

## Proceso de estimación del riesgo asociado a la conducción de agua para consumo en sistemas de abasto.

**RUBENS AGUILERA FRÓMETA**

E-MAIL: raguileraf92@gmail.com

Consejo Dirección Provincial de Salud, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**JOSÉ B. MARTÍNEZ RODRÍGUEZ**

E-MAIL: bienvenido@civil.cujae.edu.cu

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

**YAKELÍN RODRÍGUEZ LÓPEZ**

E-MAIL: yakelin780603@gmail.com

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH), Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

### RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de proponer una serie de criterios (esquema) para la identificación de los riesgos asociados a la conducción de agua para consumo en sistemas de abasto, con el fin de dar prioridad a los riesgos que más comprometan la continuidad eficiente del abasto de agua en cantidad y calidad, mostrando un sistema cíclico alimentado por la re-evaluación de los riesgos existentes y la identificación de nuevos, lo cual garantiza una mayor capacidad de resiliencia e influye en la toma de decisiones para resolverlos de manera eficiente. Además de contribuir también a planificar acciones de reducción o erradicación de los riesgos con el fin de reducir los impactos en la salud de la población.

### PALABRAS CLAVES:

conducciones libres, evaluación, gestión, riesgos

Risk estimation process associated with conducting water for consumption in supply systems.

### ABSTRACT

This research was carried out with the objective of proposing a series of criteria (scheme) for the identification of the risk associated with the conduction of wáter for consumption in supply systems, in order to give priority to the risk that most compromiso the efficient continuity of wáter supply in quantity and quality, showing a cyclical system fueled by the re-assessment of existing risk and the identificaction of new ones, which guarantees a greater capacity for resilience and influences decisión- making to solve them in an appropriate way efficient. In addition to also contibuting to planning actions to reduce or eradicate risks in order to reduce the impacts on the health of the poputation.

**KEYWORDS:** open channel hydraulic, evaluation, management, risk

## 01 INTRODUCCIÓN

El agua es imprescindible para la vida y para el desarrollo. El uso racional y la conservación del agua constituyen uno de los principales aspectos a tener en cuenta, especialmente cuando muchas personas hoy día en el mundo carecen aún de un suministro adecuado para satisfacer sus necesidades básicas.

Se conoce que el agua potable que se dispone para la Tierra es de 0,025%, disminuyendo año tras año (Alexandra, 2019), debido al aumento demográfico, las migraciones a las principales ciudades, la industrialización, el Cambio Climático (CC), la sequía, la reducción de las reservas de agua subterránea, el estado deplorable de la infraestructura y la deficiente planificación urbana. Como resultado, se estima que más de un 40% de la población mundial vivirá en zonas con severos problemas hídricos para el 2050 (Sánchez, 2017).

Está demostrado que cuando un fenómeno se presenta, se vuelve un peligro y si la atención de la emergencia no es eficiente existen deficiencias no solo en los servicios básicos para la población, la atención hospitalaria, alimentos, sino en los sistemas de abastecimiento (Alexandra, 2019). Conseguir sistemas de agua potable sostenibles incluye que éstos sean capaces de brindar servicios a lo largo de su vida útil, y en especial en las zonas de mayor vulnerabilidad, la ocurrencia de uno o más fenómenos es un riesgo que amenaza dicha sostenibilidad.

Según Cabrera (2009), el manejo controlado del agua en un país como Cuba constituye un reto para todos los profesionales que trabajan en ese sentido; especialmente cuando las fuentes de este recurso son acuíferos subterráneos, pues los mismos almacenan cerca de un 30% del potencial aprovechable total del país.

