profundos para la solución de problemas específicos, como ser, procedimientos constructivos en intervenciones en zonas con riesgos a movimientos de tierra (derrumbes, deslizamientos, etc.), cruces de cuerpos de agua de gran magnitud, etc., que deberán atenderse durante las fases de diseño y construcción, y/o monitorearse en la etapa de la operación de las obras.
- Proponer la ejecución del proyecto previendo facilidades de ampliaciones futuras de algunos de sus componentes, especialmente plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y tanques de almacenaje.
- Realizar análisis cuidadosos en la determinación de los parámetros básicos de diseño, principalmente en los que inciden en el crecimiento población, factores de variación y dotación para una correcta estimación de las demandas esperadas en la vida útil de las obras.
- Para garantizar el acceso a las estructuras componentes del sistema, principalmente de aquellos que por su importancia así lo requieran (plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento), deberán preverse las rutas alternas ante la eventualidad de fallas de las vías principales.
- Cuando la magnitud de las obras lo justifiquen, realizar estudios beneficio/costo, para la selección de la alternativa más conveniente, en los diferentes componentes y en el sistema en su conjunto.

### Obras de toma.

- Estudiar la opción de la obra de captación (tomas directas, represas de derivación con captación central o lateral, cajas laterales, cajas para captación de manantiales, galerías de infiltración, etc.), que mejor se adapte a las condiciones existentes, considerando factores: morfológicos, geológicos, hidrogeológicos, amenazas potenciales, etc., es decir, ubicar estas estructuras, que resultan altamente vulnerables, aplicando criterios de reducción de riesgos de una manera integral y no solamente los relacionados con los aspectos estructurales.
- Tomar en cuenta medidas de protección en la cuenca, por ejemplo: control de sedimentos, estabilización de taludes con obras de bio-ingeniería, etc., y en el entorno a la captación, mediante cercos perimetrales que eviten el acceso directo a animales y a personas ajenas a la operación del acueducto.
- Identificar la frecuencia, y los niveles máximos y mínimos de inundaciones y períodos de sequía, tomando en cuenta el conocimiento de las personas de la zona.
- Para ubicar apropiadamente las obras realizar la revisión de la información técnica disponible en las diferentes fuentes.
- Con el fin de contar con un inventario que pueda ser utilizado en casos de emergencias, identificar las fuentes alternas de abastecimiento de agua, incluyendo las de personas particulares o privadas, realizando mediciones para determinar la producción y la calidad del agua disponible.



## Líneas de conducción, distribución y redes.

- Definir los materiales a usar en función de lo previsto en la normativa nacional, las prácticas generalmente usadas, y principalmente la idoneidad de comportamiento ante las condiciones y características topográficas, de los suelos y de la calidad del agua a conducir, así como de la disponibilidad en el mercado nacional.
- En casos de preverse trabajos en zonas cuyos suelos representen riesgos a movimientos, productos de fallas geológicas, materiales sueltos, etc., además de considerar las medidas de protección necesarias para su estabilización, deberá recomendarse la utilización de juntas flexibles, de igual forma en aquellos elementos sujetos a este tipo de riesgos, como ser cruces en puentes colgantes u otros similares.

## Estaciones de Bombeo

- Considerar en la ubicación de estas estructuras, la amenaza por inundación, revisando los niveles históricos o haciendo simulaciones de crecidas en función del tamaño e importancia de las obras, principalmente en la que se proyecte aledaña a cursos de agua, o en terrenos muy bajos, para ubicarla fuera del alcance de los niveles de inundación previstos o buscar otro sitio seguro para su construcción.
- Para no interrumpir el servicio en situaciones de emergencias y desastres, considerar la instalación de plantas generadoras de energía eléctrica, incluyendo los depósitos para el almacenamiento de combustible (preferiblemente diesel), con capacidad mayor al 30 % de la potencia necesaria.
- Prever el uso de conexiones flexibles en el acoplamiento de los equipos de bombeo con las tuberías y válvulas.
- Considerar la protección de las instalaciones en función de las amenazas sociales particulares de la zona, incluyendo cercos perimetrales con puertas o portones con candado, para impedir el acceso a personas extrañas, y de ser necesario contar con personal de vigilancia, deberán dotarse instalaciones con las facilidades sanitarias y de seguridad para dicho personal.

## Plantas de tratamiento y sistemas de desinfección

- Para la ubicación de la planta debe hacerse una evaluación exhaustiva de las amenazas y sus probables impactos, debiendo tomar decisiones que minimicen los eventuales efectos adversos.  
Cuando las obras deban quedar necesariamente próximas a cursos de agua, es de primordial importancia conocer con exactitud los niveles de las crecidas máximas registradas históricamente, y alejarse a distancias suficientemente seguras.
- Las plantas de tratamiento, tanto en los aspectos estructurales, como en los relacionados con los procesos unitarios, deben ser diseñadas por personas calificadas para tales fines, considerando la sostenibilidad tecnológica y financiera, en las propuestas de diseño.





- Los procesos unitarios deben corresponder a la caracterización de las aguas a tratar, por tanto, deben realizarse los estudios correspondientes con estos fines.
- Cuando resulte necesario, considerar la protección de los reactores o unidades de tratamiento mediante techos de cubierta.
- Considerar drenajes pluviales perimetrales, protección de las instalaciones en aspectos de seguridad y rutas de acceso, observando las recomendaciones enlistadas en los párrafos siguientes dedicados a los tanques de almacenamiento de agua.
- Identificar los sitios para la disposición segura de las aguas de lavado y para la disposición de los lodos provenientes de las unidades de tratamiento.

## Tanques de Almacenamiento

- Seleccionar el o los sitios necesarios para la ubicación de estas estructuras, considerando la estabilidad natural de los terrenos disponibles y/o las medidas necesarias para su estabilización.
- Con el propósito de facilitar la operación y mantenimiento del sistema, cuando el proyecto sea de tamaño considerable y las condiciones lo permitan, se proyectará más de un tanque para el almacenamiento de agua. Cuando no sea posible garantizar lo anterior, se proyectará el tanque con dos cámaras independientes.
- Considerar cunetas de drenajes pluviales perimetrales a los tanques, especialmente cuando los taludes que los rodean representen riesgos de inestabilidad o conducción de cantidades importantes de aguas lluvias.
- Considerar la protección de las instalaciones, en cuanto a aspectos de seguridad, según recomendado en párrafos anteriores.
- Al efecto de reducir riesgos de socavaciones en los alrededores del tanque y problemas en las propiedades colindantes, identificar los sitios de disposición segura para las aguas de reboses y limpiezas, ya que por la falta de planificación de estos elementos se observan con bastante frecuencia este tipo de problemas.
- Identificar rutas de acceso para el traslado de los materiales, en condiciones de seguridad, y a costo razonable, durante la etapa de construcción de las obras.

## III.2 FASE DE DISEÑO

### Aspectos Generales

- Identificar el coeficiente sísmico para los sitios de interés, de no existir información local, utilizar los registros de instituciones internacionales, dedicadas al estudio y monitoreo de este tipo de fenómenos.
- Diseñar incorporando criterios que faciliten realizar ampliaciones futuras de algunos componentes, como ser: plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y tanques de almacenaje.
- Considerar la aplicación de la normativa nacional, o en su defecto internacional, de diseño estructural sismo resistente, tanto para las estructuras de los edificios, como de las obras hidráulicas, especialmente aquellas que requieren de hermeticidad.

- Contemplar rutas alternas para el acceso a las instalaciones y rutas de evacuación para el personal, en casos de emergencias o desastres.
- Definir especificaciones técnicas, claras y precisas para los diferentes conceptos de obra, para la selección y uso de los materiales, así como para los procedimientos constructivos que deban observarse en los componentes del proyecto, especialmente cuando se trate de zonas vulnerables.
- Para facilitar las actividades de operación y mantenimiento del sistema, considerar la dotación de equipos de comunicación (radio y teléfono) en los componentes estratégicos, como ser: obras de captación, estaciones de bombeo o rebombeo, plantas de tratamiento y centros de almacenaje.
- Además de las capacitaciones técnicas necesarias para las propias actividades de administración, operación y mantenimiento del acueducto, recomendar la capacitación a los operarios, en aspectos de salud y seguridad laboral, y en prevención, mitigación y preparación ante emergencias y desastres.
- Recomendar la adquisición del lote de materiales y/o repuestos, necesarios para situaciones de emergencias, principalmente de aquellos elementos expuestos a mayores probabilidades de falla.
- Según haya quedado recomendado en la fase de planeación o estudios preliminares, dotar las instalaciones de las condiciones de seguridad necesarias, en función de las particularidades de la zona, importancia y nivel de riesgos a que estarán expuestos los componentes del sistema.

