

## **FORMULACIÓN DE UN PLAN DE SEGURIDAD DE AGUA PARA UN SISTEMA PORTÁTIL DE POTABILIZACIÓN EN UN CONTEXTO DE DESASTRES**

En un contexto de desastres los servicios de ayuda humanitaria nacionales e internacionales asumen la misión de proveer a las poblaciones afectadas de un suministro de agua suficiente, inocuo y accesible (1). Para el tratamiento de agua cruda captada desde fuentes naturales o artificiales, las organizaciones humanitarias movilizan y operan sistemas portátiles de potabilización. A pesar de existir normas de ayuda humanitaria que especifican niveles mínimos que deben alcanzarse en las respuestas humanitarias, estas no proporcionan ningún consejo práctico para prestar el servicio ni los mecanismos para el control de su conformidad, dejando a cada institución definir sus operaciones para garantizarlas.

La respuesta humanitaria no cuenta hasta el momento con algún planteamiento para una gestión integral de riesgos de contaminación de agua y/o de interrupción de su producción que abarque todas las etapas, desde la cuenca de captación hasta el punto de distribución al consumidor, aplicables a sus sistemas de producción y abastecimiento de agua. El objetivo del estudio es presentar una aplicación del modelo de sistema integral de gestión de riesgos de contaminación de agua y/o de la interrupción de producción de agua para un tipo de equipo portátil de potabilización más utilizado por la respuesta humanitaria en los contextos de desastres. El modelo de gestión de riesgos aplicado está basado en las recomendaciones de la guía de calidad de agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y en las experiencias operativas de asistencia internacional humanitaria del autor, en particular la brindada en terremoto de Pisco, además de Haití (2010), Indonesia (2005) entre otros.

### **Riesgos del sistema de abastecimiento de agua**

Las organizaciones humanitarias movilizan y operan sistemas portátiles de potabilización que funcionan bajo principios físico y químicos a través de operaciones de coagulación-floculación, filtración en arena, adsorción por carbón activado y desinfección por cloración (3) (Figura 1). Un análisis de la tecnología y el funcionamiento de estos sistemas de potabilización permite identificar los factores de riesgos de contaminación del agua y/o de interrupción de su producción. Consideraciones como la dinámica del contacto del flujo de agua con los elementos estructurales del sistema portátil de potabilización, y los efectos de los principios hidráulicos, físicos, químicos y mecánicos que gobiernan el proceso, hacen posible escenificar anticipadamente potenciales incidentes de contaminación o fallas en la continuidad de potabilización. Ensamblajes defectuosos u operaciones deficientes en conductos, equipos, instrumentos y accesorios específicos pueden afectar la estanquidad del sistema permitiendo el ingreso de material particulado, microorganismos y sustancias tóxicas dentro del flujo de agua. Fallas de hermeticidad del sistema hidráulico pueden ocasionar averías e interrupción de la producción, generando la proliferación de microorganismos al interior del sistema de potabilización. También es importante e imprescindible la estimación de los riesgos generados a lo largo de una cuenca de captación por posibles eventos de origen hidrometeorológicos y geológicos superficiales producto de la dinámica natural y los generados por la dinámica antrópica, que pueden afectar la calidad del agua y la continuidad de la operación de potabilización.

El conocer anticipadamente los peligros y los riesgos que pueden configurarse permitirá establecer medidas de control apropiadas para cada escenario, así como considerar aspectos claves en el planteamiento de mejoras. Su gestión demandará una intervención multidisciplinaria e intersectorial desde todos los niveles de institucionales presentes en la zona de intervención.

### **Plan de seguridad de agua (PSA)**

Un Plan de seguridad de agua es un proceso de análisis de gestión de riesgos aplicado a un sistema de abastecimiento de agua. Se basa en el análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) y de barreras múltiples. Como tal es un instrumento holístico de gestión de riesgos. Cada contexto de un sistema de abastecimiento de agua requiere de un PSA formulado de manera pertinente y adaptada, lo

que puede demandar el derivar o combinar diversas técnicas de análisis de riesgos. Debe abarcar todas las etapas del servicio de abastecimiento desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. Involucra consideraciones estructurales y no estructurales. Su enfoque general es recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una herramienta de gestión de la seguridad de agua para todo prestador de servicio de suministro de agua potable (6).

## **Metodología**

El método recomendado por la OMS consta de 11 etapas. Para el propósito de su aplicación en el contexto del presente estudio se ha agregado consideraciones acerca de la seguridad para una producción suficiente de agua que complemente las consideraciones sobre seguridad de su calidad. Asimismo, metodológicamente se ha generado técnicas e instrumentos particulares de análisis de riesgos, como por ejemplo una matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos y controles (IPERC). Las 11 etapas aplicadas son las siguientes:

**Etapas 1. Medidas preliminares, la formación del equipo del PSA.** Multidisciplinario.

**Etapas 2.- Descripción del sistema de suministro de agua:** Unidad de potabilización LMS World Water Treatment, modelo Gamma OX

**Etapas 3.- Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos.** - Implicó determinar todos los posibles peligros de tipo biológico, físico, químico y operativo asociados con cada etapa del sistema de abastecimiento de agua. El riesgo configurado por un peligro se estima en términos de la combinación de la severidad y la probabilidad del impacto negativo esperado sobre los componentes críticos del sistema de potabilización de agua. Basado en el juicio del experto, se determina escalas de niveles subjetivos para la probabilidad y la severidad (gravedad) que se confrontan en una matriz de estimación del riesgo de dos entradas. El producto de la severidad por la probabilidad genera para cada peligro diferentes niveles de riesgos, estableciendo distintas zonas de riesgos en la matriz de estimación del riesgo. Para cada tipo de peligro los valores del riesgo estimado, y los de sus factores de severidad y probabilidad, se incorporan en una matriz IPERC en donde además se registró el componente analizado y el subsistema correspondiente sujeto de análisis (ver tabla 2). Con los valores de riesgo y la estimación de su escenario, se reconoce el nivel del mismo y se registra las medidas de control necesarias para eliminar o reducir su intensidad. También se incorporarán en esta matriz la manera de validar las medidas de control definidas y la reevaluación del nivel del riesgo residual debido a las medidas de control.

**Etapas 4.- Determinación y validación de medidas de control, y nueva evaluación y clasificación de los riesgos.**

Simultáneamente al desarrollo de la etapa 3, se documenta las medidas de control existentes, analizando su eficacia, y se determina las medidas nuevas a implementarse. Los riesgos revalorados se jerarquizan para investigar aquellos que sean considerados inaceptables. Los productos a generarse serán las medidas de control, la validación de eficacia de las medidas de control, y la determinación y clasificación de los riesgos.

**Etapas 5.- Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización para realizar grandes modificaciones del sistema.**

Sobre los riesgos significativamente inaceptables sin medidas de control o ineficaces, estimados en la etapa anterior, se diseña un plan de mejora o modernización. Los productos a generarse son los planes de mejora o modernización, tablas de prioridades de ejecución, tablas de medidas correctoras y sus responsables, etc.

**Etapas 6.- Definición del monitoreo de las medidas de control.**

Se basa en observaciones y pruebas sencillas, como la medición de la turbidez o la comprobación de la integridad estructural de las instalaciones. Las medidas correctoras deben ser específicas. Para la

eficacia del monitoreo se debe determinar qué se va a monitorear, cómo y dónde, el momento y la frecuencia, quién lo va a realizar y analizar, y quién recibirá los resultados y tomará medidas.