El marco legal para la gestión de riesgos en Cuba ha sido tarea priorizada del gobierno. El Decreto-Ley No. 170 del Sistema de Medidas de Defensa Civil y la Resolución No. 4/2017, han reforzado el esfuerzo y apoyo en tal sentido. La Defensa Civil (DC), es la organización gubernamental encargada de la gestión de riesgos en el territorio nacional. Tiene una estructura bien definida a partir del vínculo de la Presidencia de la República, con las diferentes estructuras ministeriales, económicas y sociales. Desde el punto de vista de la calidad del agua y procedimientos de muestreo, Cuba ha normado todos los parámetros para tener un agua segura cumpliendo con lo estipulado por la Organización Mundial de la Salud (Sánchez et al., 2020).

Cuba inició desde 1959 una labor dirigida a eliminar las causas de fondo que crean los riesgos de desastres en la sociedad, al desarrollarse un proceso revolucionario con un carácter eminentemente social. Este ha estado encaminado a elevar la calidad de vida y protección de la población cubana, mediante una distribución más equitativa de los recursos, el ejercicio del derecho a la educación, a la salud, a la cultura, al trabajo, a la seguridad social, el desarrollo científico técnico y la creación de capacidades científicas, todo lo cual ha repercutido en la mejora de las condiciones de vida y la eliminación de la pobreza extrema. (AMA Y PNUD, 2014).

En resumen, la forma más eficaz de garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo, es aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos del sistema de abastecimiento (Sánchez et al., 2021). La verificación debe demostrar que el diseño y la operación del sistema son tales que es capaz de suministrar sistemáticamente agua de la calidad especificada para alcanzar las metas de protección de la salud (Verástegui y Llanos, 2019).

## 02 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA CONDUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO EN SISTEMAS DE ABASTO

El análisis de riesgo, también conocido como evaluación de riesgos o PHA por sus siglas en inglés (Process Hazards Analysis), es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que éstas puedan producir, además de contribuir a planificar acciones de reducción o total eliminación.

El análisis de riesgos puede ser llevado con distintos grados de refinamiento, dependiendo de la información de los riesgos (series históricas, análisis teórico, opiniones y juicios de especialistas y expertos, etc.) y los datos disponibles; según las circunstancias, puede ser cualitativo, o cuantitativo, o una combinación de estos.

### HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS PARA IDENTIFICAR LOS RIESGOS

**Método cualitativo:** El análisis cualitativo utiliza formatos de palabras o escalas descriptivas para describir la magnitud de las consecuencias potenciales y la probabilidad de que esas consecuencias ocurran. Estas escalas se pueden modificar o ajustar para adaptarlas a las circunstancias, y se pueden utilizar distintas descripciones para riesgos diferentes. La propuesta en esta etapa es trabajar los riesgos mediante rangos que permitan al servidor público calificarlos en una matriz con diferentes niveles de impacto y probabilidad de ocurrencia de un evento que afecte de manera adversa y representativa el desarrollo de un contrato (Ochoa, 2019):

La DC ha establecido métodos jerárquicos a partir de la asignación de rangos para definir niveles de riesgo en función del peligro y la vulnerabilidad:

Bajo <6

Medio 6-9

Alto 10-15

Intolerable >15

Para la clasificación del riesgo mediante el empleo de la matriz de riesgo se establecen los mismos niveles que la DC con excepción del riesgo Intolerable que lo define como Muy Alto.

**Métodos semi-Cuantitativos:** A las escalas cualitativas descritas se les asignan valores. El número asignado a cada descripción no tiene que guardar una relación precisa con la magnitud real de las consecuencias o probabilidades. Los números pueden ser combinados en cualquier rango de fórmula, dado que el sistema utilizado para priorizar confronta el sistema seleccionado para asignar números y combinarlos. El objetivo es producir un ordenamiento de prioridades más detallado que el que se logra normalmente en el análisis cualitativo, y no sugerir valores realistas para los riesgos tales como los que se procuran en el análisis cuantitativo (Ochoa, 2019).