## Obras de toma

- Diseñar las captaciones disponiendo en función de su tamaño, importancia y grado de complejidad de estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos y topográficos, a fin de seleccionar la alternativa más apropiada a las condiciones particulares de la zona.
- A nivel de cuenca y en el curso del cuerpo de agua, diseñar obras de protección a las estructuras de captación de la fuente de abastecimiento de agua, mediante el control de sedimentos, estabilización de taludes, arrastre de rocas, prefiltros para el mejoramiento de la calidad del agua, derivaciones de aguas superficiales para protección de taludes o manejo de aguas contaminadas que deben ser interceptadas antes de su descarga en la fuente.
- Inventario de fuentes alternas incluyendo su aforo y calidad del agua, con fines de eventuales aprovechamientos en casos de emergencias.
- Evitar la ejecución de trabajos en zonas geológicamente inestables para el emplazamiento de las obras de captación y estructuras desarenadoras, y de ser necesario, formular los diseños con las soluciones tecnológicas más convenientes y para las condiciones críticas de tránsito de avenidas y los comportamientos estructurales ante las solicitaciones más desfavorables.
- Para dar protección a la calidad del agua, debe evitarse el acceso directo de animales y practicarse el control de actividades humanas en las proximidades de las obras, principalmente aguas arriba de la toma.

- Asegurarse que los niveles de desplante de las obras corresponden a zonas de terreno firme y sano y no a zonas de materiales de relleno que en un futuro presenten filtraciones o vulnerabilidad por socavaciones.
- Es importante asegurar que los emplantillados aguas arriba y aguas abajo de la represa y muros laterales de protección de las obras de captación, se prolonguen en una longitud que no ocasionen socavaciones que representen riesgos de volcamiento de los muros de contención.
- Asegurar que los vertederos de demasía cuenten con el área hidráulica necesaria para evacuar las crecidas máximas sin que existan riesgos que sean desbordados y las aguas escurran en contacto con los estribos de empotramiento de las obras.
- Todas las obras en donde se almacene agua, deben quedar dotadas de sus tapas sanitarias con candado, para evitar la entrada de contaminaciones o el manipuleo por parte de personas ajenas a la operación del sistema.
- En caso de fuentes productoras de cantidades excesivas de arena, deben estudiarse opciones de tomas que faciliten el arrastre de materiales en lugar de promover su acumulación, por ejemplo, cajas laterales con vertederos de arrastres de alta velocidad que promuevan la autolimpieza, y equipamiento con válvulas o preferiblemente compuertas de fondo con los medios para operarlas bajo condiciones de seguridad.
- Para el caso de aprovechamiento de aguas subterráneas a través de pozos profundos, es necesario conocer en función de la importancia y magnitud de las obras y de la disponibilidad de presupuesto:
  - La geología e hidrología de la zona, mediante reconocimientos físicos, mediciones y estudios de campo e investigaciones en fuentes secundarias.
  - Los perfiles litológicos a través de estudios de prospección geofísica, perforaciones de pequeño diámetro en calidad de prueba, e informaciones de proyectos realizados en la zona de interés.
  - Pruebas de bombeo en estructuras existentes, medición de niveles de agua en el subsuelo (freáticos) y comportamiento de los mismos a lo largo del año.
  - Evaluación de la calidad del agua.
  - Evaluar las amenazas naturales y por actividades humanas en las proximidades de la obra.
  - Dotar de todos los elementos sanitarios y estructurales necesarios según el tipo de estructuras de captación de aguas subterráneas (pozos, cajas de manantiales, galerías de infiltración, etc.), asegurando: i). la reducción de los riesgos de contaminación de las aguas, ii). La reducción de la vulnerabilidad de los acuíferos y iii). Las medidas de protección a los aspectos cuantitativos y cualitativos de su uso racional y seguro.
  - Evaluar la potencialidad de los acuíferos y recomendaciones para aprovechamientos sostenibles,

### **Líneas de conducción, distribución y redes.**

- Deben evitarse trazos de tuberías por zonas geológicamente inestables, inundables o pantanosas, asegurando, de ser posible, el acceso a las líneas en todo momento. Cuando no haya forma de evitar la instalación de tuberías en dichas zonas, es recomendable proyectar anclajes (pilotes) en zonas firmes y seleccionar materiales cuyo comportamiento permita

mayor flexibilidad a los movimientos o pequeños desplazamientos como el polietileno de alta densidad (HDP).

- Cuando se proyecten pasos elevados sobre cursos de agua o depresiones topográficas, debe garantizarse una sección hidráulica suficiente para el tránsito de avenidas de largos períodos de retorno, hacer uso de los materiales apropiados para las solicitaciones, usar los pilotes o columnas de soporte con secciones triangulares o trapezoidales, con el vértice opuesto a la corriente de agua y sistemas de sujeción seguros entre columna de soporte y tuberías.
- Considerar el equipamiento de las líneas y redes con las válvulas de admisión / expulsión de aire y de seccionamiento para la correcta operación y mantenimiento del sistema, en los tamaños y ubicación estratégica que la correcta práctica de la ingeniería recomienda.
- En zonas sísmicas o terrenos inestables, utilizar tipos de juntas de unión entre tuberías y de estas con los accesorios que permitan flexibilidad de pequeños movimientos, también al conectarse en elementos rígidos, como, cajas de válvulas, tanques de almacenamiento u otros.
- Deben evitarse materiales con poca tolerancia a las deformaciones.
- Diseñar respetando la profundidad mínima de relleno, según las recomendaciones técnicas normativas o en su defecto de las recomendaciones de los fabricantes de las tuberías en función de las características de las mismas, profundizando aún más en aquellos tramos considerados críticos, expuestos a flujos erosivos.
- Cuando no sea posible enterrar las tuberías, porque los terrenos son rocosos y los costos de instalación resulten onerosos, seleccionar materiales resistentes a trabajar expuestos, por ejemplo, hierro galvanizado, e instalarlo sobre la superficie, usando anclajes cuando resulte necesario.

Si no se dispone de este tipo de materiales, colocar las tuberías (por ejemplo, PVC), sobre la superficie, construir un encajonamiento longitudinal a lo largo de todo el tramo en riesgo, usando roca suelta (piedra), y rellenarlo con tierra para dar la protección necesaria a la tubería plástica, que de otra forma quedaría expuesta a daños por impactos o a ser quemada en caso de incendios, si la zona fuera boscosa y/o expuesta a incendios forestales.

- En las redes de distribución: i). Se dejarán previstos sitios para habilitar puestos públicos de distribución de agua en caso de emergencias, como ser: llaves públicas y llenadores para el aprovisionamiento de vehículos cisternas comerciales y particulares; y ii). Colocar válvulas estratégicamente localizadas, de manera que las áreas más dañadas puedan ser fácilmente aisladas, así como para facilitar los trabajos de limpieza por el deterioro de la calidad del agua ante eventuales ingresos de aguas contaminadas a las redes por roturas parciales.
- Diseñar las estructuras de cajas para válvulas, tanques rompecarga y cámaras de distribución de caudales, alejadas de zonas inundables, expuestas a derrumbes y deslizamientos e inaccesibles a personas ajenas a la operación del sistema.
- Colocar los reboses de tanques rompecarga y cámaras distribuidoras de caudales, en forma segura para evitar socavaciones.
- Para casos de emergencias es muy importante disponer en las redes de distribución, de tuberías que interconecten circuitos de distribución o redes que son abastecidas con diferentes tanques de almacenamiento, los cuales podrían ser operados bajo recomendaciones técnicas precisas por personal autorizado, en situaciones calificadas. Al

adoptar este tipo de soluciones deben preverse e instalarse los elementos hidráulicos necesarios para su correcta operación.

- En los tendidos de las tuberías de agua potable, debe asegurarse la separación física, tanto en el plano horizontal como vertical, de las redes de alcantarillas sanitarias, de acuerdo a lo establecido por la normativa institucional aplicable o las recomendaciones de la práctica de la ingeniería sanitaria aceptadas internacionalmente. Cuando no sea posible cumplir con estos requerimientos, deberán aplicarse medidas que garanticen mayores seguridades de aislamiento para evitar que fugas en el sistema de alcantarillado sanitario pudieran penetrar en los sistemas de agua potable, como ser: materiales y juntas más impermeables, aislamiento físico a través de losas o geotextiles (principalmente en las áreas donde se localizan las juntas), extensiones más largas de tuberías para reducir el número de juntas, etc.