#### **Etapas 7.- Verificación de la eficacia del PSA.**

La verificación comprende actividades que se realizan simultáneamente para demostrar que el PSA funciona eficazmente: Monitoreo del cumplimiento; auditoría interna y externa de las actividades operativas y la satisfacción de los consumidores.

#### **Etapas 8.- Elaboración de procedimientos de gestión.**

Consiste en el diseño y redacción de formatos para procedimientos de operativos normalizados que describan las medidas a tomar durante una operación normal del sistema o cuando se producen incidentes. Incluye la elaboración de un procedimiento de emergencia (plan de emergencia).

#### **Etapas 9.- Elaboración de programas complementarios.**

Consiste en la formulación de programas que fomenten en la comunidad asistida y en las instituciones contrapartes el desarrollo de capacidades y conocimientos, el compromiso con la metodología PSA y la capacidad de gestión de sistemas de suministro de agua potable. Esta vinculado con la formación, investigación y desarrollo de capacidades.

#### **Etapas 10.- Planificación y realización de exámenes periódicos del PSA.**

En esta etapa se establece reuniones periódicas para el examen del PSA. Se evalúan los resultados y tendencias del monitoreo operativo.

#### **Etapas 11.- Revisión del PSA tras un incidente.**

Después de un incidente se prepara procedimientos para un examen del sistema. Se construyen instrumentos para la asimilación de las lecciones aprendidas, consideraciones para el examen, así como formatos y registros que pueden ser generados en esta etapa.

### **El contexto de un desastre**

Para obtener un modelo de aplicación del PSA para un sistema portátil de potabilización de agua en contexto de desastres, se aplicará retrospectivamente la metodología tomando como referencia el desastre ocurrido en la ciudad de Pisco en 2007, en el litoral sur del Perú (7) como consecuencia de un terremoto. En este evento el autor gestionó un sistema portátil de potabilización.

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP) el sismo se produjo a las 18:41 horas del 15 de agosto de 2007 a 60 km al oeste de la ciudad de Pisco, a una profundidad de 40 km en el mar, generando un maremoto y tsunami de relativa intensidad. La magnitud del terremoto fue de 7.0 grados en la escala de Richter, Magnitud Local (ML), y según el United States Geological Survey (USGS) fue de 7.9 grados en la escala Magnitud Momento (Mw) (7). El terremoto afectó al 95% de viviendas del distrito de Independencia, en la provincia de Pisco, en el departamento de Ica en Perú. Inutilizó toda la red de agua y saneamiento, ocasionando derrumbes de pozos y la destrucción de la infraestructura vial, de regadío, de salud y educación (7).

Institucionalmente frente a un contexto de desastre, el distrito cuenta con un nivel distrital, provincial y regional de gestión de desastres, con una sala de crisis (Centro de Operaciones de Emergencia - COE), donde se convoca a todos los sectores públicos, privados y a la sociedad civil para la gestión de las emergencias, de acuerdo a los principios y reglamentos del sistema nacional vigente y la estrategia mundial de gestión (8).

El sistema portátil de potabilización utilizado en el distrito de Independencia se instaló para atender a la población damnificada urbana, periurbana y rural del distrito de Independencia (11,596 habitantes) (7).

En el contexto pre desastre, la población del casco urbano se abastecía de un sistema de suministro de agua de administración municipal (Empresa Municipal de Agua Pisco- EMAPISCO) a partir de una galería de filtración cercana al río Pisco. Las zonas periurbanas y rurales se abastecían directamente del Río Pisco y de pozos y camiones cisterna. Todos los sistemas de suministro de aguas quedaron destruidas e inutilizadas por el terremoto.

La asistencia humanitaria para suministro de agua a Independencia estuvo a cargo de un consorcio de organizaciones de cooperación internacional. Posteriormente a las acciones iniciales de reparto de agua embotellada en las primeras 48 horas, se instalaron sistemas portátiles de potabilización con equipos enviados desde los centros logísticos regionales de las instituciones humanitarias.

## **Resultados**

En esta aplicación retrospectiva de un PSA Para el caso de estudio, el plan formulado plantea:

### **Etapas 1. Medidas preliminares, incluida la formación del equipo del PSA.**

La institución titular y operadora del sistema portátil de potabilización constituye un equipo PSA con la participación de especialistas en agua y saneamiento, así como de otras disciplinas ligadas al manejo de conocimientos y prácticas de gestión de riesgos de la calidad y producción de agua. Para el estudio de caso de referencia se convoca, por ejemplo, a los siguientes actores: socios y contrapartes locales (EMAPISCO, Ministerio de Salud, Ministerio de Vivienda, comités municipales de gestión de riesgos, organizaciones civiles y beneficiarios), y extranjeros (ONGs de desarrollo y de ayuda humanitaria, agencias mundiales, regionales, etc.). Los criterios de selección se muestran en la Tabla 1.

### **Etapas 2.- Descripción del sistema de suministro de agua.**

La descripción del sistema se encuentra contenida en un estándar que forma parte de los documentos de gestión del PSA. En él se describe de manera rigurosa todas las características del equipo de tratamiento de agua y el modo de funcionamiento de las diversas operaciones unitarias que comprende el sistema. La base de la descripción la constituye la información existente en el manual del fabricante (para nuestro caso de estudio: Unidad de potabilización LMS World Water Treatment, modelo Gamma OX).

### **Etapas 3, 4, 5 y 6. Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos, medidas de control, plan de mejora y monitoreo operativo.**

Para la determinación de los peligros y evaluación de riesgos se define seis subsistemas y 15 componentes del sistema de abastecimiento (Tabla 2). Se confecciona herramientas de gestión para el contexto: subsistemas y componentes de evaluación de riesgo, escala de niveles subjetivos de probabilidad y severidad, referencias operativas para interpretación de severidad, matriz de valorización del riesgo, matriz de niveles de riesgos, matriz IPERC para la seguridad del agua (riesgos de contaminación y de interrupción de la producción), aspectos de plan de mejora y una matriz de plan de monitoreo operativo de medidas de control. Parte de estos instrumentos de gestión corresponden a las etapas 4 y 5, ya que, metodológicamente, se desarrolla en simultáneo con la etapa 2 (Tablas 3 – 7).

Para el caso del presente estudio se identificó 72 peligros, estimando los riesgos para cada uno (Anexo 1). Ocho peligros correspondieron a peligros del componente cuenca hidrográfica y 64 al funcionamiento del sistema de tratamiento del agua. Antes de la determinación de las medidas de control (Anexo 2), el 56.9 % de los niveles de riesgo estimados correspondían a altos, 26.4% a medios, 9.7% a críticos y 6.9 % a bajos. Luego de determinar las medidas de control para la reducción de riesgos, el 79.2% de los niveles revaluados corresponden a nivel bajo, 19.4 % medio, 1.4 % a alto y 0% a crítico.

### **Etapas 7. Verificación de eficacia de PSA.**

El monitoreo plantea considerar los siguientes aspectos:

- Inspección sanitaria, muestreo y análisis del agua;
- Monitoreo de los procesos de tratamiento del agua, incluida la desinfección;
- Monitoreo de la calidad del agua en todos los puntos de recogida y en una muestra de hogares;
- Inteligencia sanitaria local: información sobre salud local, investigación de incidentes, evaluación de la calidad del agua en la investigación de brotes de enfermedad o evaluación de las actividades de fomento de la higiene, según sea pertinente;

#### **Etapas 8.- Elaboración de procedimientos de gestión.**

Se elabora procedimientos, estándares y registros (Tablas 8 y 9).