**Métodos Cuantitativos:** Utiliza valores numéricos para las consecuencias y probabilidades en lugar de las escalas descriptivas utilizadas en los análisis cualitativos y semi-cuantitativo. La calidad del análisis depende de la precisión e integridad de los valores numéricos utilizados. Las consecuencias pueden ser estimadas modelando los resultados de un evento o conjunto de eventos, o extrapolando a partir de estudios experimentales o datos del pasado, y pueden ser expresadas en términos de criterios monetarios, técnicos o humanos, entre otros (Ochoa, 2019).

De manera general, el análisis cuantitativo tiene lugar una vez que la identificación de riesgos y el análisis cualitativo han sido completados. La referencia a la lista priorizada de riesgos identificados

asegura que el análisis cuantitativo tendrá en consideración todos los riesgos importantes al analizar sus efectos de forma cuantitativa.

En relación con el orden de complejidad y los costos, el cualitativo es el más bajo, seguido del semi-cuantitativo y el cuantitativo. En la práctica, a menudo se utiliza primero el análisis cualitativo para obtener una indicación general del nivel de riesgo; luego puede ser necesario llevar a cabo un análisis cuantitativo más específico (Ochoa, 2019).

## ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD

El escenario de riesgo se inicia conceptualmente elaborando un argumento sólido, sustentado en datos y/o registros históricos de la ocurrencia del fenómeno a estudiar, como magnitud, intensidad, recurrencia, etc. (caracterizar el peligro). Evaluar el peligro es valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos (se refiere al fenómeno mismo en términos de sus características y su dimensión) en el tiempo y ámbito geográfico determinado (Huarachi y Yupanqui, 2019).

La DC define los peligros en función de su naturaleza y origen en: Naturales, Tecnológicos y Sanitarios (Sánchez, 2021) tal como muestra la figura 1.



Figura 1. Clasificación de los peligros en función de su naturaleza y origen. Fuente: (Díaz, 2020).

Los impactos Tecnológicos están asociados a características físicas, propias o no de la infraestructura, que pueden poner en el peligro su correcto funcionamiento tales como: fugas en el sistema, derrumbe de edificaciones, urbanización, telemetría, fallo de instrumentación, corte de energía, fluctuación de la presión, intermitencia del suministro de agua, apertura y cierre de válvulas y conexiones no autorizadas (Sánchez et al., 2022).

Los eventos Sanitarios, asociados a la disminución de la calidad del agua, o a la necesidad de aumento de la demanda, se manifiestan por: vandalismo, interrupción del tratamiento, contaminación de la fuente de abasto, derrames de sustancias químicas (hidrocarburos y otros) y pandemias (Sánchez et al., 2022).

Finalmente, la variabilidad climática y sus efectos están muy ligados a los eventos Naturales que afectan a los sistemas de conducción. En tal sentido, se tiene la influencia de los fenómenos naturales siguientes: ciclones tropicales, intensas lluvias, tormentas locales severas, penetraciones del mar, deslizamientos de tierra, incendios en áreas rurales, sismos, tormentas eléctricas e intensas sequías (Sánchez et al., 2022).

La figura 2 muestra una tabla resumen sobre los peligros en función de su naturaleza y origen (Naturales, Tecnológicos y Sanitarios) y sus eventos peligrosos con el objetivo con el objetivo de identificar los peligros asociados a la etapa de conducción de agua para consumo en sistemas de abasto.

Clasificación	Evento peligroso (Fuente del peligro)	Peligros Asociados									
		Inutilización parcial/Total del conducto	Inutilización parcial/total de elementos del conducto	Afectación en la calidad del agua	Fallo de comunicación	Pérdida del control automático	Disminución de la capacidad de inspección	Pérdida del Control	Ariete hidráulico	Aumento no autorizado de la demanda	Aumento de la demanda por situación excepcional
Naturales	Ciclones tropicales										
	Intensas lluvias										
	Tormentas locales severas										
	Penetraciones del mar										
	Deslizamientos de tierra										
	Incendios en áreas rurales										
	Sismos										
	Tormentas eléctricas										
Tecnológicos	Intensas sequía										
	Fugas en el sistema										
	Derrumbes de edificaciones										
	Urbanización										
	Telemetría										
	Fallo de instrumentación										
	Corte de energía										
	Fluctuación de la presión										
	Intermitencia del suministro de agua										
	Apertura y cierre de válvulas										
Sanitarios	Conexiones no autorizadas										
	Vandalismo										
	Interrupción del Tratamiento										
	Contaminación de la fuente de abasto										
	Derrames de sustancias químicas (Hidrocarburos, etc)										
	Pandemias										