## Estaciones de Bombeo

- Diseñar las instalaciones de los equipos de bombeo de forma que puedan desmontarse fácilmente, especialmente en aquellas estaciones que necesariamente deban ser ubicadas en áreas propensas a inundaciones, así como los mecanismos y equipamientos necesarios para su fácil desmontaje y carga para la transportación.
- Diseñar la ubicación de los equipos electromecánicos en una cota superior a la cota de inundación histórica máxima, o de la previsible según lo determinen los cálculos hidrológicos, implementando las obras de protección que sean necesarias.
- Asegurar que los anclajes de los equipos de bombeo responderán satisfactoriamente a las solicitaciones que caracterizan la amenaza o el análisis multi-amenazas, considerando por ejemplo: juntas flexibles, protecciones eléctricas, anclajes, accesos permanentes, etc.
- Dotar las instalaciones eléctricas de la protección necesaria contra descargas eventuales, como ser, tormentas eléctricas, y de los dispositivos de conexión a tierra.
- En función del nivel de importancia de la estación de bombeo y del nivel de riesgos que se prevea para la misma, contemplar la instalación de grupos electrógenos de respaldo y la redundancia de equipos.
- Al efecto de brindar protección a los equipos, dotar las estaciones con dispositivos de seguridad (guarda niveles o electrodos), que actúen automáticamente mediante sensores de nivel en el apagado y encendido de los equipos en función del control de niveles mínimos y máximos de agua en los cárcamos de bombeo. Asimismo de sistemas de alarmas sonoras o luminosas que apoyen al operador en la detección de reboses de agua, o fallas de los equipos.

## Plantas de tratamiento y sistemas de desinfección

- Los diseños deben corresponder a la caracterización de las aguas a tratar, es decir, deben realizarse en base a estudios laboratoriales de la calidad del agua cruda en sus condiciones más críticas.
- Cuando existan condiciones para la proliferación de algas en las unidades de tratamiento, proteger los reactores o unidades con cubiertas de techo para evitar la entrada de luz solar.





- Considerar estructuras de fijación y de anclaje seguro, para los equipos de cloración, depósitos de cloro, cristalería de laboratorio y demás aparatos o equipos móviles.
- Diseñar accesos seguros para transitar en cualquier época del año, tanto en el espacio exterior (vía de acceso a la planta), como en el interior de la planta de tratamiento (acceso a bodegas de químicos, laboratorio, taller, etc.).
- En los pasillos y voladizos, colocar barandales de protección contra accidentes. Asimismo colocar tapaderas sanitarias que eviten las infiltraciones de aguas contaminadas, principalmente en aquellas zonas donde se manejen aguas que ya fueron filtradas o desinfectadas.
- Se debe poner especial atención a la disposición sanitaria y segura de las aguas de lavado de la planta, así como de los lodos producidos por los procesos unitarios.
- Considerar la señalización de la ruta de evacuación en caso de emergencia.
- Deberá considerarse elementos de seguridad para la atención del personal de operación y mantenimiento, ante eventuales fugas de cloro, como ser: alarmas sonoras, torres de absorción de cloro, lavamanos y duchas, botiquines de emergencias y sensores para la medición de gases tóxicos.

## Tanques de Almacenamiento

- Diseñar drenajes pluviales perimetrales, en el área de ubicación de los tanques de almacenamiento, en especial en zonas elevadas, terrenos inestables, pendientes fuertes, superficies sin protección vegetal, etc.
- Diseñar obras de rebose, disipadores de energía, drenaje o limpieza, de forma tal que las aguas no corran libremente a velocidades que representen riesgos de provocar socavaciones.
- Toda vez que sea posible considerar más de un tanque para el almacenamiento de agua en un sistema de agua potable. Para facilitar la operación del sistema tanto en situaciones de emergencia como en forma cotidiana, siempre se preferirá diseñar dos cámaras independientes de almacenaje en lugar de una sola.
- Para identificar eventuales fugas o infiltraciones por daños en la losa de piso, principalmente en zonas inestables, es apropiado diseñar un sistema de recolección, usando tuberías ubicadas debajo de la losa de piso con descarga a cajas o pozos perimetrales que permitan monitorear la situación en todo momento.
- Diseñar los elementos estructurales con criterios sismo resistente, asegurando en las estructuras que almacenan agua, un comportamiento sin fisuras o grietas, ante el evento en consideración.
- Diseñar los accesos al interior de los tanques usando bocas de entrada, ubicadas de tal forma que permitan el ingreso seguro, al personal que realizará operaciones de mantenimiento. De igual forma las escaleras exteriores e interiores deberán cumplir con este requerimiento de seguridad y durabilidad.
- Las tapaderas de los accesos deberán ser sanitarias, es decir, que no permitan entradas de aguas lluvias encharcadas en las losas de techos.
- Los respiraderos deberán protegerse contra el ingreso de insectos y de igual forma las tuberías de reboses, que además deberían dotarse de trampas hidráulicas si quedarán expuestas a accesos de insectos o materiales extraños.





- Considerar la seguridad de las instalaciones mediante el diseño de cercos perimetrales y condiciones de acceso restringido.

### III.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### Aspectos Generales

- Debe asegurarse que la construcción de las obras se realice, conforme a planos y especificaciones técnicas, documentando las modificaciones que se hicieren durante el proceso de construcción en memorias, bitácoras y planos “tal como construido” (as built) o finales de construcción.
- Debe dotarse de los equipos de generación de energía eléctrica de respaldo, definidos en la fase de diseño en componentes estratégicos para la continuidad de la prestación de servicios en caso de emergencias.
- El constructor deberá respetar las medidas ambientales, establecidas por la SERNA en el contrato de medidas de mitigación, de acuerdo al estudio de evaluación de impacto ambiental realizado como requisito para la aprobación del proyecto.
- Manejar apropiadamente la disposición de los escombros y desperdicios de materiales producto del proceso constructivo, considerando de ser posible el reuso en otros componentes del mismo proyecto.
- No depositar escombros ni desperdicios de materiales en cuerpos de agua, en zonas aledañas a los mismos o en depresiones topográficas no autorizadas por las autoridades locales para tal fin.
- Deberá establecerse medidas de seguridad, higiene y salud ocupacional para el personal que participe en el proceso constructivo, según lo estipulado en la legislación vigente.
- Es necesario e importante para la seguridad tanto de las personas que trabajan en el proyecto como de las que eventualmente lo visitan, que todas las obras estén debidamente señalizadas, advirtiendo los peligros, la limitación de accesos temporales y las rutas alternas para la circulación segura.
- Mantener los caminos de acceso a las obras en buen estado para minimizar los riesgos de accidentes.
- Considerar la implantación de medidas de información y capacitación tanto a la ciudadanía en general, pero principalmente a las organizaciones que serán responsables de la administración de los sistemas en aspectos de: promoción de la salud, protección de los cuerpos de agua, gestión adecuada de los residuos sólidos, mantenimiento sostenible de los sistemas de agua y saneamiento.
- Construir las obras respetando en la medida de lo posible, la topografía natural, evitando grandes cortes o rellenos que generen riesgos potenciales, conservando el paisaje natural, usando técnicas seguras y apropiadas a la localidad en particular y haciendo uso de materiales de buena calidad y de fácil reposición por su existencia en el mercado local o regional.
- Obtener previo a la construcción de las obras, los derechos de propiedad o servidumbre de los sitios en donde se colocarán los diferentes componentes del proyecto, a fin de garantizar su legitimidad y evitar retrasos en el proceso constructivo o problemas durante la operación de los mismos.



Obras de toma.



- Cuando el caso lo amerite, construir aguas arriba de los sitios de implantación de obras de captación, estructuras de protección para el control de inundaciones y retención de sedimentos, que durante las crecidas actúen como disipadores de energía.
- Evitar la construcción de obras de captación en zonas cercanas a derrumbes, susceptibles a deslizamientos o en secciones del río en donde el curso de agua tienda a producir socavaciones, dejar depósitos de sedimentos o a cambiar de dirección durante el tránsito de avenidas.
- No ubicar obras de captación de aguas destinadas al consumo humano, aguas abajo o muy cercanas a descargas de aguas contaminadas por aguas residuales, aguas excedentes producto de riego agrícola, rellenos sanitarios y otras que se identifiquen como potencialmente peligrosas para la salud.

