



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

**INSTITUTO DE INGENIERÍA**

**“PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA PARA EL CAMPUS  
CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

INGENIERÍA AMBIENTAL

P R E S E N T A:

**EVA CAROLINA MARINI BULBARELA**

TUTOR:

**DR. ADALBERTO NOYOLA ROBLES**



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
**UNAM**

2012

## **JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Adalberto Noyola Robles

Secretario: Dr. Pedro Martínez Pereda

Vocal: Dr. Fernando Jorge González Villarreal

1<sup>er.</sup> Suplente: Dra. Marisa Mazarí Hiriart

2<sup>do.</sup> Suplente: Dra. María Teresa Orta Ledesma

Lugar donde se realizó la tesis:

Instituto de ingeniería

TUTOR DE TESIS:

DR. ADALBERTO NOYOLA ROBLES

---

FIRMA

## RESUMEN

En este documento se presentan 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.

## ABSTRACT

In this document present the results obtained in the diagnosis of the supply system of potable water in University City (Ciudad Universitaria, CU), part of the National Autonomous University of Mexico (Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM), from sources to consumer, using the methodology of the World Health Organization (WHO) called Water Safety Plans (WSP). This methodology focuses on the minimization of pollution of water sources, through prevention and treatment during storage and distribution to the different offices, institutes and schools within CU, in order to consistently ensure the safety and acceptability of drinking water.

The WSP was developed under the project PUMAGUA "Program for water management, use and reuse" ("Programa de manejo, uso y reúso del agua") of the UNAM, with the support of the General Directorate of Works and Conservation (Dirección General de Obras y Conservación, DGOyC) of the UNAM, the unit responsible of providing water service on campus.

The methodology includes the description and validation of the flow diagram of each system, something that was developed through field visits to the components of the supply system (wells, distribution lines, valves, storage tanks, hypochlorinators and places of consumption), and consisted in identifying threats and vulnerabilities.

With the activities it is recommended that service provider, in this case the DGOyC, should adopt the WSP developed in this study, and establish a process of continuous improvement of water supply system in University City (Ciudad Universitaria), in order to ensure the continued quality and quantity of water reaching the consumer within the campus. Also, ther is a need for a direct link to the project PUMAGUA and each of their areas of work and thus reduce the physical and operational vulnerability of water supply in the National Autonomous University of Mexico (UNAM).

## RESUMO

En este documento apresenta os resultados obtidos no diagnóstico do sistema de abastecimento de água potável da Cidade Universitaria da Universidade Nacional Autónoma de México (UNAM), desde a captação ao consumidor, utilizando a metodologia da Organização Mundial de Saúde (OMS) chamada Planos de segurança de água (PSA). Esta metodologia centra-se na minimização da poluição das fontes de água, através da prevenção e tratamento durante o armazenamento, manipulação dos órgãos de distribuição, institutos e faculdades dentro do Campus de Cidade Universitaria, de forma consistente para assegurar a segurança e aceitação de água potável.

O PSA foi desenvolvido no âmbito do projecto PUMAGUA “Programa de Gestão, uso e reuso da água da UNAM”. Com o apoio da Dirección Geral de Obras e Conservación (DGOyC) da UNAM, a unidade responsável pela prestação de serviço de água no campus.

A metodologia inclui a descrição e validação do diagrama de fluxo de cada sistema, algo que foi desenvolvido por meio das visitas do campo para os compostos do sistema de alimentação (poços, tubos e distribuição, válvulas, tanques de armazenamento, hipocloradores e locais de consumo), e consistiu em identificar ameaças e vulnerabilidades.

Com as atividades, recomenda-se que os prestadores de serviços (DGOyC) adotem el PSA e estabelecer um processo de melhoria contínua do sistema de abastecimento de água na Cidade Universitaria, a fim de assegurar a qualidade contínua e quantidade de água chegar ao consumidor dentro do Campus. Este é identificado como necessário para dirigir vínculo para o PUMAGUA projeto e cada uma de suas áreas de trabalho e, assim, reduzir a vulnerabilidade física e operacional de abastecimento de água na Universidade Nacional Autónoma do México.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
ABSTRACT.....	4
RESUMO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN EJECUTIVO.....	13
<b>CAPÍTULO 1. GENERALIDADES</b>	
1.1. INTRODUCCIÓN.....	18
1.2. ANTECEDENTES.....	20
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	23
1.3.1. Objetivos.....	24
1.3.2. Metas.....	24
<b>CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. LEGISLACIÓN NACIONAL DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO.....	26
2.2. REGIONES HIDROLÓGICAS ADMINISTRATIVAS EN MÉXICO.....	29
2.2.1. Población.....	30
2.2.2. Climatología.....	31
2.2.3. Precipitación.....	31
2.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	31
2.3.1. Breve historia de Ciudad Universitaria, UNAM.....	32
2.3.2. Extensión Superficial del Campus Universitario.....	33
<b>CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LOS PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA</b>	
3.1. METODOLOGÍA DE LOS PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA.....	35
3.1.1. CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO (Etapa 1, fase 1a).....	37
3.1.1.1. Capacitación del personal involucrado en el PSA.....	38