Figura 2. Eventos y peligros asociados a la etapa de conducción de agua en sistemas de abasto. Fuente: (Díaz, 2020).

### 03 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA CONDUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO EN SISTEMAS DE ABASTO

Se define el riesgo como la probabilidad de que se produzca un evento peligroso de conjunto con la gravedad de sus consecuencias. En este caso, la consideración más importante es el posible efecto en la salud pública, así como la continuidad y suficiencia del abastecimiento de agua. La DC define al riesgo como una relación entre la frecuencia (probabilidad) de manifestación de un peligro particular de desastre y las consecuencias (pérdidas) que pueden esperarse (Sánchez, 2017).

#### EVALUACIÓN DEL RIESGO

La evaluación del riesgo es de vital importancia en la planificación, construcción, operación y mantenimiento en sistemas de abasto de agua para con el fin de reducir los impactos en la salud de la población, Esta palabra tiene dos connotaciones distintas: en el lenguaje popular, por lo general se hace énfasis en el concepto de la probabilidad o la posibilidad de algo, tal como el “riesgo de un accidente”, mientras que en un contexto técnico con frecuencia se hace más énfasis en las consecuencias, en términos de “pérdidas posibles” relativas a cierta causa, en un lugar y momento en particular (Arteaga et al., 2019).

El cálculo del riesgo corresponde a un análisis y una combinación de datos teóricos y empíricos con respecto a la probabilidad del peligro identificado, es decir la fuerza e intensidad de ocurrencia; así como el análisis de vulnerabilidad o la capacidad de resistencia de los elementos expuestos al peligro (población, viviendas, infraestructura, etc.), dentro de una determinada área geográfica (Sanz et al., 2006).

Para una adecuada evaluación será necesario territorializar los peligros y vulnerabilidades; es decir, identificar los efectos que estas pueden tener en el territorio, de forma especial en (Arteaga et al., 2019) se describe este proceso como:

- Ubicación: identificación a escala adecuada del peligro.
- Estructuras: identificación en territorio de las estructuras, físicas y sociales, expuestas.
- Funcionalidad: identificación de las implicaciones funcionales en caso de que se materialice el peligro. Son las afectaciones directas e indirectas a la funcionalidad.

#### CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

Los métodos de evaluación son a partir de matrices de riesgo enfocadas en las probabilidades y consecuencias de eventos peligrosos valorados por criterios de expertos (Arteaga et al., 2019) como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz de riesgo. Fuente: (Arteaga et al., 2019)

		Consecuencia para la continuidad y calidad del abasto				
		Insignificante (1)	Menor (2)	Moderado (3)	Mayor (4)	Catastrófico (5)
Probabilidad / Frecuencia	Muy Alta/Una vez al día (5)	5	10	15	20	25
	Alta/Una vez por semana (4)	4	8	12	16	20
	Moderada/Una vez al mes (3)	3	6	9	12	15
	Baja/ Una vez al año (2)	2	4	6	8	10
	Muy Baja/ Una vez cada 5 años (1)	1	2	3	4	5
Puntuación del Riesgo		< 6	6-9	10-15	> 15	
Clasificación del Riesgo		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	

En la tabla 2 se hace referencia a la etapa del proceso de estimación de los riesgos asociados a la conducción de agua en el Canal de Vento permitiendo clasificar el riesgo (antes de considerar la aplicación de medidas de control).