### Líneas de conducción, distribución y redes.

- Respetar la profundidad de soterramiento de acuerdo al tipo y tamaño de las tuberías y condiciones de los sitios en donde serán instaladas, respetando lo previsto en la normativa, especificaciones del proyecto o en su defecto de las recomendaciones mínimas del fabricante, asegurando una mayor profundidad en los tramos críticos o expuestos a flujos erosivos.
- Cuando los terrenos sean inestables (por ejemplo, arenosos), o la colocación de la tubería se haya previsto muy profunda, las zanjas para la instalación de las tuberías deberán construirse usando ya sea taludes o terrazas para evitar derrumbes y riesgo de accidentes durante el proceso constructivo.
- Para brindar una mayor protección a la estabilización de suelos y seguridad a las tuberías, en las áreas críticas, una vez que se haya completado el relleno de las zanjas se deben proteger con grama u otro material vegetal.
- En los tramos de tuberías de líneas de conducción y líneas y redes de distribución, que deban pasar por depresiones topográficas (cruces de cursos de agua, puentes, etc.), terrenos geológicamente inestables o con pendientes demasiado pronunciadas, se deberá tomar las precauciones necesarias, seleccionando el tipo de tubería más apropiado, anclar debidamente las tuberías, colocar ya sea juntas flexibles en algunos casos y en otros de cerrojo (mecanismos de seguridad), para garantizar la estabilidad de las mismas ante la materialización de la amenaza o amenazas con probabilidad de ocurrencia en la zona.
- Cuando en las redes de distribución se hayan dispuesto tramos de interconexión entre circuitos que son abastecidos por tanques de almacenamiento diferentes, para ser operados en situaciones calificadas (emergencias por fallas eventuales, necesidades de mantenimiento, desastres naturales, racionamiento, etc.), estos deberán quedar con las protecciones hidráulicas necesarias para evitar sobre presiones que pudieren ocasionar daños en las tuberías y/o fugas, así mismo deberán quedar inaccesibles a ser operados por personas ajenas al organismo operador.
- Implantar los registros o indicadores de gestión necesarios en apoyo a la toma de decisiones basadas en resultados, por ejemplo: control de presiones y calidad del agua en



puntos críticos, determinación de fugas físicas a través de mediciones y estimaciones de caudales mínimos nocturnos, estado físico y funcional de hidrantes, válvulas de seccionamiento u otros dispositivos de control de presiones, control de zonas con mayor incidencia de fugas y demandas de trabajos, número de reparaciones en función de longitud de tubería, clase de materiales y tamaños de diámetros, mapeo de dichas estadísticas, etc.

## Estaciones de Bombeo

- Las instalaciones deben proveerse con medidas de seguridad, es decir, cercadas perimetralmente y permanecer con puertas de acceso y ventanales inaccesibles a personas ajenas a la operación de dichas unidades. De igual forma se deben dotar de medios que eviten el ingreso de animales.
- Asegurar que los equipamientos electromecánicos cuenten con las debidas protecciones eléctricas ante tormentas eléctricas, pérdidas de fase y asegurar que no están accesibles a personas ajenas a su operación.
- Anclar adecuadamente los equipos de bombeo, para evitar desacoples, y colocar las juntas flexibles necesarias para evitar la transmisión de vibraciones y eventuales roturas y desacoplamiento, según la eventual amenaza o amenazas.
- Ubicar los equipos electromecánicos sobre la cota de inundación crítica registrada históricamente, implementar las obras de protección apropiadas, considerando los drenajes necesarios para evitar que ante una rotura de tubería, la estación pudiera sufrir inundación.
- En casos de estaciones de bombeo cuyo almacenamiento de agua este por debajo del nivel de piso (pozos de agua, cisternas, etc.) se usarán mecanismos de cierre hermético y medidas sanitarias para evitar que aguas contaminadas drenen al interior de las mismas.
- Las edificaciones deben mantenerse limpias, bien ventiladas e iluminadas y libres de obstáculos que dificulten el libre tránsito de sus operadores, cumpliendo los principios y normativas de seguridad ocupacional e industrial.
- La estación debe estar dotada de mecanismos y espacios suficientes que faciliten el desmontaje y traslado de los equipos de bombeo cuando estos deban ser removidos para operaciones de mantenimiento.
- Cuando se haya previsto que en estas unidades se aplique la desinfección o se refuerce la misma para mantener los estándares exigidos para el control y vigilancia de la calidad del agua, los productos químicos deberán ser almacenados en una bodega separada del ambiente donde se alojan los equipos de bombeo, paneles eléctricos y salas de operadores. La estación de bombeo no debe ser vista como una bodega para almacenaje de materiales, productos químicos o peligrosos (combustibles).
- Las instalaciones deben quedar dotadas con un Plan de Seguridad ante eventuales emergencias, con los equipos de seguridad mínimos necesarios para los operadores. Los extintores deben seleccionarse de acuerdo al tipo de incendio probable (A, B, C o D), estar ubicados en las zonas de riesgos potenciales y el personal debidamente capacitado para dar respuesta a situaciones de emergencias.

## Plantas de tratamiento y sistemas de desinfección

- Las plantas de tratamiento deben ser construidas por profesionales calificados para tal fin, usando los principios de una sana práctica de la ingeniería.
- Ante riesgos de asentamientos diferenciales a las que están sometidas las estructuras de plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y cárcamos de bombeo, que traen como consecuencias fugas, muchas veces imperceptibles al inicio, es muy importante prestar atención a los estudios de suelos y de geotecnia, principalmente cuando los estudios de suelos no han sido suficientes en la etapa del diseño, cuando se han hecho modificaciones en los sitios de implantación de obras o cuando se han encontrado situaciones diferentes a las definidas en los planos, establecidas.
- Relacionado con los riesgos anteriores, en estructuras hidrosanitarias es muy importante asegurarse del uso correcto de las juntas de construcción, subdrenaje de las cimentaciones, drenaje exterior perimetral, manejo de las aguas de escurrimientos superficiales en las partes altas de los taludes, como ser las cunetas de coronación, la ubicación de las tuberías de descargas de reboses y limpiezas y aquellos otros elementos que resulten aplicables según las condiciones propias de los sitios a intervenir.
- Construir obras de protección contra los potenciales daños de la escorrentía de aguas superficiales, mediante: i). El uso de zanjas o cunetas que intercepten y deriven los flujos en las áreas perimetrales, ubicadas en las partes altas de los taludes, y ii). Construcción de enchapes o estabilización de taludes con materia vegetal, principalmente en terrenos inestables.
- Anclar apropiadamente los equipos de cloración y todos aquellos equipos móviles sujetos a caer o desplazarse por los efectos de temblores o sismos.
- Observar las recomendaciones anotadas para las estructuras de almacenamiento que resulten aplicables a obras de tratamiento.

## Tanques de Almacenamiento

- Deben construirse cercos perimetrales, con puertas de acceso y mantenerse con candado, para evitar el acceso de personas ajenas a la operación del tanque. Los cercos también deben evitar el ingreso de animales.
- Construir obras de protección contra los potenciales daños de la escorrentía de aguas superficiales, mediante el uso de zanjas de derivación que intercepten los flujos en las áreas perimetrales ubicadas en las partes altas, construcción de enchapes o estabilización de taludes con materia vegetal, principalmente en terrenos inestables.
- Instalar las tuberías de rebose y limpieza, asegurando que durante las operaciones de mantenimiento la descarga de agua no represente riesgo de socavaciones de la propia infraestructura.
- En zonas sísmicas es muy importante asegurar que los sistemas de anclaje, tanto en las plantas de tratamiento como en tanques de almacenamiento, evitarán los desacoples o roturas de tuberías, ya sea rigidizándolos en algunos casos o mediante el uso de juntas flexibles en otros.
- De igual manera prever el uso de juntas de construcción y juntas de estanqueidad en tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento y cárcamos de estaciones de bombeo.



- Construcción de vías de acceso a los tanques de almacenamiento y a las plantas de tratamiento seguro en todo tiempo, es decir, que las vías no se construyan sólo para la propia construcción de las obras, sino para la operación del sistema.

### III.4 ETAPA DE OPERACIÓN

#### Aspectos Generales

Bajo el enfoque de reducción de riesgos en el Sector APS, se pretende que en cada uno de los sistemas de agua a nivel nacional, se cuente con el Análisis de Vulnerabilidad, el Plan de Mitigación y el Plan de Emergencia, herramientas de gestión gerencial que deben elaborarse en forma participativa, y mantenerse actualizadas para el mejoramiento continuo, tanto de los aspectos organizativos de la institución prestadora del servicio, como de los aspectos funcionales y estructurales del sistema, permitiendo contar con prestadores fortalecidos e infraestructura sanitaria más segura en caso de emergencias y desastres.

En el Anexo de esta Guía, se presentan los protocolos necesarios para elaborar los instrumentos antes mencionados.