3.1.2. USUARIOS DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA (Etapa 1, fase 1b).	39
3.1.2.1. Usos del agua en Ciudad Universitaria.....	39
3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABSTECIMIENTO (Etapa 2, fase 2a).....	42
3.2.1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	43
3.2.1.1. Captación.....	43
3.2.1.2. Almacenamiento.....	47
3.2.1.3. Distribución.....	49
3.2.2. SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA EN CIUDAD UNIVERSITARIA.....	53
3.2.2.1. Sector hidráulico 1.....	55
3.2.2.2. Sector hidráulico 2.....	55
3.2.2.3. Sector hidráulico 3.....	56
3.2.2.4. Sector hidráulico 4.....	56
3.2.2.5. Sector hidráulico 5.....	57
3.2.3. CALIDAD DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA.....	57
3.2.3.1. Captación.....	58
3.2.3.2. Almacenamiento.....	60
3.2.3.3. Distribución.....	62
3.2.3.4. Determinación microbiológica.....	64
3.2.4. ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE (Etapa 2, fase 2b).....	67
3.2.4.1. Captación.....	69
3.2.4.2. Almacenamiento.....	70
3.2.4.3. Distribución.....	71
3.2.4.4. Desfogue-purga de tuberías.....	73
3.2.4.5. Cisternas.....	74
3.2.4.6. Pozos de absorción.....	76
3.3. EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO (Etapa 2, fase 3).....	77

3.4. DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (PCC) Y MEDIDAS DE CONTROL (Etapa 2, fase 4).....	86
3.5. ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES CRÍTICOS (Etapa 3, fase 5).....	93
3.6. ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE MONITOREO DE LOS PCC (Etapa 3, fase 6).....	98
3.7. ESTABLECIMIENTO DE ACCIONES CORRECTIVAS E INCIDENTALES (Etapa 4, fase 7).....	102
3.7.1. Acciones incidentales (emergencias).....	108
3.8. DOCUMENTACIÓN Y COMUNICACIÓN (Etapa 4, fase 8).....	110
3.9. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA (Etapa 4, fase 9).....	111
3.10. PROGRAMAS DE APOYO (Etapa 4, fase 10).....	112
3.10.1. Revisión del PSA.....	113

#### **CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	115
4.2. PROPUESTA PARA CONFORMAR UN ORGANISMO OPERADOR DE AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA.....	122
<b>CONCLUSIONES</b> .....	128
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	131
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	133
<b>ABREVIATURAS</b> .....	138
<b>GLOSARIO</b> .....	139
<b>ANEXO I</b> .....	143
<b>ANEXO 11</b> .....	179



## INDICE DE TABLAS

Tabla	Descripción	Página
<b>Capítulo 2. Marco teórico</b>		
2.1	Normas Oficiales Mexicanas utilizadas en la estructuración del PSA.....	28
<b>Capítulo 3. Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria</b>		
3.1	Consumo de agua según el tipo de población en Ciudad Universitaria.....	39
3.2	Características generales de los pozos que abastecen al Campus Ciudad Universitaria.....	44
3.3	Características de los tanques de almacenamiento.....	47
3.4	Material de la red de agua potable.....	50
3.5	Diámetro de tubería en la red de agua potable.....	51
3.6	Resumen del sistema de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria..	53
3.7	Caracterización de agua potable en el sistema de captación (pozos) de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000, evaluado por un laboratorio externo certificado.....	59
3.8	Caracterización de agua potable en el subsistema de almacenamiento (tanque bajo) de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000.....	61
3.9	Calidad del agua en un punto de consumo en el Instituto de Ingeniería, evaluado por un laboratorio certificado externo.....	63
3.10	Determinación de microorganismos en pozos de Ciudad Universitaria.....	65
3.11	Cronograma de recorridos en la red de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria.....	68
3.12	Documentos y equipos utilizados durante la validación de la red de agua potable en Ciudad Universitaria.....	69
3.13	Método semi-cuantitativo basado en la matriz de riesgo.....	78
3.14	Identificación de peligros y caracterización del riesgo en los componentes del sistema.....	79
3.15	Determinación de puntos críticos y medidas de control.....	87
3.16	Establecimiento de límites críticos para monitorear los PCC del sistema de agua potable.....	94