Tabla 2. Clasificación de riesgos asociados a la conducción de agua en sistemas de abasto. Fuente: (Sánchez et al., 2022)

Etapa del proceso	Evento peligroso (fuente de peligro)	Tipo de peligro DC-Cuba	Consecuencia (efecto)	Estimación del riesgo (puntuación)	Clasificación del riesgo
Sistema de Conducción-Canal Vento	Inundaciones	Naturales	Aumento de la oferta de conducción	12	Alto
	Intensas sequías		Disminución de la oferta de conducción	16	Alto
	Fugas en el sistema	Tecnológicos	Degradación de la calidad del agua	9	Medio
	Urbanización		Disminución de la oferta	9	Medio
			Disminución de la capacidad de inspección y degradación de la calidad del agua.	9	Medio
	Vandalismo	Sanitarios	Degradación de la calidad del agua	15	Alto
	Derrame de sustancias químicas		Degradación de la calidad del agua	15	Alto

La puntuación del riesgo estará en función de la multiplicación matricial entre la probabilidad/frecuencia y la consecuencia para la continuidad y calidad del abasto, donde las estimaciones no solo fueron hechas basadas en observaciones pasadas, sino en las probabilidades y consecuencias de eventos futuros de los impactos del cambio climático. De esta manera, quedarán establecidos los cuatro niveles de evaluación.

Los riesgos de mayor probabilidad y gravedad (Alto y Muy Alto), están dados a partir de la contaminación en la cuenca, problemas derivados de la sequía, intermitencia en el servicio de abasto y estado regular de la infraestructura de distribución. Los efectos fundamentales, estarán dados por la disminución de la oferta, la degradación de la calidad del agua, los efectos derivados de la intermitencia en el suministro, así como las consecuencias de eventos transitorios en conductoras y redes de distribución. Por otro lado, los riesgos de menor probabilidad y gravedad (Bajo y Medio), reflejan, en su mayoría, problemas de operación y mantenimiento en el sistema. Sus efectos provocarían, fundamentalmente, disminución en calidad del agua servida y aumento de la intermitencia en el suministro. Por otro lado, las intensas lluvias provocarían escurrimientos que arrastren materias contaminantes hacia las zonas más bajas y favorables a la infiltración y, por tanto, aumentar los peligros de contaminación (Sánchez et al., 2021). En la tabla 3 se hace referencia a la etapa del proceso de estimación de los riesgos considerando la aplicación de medidas de control con el objetivo de mitigar el impacto negativo de los eventos peligrosos.

Tabla 3. Clasificación de riesgos asociados a la conducción de agua en sistemas de abasto. Fuente: (Sánchez et al., 2022)

Etapa del proceso	Evento peligroso (fuente de peligro)	Tipo de peligro DC-Cuba	Consecuencia (efecto)	Clasificación del riesgo *	Medida de Control	Eficacia de la medida
Sistema de Conducción-Canal Vento	Fugas en el sistema	Tecnológicos	Degradación de la calidad del agua	Medio	Programa de mantenimiento preventivo del Canal	Evaluará y mantendrá niveles adecuados de mantenimiento para elevar valores de eficiencia en la conducción
	Urbanización		Disminución de la oferta	Medio	Programa de mantenimiento preventivo del Canal	Evaluará y mantendrá niveles adecuados de mantenimiento para elevar valores de eficiencia en la conducción.
	Vandalismo	Sanitarios	Degradación de la calidad del agua	Alto	Establecer zonas de protección y medidas de seguridad.	Permitirá disminuir probabilidad de ocurrencia.
	Derrame de sustancias químicas		Degradación de la calidad del agua	Alto	Crear Plan Técnico de enfrentamiento a contaminación por hidrocarburos	Permitirá identificar puntos más vulnerables, establecer medidas de mitigación y disminuir probabilidad de ocurrencia

\* Antes de considerar la aplicación de medidas de control

En la figura 3, se presenta el esquema general para la identificación y evaluación de los riesgos en la conducción de agua para consumo en sistemas de abasto, con el fin de contribuir a planificar acciones de reducción o erradicación de dichos riesgos a partir de bases conceptuales.