A continuación se enlistan algunos aspectos generales que favorecen el proceso de reducción de riesgos y el mejoramiento de la gestión de los servicios en el nivel local:

- Promover en el ámbito municipal, la aplicación del marco nacional de las políticas sobre prevención, preparativos y respuesta ante emergencias, mediante ordenanzas que establezcan la obligatoriedad de incorporar criterios de reducción de riesgos en el desarrollo de infraestructura sanitaria y en la gestión de los servicios por parte de los prestadores.
- Contar con información suficiente y segura, a ser proporcionada por las instituciones del sector, autoridades locales, la organización prestadora del servicio y la propia población, sobre la(s) amenaza(s) predominante(s) en la zona en consideración, y en función de ello, las vulnerabilidades y riesgos en el desarrollo de la infraestructura sanitaria prevista.
- Disponer de mapas de riesgos de la zona.
- Contar con los planos actualizados del sistema, planos tal como construida (as built), incluyendo todas las incorporación de las mejoras, modificaciones y ampliaciones realizadas en la fase de operación.
- Elaborar el análisis de vulnerabilidad de los componentes de los sistemas en función de los diferentes escenarios de riesgos potenciales y, en consonancia de lo anterior, los planes de mitigación y emergencias, priorizando sitios estratégicos de atención, por su importancia en la situación de la emergencia o por la concentración poblacional, como ser: unidades de salud, sitios de albergues, cárceles, mercados, etc.
- Fortalecer las capacidades técnicas locales, mediante la capacitación del recurso humano local de las organizaciones gubernamentales, municipalidades, juntas administradoras de agua, ONGs y otras de la sociedad civil, para incorporar la gestión de riesgos en los diferentes proyectos de agua y saneamiento que se ejecuten y operen en la jurisdicción municipal y local.





- Establecer las bases para la participación comunitaria efectiva, en las diferentes fases del ciclo de los proyectos.
- Ampliar y fortalecer las redes de estaciones pluviométricas e hidrométricas en las cuencas, y de ser aplicable, las estaciones telemétricas con fines de alerta temprana y de gestión de los servicios de agua, en proyectos de gran magnitud.
- Conocer, divulgar y promover el uso de tecnologías apropiadas (producción de energía limpia, uso de ruedas hidráulicas, ecosaneamiento, etc.), y el aprovechamiento de fuentes de aguas meteóricas o lluvias, para reducir riesgos en zonas secas.
- Promover el mejoramiento de la gestión gerencial de prestadores mediante la implantación y monitoreo de indicadores de gestión, como ser: (registros de quejas de clientes o abonados, determinación de índice de agua no contabilizada, facturación/cobranza, morosidad, etc.).
- Garantizar existencias en bodega de materiales, insumos y repuestos, con mayores posibilidades de rotación o demanda en situaciones de emergencias.

### Obras de toma.

- Elaboración de inventarios de cuerpos de agua superficiales y/o subterráneos para ser usadas eventualmente en casos de emergencias o para su preservación para el desarrollo de nuevos proyectos.
- Ampliar y fortalecer la red de estaciones pluviométricas e hidrométricas en las cuencas, con especial atención a las estaciones telemétricas tanto con fines de alarma temprana como de gestión de los servicios de agua.
- Utilización de tecnologías apropiadas, producción de energía limpia y uso de fuentes de aguas lluvias, para reducir riesgos en zonas secas.
- Una medida de reducción de riesgos que por economía no siempre es posible implantar, es contar con más de una fuente de aprovisionamiento de agua. Cuando no se tenga limitaciones, será conveniente implantar esta medida.
- Proporcionar el mantenimiento preventivo y correctivo necesario, de todos los componentes del sistema, y en el caso de obras de toma superficiales actuar en medidas de prevención y mitigación a nivel de cuenca, como ser: acciones de control de sedimentos, preservación de la cubierta vegetal, control de inundaciones y en los cursos de agua, construcción de obras disipadoras de energía.
- Mantener cercada e inaccesible a personas ajenas las obras de captación de aguas (superficiales y subterráneas)
- Mantener una vigilancia periódica de las actividades antropológicas en la cuenca y caracterizar en las aguas los parámetros de riesgos según las actividades encontradas, por ejemplo, si en la cuenca existen actividades agrícolas de hortalizas, verificar periódicamente agroquímicos y plaguicidas.
- Si la fuente de agua es subterránea y la obra de captación es un pozo, mantener registros del comportamiento de los niveles freáticos y de los niveles dinámicos a lo largo del año, verificar la profundidad de colocación de la bomba (asegurar el cumplimiento del NPSH), verificación del comportamiento de los guardaniveles o electrodos, protección contra el ingreso de contaminaciones directas, reposición del empaque de grava desde la superficie a través de tubos engravadores, etc.



- Incorporar criterios de compensación por servicios ambientales para la protección de la cuenca.

### **Líneas de conducción, distribución y redes.**

- Actualizar periódicamente, el catastro técnico de todos los componentes que comprende el proyecto, principalmente de aquellos que son sujetos a cambios o modificaciones más frecuentes como ser las redes de distribución y conexiones domiciliarias.
- Dividir o zonificar la red de distribución operacionalmente mediante la instalación estratégica de las válvulas de seccionamiento necesarias para facilitar las reparaciones o aislamientos parciales en labores de rutina y en casos de emergencias, sin provocar grandes zonas de desabastecimiento.
- Asegurar la protección de tuberías, accesorios y válvulas, mediante el soterramiento, grama u otro material vegetal.
- En caso de cruces de tuberías bajo corrientes de agua asegurar la protección suficiente, en cuanto a la longitud (largo del cruce en función de crecidas máximas), medio de sujeción de la tubería al terreno firme (que no quede apoyada en materiales de relleno), y protección sobre la corona del tubo (viga de concreto, enchapes de piedra, etc.), para evitar que las crecidas máximas los destruyan. La tubería y accesorios deberá ser de Hierro Galvanizado, Hierro Fundido Dúctil u otros materiales resistentes, a este tipo de solicitaciones.
- En caso de zonas inestables en donde las tuberías queden susceptibles a ser socavadas por las corrientes de aguas superficiales: a). Construir muros de retención que favorezcan la acumulación de sedimentos a lo largo de los tramos vulnerables, b). Anclar la tubería con muertos o macizos de piedra o concreto ó c). Reponer las tuberías y sistemas de acoplamientos rígidos por sistemas flexibles que soporten mayores niveles de deformaciones, según lo que resulte más apropiado.
- En caso de taludes inestables o socavación de terrenos en donde se han implantado o están muy próximos a las líneas o redes de distribución, es necesario dar protección a los suelos mediante la reposición de la cobertura vegetal con especies de la zona o de adaptabilidad ya conocida, siembra de barreras vivas para dar protección a los elementos del sistema de agua, construir obras de mejoramiento de los drenajes de las aguas pluviales o bien la reducción del peso de los taludes mediante la construcción de bermas o terrazas.

### **Estaciones de Bombeo**

- Mantener las instalaciones cercadas e inaccesibles a personas ajenas.
- Mantener en buenas condiciones los equipos de medición de caudales, medidores de presión (manómetros), etc.
- Dotar las instalaciones de dispositivos de seguridad o alarmas en casos de fallas.
- Dotar planta generadora de energía eléctrica, con capacidad mayor al 30 % de la necesaria, para la atención de emergencias, teniendo en cuenta de dimensionar el depósito de combustible en función del nivel de riesgos del sistema de suministro de energía eléctrica.

La planta generadora y su depósito de almacenaje de combustible, deberán instalarse cumplimiento con los requisitos de seguridad, funcionalidad operacional y accesibilidad para ser abastecido, reparado o removido en caso de ser necesario.

- Capacitar en forma continua a los trabajadores tanto en la correcta operación de los equipos, en procedimientos en casos de emergencia y en el uso de equipos de seguridad, dotándolos de manuales de operación, insumos y equipos necesarios.
- Implantar los registros necesarios (medición de caudales, presiones de trabajo, tiempos de trabajo de los diferentes equipos, cambios de aceite, reparaciones realizadas, consumos de energía, etc.), para administrar eficientemente las estaciones de bombeo.
- Mantener limpias y ordenadas las instalaciones y no permitir que se conviertan en bodegas improvisadas de materiales y chatarra.
- Dotar la estación con extintor tipo ABC para incendios clase A,B y C, capacitando al personal en su uso.
- Realizar pruebas periódicas para verificar el estado físico y funcional del equipamiento dotado para situaciones de emergencia, incluyendo al equipo humano, evaluar los resultados de la respuesta de los equipos en su conjunto y reforzar con las medidas necesarias.

