

## I-049 - PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA EL CAMPUS CIUDAD UNIVERSITARIA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Eva Carolina Marini Bulbarela<sup>(1)</sup>**

Ingeniera Ambiental por la Universidad Veracruzana, pasantía de Maestría en Ingeniería Ambiental por la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Mirna Nohemi Argueta Irías<sup>(2)</sup>**

Licenciada en Química y Farmacia de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), con Maestría en Ingeniería del Agua de la Universidad de Sevilla, España.

**Adalberto Noyola Robles<sup>(3)</sup>**

Ingeniero Ambiental por la Universidad Autónoma Metropolitana, con Maestría y Doctorado en Ingeniería de tratamiento de aguas residuales en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) de Toulouse, Francia.

**Dirección de contacto<sup>(1)</sup>:** Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Escolar S/N Edificio 5, Cubículo 418. Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, México, D.F. MÉXICO. Tel (++)(55)56 23 36 00 Extensión 8695, Fax (++) (55) 56 16 27 98. email:[EMariniB@iingen.unam.mx](mailto:EMariniB@iingen.unam.mx)

### RESUMEN

Este documento presenta los resultados obtenidos en el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable en la Ciudad Universitaria (CU) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desde su captación hasta quienes la consumen, con la aplicación de la metodología de la Organización Mundial de la Salud (OMS) denominada Planes de Seguridad de Agua (PSA). Esta metodología se enfoca a la minimización de la contaminación de fuentes de agua mediante medidas de prevención y tratamiento durante el almacenamiento, la distribución y la manipulación a nivel dependencias, institutos y facultades dentro de CU, con objeto de garantizar sistemáticamente la seguridad y la aceptabilidad del agua para consumo humano.

El PSA se desarrolló en el marco del proyecto PUMAGUA, “Programa de manejo, uso y reúso del agua” de la UNAM, con el apoyo de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC), también de la UNAM, dependencia encargada de brindar el servicio de agua en el campus. La metodología contempla la descripción y la validación del diagrama de flujo de cada uno de los sistemas, aspecto que se desarrolló a través de visitas de campo a los componentes del sistema de abastecimiento (pozos, líneas de conducción y distribución, válvulas, tanques de almacenamiento, hipocloradores y lugares de consumo), y consistió en identificar amenazas y vulnerabilidades.

Como resultado de la inspección visual del sistema con el uso de una check list obtenida a partir de la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, se recomienda que los prestadores del servicio, en este caso la DGOyC, adopten el Plan de Seguridad del Agua aquí desarrollado y establezcan un proceso de mejora continua del sistema de abastecimiento de agua en Ciudad Universitaria, con objeto de garantizar en todo momento la calidad y la cantidad de agua que llega al consumidor dentro del campus. Para ello, se identifica como necesario el vínculo directo con el proyecto PUMAGUA y cada una de sus áreas de trabajo, para así disminuir la vulnerabilidad física y operativa del suministro de agua potable en la Universidad Nacional Autónoma de México.

**PALABRAS-CLAVE:** Plan de Seguridad del Agua (PSA), Evaluación del riesgo, Puntos Críticos de Control (PCC), Límite crítico, Medidas de control.

### INTRODUCCIÓN

Legalmente, para los Estados Unidos Mexicanos, el agua potable es aquella que cumple con los 48 parámetros de calidad establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Para el año 2007 en México existían 541 plantas potabilizadoras, las cuales operaban únicamente a 72% de su capacidad de diseño (CONAGUA, 2008). Estas plantas procesaban cerca de un tercio del agua potable y el resto, por su origen era sólo desinfectado.

En la Ciudad de México, recientemente la COFEPRIS detectó la presencia de coliformes fecales en el agua de tomas domiciliarias en algunas delegaciones de la Ciudad, reportando también altos niveles de cloro residual libre. Con anterioridad, Mazari Hiriart *et al.* [4], reportaron la presencia de otro tipo de microorganismos patógenos, además de los indicadores de materia fecal, en agua clorada y sin clorar; tal como *Helicobacter pylori*, causante de úlceras en el tracto digestivo y cuya presencia explicaría las altas tasas de enfermedad en el país en comparación con los países que cuentan con mejores servicios de agua potable.