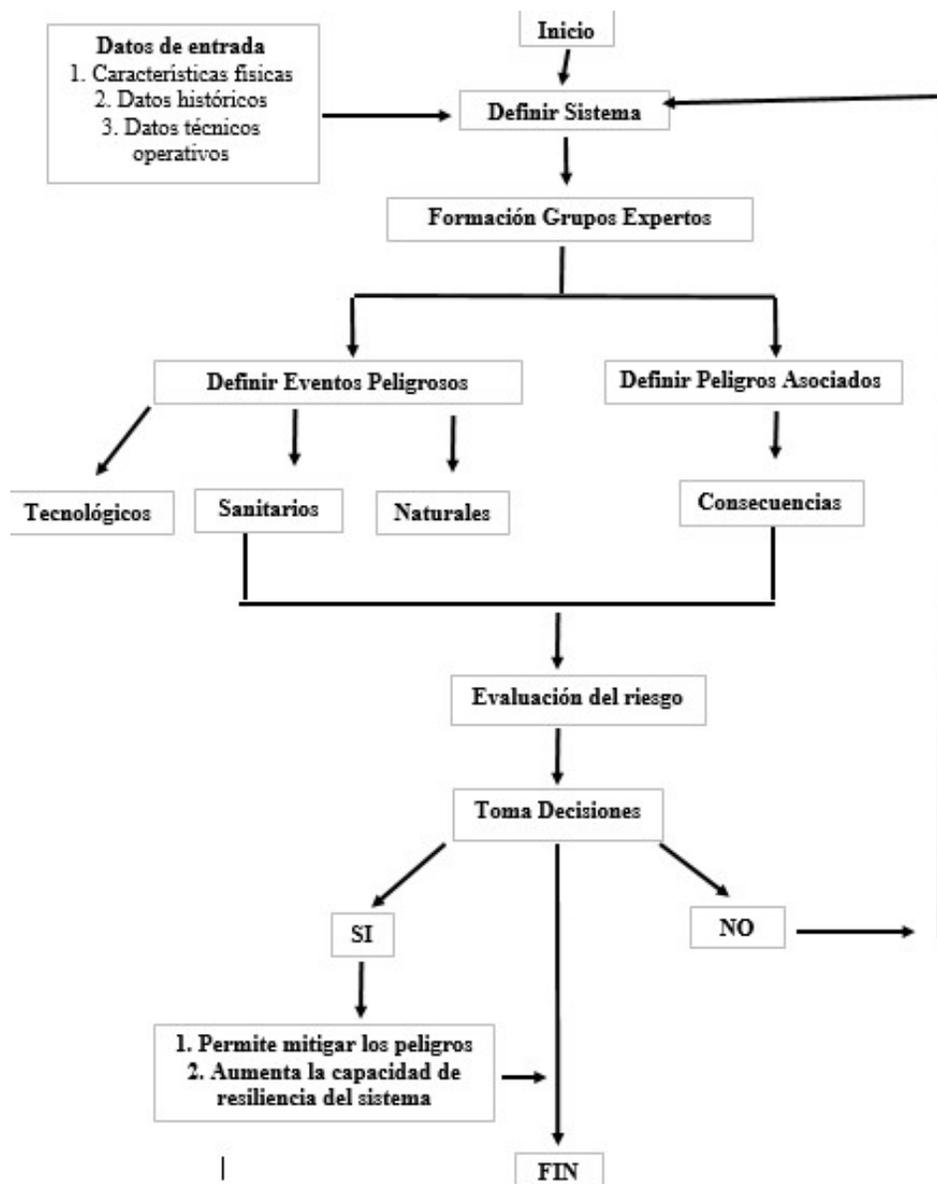


Figura 3. Esquema para la identificación y evaluación de los riesgos en la conducción de agua en sistemas de abasto. Fuente: Propia