### **Plantas de tratamiento y sistemas de desinfección**

- Muchas de las recomendaciones enunciadas para las estaciones de bombeo y los tanques de almacenamiento son aplicables para las plantas de tratamiento ya que se trata de obras civiles y equipos que deben mantenerse y operarse en condiciones de seguridad para las personas y para la calidad del producto, o sea, para garantizar el suministro seguro, continuo y suficiente de agua potable a la población.
- Implantar los sistemas de registros para el control y monitoreo de operación necesarios, por ejemplo: caudales tratados, calidad del agua cruda, dosis usadas para las diferentes sustancias químicas, calidad del agua tratada, costos de operación desglosados en sus principales rubros (personal, energía, químicos), etc.
- Tomar previsiones para instalar mecanismos que operen automáticamente evitando el ingreso de aguas a las estaciones de bombeo, plantas de tratamiento o tanques de almacenaje cuando no existan plantas de tratamiento, ante el deterioro de la calidad del agua, mientras dura el tránsito de la avenida.

### **Tanques de almacenamiento**

- Mantener las instalaciones cercadas e inaccesibles a personas ajenas.
- Dotar las instalaciones de dispositivos de seguridad o alarmas en casos de fallas, como ser derrames de agua por daños en flotadores.
- Instalar y usar los medios de sujeción (cadenas, bandas de seguridad, anclaje de anaqueles en bodegas, etc.) para los equipos móviles, recipientes de cloro y otros que pudieran caer en caso de sismos.
- Capacitar y mantener actualizado al personal responsable de dar mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes presentes en el tanque de almacenamiento

(válvulas, caudalímetros, hipocloradores, sistemas de cloración con gas, detectores de fugas de gas, medidores de cloro residual, etc.)

- Dotar las instalaciones con el o los manuales para la correcta operación del tanque de almacenamiento y de los equipos de cloración, incorporando en su contenido las medidas de seguridad personal y los procedimientos en casos de emergencias.
- Proporcionar los insumos y equipos necesarios para la seguridad personal.
- Si en el área del tanque se alojarán materiales, equipos o insumos de tratamiento, disponer del espacio de bodega en forma separada para el manejo seguro de los mismos.
- En el caso de estaciones de cloración con gas y también cuando se usen hipocloradores, asegurar un almacenaje suficiente de acuerdo a la valoración de vulnerabilidad del sistema de aprovisionamiento de químicos en caso de una emergencia.
- En áreas donde se alojan estructuras sanitarias, con terrenos naturales inestables o taludes muy pronunciados que pudieran sufrir erosiones por lluvias, proteger la misma con grama u otro material vegetal y proporcionar el mantenimiento eficiente de los sistemas de drenajes pluviales perimetrales.
- Mantener en buen estado el sistema eléctrico de iluminación interior y exterior, así como el de tomas o enchufes.
- Para la atención de situaciones de emergencia, en las cuales con frecuencia suceden interrupciones del servicio de agua por daños parciales en las redes de distribución, resulta de mucha utilidad la habilitación de sitios llenadores, para el despacho de agua en bloque (acarreada) a través de carros-cisternas.

Uno de los aspectos muy importantes para el eficiente desempeño de los sistemas de agua y saneamiento en su fase de operación, es el que tiene que ver con la reducción de la vulnerabilidad administrativa, que implica la implantación de medidas correctivas o acciones de mejoramiento, como las siguientes:

- Capacitar a los operadores con los conocimientos legales, administrativos, económico-financieros, técnicos y sociales para el cumplimiento de sus funciones.
- Capacitar a todo el personal de la organización prestadora con los conocimientos necesarios sobre la gestión de riesgos a fin de sean ellos mismos los que liderados por el equipo gerencial en las empresas o Juntas de Agua en las organizaciones comunitarias, realicen los análisis de vulnerabilidad y los planes de mitigación y de emergencia de los sistemas de agua y saneamiento.
- Contar con una oficina en donde funcione la organización prestadora del servicio y que esta a su vez cuente con una bodega integrada a la oficina o en forma separada a la misma, para el almacenamiento seguro de materiales, equipos, insumos y herramientas.
- Adquirir oportunamente los materiales, insumos y herramientas para el adecuado mantenimiento de los sistemas, incluyendo equipos para operaciones en situaciones de emergencia como ser: plantas generadoras portátiles, cables eléctricos y lámparas reflectoras para trabajos nocturnos.
- Aplicar y mantener saneados los indicadores de gestión administrativo-financiero, que la empresa u organización haya acordado implantar, como ser: Facturación, Recaudación, Morosidad, Agua No Contabilizada, Liquidez, etc.



- Establecimiento de un fondo especial para situaciones de emergencia y elaboración del reglamento para su uso.
- Implementar campañas de uso racional del agua y promoción de la salud en alianza con otros actores locales y estratégicos.
- Mantener en buen estado los sistemas de comunicación que usa la organización para la operación de los acueductos.
- Cumplimiento de la legislación aplicable en los procesos de adquisiciones de bienes y servicios.



### III. INCORPORACIÓN DE CRITERIOS PARA LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD EN LA GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO

Aunque en el país tradicionalmente se han construido sistemas de alcantarillados convencionales, existen experiencias de construcción de sistemas alternativos de diámetro pequeño (sin arrastre de sólidos), alcantarillados simplificados y de sistemas condominiales.

En el sector rural la solución generalizada para el manejo de excretas ha sido la letrina en sus diferentes tipos: sanitaria, ventilada, hidráulica (lavable) y en menor escala la letrina abonera, pero también, los fosos o pozos sépticos, que en muchos de los casos no reúnen las características sanitarias necesarias para ser consideradas como fosas sépticas, ya que carecen de las medidas de hermeticidad y de disposición de residuos líquidos.

En cuanto al tratamiento de las aguas residuales, además de las fosas sépticas, en el ambiente municipal se ha generalizado el uso de lagunas de estabilización en sus diferentes tipos: anaeróbicas, facultativas y aeróbicas, pero también se cuentan en el país con experiencias en el uso de tanques Imhoff, filtros percoladores, biofiltros, humedales y lodos activados.

Las lecciones aprendidas de daños históricos en sistemas de alcantarillados sanitarios ocasionados como consecuencias de inundaciones han sido severas, como ejemplo, la ciudad de Tegucigalpa perdió más del 50% de sus sistema de colectores sanitarios cuando ocurrió el huracán Mitch, lecciones que en la reconstrucción de algunos de estos tramos fueron capitalizadas en el mejoramiento de los trazos de rutas.

Con el propósito de que este instrumento no resulte repetitivo, se abordan a continuación, las recomendaciones de mayor importancia para la reducción de vulnerabilidades en los sistemas de alcantarillados sanitarios, en tal sentido, la complementariedad de las medidas y los criterios para la reducción de riesgos en sus diferentes componentes debe alcanzarse con la revisión de aquellos aspectos que resulten aplicables de los tratados en el Capítulo III, correspondiente para los sistemas de agua.

#### IV.1 FASE DE ESTUDIO

##### Aspectos Generales

- Asegurar en la estimación de los caudales de diseño que las contribuciones parciales por los diferentes aportes (doméstico, comercial, industrial, etc.), principalmente las ocasionadas por influjos, infiltraciones y conexiones ilícitas correspondan a las condiciones propias de la zona o a la normativa nacional y no a parámetros de referentes foráneos con distintas características.
- Para casos de emergencias por eventuales inundaciones, considerar de ser posible el alivio de caudales extraordinarios a zonas en donde no se afecte a poblaciones, el menor daño ambiental posible, la factibilidad de usar obras de amortiguamiento que permitan el control de los caudales antes de su alivio, evaluando la capacidad del cuerpo receptor.
- Proyectar la localización de las plantas de depuración de aguas residuales, en zonas topográficamente bajas (con protección contra inundación), de tal manera que los derrames por eventuales fisuras en las obras o desbordamientos por caudales



extraordinarios, fluyan hacia áreas que no generen contaminación de fuentes de abastecimiento de agua, ni provoquen riesgos para la salud, daños económicos o daños ambientales evitables.

- Considerar las características del cuerpo receptor, entre otras, caudales, pendiente, capacidad de autodepuración, para determinar el nivel de tratamiento que la planta requiere según la normativa vigente.
- Considerar los sistemas de alimentación de energía, previendo los equipos y protecciones de emergencia necesarios, ante eventuales cortes del servicio, caídas de voltaje u otros imprevistos.
- En el caso de saneamiento básico (letrinas, fosas sépticas, pozos de absorción, zanjas de oxidación...etc.), su ubicación deberá realizarse conforme a lineamientos sanitarios ambientales, con el fin de evitar las contaminación.
- Tomar en cuenta rutas alternas para el acceso a las estructuras de los sistemas de alcantarillado sanitario (colectoras, aducción, tratamiento, disposición final).