Otro parámetro que convendría medir con relativa frecuencia son los subproductos de la cloración del agua cuando ésta contiene materia orgánica y nitrógeno, pues estos son precursores de cáncer. Algunos estudios aislados han reportado la presencia de estos compuestos en el agua potable de la Ciudad de México y Monterrey, aun que todavía en concentraciones por debajo de los límites establecido por la normatividad mexicana (200 ppb), en tanto que en otros puntos del país se han encontrado altas concentraciones de trihalometanos [4].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) han propuesto estrategias para garantizar sistemáticamente la seguridad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo aplicando un planteamiento integral de evaluación de los riesgos y gestión de los mismo que abarque todas las etapas del sistema, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. Estas metodologías son llamadas Planes de Seguridad del Agua (PSA) o Water Safety Plans (WSP) [2].

Con esta propuesta metodológica y la implementación de sus acciones es posible que un sistema de abastecimiento garantice el tomar agua del grifo o llave en lugar de la compra de agua embotellada. Así el usuario podrá dirigir parte de los recursos económicos que ahora destina a la compra de agua de calidad, al pago del servicio brindado por el organismo operador, y estos recursos deberán servir para fortalecer al sector y con ello la calidad del agua.

Tomando en cuenta la problemática del agua en el país [3], la Universidad Nacional Autónoma de México ha realizado diversos proyectos con el objetivo de plantear estrategias de solución ante los diversos conflictos del agua; tal es el caso del programa PUMAGUA, de manejo uso y reuso de agua en la UNAM con participación de toda la comunidad universitaria al que viene a contribuir este trabajo.

## METODOLOGÍA

El PSA es un instrumento que ayuda a asegurar la calidad de agua apta para consumo humano, a través de: la identificación, priorización de los peligros y eventuales riesgos en los sistemas de abastecimiento.

El PSA se ejecuta en función de los objetivos de salud establecidos para cada sistema y comprende: evaluación del sistema, monitoreo operacional y la gestión, incluyendo la documentación y comunicación, lo cual se describe a continuación.

a).- Evaluación del sistema para determinar si la cadena de abastecimiento de agua (desde la captación hasta en los lugares de consumo), en su conjunto puede proporcionar agua cuya calidad cumpla las metas de protección de la salud.

b).- El diseño del monitoreo operacional determinará las medidas que de forma colectiva, controlarán los riesgos identificados en un sistema de abastecimiento de agua de consumo y garantizarán el cumplimiento de las metas de protección de la salud [1].

c).- Planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse durante el funcionamiento normal y cuando se produzcan incidentes, y que documenten los planes de evaluación (incluidos los relativos a las ampliaciones y mejoras), monitoreo y comunicación del sistema, así como los programas complementarios (Guía para la calidad de agua potable, OMS, 3a. Edición, 2004, 38pp)

La Figura 1 muestra la estructura de la metodología del PSA, que se desarrolla en cuatro etapas: 1. Consideraciones preliminares, 2. Evaluación de los sistemas, 3. Monitoreo operacional 4. Gestión y comunicación. A su vez, estas se subdividen en 10 fases.

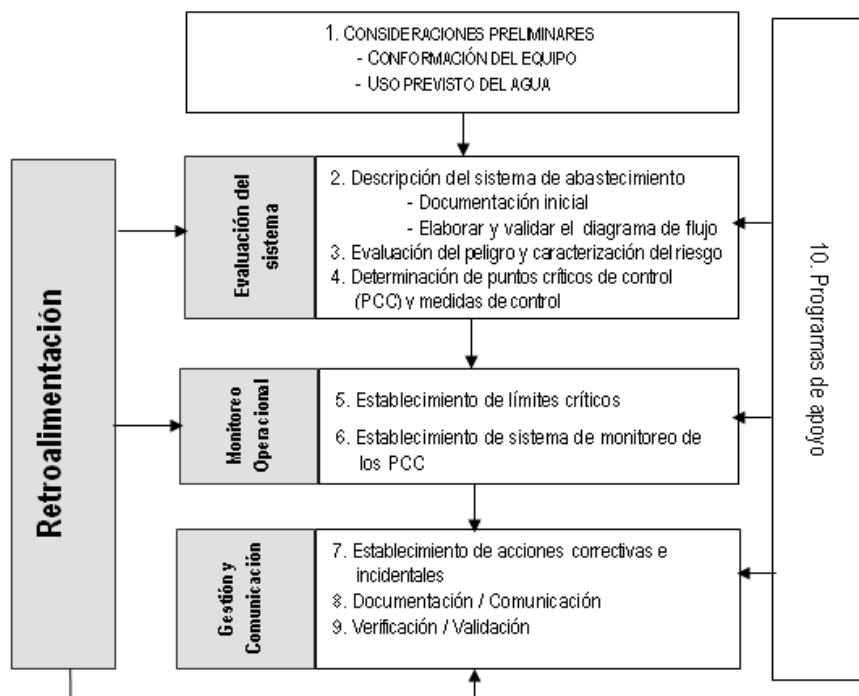
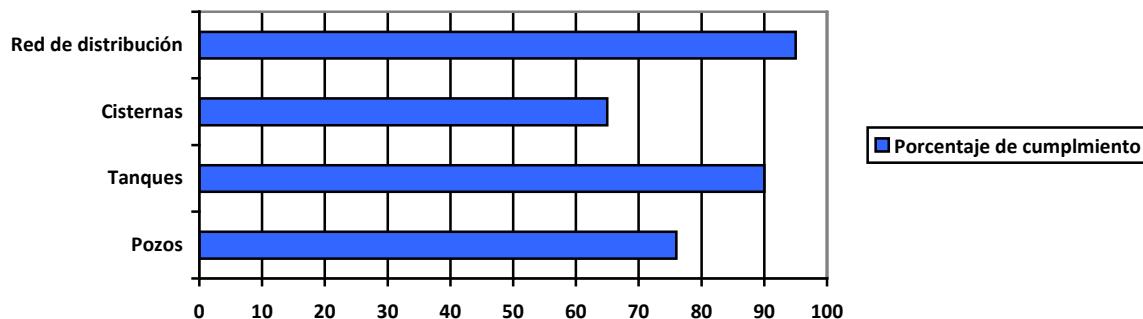