En la etapa de conducción de agua en sistemas de abastos se presentan eventos y se identifican peligros que ponen en riesgo el suministro de agua potable a una determinada localidad. Con el objetivo de una mejor comprensión en la identificación y evaluación de los riesgos en la conducción de agua para consumo en sistemas de abasto se presentan los siguientes criterios:

**Definir el sistema:** pasa por la necesidad de realizar un esquema conceptual y buscar aquellas conductoras neurálgicas que aseguran un abasto continuo y de calidad. En tal sentido, es necesario recopilar informaciones físicas (material, diámetro, profundidad, ubicación, estado técnico, etc.), así como datos históricos de eventos peligrosos ocurridos con sus estrategias de enfrentamiento. De igual manera, los datos técnicos y operativos (fuentes de abasto, interconexiones, válvulas, ventosas,

operación, plan de mantenimiento, etc.), son importantes para definir posibles puntos vulnerables (Díaz, 2020).

**La formación del equipo de expertos** contribuirá a definir detalles bajo criterios técnicos, la experiencia y el análisis de eventos pasados. El grupo deberá ser multidisciplinario y estar formado por el personal de O&M, planeamiento, así como de especialistas en calidad del agua y análisis técnico y de gestión. El equipo seccionará el sistema en cuestión para un análisis más detallado. El seccionamiento deberá tener en cuenta las características físicas y técnicas y quedará identificado a partir de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el objetivo de cartografiar el riesgo en la etapa de la gestión proactiva (Díaz, 2020).

**Definir los eventos peligrosos y sus peligros asociados** estará en función del sistema y los elementos perturbadores que pueda tener. Los expertos identificarán, a partir de los hechos históricos y de recorridos de campo, los posibles eventos y peligros asociados. El examen crítico y exhaustivo es importante para delimitar posibles afectaciones. Será necesario evaluar el sistema de manera integral para poder relacionar causas-efectos, así como para lograr identificar la interrelación que pueda existir entre eventos peligrosos de diferentes orígenes y sus peligros asociados (Díaz, 2020).

**La estimación del riesgo** está en función de la multiplicación entre la Probabilidad/Frecuencia y la Consecuencia para la continuidad del abasto, donde la evaluación tendrá como resultado la desagregación en cuatro niveles: Bajo, Medio, Alto y Muy Alto a partir del empleo de la matriz de riesgo.

A partir de la evaluación del riesgo, comenzaría la etapa de la **gestión proactiva del riesgo (toma de decisiones)**, en el cual se trazan medidas de control y se evalúa la eficiencia de las medidas de control con el objetivo de buscar soluciones que minimicen, hasta donde sea económicamente posible, el efecto negativo de los eventos peligrosos en la continuidad del abasto, permitiendo además aumentar la capacidad de resiliencia del sistema. La presente investigación no analizará la capacidad de resiliencia de un sistema, quedando este aspecto para un plan de gestión de riesgos.

En caso de que sea efectiva la medida de control, se termina el proceso cíclico pasando entonces a la etapa de Monitoreo operativo (el equipo de expertos deberá revisar periódicamente el sistema de conducción a partir de la metodología planteada).

En caso de que no sea efectiva la medida de control, se comienza de nuevo desde el primer elemento antes explicado (definir sistema).

Una ventaja particular del esquema para la identificación y evaluación de los riesgos en la conducción de agua en sistemas de abasto, resultará en una probable reducción del número y gravedad de los incidentes, así como de las situaciones de emergencia o cuasi emergencias.

Para una mejor comprensión y posterior gestión, es importante cartografiar, hasta donde sea geográficamente representativo, los niveles de riesgo. La evaluación define acciones de operación, mantenimiento y nuevas inversiones con vistas a minimizar impactos, definir la economía para el riesgo y crear capacidades resilientes (Díaz, 2020).