## IV.2 FASE DE DISEÑO

### Aspectos Generales

- Incluir en el diseño rutas alternas para el acceso a las tuberías de aducción.
- Para el caso de estaciones de bombeo, sifones invertidos y plantas de tratamiento de aguas residuales, considerar diseños modulares, para dar mayor flexibilidad a la operación y mantenimiento de los mismos, ante imprevistos, accidentes o condiciones de emergencias.
- Respetar la normativa en cuanto a valores de pendientes máximas permitidas. Tener en cuenta que en los casos de instalación de tuberías bajo condiciones de pendientes muy pronunciadas, se debe proporcionar el sistema de anclaje que asegure la estabilidad de las redes, pudiendo ser mediante tuberías con cerrojos de seguridad en sus uniones, anclaje sobre pilotes o en zanjas con las debidas protecciones o de obras hidráulicas que eviten altas velocidades de los cursos de aguas superficiales.
- En zonas que exista la amenaza de sequía los proyectos deben formularse estimando con mucho esmero los caudales mínimos, principalmente en los primeros años de funcionamiento, a fin de garantizar que se usarán diámetros y pendientes que aún en esas condiciones aseguren las velocidades mínimas de autolimpieza y que a su vez trabajen bajo la normativa esperada ante las máximas solicitaciones.
- El trazo de rutas debe diseñarse evitando al máximo los cauces de los ríos en cotas potencialmente inundables en períodos de retorno suficientemente largos, ya que es muy frecuente que ante inundaciones los sistemas de alcantarillado sanitario colapsen por sedimentación, desacople o destrucción ocasionada por el tránsito de avenidas.
- En zonas costeras considerar la posibilidad de usar válvulas de **anti retorno** para evitar contra flujos o reflujos en zonas inundables de la red **colectora**.
- En las zonas de alto riesgo de desastre por deslizamientos, deben diseñarse estructuras de protección de las tuberías y sistemas de tratamiento, a fin de contener al máximo los flujos de lodos.
- Diseñar obras de rebose y de derivación en las plantas depuradoras de aguas residuales asegurando una disposición adecuada sanitariamente y ambientalmente.

- Diseñar las instalaciones de los equipos de bombeo considerando su fácil remoción, de forma tal que puedan desmontarse sin mayores contratiempos. No olvidar, incluir los mecanismos y equipamientos necesarios para el desmontaje y carga para la transportación de los equipos.
- Diseñar la ubicación de los equipos electromecánicos en una cota superior a la cota de inundación histórica máxima, o de la previsible según lo determinen los cálculos hidrológicos, implementando las obras de protección que sean necesarias.
- Tomar en consideración en los equipos electromecánicos la dotación de unidades anti-chispa, para evitar la posibilidad de explosiones como consecuencia de ambientes con presencia de gases producto de las aguas residuales.
- Asegurar que los anclajes de los equipos de bombeo responderán satisfactoriamente a las sollicitaciones propias de la amenaza o amenazas analizadas, considerando por ejemplo: juntas flexibles, protecciones eléctricas, anclajes, accesos permanentes, etc.
- Las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser diseñadas por profesionales calificados, considerando la sostenibilidad económica, social, tecnológica y ambiental.
- Para asegurar el cumplimiento de objetivos ambientales, es importante caracterizar el agua de los cuerpos receptores, asimismo su variación de caudales a lo largo del año y los usos potenciales del curso aguas abajo. Esta caracterización y conocimiento del cuerpo receptor proporcionará información valiosa en caso de operaciones de emergencia.
- Realizar diseños considerando como parte integral de la planta, las facilidades mínimas necesarias para realizar las pruebas de laboratorio que garanticen el control del tratamiento, permita dar seguimiento a la calidad del agua tratada y aporte información para realizar ajustes al tratamiento de las aguas.
- Considerar los sistemas de anclaje necesarios para los equipos, cristalería de laboratorio y los diferentes aparatos o equipos móviles, **reactivos**, que pudieran caer en caso de sismos.
- Diseñar accesos seguros tanto exteriormente como en el interior de las instalaciones.
- Diseñar sistemas de drenajes de químicos y componentes de neutralización de purgas y vertidos.
- En las áreas de la planta que así lo ameriten, colocar barandales de protección contra eventuales accidentes de operadores o visitantes.
- Diseñar sistemas de drenaje para obras en laderas así como los diseños de estabilización de taludes.
- Diseñar rutas de evacuación en casos de emergencia.

### IV.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN

#### Aspectos Generales

- Usar tuberías de materiales aprobados por las normativas institucionales del SANAA y el FHIS, siguiendo las recomendaciones técnicas determinadas por los fabricantes, en cuanto a limitaciones de presiones internas y externas, así como las condiciones de intemperie.
- Aplicar las recomendaciones apuntadas en los numerales que anteceden y que resultan aplicables a la instalación de tuberías, construcción de obras civiles (pozos de visita, pozos de caída, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales y cabezales de descarga) y equipamientos.

- La instalación de tuberías de drenaje sanitario siempre se deberá realizar por debajo de la tubería de agua potable, respetando las normativas que rijan el diseño o las recomendaciones sanitarias aceptadas internacionalmente.
- Cuando sea posible, los pozos de inspección y de caída, no deberán permitir el influjo de aguas lluvias y deberán permanecer tapados con tapas que en la medida de lo posible no puedan ser removidas por actos vandálicos.

#### IV.4 ETAPA DE OPERACIÓN

##### Aspectos Generales

- Las empresas operadoras deben dotar a sus empleados de los implementos de bioseguridad necesarios para garantizar el desarrollo de sus actividades en condiciones de seguridad a su salud personal y a las de sus familias, así como de las herramientas apropiadas para realizar los trabajos en condiciones de funcionalidad, seguridad y eficiencia.
- Establecer mecanismos de control para asegurar que no se realicen conexiones de aguas lluvias a los sistemas sanitarios, pues estos aportes no son previstos en el dimensionamiento de las redes y ocasionan sobrecargas y obstrucciones.
- En áreas con terreno natural expuesto, establecer zanjas de desviación en sitios topográficos críticos.
- Para una operación y mantenimiento eficaz se debe mantener un almacenaje mínimo de equipos, herramientas y repuestos que permitan resolver los problemas con mayores posibilidades de ocurrencia, estos insumos deberán dotarse como parte de la construcción misma de los proyectos.
- Mantener un inventario actualizado de materiales y repuestos y un control de los daños más frecuentes en el sistema.
- Los sistemas de tratamiento de aguas residuales, que cuentan con diseños modulares, ofrecen la flexibilidad de recargar las unidades en operación, mientras se repara el módulo dañado.
- No olvidar que es necesario tener control del dragado del cuerpo receptor, así como el establecer controles para evitar el vertido de residuos sólidos en el mismo.
- Brindar capacitación, guías de primeros auxilios y seguridad ocupacional al personal.
- Efectuar simulacros rutinarios de emergencia.



## GLOSARIO DE TERMINOS TÉCNICOS

Con el ánimo de no ser exhaustivos y extensos, se incluyen a continuación los términos y conceptos con mayor frecuencia de uso, en el lenguaje técnico del sector de agua y saneamiento, y principalmente en materia de gestión de riesgos.

### **Administración para desastres.**

Conjunto de procesos para lograr que las acciones de planeamiento, organización, dirección y control, que requieren las diferentes fases del ciclo de los desastres, se realicen de forma eficiente y eficaz.

### **Amenaza.**

Es el factor externo del riesgo, está representado por la potencial ocurrencia de un suceso natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un tiempo y lugar específico, con una intensidad y duración determinada.

### **Amenaza antropogénica o antrópica.**

Peligro latente generado por la actividad humana sobre los recursos del ambiente, la infraestructura y/o las personas. Comprende peligros por contaminación de agua, aire, suelos; derrames de sustancias tóxicas, incendios, explosiones, fallas de obras de infraestructura, etc.

### **Amenazas naturales.**

Elementos del medio ambiente causados por fuerzas extrañas al humano, como ser: fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (sismos, maremotos y erupciones volcánicas), incendios forestales no provocados, etc., que son peligrosos a las personas, a sus estructuras y a sus actividades.

### **Análisis de vulnerabilidad.**

Es el proceso mediante el que se identifican y determinan cuáles son los componentes y/o elementos críticos o susceptibles de fallar, de los sistemas (agua, saneamiento, energía eléctrica, etc.), ante los diferentes escenarios de amenazas.

### **Desastre.**

Evento natural o provocado por la actividad humana, que afecta negativamente los patrones normales de las sociedades, y ocasiona pérdidas de vidas, materiales y económicas en las poblaciones, su patrimonio, sus estructuras y el ambiente, excediendo la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

### **Ciclo del desastre.**

Secuencia de acciones interrelacionadas de: prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción, a ejecutarse en el “Antes”, “Durante” y “Después”, de la ocurrencia del evento.