#### **Etapas 9. Elaboración de programas complementarios.**

Se plantea los programas: (Tabla 10).

#### **Etapas 10. Planificación y realización de exámenes periódicos del PSA.**

Se planificó exámenes para los siguientes aspectos:

- Tópicos y consideraciones de reuniones pasadas.
- Aspectos resueltos y pendientes durante operaciones, prevenir la recurrencia de accidentes e incidentes garantizando que se lleven a cabo investigaciones efectivas y se implementen las acciones correctivas del caso.
- Gestión de los recursos humanos involucrado en las operaciones.
- Cambios en la cuenca de captación, el tratamiento o la distribución.
- Examen de tendencias de los datos de las operaciones.
- Validación de medidas de control nuevas.
- Examen de la verificación.
- Informes de auditorías internas y externas.
- Comunicación con entidades involucradas.
- Otros aspectos relevantes a la calidad y producción.

#### **Etapas 11.- Revisión del PSA tras un incidente.**

Para tal fin se confeccionó un procedimiento de gestión de investigación de incidentes, que forma parte de los instrumentos de gestión elaborados en la etapa 8.

### **Discusión**

La técnica de gestión de riesgos aplicada en la formulación del Plan de Seguridad de Agua para sistemas portátiles de potabilización, constituye un método inductivo semicuantitativo destinado a contar con la mejor información disponible para la toma de decisiones sobre las medidas de control de los riesgos configurados por peligros presentes. Depende, fundamentalmente, del juicio de los expertos de sistemas de abastecimiento de agua en contexto de desastres y del conocimiento del escenario y de sus dinámicas socioambientales.

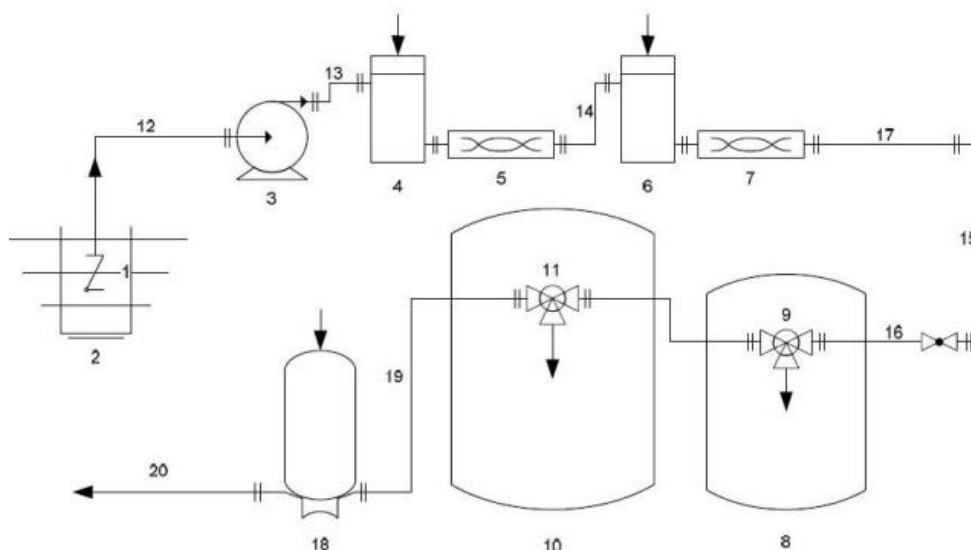
Hoy en día, la participación multidisciplinaria e intersectorial puede ser convocada y operada desde los órganos de gestión de crisis a nivel local, regional y nacional. Estos órganos son implementados por los Estados, en aplicación de los procesos globales para la institucionalización de la gestión del riesgo de desastres desde un enfoque de desarrollo impulsada desde hace más de 30 años por las Naciones Unidas (9). Los Centros de operaciones de emergencias instalados en municipalidades, regiones y gobierno central son un punto focal oficial para el encuentro con expertos, técnicos, autoridades y sociedad civil, requeridos para conformar un equipo de planificación de seguridad de agua.

Los niveles de riesgo de origen antrópico corresponden tanto a las estimadas desde las actividades socioeconómicas en la cuenca de captación como desde el nivel de desempeño de los actores en la gestión del sistema de potabilización de agua (Anexo N°2). Centrado en el actor humanitario, los riesgos que ellos pueden configurar corresponden a peligros de orden tecnológico y operativo. Los equipos de potabilización portátiles operados por la asistencia humanitaria sin gestión integral de riesgos pueden constituirse en un medio de transmisión de enfermedades si la seguridad de la calidad y la suficiencia del agua solo se garantizan con una supervisión sanitaria. Un sistema integral de gestión representa además un sistema de alerta temprana de contaminación. En 2010, el brote de cólera en Haití, que mató a 4,200 personas y enfermó a casi 300,000 a lo largo del río Artibonite, desde las Montañas de Mirebalais en San Marc, revela que la falta de gestión de riesgo en una cuenca de captación de agua en contexto de desastres puede generar efectos catastróficos en la salud de las personas y el medio ambiente (10).

En el desastre de Pisco en el 2007, equipos portátiles de potabilización de agua destinados al abastecimiento de los distritos de los distritos de Independencia, Humay y Huancano, dejaron de operar en diversas oportunidades por diferentes motivos: desperfectos mecánicos de motobombas y equipos, carencia de insumos químicos, mala disposición de instalaciones, roturas de válvulas de filtros, falta de personal capacitado, etc. Estos hechos generaron un severo efecto en los volúmenes de producción y disposición de agua segura. Situaciones repetidas que hemos constatado también en asistencia humanitaria en Argelia (terremoto 2003), Indonesia (terremoto y tsunami 2005) y Haití (terremoto 2010).

El enfoque de la inspección sanitaria al final de la producción de agua potable tiene únicamente un objetivo de carácter reactivo, dado que el muestreo se realiza para un sistema de distribución de agua que ya producida. Al depender de la confianza en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a las muestras, existe una debilidad del enfoque representada por una sensación de seguridad riesgosa. Frente a resultados adversos, el nivel de capacidad reactiva se concentrará sobre el control de los volúmenes de agua producida en el último periodo entre muestreos. La implementación de sistemas integrales de gestión de riesgos involucra acciones preventivas derivadas del análisis de los mismos. Los controles físicos, químicos y microbiológicos en la cuenca de captación en función de la dinámica socioeconómica de las poblaciones, representan medidas oportunas para la toma de decisiones sobre los sistemas de abastecimiento de agua (1).

La ventaja de un PSA frente a la simple inspección sanitaria practicada por la asistencia humanitaria, es que considera los peligros desde la etapa de diseño e instalación de la operación, e incorpora en la gestión de la seguridad, todos los peligros encontrados en el ciclo de vida completa de la respuesta humanitaria. El PSA propuesto en este trabajo reúne todas estas características y aporta una herramienta valiosa en la gestión de peligros y riesgos de contaminación, y de reducción o interrupción de tratamiento, cuando se opera con equipos portátiles de potabilización en contextos de desastres.