## 04 CONCLUSIONES

En la conducción de agua para consumo se presentan riesgos que necesitan ser identificados y evaluados. A partir de lo analizado en este trabajo se puede concluir que:

Las etapas de identificación y evaluación de riesgos, parten del criterio de expertos apoyado sobre la base de series históricos, análisis teórico, opiniones y datos disponibles del sistema.

Los eventos peligrosos se clasifican en función de su naturaleza y origen como: Naturales, Tecnológicos y Sanitarios, según lo establecido por la Defensa Civil en Cuba.

La evaluación matricial define la prioridad y criticidad de los riesgos a partir de su implicación en la continuidad y calidad del abasto.

La función riesgo se define de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias para la continuidad del abasto.

## 05 REFERENCIAS

- Alexandra R.** (2019). "Evaluación del riesgo del sistema de abastecimiento de agua potable frente a fenómenos naturales en la ciudad de Tacna". Tesis en opción al grado de Ingeniero Civil (inédita), Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna. Perú.
- AMA Y PNUD.** (2014). "Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial. Parte 1. Grupo de Evaluación de Riesgo de la Agencia de Medio Ambiente (AMA)". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD-Cuba). ISBN: 978-959-300-033-8.
- Arteaga D., Ordoñez J., Saetama W. y Daza P.** (2019). "Herramienta para la evaluación rápida de riesgos y vulnerabilidades para sistemas de agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial". Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cabrera E.** (2009). "Sistema para la administración de la explotación del agua subterránea". Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas (inédita), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), Ciudad de la Habana, Cuba.
- Díaz H.** (2020). "Bases conceptuales para la identificación y evaluación de riesgos asociados a la conducción de agua en sistemas de abasto". Tesis en opción al grado de Ingeniero Hidráulico (inédita), Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE). La Habana, Cuba.
- Ochoa F.** (2019). "Modelo de gestión del riesgo en proyectos para la empresa MS construcciones". Universidad EAFIT. Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Gerencia de Proyectos. Medellín. Colombia.
- Huarachi Y. E. y Yupanqui C. J. H.** (2019). "Procedimiento para la evaluación del riesgo en el sistema de agua potable en el distrito de Ciudad Nueva", Departamento Tacna. Ingeniero Civil, Universidad Privada de Tacna. Perú.
- Sanz A.; Gonzales J.; Río M.; Laveriano F.; Altamirano R.; Vidalón R y García M.** (2006). "Manual básico para la estimación del riesgo". Instituto Nacional de Defensa Civil. Dirección Nacional de Prevención. Lima. Perú.
- Sánchez Y. Rodríguez Y. and Díaz H.** (2022). "Identification of Risks in the Water Conduction Infrastructure for Supply Systems, a Strategy to Increase Resilience". La Habana, Cuba.
- Sánchez Y.; Noel S.; Odalis B.; Alexis A.; Ileana F y Leslie LI.** (2021). Plan de Seguridad del Agua-Resiliente al Clima, caso de estudio: Consejo Popular Sevillano. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba.

**Sánchez Y.** (2017). “Bases conceptuales para la administración y evaluación del agua en la cuenca subterránea Vento”. Tesis de Maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE). La Habana, Cuba.

**Verástegui, K. R. y Llanos O. J. J** (2019). “Plan de seguridad del agua (PSA) en el sistema de agua potable (SAP) del ámbito urbano de la capital distrital de Ichocán, San Marco”. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Perú

#### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Rubens Aguilera Frómeta**

<https://orcid.org/0000-0001-5515-067X>

Trabajó en la interpretación de datos, en la búsqueda de información. Participó en el diseño de la investigación, en el análisis de los resultados y en la redacción final.

**José Bienvenido Martínez Rodríguez**

<https://orcid.org/0000-0002-9555-3155>

Participó en la revisión del diseño de la investigación, en el análisis de los resultados y en la redacción final.

**Yakelín Rodríguez López**

<https://orcid.org/0000-0001-8802-6843>

Participó en la revisión del diseño de la investigación y en la búsqueda de información.