### **Emergencia.**

Situación ocasionada por la ocurrencia de un evento natural o antrópico que causa



daños o alteraciones en las personas, los bienes, los servicios o el medio ambiente, sin que se supere la capacidad de respuesta del prestador del servicio, en el caso de la gestión de los sistemas de agua y saneamiento, y/o comunitaria de la población afectada.

### **Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN).**

Procedimiento estandarizado para evaluar los daños ocurridos en las comunidades y sus estructuras, a consecuencia de un desastre, y determinar en función de ello, las necesidades para la restitución de sus servicios en el menor tiempo posible.

### **Gestión del riesgo.**

Proceso(s) efectuado(s) para identificar eventos potenciales que puedan afectar a la población, sus estructuras, sus servicios y/o el ambiente y a orientar acciones, en el antes, durante o después, para: impedir, reducir, prever y/o controlar los impactos negativos de una situación de desastre.

### **Mitigación.**

Intervención dirigida a disminuir o reducir riesgos en los componentes susceptibles a fallar.

### **Plan de Mitigación.**

Conjunto de medidas y obras a implementar antes de la ocurrencia de un desastre, con el fin de disminuir el impacto negativo sobre aquellos componentes o elementos (de los sistemas), que fueron encontrados débiles o frágiles en el análisis de vulnerabilidad.

### **Movimientos de suelos.**

Desplazamientos de masas de tierra, detritos y/o rocas, ocasionados por cambios en el equilibrio de las fuerzas de la gravedad y de resistencia, sus causas pueden ser naturales o provocadas por intervenciones antrópicas.

### **Plan de emergencia.**

Conjunto de medidas a aplicar en: el antes, el durante y el después, de la ocurrencia de una situación de emergencia o desastre, para minimizar los impactos negativos generados por un evento adverso.

### **Prevención.**

Conjunto de medidas y acciones implantadas, con anticipación, para evitar o disminuir el efecto del impacto negativo de los desastres. La implementación debe realizarse en las etapas de formulación, diseño y construcción de los proyectos de agua y saneamiento.

### **Preparación.**

Conjunto de medidas y acciones que deben implementarse antes de la ocurrencia de un desastre, con el objetivo de organizar y facilitar las acciones de respuesta.

### **Redundancia.**

Medidas y acciones repetitivas para aquellos componentes de carácter crítico que resulte necesario asegurar ante posibles fallos, por ocurrencia de daños causados, por eventos naturales o antrópicos, permitiendo que a pesar de la pérdida de uno o más de sus componentes o elementos, se mantenga la continuidad del servicio.





## **Resiliencia.**

Capacidad de las personas, comunidades, organizaciones, estructuras o servicios, de absorber un impacto negativo o de recuperarse, una vez ocurrido el desastre o efecto adverso.

## **Respuesta.**

Etapa del ciclo de los desastres, que corresponde a la ejecución de las acciones previstas, en la etapa de preparación, para la atención oportuna de la población.

## **Riesgo.**

Probabilidad de exceder una magnitud aceptable de daños físicos sociales, ambientales y económicos en un componente determinado de un sistema de agua y saneamiento. El riesgo es función directamente proporcional de la vulnerabilidad y de la amenaza.

## **Riesgo aceptable.**

Consecuencias adversas que se asumen, aceptan o toleran, por considerar innecesario o muy costosa su reducción o eliminación, con fines de protección ante eventuales fenómenos peligrosos.

## **Sistema de agua potable.**

Conjunto de obras civiles, tuberías, accesorios, materiales, equipamientos y servicios, que tienen por objeto el suministro de agua potable a una población.

Comprende, todos o algunos de los siguientes componentes: Obras de captación, desarenadores, líneas de conducción, estaciones de bombeo, líneas de distribución, línea de impulsión, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución.

En los componentes de las líneas de conducción, de impulsión y en algunos casos de las líneas y redes de distribución, se ubican dispositivos como: i). Válvulas: De admisión y/o expulsión de aire, seccionamiento, flotadores, reductoras de presión, contra golpe de ariete, etc., ii). Anclajes para sujeción segura de las tuberías, accesorios, válvulas, etc., iii). Cámaras: Rompecarga y distribuidoras o repartidoras de caudales, Pasos o cruces elevados o cruces bajo corrientes de agua, iv). Macro medidores y micro medidores, etc.

**Letrinas medio físico o instalación sanitaria** donde se depositan los excrementos humanos para evitar la transmisión de enfermedades

## **Sistemas de alcantarillado sanitario.**

Conjunto de obras civiles, tuberías, accesorios, equipamientos, materiales y servicios, que tienen por objeto recolectar, conducir, acondicionar y disponer, de forma sanitariamente segura, las aguas residuales de una población.

Comprende, todos o algunos de los siguientes componentes: Acometida, colectores, pozos de registro i caída, estaciones de bombeo, planta de tratamiento de aguas residuales, línea de impulsión o de bombeo, sifones invertidos o alcantarillas deprimidas.

## **Vulnerabilidad.**

Es la susceptibilidad a la pérdida o daño, de un componente o elemento, de los sistemas de agua y saneamiento, como producto de la ocurrencia de un desastre.

La Vulnerabilidad es el factor interno de riesgo, y puede originarse por causas: administrativas, operativas y físicas.



## BIBLIOGRAFIA

1. Código de Salud. Decreto Número 65-91 del Poder Legislativo con fecha 28 de mayo de 1991, publicado en la Gaceta No.26509 del 6 de agosto de 1991.
2. Emergencias y Desastres en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento, Guía para una Respuesta Eficaz, Organización Panamericana de la Salud, oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 2001.
3. Gestión de Residuos Sólidos en Situaciones de Desastre, Washington, D.C. OPS, 2003.
4. Guía Técnica para la Reducción de la Vulnerabilidad en los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). Nicaragua. Abril 2004
5. Guías Técnicas para la Incorporación de Medidas de Mitigación de Desastres en el Diseño y Construcción de Sistemas de Agua y Saneamiento. SANAA 2004.
6. Guías Técnicas para la Reducción de la Vulnerabilidad en los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. República de El Ecuador.
7. Ley de Municipalidades y su Reglamento. Decreto No. 134-90 del Poder Legislativo con fecha 29 de octubre de 1990 con vigencia el 1 de enero de 1991 y reformada según Decreto No. 48-91 y Reglamento General de la Ley Municipalidades. Acuerdo No. 018-93 del Poder Ejecutivo con fecha 1 de febrero de 1993.
8. Ley de Ordenamiento Territorial. Decreto No. 180-2003 del Poder Legislativo con fecha 30 de octubre de 2003, publicado en La Gaceta 30277 del 30 de diciembre de 2003.
9. Ley del SINAGER
10. Ley General de Aguas Decreto 181-2009, del Poder Legislativo 24 de agosto de 2009, publicado en La Gaceta No. 32088 el 14 de diciembre de 2009.
11. Ley General del Ambiente. Decreto No. 104-93 del Poder Legislativo con fecha 27 de mayo de 1993.
12. Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento, Decreto 118-2003 del Poder Legislativo, 20 de agosto de 2003, publicado en La Gaceta No. 30207 el 8 de octubre de 2003, con vigencia a partir del 28 de octubre de 2003.
13. Manual para la Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas Rurales de Agua Potable. Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 1998.
14. Mitigación de Desastres en las instalaciones de Salud: Aspectos de Ingeniería, OPS 1993.
15. Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario: Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, Guías para el Análisis de Vulnerabilidad, 1998.
16. Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable. Acuerdo No. 084 de la Secretaría de Salud Pública con fecha 31 de julio de 1995, con vigencia el 4 de octubre de 1995.
17. Normas Técnicas de las Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y Alcantarillado Sanitario. Acuerdo No.058 de la Secretaría de Salud Pública, publicada el 9 de abril de 1996 con vigencia desde el 13 de diciembre de 1997.
18. Reglamento de Juntas Administradoras de Agua, aprobado en junio de 2006 y publicado en la Gaceta No. 31092 de fecha 29 de agosto de 2006.
19. Reglamento General de la Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento. Acuerdo No. 006 de la Secretaría de Salud del 3 de febrero de 2004, publicado en La Gaceta No. 30384 del 8 de mayo del 2004 con vigencia a partir del día de su publicación en La Gaceta.
20. Reglamento General de Salud Ambiental. Acuerdo No. 0094 de la Secretaría de Salud Pública con fecha 11 de junio 1997, publicado en La Gaceta Número 28593 del 20 de junio de 1998.
21. República de Honduras. Visión de País 2010-2038 y Plan de Nación 2010-2022. Enero 2010