**Figura 1.-** 1. Canastilla para tamizado, 2. Cedazo cilíndrico, 3. Motobomba, 4. Cámara de coagulación, 5. Mezclador, 6. Cámara de floculación, 7. Mezclador, 8. Filtro de arena, 9.- Válvula multivía, 10. Filtro de carbón, 11. Válvula multivía, 12. Manguera rígida con canastilla, 13. Manguera rígida, 14. Manguera rígida, 15. Manguera flexible, 16. Manguera rígida con válvula de llave, 17. Manguera rígida, 18. Bomba hidráulica para cloración, 19. Manguera rígida, 20. Manguera rígida

Equipo Interno del Titular del Sistema Portátil	Instituciones de los Sectores Gubernamentales
Capacitación como especialista WASH (agua, saneamiento e higiene).	Servicios de agua y saneamiento.
Experiencia en operaciones en emergencia en el extranjero.	Salud pública.
Dominio de idioma inglés y español.	Desarrollo social.
Conocimiento sobre normas esferas y cartas	Educación.
Aptitud física y de salud.	Defensa civil.
Instituciones de Cooperación Internacional Externas	Gobiernos Locales o Sub nacionales
Compromiso con cartas de principios humanitarios.	Actividad y capacidad de grupos de gestión de riesgos y plataformas de Defensa Civil.
Institución sensibilizada en la asistencia sobre agua y saneamiento.	Contar con planes de contingencia para emergencias y desastres.
Capacidad técnica en agua, saneamiento e higiene.	Experiencia en la atención de emergencias
Contar con programas de agua y saneamiento en contextos de desastres (WASH).	Liderazgo de comunidades.
Experiencia operativa en emergencias y desastres.	
Recursos técnicos, materiales y financieros fuertes.	
Instituciones de Cooperación Internacional Nacionales	Sociedad Civil - Organizaciones de Base
Compromiso con cartas de principios humanitarios.	Reconocimiento comunitario de la organización (legitimización social).
Institución sensibilizada en la asistencia sobre agua y saneamiento.	
Capacidad técnica en agua, saneamiento e higiene.	Reconocimiento municipal de la organización
Experiencia operativa en emergencias y desastres.	Conocimiento de la realidad social, económica y cultural del área de intervención.
Capacidad de trabajo con comunidades y autoridades	
Conocimiento del área geográfica de intervención.	Capacidad operativa.

**Tabla 1. Criterios de selección del Plan de Seguridad de Agua.**

Subsistema	Componente	Subsistema	Componente
1.- CAPTACIÓN	Cuenca hidrográfica	3.- COAGULACIÓN FLOCULACIÓN	Jar Test
2.- ASPIRACIÓN Y CRIBADO	Toma de agua		Tubo de turbiedad
	Cilindro filtrante		Kits de coagulación, y
	Tubo de succión	4.- FILTRACIÓN	Filtrado en arena y carbón
	Flotador	5.- DESINFECCIÓN	Cloración
	Motobomba	6.- DISPOSICIÓN	Almacenamiento
	Almacenamiento de agua cruda		Distribución
			Consumo

**Tabla 2. Subsistemas y componentes de evaluación de riesgos.**

Severidad	Contaminación de agua	Nivel de producción de agua	Severidad	Contaminación de agua	Nivel de producción de agua
Catastrófica	Efecto catastrófico en la salud pública. Posible brote de enfermedades.	Interrupción total y definitiva de producción de agua.	Moderada	Efecto organoléptico moderado. Contaminación microbiológica moderada. Consecuencias organolépticas o incumplimiento prolongado, sin	Cumplimiento de volumen requerido con prolongado tiempo de producción. Producción con interrupciones no
Mayor	Efecto grave en el estándar de calidad. Posibles efectos a la	Incumpliendo de producción mayor.	Moderada Leve	Contaminación microbiológica menor. Consecuencias a corto plazo sin relación con la salud, efecto leve sobre parámetros de	Producción con interrupciones no programadas. Cumplimiento de volumen
Moderada Alta	Efecto grave en el estándar de calidad. Posibles efectos a la salud a largo plazo.	Incumplimiento menor de producción. Alteración de instalaciones. Falla en el funcionamiento de procesos, accesorios e insumos.	Mínima	Efecto nulo o insignificante. Agua segura.	Producción sin interrupciones no programadas. Cumplimiento de volumen requerido.

**Tabla 4. Referencias operativas para severidad**



Determinación de todos los posibles peligros, asociados con cada etapa del sistema de abastecimiento, que pueden afectar a su seguridad.										
SUBSISTEMA	COMPONENTE	ORIGEN	PELIGROS	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN DEL RIESGO	NIVEL DEL RIESGO	ESCENARIO DEL RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL	VALIDACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL
										REVALUACIÓN DE RIESGOS

Tabla 5. Matriz IPERC

Aspectos	Elementos
Aseguramiento de provisión y cadena de abastecimiento	Mecánico Análisis Químico Insumos Energético (combustibles) Construcción
Adaptación de protocolos operativos.	Técnicos operativos Sobre el trabajo comunitario. Servicios financieros Planes de contingencias.

Tabla 6.- Aspectos del plan de mejora continua.

Subsistemas y peligros -sujeto de monitoreo- parámetros-					Monitoreo				Verificación
SUBSISTEMAS Y PELIGROS				PARÁMETRO					
SUBSISTEMA	COMPONENTE	ORIGEN	PELIGROS	MEDIDAS DE CONTROL	MENSURABLES	OBSERVABLES	LÍMITE CRÍTICO	METODOLOGÍA	MOMENTO Y FRECUENCIA
									LUGAR
									MONITOREO
									ANÁLISIS
									MEDIDA CORRECTORA
									qué
									cuando
									quién

Tabla 7. Matriz de plan de monitoreo operativo de medidas de control y verificación de eficacia del PSA.

Procedimientos operativos	
1.- Muestreo para monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales en punto de captación 2.- Monitoreo de calidad de agua en cuenca de captación como sistema de alerta temprana de contaminación. 3.- Control periódico de turbidez en el clorador. 4.- Control periódico de pH y Cloro libre en agua del clorador. 5.- Montaje de equipo de potabilización. 6.- Elección de coagulante y floculante 7.- Método de cloración. 8.- Método de coagulación y floculación. 9.- Puesta en marcha de unidad de potabilización. 10.- Encendido e iniciación de motobomba. 11.- Contra lavado, enjuague, limpieza de filtros. 12.- Limpieza de mezcladores estáticos 13.- Servicio de mantenimiento de motor de motobomba.	14.- Observaciones de seguridad y medio ambiente durante operación de motobomba. 15.- Reparaciones de motobomba 16.- Alerta temprana frente a eventos geológicos, meteorológicos, tecnológicos y antrópicos. 17.- Plan de contingencias patrimonial y personal. 18.- Procedimiento de evaluación de estado de red de succión, transporte y almacenamiento. 19.- Procedimiento de instalación de señalización de peligros y riesgos. 20.- Procedimiento de Instalación de desmontaje de unidad de potabilización. 21.- Investigación de accidentes e incidentes operativos.