Figura 1: Estructura metodológica del Plan de Seguridad del Agua [2].

## RESULTADOS

Como resultado de la evaluación (inspección visual) del sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria, haciendo uso de la Norma Oficial Mexicana, **NOM-230-SSA1-2002**, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimientos públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo [5]. Se logró identificar amenazas y vulnerabilidades en cada componente; se detectaron válvulas, tuberías y accesorios que han cumplido su tiempo de vida útil y necesitan ser cambiados.

Con base en esta norma se estructuró una Check List para facilitar la validación de la red de distribución de agua potable en la Universidad y se determinó su cumplimiento en cada etapa del sistema. Para el caso de los pozos fue de un 76 %, mientras que en tanques fue de 90 % y para las cisternas en un 65%. En cuanto la red en general se cumple al 90% con lo establecido en la norma. Como se muestra en la figura 2.



**Figura 2: Porcentaje de cumplimiento de la NOM-230-SSA1-2002 en cada componente del sistema de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria, UNAM.**

Aunque son altos los porcentajes de cumplimiento en el sistema de agua potable respecto a la norma utilizada esto no significa que no haya amenazas y vulnerabilidades en la red de distribución. Con la inspección visual realizada se determinaron los puntos críticos de control (PCC) y medidas de control en cada componente de la

red. De esta manera se establecieron sistemas de monitoreo para cada sector hidráulico del Campus Ciudad Universitaria, UNAM. Lo anterior permitió generar de manera práctica tablas como las que se muestran a continuación (tabla 1 y 2):

**Tabla 1: Identificación de peligros y caracterización del riesgo en los componentes del sistema**

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Caracterización del riesgo (Nivel)	Consecuencia de los eventos peligrosos
Pozo Química	Mala dosificación del desinfectante (Hipoclorito de sodio NaOCl)	Alto	Si la dosis es muy baja puede haber contaminación microbiológica y a dosis elevadas efectos adversos en la salud del consumidor.
Tanques Vivero Alto	Actos vandálicos	Medio	Contaminación del agua almacenada por depósito de residuos sólidos como botellas, latas, piedras, etc. dentro de los tanques.
Red de distribución (Tubería, válvulas y accesorios)	Falta de mantenimiento y limpieza (corroídas, obsoletas)	Medio	Entrada de contaminación microbiológica, interrupción del servicio de agua dependiendo de la zona de fuga.