**Tabla 8. Procedimientos operativos**

Estándares	Registros
1.- Estándar físico, químico, orgánico de agua de consumo. 2.- Estándar de calidad de agua ambiental 3.- Estándar elección de lugar de emplazamiento de unidad de potabilización. 4.- Estándar material filtrante para tratamiento de agua. 5.- Estándar coagulante y floculantes para tratamiento de agua de consumo humano. 6.- Estándar de transporte y almacenaje de unidad de potabilización 7.- Estándar de determinación de peligros y evaluación de riesgos. 8.- Estándar hipoclorito de calcio para tratamiento de agua – Hoja de datos de seguridad 9.- Estándar diesel B5 para motobomba.	1.- Registro de chequeo de materiales para muestreo de agua. 2.- Registro de ubicación de punto de monitoreo. 3.- Registro de medición de datos de campo de monitoreo de calidad de agua en cuenca. 4.- Registro de etiqueta de muestreo de agua. 5.- Registro de cadena de custodia de agua. 6.- Registro de control periódico de turbidez, pH y cloro libre.

**Tabla 9. Estándares y registros.**

Programa	Público objetivo	Descripción
A. Formación de operadores de unidad de potabilización	Personal de establecimientos de salud del Ministerio de Salud. Personal de ONGs. Actores técnicos de la comunidad.	Desarrollo de un curso teórico – práctico para la formación de competencias en la operación de una unidad portátil de potabilización de agua.  Formación en la gestión de la seguridad de calidad de agua de consumo humano.
B. Evaluación y mejoramiento de materiales de Promoción de la Salud	Personal de establecimientos de salud del Ministerio de Salud. Personal de ONGs. Actores técnicos de la comunidad.	Identificación, evaluación y mejoramiento de materiales de prevención de enfermedades y promoción de la salud utilizados por los actores gubernamentales locales.

**Tabla 10. Programas complementarios.**

# ANEXO 1. Síntesis de matriz IPERC

SUBSIS TEMA	COMPO NENTE	ORIGEN	PELIGROS	NIVEL DEL RIESGO	REVALUACIÓN DE RIESGOS
1.- CAPTACIÓN	Cuenca Hidrográfica	Eventos geológicos hidrometeorológicos	Inundaciones	Alto	Medio
			Sismo	Crítico	Bajo
			Movimientos en masa	Medio	Bajo
			Reducción o aumento de precipitaciones	Bajo	Bajo
			Arenamientos	Bajo	Bajo
			Erosión fluvial	Medio	Bajo
		Actividad Energética y Minera	Descarga de efluentes de procesos industriales o de alcantarilla	Medio	Bajo
			Accidente de transporte de materiales peligrosos	Medio	Bajo
			Accidentes que afectan las presas de relaves y/o depósitos de concentrados	Medio	Bajo
			Demanda de agua para operaciones y procesos locales	Bajo	Bajo
			Drenaje ácido de minas o de rocas	Medio	Bajo
			Fuga y derrame de materiales peligrosos	Medio	Bajo
			Maniobras de apertura y cierre de compuertas (purga en presas y desarenadores).	Bajo	Bajo
			Mala disposición de residuos sólidos	Alto	Bajo
		Obras Civiles	Descargas de las redes de alcantarillado y fosas sépticas	Alto	Medio
			Movimientos de tierra	Alto	Bajo
			Mala disposición de residuos sólidos	Alto	Bajo
		Actividad Agropecuaria y Forestal	Práctica de roce y quema de pastos	Medio	Bajo
			Heces de ganado y otros animales	Alto	Medio
			Salinización y anegamiento de suelos muy irrigados	Bajo	Bajo
			Deforestación	Medio	Medio
			Uso de abono con estiércol líquido o sólido; desecho de cadáveres de animales.	Alto	Bajo

			<b>Flujo Agroquímico: uso de sustancias químicas (por ejemplo, de fertilizantes y plaguicidas agrícolas) en las zonas de captación. Lavado de terrenos</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>
		<b>Actividad Urbana (antropogénica)</b>	<b>Descargas de las redes de alcantarillado y fosas sépticas</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>
			<b>Descarga de residuos sólidos</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>
			<b>Descarga de efluentes industriales</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>
			<b>Acceso de personas (por ejemplo, actividades recreativas)</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>

<b>SUBSIS TEMA</b>	<b>COMPO NENTE</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>PELIGROS</b>	<b>NIVEL DEL RIESGO</b>	<b>REVALUACIÓN DE RIESGOS</b>
<b>2.- ASPIRACIÓN Y CRIBADO</b>	<b>Toma de Agua</b>	<b>Represa de fuente de agua superficial</b>	<b>Desplome o deslizamiento de la presa, natural o inducido</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Reducido caudal de agua</b>	<b>Crítico</b>	<b>Alto</b>
		<b>Agua represada</b>	<b>Agua represada contaminada</b>	<b>Crítico</b>	<b>Medio</b>
		<b>Elementos y accesorios del sistema de succión</b>	<b>Falla mecánica en elementos y accesorios de sistema de succión</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Desplazamiento y/o desensamble de sistema de succión</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
		<b>Calidad de agua bruta</b>	<b>Alta contaminación</b>	<b>Crítico</b>	<b>Medio</b>
	<b>Cilindro Filtrante</b>	<b>Equipos y accesorios</b>	<b>Desplazamiento y/o desmontaje de cilindro filtrante</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Rotura de cilindro filtrante. Falla mecánica</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Rotura de malla</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
	<b>Tubo de Succión</b>	<b>Operación</b>	<b>Obstrucción de canastilla de aspiración</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Falla de inmersión de extremo de aspiración</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Pérdida de cebado de línea de succión</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
	<b>Flota- dor</b>	<b>Equipos y accesorios</b>	<b>Desplazamiento y/o desmontaje de flotador</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
	<b>Moto-bomba</b>	<b>Operación</b>	<b>Accidente de operadores</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Mal mantenimiento.</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Mal posicionamiento en terreno</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Falla en el cebado de cámara</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
	<b>Almacenamiento Agua Cruda</b>	<b>Equipos y accesorios</b>	<b>Limitada capacidad y diseño del reservorio</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
			<b>Integridad alterada del reservorio flexible.</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
		<b>Operación</b>	<b>Mala ubicación</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>

SUBSIS TEMA	COMPO NENTE	ORIGEN	PELIGROS	NIVEL DEL RIESGO	REVALUACIÓN DE RIESGOS
3.- COAGULACIÓN FLOCULACIÓN	Jar Test	Operación	Procedimiento deficiente en realización de Jar Test	Alto	Bajo
	Tubo de Turbiedad	Operación	Procedimiento deficiente en realización del test	Alto	Bajo
	Kits de Coagulación-Floculación	Operación	Error en carga de reactivos	Alto	Bajo
			Succión de aire al sistema (ingreso de aire al sistema)	Alto	Bajo
			Mala disposición, alineación y nivelación de conducción de flujo	Alto	Bajo
			Manipulación de materiales peligrosos	Alto	Bajo

SUBSIS TEMA	COMPO NENTE	ORIGEN	PELIGROS	NIVEL DEL RIESGO	REVALUACIÓN DE RIESGOS
4.- FILTRACIÓN	Filtrado en arena y carbón	Operación	Falla en la composición y volumen de arena y carbón	Alto	Bajo
			Manipulación deficiente de válvulas multivías bajo presión hidráulica	Alto	Bajo
			Conexión deficiente de mangueras flexibles hacia filtro	Alto	Bajo
			Velocidad excesiva del motor	Alto	Bajo
			Falla de instrumentación de control en filtros	Alto	Medio
			Deficiente operación de contra lavado y enjuague de filtros de arena	Crítico	Medio
5.- DESINFECCIÓN	Cloración	Operación	Mala calidad de reactivo	Alto	Bajo
			Deficiente carga de reactivo	Alto	Bajo
			Mal ajuste de dosificación	Crítico	Medio
			Falla de equipo	Alto	Medio
6.- DISPOSICIÓN	Almacenamiento Agua Tratada	Operación	Tiempo excesivo de almacenamiento	Alto	Bajo
			Chequeo físico químico deficiente de agua almacenada	Alto	Bajo
	Distribución	Operación	Mala ubicación de rampa de distribución	Alto	Bajo
			Insuficiente número de tanques y reservorios	Alto	Bajo
			Falta de identificación de puntos para ubicación de instalaciones clave	Crítico	Bajo
			Contaminación de tanques, reservorios y accesorios para recojo	Alto	Bajo
			Inoperatividad de camión cisterna	Alto	Bajo
			Tanque de camión cisterna contaminado	Crítico	Bajo
	Consumo	Operación	Malos hábitos de higiene en la comunidad	Alto	Bajo

## ANEXO N°2 SÍNTESIS DE MATRIZ ESCENARIOS DE RIESGOS Y MEDIDAS DE CONTROL

Componente	PELIGROS	ESCENARIO DEL RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL
Cuenca Hidrográfica	Inundaciones	Contaminación de agua bruta en fuente de succión por desbordes. Destrucción de represamiento de zona de captación del tratamiento. Inundación de planta de tratamiento. Compromiso de estabilidad física de componentes del sistema de tratamiento. Mala operación y fallas de componentes del sistema. Corte de vías vehiculares y peatonales de distribución de agua. Destrucción de puentes. Inutilización de reservorios y tanques públicos de almacenamiento de agua. Aumento de requerimiento de agua. Colapso de redes de agua y desagüe. Inhabilitación de pozos disponibles. Impacto sobre abastecimiento logístico del sistema de tratamiento y en la distribución. (Electricidad, agua, reactivos, alimentación). Impacto sobre las comunicaciones. Impacto sobre red de coordinación comunitaria. Accidentes de operadores del sistema de potabilización y distribución. Contaminación por accidentes de transporte de materiales peligrosos en la cuenca.	Compilación, estudio y análisis de información científica de riesgos geológicos y meteorológicos del área de operación para posicionamiento y funcionamiento de sistema de producción. (Evaluación de mapa de riesgos). Diseño y construcción de refuerzos estructurales de instalaciones operativas Aplicación de Plan de Alerta Temprana. Aplicación de Planes de contingencia de evacuación y reubicación de instalaciones. Utilización de sistemas de comunicación inalámbrica alterna. Determinación de vías alternas vehiculares y peatonales Asegurar stock de reservorios e insumos de potabilización en caso de emergencia operativa. Previsión de contar con un equipo técnico para rehabilitación de pozos. Implementación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo de operadores del sistema. Aplicación de un Plan de prevención y respuesta a emergencias frente a materiales peligrosos. Implementación de sistema radial - telefónico de comunicación comunitaria
	Sismos		
	Movimientos en masa		
	Reducción o aumento de precipitaciones		
	Arenamiento		
	Erosión Fluvial		
	Descarga de efluentes de procesos industriales o de alcantarilla	Contaminación química y microbiológica	Implementación de sistema de muestreo y análisis químico y microbiológico.
	Accidente de transporte de materiales peligrosos	Contaminación química	Implementación de sistema de muestreo y análisis físico - químico de aguas. Caracterización ambiental
	Accidentes que afectan las presas de relaves y/o depósitos de concentrado de minerales	Contaminación de agua bruta en fuente de succión por desbordes. Destrucción de represamiento de zona de captación del tratamiento. Inundación de planta de tratamiento. Compromiso de estabilidad física de componentes del sistema de tratamiento. Mala operación y fallas de componentes del sistema. Corte de vías vehiculares y peatonales de distribución de agua. Destrucción de puentes. Inutilización de reservorios y tanques públicos de almacenamiento de agua. Aumento de requerimiento de agua. Colapso de redes de agua y desagüe. Inhabilitación de pozos disponibles. Impacto sobre abastecimiento logístico del sistema de tratamiento y en la distribución. (Electricidad, agua, reactivos, alimentación). Impacto sobre las comunicaciones. Impacto sobre red de coordinación comunitaria. Accidentes de operadores del sistema de potabilización y distribución. Contaminación por accidentes de transporte de materiales peligrosos en la cuenca.	Plan de Alerta Temprana Planes de contingencia de evacuación y reubicación de instalaciones Diseño y construcción de refuerzos estructurales de instalaciones operativas Determinación de vías vehicular y peatonal alternas Stock de reservorios e insumos de potabilización en caso de emergencia operativa Implementación de un sistema de seguridad en el trabajo para operadores del sistema Sistema de comunicación inalámbrica alterna Implementación de sistema radial - telefónico de comunicación comunitaria
	Demanda de agua para operaciones y procesos industriales y manufactura	Reducción de agua cruda para tratamiento	Protocolos de coordinación de usuarios de agua en la cuenca
	Drenaje ácido de mina o de rocas	Contaminación química	Medidas de contención o neutralización en origen implementadas por titular minero
	Fuga o derrame de materiales peligrosos	Contaminación química	Sistemas de contención, neutralización y disposición de derrames
	Maniobras de apertura y cierre de compuertas (purga en presas y desarenadores)	Contaminación física de agua cruda (aumento de turbidez) Inundación de zona de captación y/o planta de tratamiento Contaminación química (arrastré de fertilizantes y plaguicidas). Contaminación biológica (arrastré de residuos sólidos y desagües urbanos, letrinas)	Plan de alerta temprana de apertura de compuertas
	Mala disposición de residuos sólidos	Contaminación física, química y biológica de aguas superficiales.	Plan de manejo de residuos sólidos
	Descargas de las redes de alcantarillado y fosas sépticas	Contaminación microbiológica	Sistema de monitoreo microbiológico intensivo Control de descargas en origen
	Movimientos de tierra	Aumento de turbidez y residuos sólidos en agua cruda	Planes de coordinación operativa
	Mala disposición de residuos sólidos	Contaminación microbiológica, química, física. Obstrucción de canastilla de succión. Proliferación de vectores de enfermedades	Plan de manejo de residuos sólidos
	Práctica de roce y quema de pastos	Fuego al entorno o sobre las instalaciones, Contaminación de agua cruda con hollín y cenizas. Contaminación por escorrentía.	Campana de sensibilización comunitaria
	Heces de ganado y otros animales	Contaminación microbiológica y química.	Manejo y disposición de excreta de ganado Cercado de ganado con corrales
	Salinización y anegamiento de suelos muy irrigados	Contaminación	Sistema de Monitoreo intensivo de composición de agua cruda
	Deforestación	Aumento de turbidez y residuos sólidos en agua cruda	Control del agua de escorrentía. Construcción de canaletas de coronación.
	Uso de abono con estiércol líquido o sólido; desecho de cadáveres de animales	Contaminación microbiológica	Sistema de monitoreo intensivo de composición de agua cruda
	Flujo Agroquímico: uso de sustancias químicas (por ejemplo, de fertilizantes y plaguicidas agrícolas) en las zonas de captación. Lavado de terrenos	Contaminación química	Sistema de monitoreo y control de productos agroquímicos Sistema de monitoreo y control de vías de contaminación de agua superficiales
	Descargas de las redes de alcantarillado y fosas sépticas	Contaminación microbiológica	Sistema de monitoreo microbiológico intensivo Control de descargas en origen
	Descarga de residuos sólidos	Contaminación microbiológica, química, física. Obstrucción de canastilla de succión. Proliferación de vectores de enfermedades.	Plan de manejo de residuos sólidos