**Tabla 2: Establecimiento de sistemas de monitoreo para los PCC**

Medidas de control	Límite crítico	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Quién?
Revisión del sistema de desinfección de agua	Cloro residual libre .2 mg/l [6]	Asegurar que el agua este clorado hasta llegar al consumidor.	Cisternas del posgrado de Odontología	De forma continua	Muestreo de agua [7]	DGOyC* Calidad de agua (PUMAGUA)
Revisión del sistema de desinfección de agua	Coliformes totales 2UFC/100 ml [6]	Asegurar que el agua para consumo humano esté libre de patógenos.	En tanques y cisternas de Ciudad Universitaria	De forma continua	Muestreo de agua [7]	DGOyC* Calidad de agua (PUMAGUA)
Medidas de seguridad en el sistema de agua potable.	Evitar vandalismo (Desperfectos, robos, alteraciones en la calidad del agua)	Asegurar el servicio de agua para consumo humano en óptimas condiciones.	En toda la red de distribución	De forma continua	Recorriendo el sistema	DGO y C* Vigilancia UNAM
Campañas de concientización a los consumidores	Evitar vandalismo	Asegurar el servicio y fomentar la educación ambiental entre estudiantes y personal de la UNAM.	En toda Ciudad Universitaria	2 veces al año	Realizando cursos, congresos, conferencias, etc.	DGO y C* PUMAGUA, Facultades e Institutos, etc.

\*DGOyC.- Dirección General de Obras y Conservación.

Datos del Reporte Pumagua 2008-2010.

## **CONCLUSIÓN**

Con base en el trabajo realizado se concluye que:

La implementación del Plan de Seguridad del Agua (PSA) en el programa PUMAGUA, hará de éste un modelo de uso eficiente en el abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria con la calidad necesaria para consumo humano, a niveles nacional e internacional.

Como consecuencia, la seguridad de contar con la adecuada calidad del agua en Ciudad Universitaria permitirá un consumo generalizado, lo que abatirá significativamente el consumo de agua embotellada, reduciendo además el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que representan las botellas de plástico polietilentereftalato (PET).

La propia aplicación de la metodología del Plan de Seguridad del Agua, ya permitió a los prestadores del servicio de agua en Ciudad Universitaria (Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC)), tomar decisiones y emprender acciones inmediatas para mejorar el control de operaciones y el mantenimiento en el sistema de abastecimiento.

En la capacitación sobre la metodología de Planes de Seguridad del Agua (PSA) se evidenció que las principales dificultades del organismo operador del agua (DGOyC) son los aspectos operativos y su limitada capacidad de gestión, esto debido al debilitamiento de la estructura organizacional encargada de la operación y vigilancia del suministro de agua para consumo humano.

Por tal motivo se propone establecer una nueva dirección dentro de la DGOyC que concentre todas las acciones relativas al manejo del agua en Ciudad Universitaria y otros Campi universitarios, tanto en la generación de nuevos proyectos, como en las acciones de abastecimiento, distribución y alcantarillado, tratamiento y reúso, así como de mantenimiento, medición, monitoreo y cultura del agua. Se propone que este nuevo elemento de estructura sea nombrado “Dirección de Agua y Saneamiento”. Entre las funciones de esta Dirección estará el implementar la estrategia metodológica del PSA que permita disminuir la vulnerabilidad física y operativa en el sistema de abastecimiento de agua potable, así como aplicar programas de monitoreo de la calidad del agua y mejora continua del servicio.

Es necesario integrar un plan financiero para resolver amenazas y vulnerabilidades de los sistemas de abastecimiento de agua en Ciudad Universitaria, que venga a reforzar la aplicación y efectividad del Plan de Seguridad de Agua Potable (PSA), con base en un análisis de costo beneficio y hacer la propuesta al organismo operador del servicio, así como a las autoridades de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante los estudios de Posgrado en Ingeniería (Ambiental) - UNAM, al Programa de Manejo, Uso y Reúso de Agua (PUMAGUA) en la UNAM por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo y a la Coordinación de Estudios de Posgrado por el financiamiento para asistir a este evento.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ARGUETA, Mirna Noemí, Guía para la Aplicación de Planes de Seguridad del Agua en sistemas de abastecimiento de agua basada en la metodología de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (Water Safety Plans), Carta Acuerdo OPS/OMS- RASHON No HO/LOA/0600004,001, 8 de Diciembre del 2010, 33 págs.
2. 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. Organización Mundial de la Salud, Ginebra 2009,108 págs.
3. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). Programa hidráulico de gran visión. Región XIII Valle de México - Síntesis Básica, 2008.
4. MAZARI Hiriart M, Cruz Bello G, Bojórquez Tapia L. Groundwater Vulnerability Assessment for Organic Compounds: Fuzzy Multicriteria Approach for Mexico City. Environmental Management 37(3):410-421, 2006.

5. Norma Oficial Mexicana: NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimientos públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.
6. Norma Oficial Mexicana: NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
7. Norma Oficial Mexicana: NOM-014-SSA1-1993, Salud ambiental. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento públicos y privados, incluyendo aspectos bacteriológicos y físico-químicos, así como criterios para manejo, preservación y transporte de muestras.