14

		Descarga de efluentes industriales	Contaminación microbiológica, química, física. Obstrucción de canastilla de succión. Proliferación de vectores de enfermedades.	Sistema de monitoreo y control físico, químico, microbiológico
		Acceso de personas (por ejemplo, actividades recreativas)	Contaminación microbiológica, química, física	Actividades de sensibilización y evacuación de usuarios Instalación de cerco de seguridad en instalaciones
Toma de Agua		Desplome o deslizamiento de la presa, natural o inducido	Pérdida de volumen de captación. Pérdida de capacidad de succión. Contaminación física Obstrucción de canastilla de succión. Reducción de rate de producción de agua potable	Evaluación estructural continua de instalaciones
		Reducido caudal de agua	Pérdida de volumen de captación. Pérdida de capacidad de succión Reducción de rate de producción de agua potable	Implementación de represamiento complementario preventivo
		Agua represada contaminada	Suspensión de producción. Ajuste de proceso operativo. Aumento de uso de reactivos Aumento de mantenimiento preventivo	Evaluación de límites máximos permisibles físicos, químicos y biológicos para operación Evacuación de agua contaminada y transvase de agua de otra fuente
		Falla mecánica en elementos y accesorios de sistema de succión	Pérdida de capacidad de succión de agua Cavitación Pérdida de carga hidráulica Suspensión de producción	Plan de monitoreo de condición de ensamble de dispositivos
		Desplazamiento y/o desensamble de sistema de succión	Obstrucción con residuos sólidos Desperfecto de bomba Suspensión de producción	Diseño y construcción de refuerzos estructurales de instalaciones operativas Mantenimiento preventivo
		Alta contaminación	Suspensión de producción Ajuste de proceso operativo regular Aumento de uso de reactivos Aumento de mantenimiento preventivo	Monitoreo intensivo de composición de agua cruda
Cilindro Filtrante		Desplazamiento y/o desmontaje de cilindro filtrante	Obstrucción con residuos sólidos Desperfecto o rotura de bomba de succión Suspensión de producción	Monitoreo de condición de montaje de dispositivos Mantenimiento preventivo
		Rotura de cilindro filtrante. Falla mecánica	Obstrucción con residuos sólidos Desperfecto o rotura de bomba de succión Suspensión de producción	Monitoreo de condición de cilindro y recambio preventivo
		Rotura de malla	Obstrucción con residuos sólidos Suspensión de producción	Monitoreo de condición de malla y recambio preventivo
Tubo de Succión		Obstrucción de canastilla de aspiración	Desperfecto de bomba de succión Suspensión de producción	Retiro de sólidos de la presa
		Falla de Inmersión de extremo de aspiración	Succión de aire Cavitación Desperfecto de bomba de succión Suspensión de producción	Reforzamiento de fijación de sistema
		Pérdida de cebado de línea de succión	Cavitación Desperfecto de bomba de succión Suspensión de producción	Protocolo de cebado de accesorios
Flotador		Desplazamiento y/o desmontaje de flotador	Obstrucción con residuos sólidos. Succión de aire. Cavitación. Desperfecto o rotura de bomba de succión. Suspensión de producción	Monitoreo de condición de ensamble de dispositivos Mantenimiento preventivo
Motobomba		Accidente de operadores	Afectación de régimen y control de operaciones. Suspensión de producción	Previsión para contar con operadores de emergencia
		Mal mantenimiento.	Régimen de producción irregular por fallas mecánicas y/o eléctrica Suspensión de producción por desperfecto total Aumento de demanda de insumos mecánicos (combustible, aceite, etc.) Aumento de frecuencia de paradas para reparaciones y servicios Deterioro importante de piezas	Protocolos de mantenimiento preventivo y correctivo Motobomba de reserva
		Mal posicionamiento en terreno	Exposición a riesgos de origen natural o antrópicos Fuente de peligros químicos y físicos (aceite, combustible, grasas, incendio, etc.) Falla en encendido y en la operación de motor a combustión Falla en el cebado de bomba	Reposicionamiento de motobomba
		Falla en el cebado de cámara	Cavitación. Pérdida de carga. Desperfecto de sistema de bombeo Suspensión de producción por falla de bomba	Protocolo de cebado de bomba
Almacenamiento Agua Cruda		Limitada capacidad y diseño del reservorio	Agua disponible por debajo de demanda. Poca capacidad de succión de camión en abastecimiento. Exposición a contaminantes	Instalación de reservorios complementarios
		Integridad alterada del reservorio flexible.	Fugas de agua. Exposición a contaminantes	Cambios de reservorios
		Mala Ubicación	Exposición a contaminación natural o antrópica Riesgo de afectación de integridad del reservorio Dificultad en proceso de abastecimiento de camiones Riesgo de impacto por movimientos en masa y fenómenos meteorológicos	Reubicación de reservorios

Jar Test	Procedimiento deficiente en realización de Jar Test	Estimación deficiente de reactivos a utilizar	Revisión y re operación de Protocolo de Jar Test Adiestramiento de personal
Tubo de Turbididad	Procedimiento deficiente en realización Test	Mala determinación de grado de turbidez y de definición de parámetros físicos químicos de producción	Revisión y aplicación de procedimiento de selección de reactivos Adiestramiento de personal
Kits de Coagulación-Floculación	Error en carga de reactivos	Error en la elección de combinación Coagulante - Floculante	Monitoreo de condición de ensamble de dispositivos Mantenimiento preventivo
	Succión de aire al sistema ( ingreso de aire al sistema)	Pérdida de carga del sistema. Vía de ingreso de contaminantes. Trastorno de disolución de coagulantes/floculantes. Derrames de agua del sistema	
	Mala disposición, alineación y nivelación de conducción de flujo	Pérdidas de carga en el sistema. Excesiva sedimentación en mangueras de floculación	
	Manipulación de materiales peligrosos	Materiales bajo cuya exposición intensa o continua pueden sufrir incapacidad temporal o posibles daños permanentes a menos que se dé tratamiento médico rápido	Plan de prevención y respuesta a emergencias frente a materiales peligrosos
Filtrado en arena y carbón	Falla en la composición y volumen de arena y carbón	Mala calidad de filtración debido a características y granulometría de material filtrante así como de la altura del lecho filtrante	Aplicación de indicaciones operativas del fabricante
	Manipulación deficiente de válvulas multivías bajo presión hidráulica	Falla de sistema mecánico hidráulico Contaminación de agua en proceso	Cumplimiento de procedimientos de operación Adiestramiento de personal Conocer estado de las válvulas
	Conexión deficiente de mangueras flexibles hacia filtro	Fugas de agua Exposición a contaminantes	Monitoreo de condición de ensamble de dispositivos Mantenimiento preventivo
	Velocidad excesiva del motor	Mala calidad de filtración Falla mecánica del motor y/o del sistema	
	Falla de instrumentación de control en filtros	Error en el control de calidad y dosificación de insumos	Aplicación de jar test en el punto de operación
	Deficiente operación de contralavado y enjuague de filtros de arena	Saturación de material filtrante Deficiente calidad de filtrado Pérdida de carga hidráulica	Cumplimiento de procedimientos de operación
Cloración	Mala calidad de reactivo	Nivel inadecuado de liberación de cloro	Aplicación de procedimiento de compras de insumos. Control de calidad
	Deficiente carga de reactivo	Nivel inadecuado de liberación de cloro	Procedimiento operativo Adiestramiento de personal
	Mal ajuste de dosificación	Nivel inadecuado de liberación de cloro	Procedimiento operativo Adiestramiento de personal
	Falla de equipo	Nivel inadecuado de liberación de cloro	Repuesto de reserva Mantenimiento preventivo, correctivo
Almacenamiento Agua Tratada	Tiempo excesivo de almacenamiento	Contaminación de agua Pérdida de cloro residual	Procedimiento operativo Adiestramiento de personal Protección de la intemperie con cobertores
	Chequeo físico químico deficiente de agua almacenada	Oferta de agua contaminada Agua con exceso de cloro residual	Procedimiento de muestreo y chequeo Adiestramiento de personal
Distribución	Mala ubicación de rampa de distribución	Mala accesibilidad Contaminación Derrame de agua Deficiente acceso y traslado de usuarios	Procedimiento de instalación de puntos de distribución Plan de traslado de punto de distribución
	Insuficiente número de tanques y reservorios	Reducción de producción Demanda insatisfecha Mantenimiento limitado de reservorios	Tanques y reservorios de reserva



	Falta de identificación de puntos para ubicación de instalaciones claves	Demora en la instalación de puntos de distribución	Evaluación de campo con comunidad y autoridades locales
	Contaminación de tanques, reservorios y accesorios para recojo	Contaminación de agua	Cubrir embalses en servicio y reservorios a cielo abierto Aplicar procedimientos de higiene
	Inoperatividad de camión cisterna	Cancelación de proceso de distribución	Estándares técnicos de camiones cisternas Plan de mantenimiento mecánico preventivo
	Tanque de Camión Cisterna contaminado	Contaminación de agua	Procedimiento de monitoreo de contaminación de cisterna Protocolos de descontaminación
Consumo	Malos hábitos de higiene en la comunidad	Contaminación de agua en depósitos domiciliarios Contaminación por higiene personal durante alimentación Contaminación por presencia de animales domésticos	Recomendación de hervir agua Educación comunitaria en higiene Inspección de depósitos de agua domiciliarios

José Antonio Jiménez Saldaña

Universidad Peruana Cayetano Heredia

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Guías de Calidad de Agua Potable. [Internet]. Volumen 1, Tercera Edición. 2006 [2006, noviembre 2015]. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1)
2. Proyecto Esfera. Carta Humanitaria y Normas Mínimas de Respuesta Humanitaria. Edición 2011. Reino Unido: Proyecto Esfera 2011. p.109 – 117.
3. Guía para la formulación de un Plan de Seguridad de Agua en contexto de desastres. Pompieri Sans Frontières. Escuela de Protección Civil. 2010 [Internet]. [2010, marzo 2017]. Disponible en: [http://www.redhum.org/documento\\_detail/bomberos-sin-fronteras-guia-de-plan-de-seguridad-de-agua-en-contexto-de-desastres-8641](http://www.redhum.org/documento_detail/bomberos-sin-fronteras-guia-de-plan-de-seguridad-de-agua-en-contexto-de-desastres-8641) <http://www.bvsde.paho.org/texcom/desastres/busfpsad.pdf>
4. US Department of Health and Human Services. System Safety and Risk Management. Pat L. Clemens, Rodney J. Simmons. March 1988.
5. La Comisión del CODEX alimentario y el programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. [Internet] [2015, mayo 2017]. Disponible en: [http://www.fao.org/ag/agn/CDfruits\\_es/others/docs/CAC-RCP1-1969.PDF](http://www.fao.org/ag/agn/CDfruits_es/others/docs/CAC-RCP1-1969.PDF)
6. Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Primera Edición. Ginebra. Organización Mundial de la Salud. 2009 Revue Officielle de Pompieri Sans Frontières/Association Agréée Sécurité Civile Française, [Internet]. Edition 2016. 25 ans missions [2016, marzo 2016] Disponible en : [http://bikingman.com/contenu/uploads/Pompieri-sans-frontieres\\_Revue-PoSf-25-ans-ss-pub-Low.pdf](http://bikingman.com/contenu/uploads/Pompieri-sans-frontieres_Revue-PoSf-25-ans-ss-pub-Low.pdf)
7. Organización Panamericana de la Salud. Terremoto en Pisco Perú. Área de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro en Casos de Desastre. Washington D.C. Febrero, 2010. [2010, marzo 2016]. Disponible en [http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=1690&Itemid](http://www.paho.org/disasters/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1690&Itemid)
8. Plan Nacional de Gestión del Riesgo Desastres 2014-2021. Secretaria de gestión del riesgo de desastres. PCM[Internet][2014, mayo 2017]. Disponible en: <http://www.cenepred.gob.pe/web/download/PLANAGERD%202014-2021.pdf>
9. Organización de las Naciones Unidas ONU. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. UNISDR. Bruselas. Bélgica. [Internet][2015, Mayo 2017]. Disponible en: <http://www.eird.org/index-esp2.html>
- Oxfam International [Internet]. Oxford. United Kingdom. 2017 [2016, mayo 2017] Disponible en: <https://www.oxfam.org>
10. Final Report of the Independent Panel of Experts on the Cholera Outbreak in Haiti. Secretary General of the United Nations. [Internet] [2011, mayo 2017]. Alejandro Cravioto, Claudio F. Lanata, Daniele S. Lantagne, G. Balakrish Nair. Disponible en [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full\\_Report\\_525.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Full_Report_525.pdf)
11. Organización Panamericana de la Salud. Salud en las Américas. [Internet] [Internet]. Disponible en: [http://www.paho.org/salud-en-las-americas-2012/index.php?option=com\\_content&view=article&id=56%3Athe-environment-and-human-security&catid=24%3Achapters&Itemid=162&lang=es](http://www.paho.org/salud-en-las-americas-2012/index.php?option=com_content&view=article&id=56%3Athe-environment-and-human-security&catid=24%3Achapters&Itemid=162&lang=es)
12. Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015. Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. UNISDR. [Internet][2015, Mayo 2017] Disponible en : <http://www.eird.org/cdmah/contenido/hyogo-framework-spanish.pdf>
13. Tercera Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre la Reducción de Riesgos de Desastres, realizada en Sendai, Japón. [Internet] [2015, mayo 2017]. Disponible en: <http://www.wcdrr.org/uploads/UN-WCDRR-CH-Es.pdf>
14. Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030. Naciones Unidas. [Internet] [2015, mayo 2017]. Disponible en: [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)
15. La gestión del riesgo en el agua y saneamiento. Nota informativa. Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). [Internet] [2015, mayo 2017]. Disponible en: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/05\\_risk\\_management\\_water\\_sanitation.pdf](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/05_risk_management_water_sanitation.pdf)
16. Adger W., Brooks N., Kelly N., Benthon G., Agnew M., Eriksem S. New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity- Tyndall Project- Final Project Report. 2004. Tyndall Center Technical. UK. 2004.
17. “Agua, saneamiento e higiene para las poblaciones en riesgo”. Acción Contra el Hambre. 2011, Hermann éditeurs des sciences et des arts, 6 rue de la Sorbonne, 75005 París.