3.17	Establecimiento de sistemas de monitoreo de los PCC.....	99
3.18	Establecimiento de acciones correctivas .....	103
3.19	Acciones incidentales (emergencias) para el sistema de agua potable.....	108
3.20	Procedimientos de verificación y validación del Plan de Seguridad del Agua....	111

#### **Capítulo 4. Resultados y discusión**

4.1	Análisis por componentes inspeccionados haciendo uso de la Norma Oficial Mexicana (NOM-230-SSA1-2002).....	116
4.2	Medición de cloro residual libre en las cisternas (mayo a noviembre de 2011)...	118
4.3	Número de Cisternas que presentan problemas con la concentración de cloro libre residual.....	120
4.4	Propuesta de actividades a realizar por la Dirección de Agua y Saneamiento...	125

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
<b>Capítulo 2. Marco teórico</b>		
2.1	Marco legal en México en relación agua y saneamiento.....	27
2.2	División regional hidrológica administrativa en México.....	29
2.3	Región XIII. Valle de México.....	30
2.4	Zonas iniciales de Ciudad Universitaria.....	32
<b>Capítulo 3. Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria</b>		
3.1	Estructura metodológica del Plan de Seguridad del Agua.....	36
3.2	Consumos estimados de agua potable en Ciudad Universitaria.....	40
3.3	Red de agua potable en Ciudad Universitaria.....	43
3.4	Bombas de los pozos de Ciudad Universitaria.....	45
3.5	Extracción mensual para cada uno de los tres pozos de Ciudad Universitaria en el 2007.....	46
3.6	Tanques de almacenamiento de Ciudad Universitaria.....	47
3.7	Comportamiento nocturno en los tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria.....	49
3.8	Porcentajes de material de la red de agua potable.....	50
3.9	Diámetro de tubería en la red de agua potable.....	51
3.10	Croquis de Ciudad Universitaria ubicando pozos y tanques de agua potable.....	52
3.11	Croquis con los cinco sectores hidráulicos en Ciudad Universitaria.....	54
3.12	Diagrama de la red de distribución de agua potable en el Campus Ciudad Universitaria.....	67
3.13	Recorridos de validación por la red de agua potable en Ciudad Universitaria....	70
3.14	Sistema de desinfección y tanques de almacenamiento.....	70
3.15	Tapa y válvulas dentro del registro.....	71
3.16	Crucero de la red de distribución de agua potable. Línea de 10 in con derivaciones a 4 in.....	72
3.17	Tubería superficial de agua potable.....	72

3.18	Desfogue o purga del crucero “Los bigotes” en el sector hidráulico IV.....	73
3.19	Riesgos en fugas de la red de agua potable.....	73
3.20	Estado físico actual de tapas y escaleras submarinas en las cisternas.....	75
3.21	Fauna nociva muerta dentro de la cisterna.....	75
3.22	Pozos de absorción en Ciudad Universitaria.....	76
3.23	Determinación de puntos críticos y medidas de control.....	86

#### **Capítulo 4. Resultados y discusión**

4.1	Porcentaje de cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana (NOM-230-SSA1-2002) en el Campus de Ciudad Universitaria.....	115
4.2	Mapa de riesgo en Ciudad Universitaria para el sistema de abastecimiento de agua potable.....	121
4.3	Organigrama de la DGOyC y propuesta esquemática del nivel al que deberá incorporarse la Dirección de Agua y Saneamiento.....	123
4.4	Propuesta de organigrama para conformar a la Dirección de Agua y Saneamiento dentro de la Dirección General de Obras y Conservación.....	124

## RESUMEN EJECUTIVO

El agua es un líquido de vital importancia para la vida y salud de la población, por lo que debe disponer de un suministro satisfactorio, en cuanto a criterios de cantidad y calidad. Un elemento para lograr lo anterior, es el desarrollo de metodologías y mecanismos que realicen una evaluación integral y la correspondiente gestión de riesgos en los sistemas de abastecimiento de agua potable para las poblaciones.

Este documento presenta los resultados obtenidos en el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desde la captación hasta los consumidores, aplicando 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, distribución y manipulación a nivel dependencias, institutos y facultades dentro del Campus de Ciudad Universitaria; con objeto de garantizar sistemáticamente la seguridad y aceptabilidad del agua para consumo humano.

El PSA se desarrolló en el marco del proyecto PUMAGUA “Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua en la UNAM, puesto en marcha en enero de 2008, con el objetivo principal de “Implantar un programa integral de manejo, uso y reúso del agua en la Universidad con la participación de toda la comunidad Universitaria”.

El diagnóstico del sistema de agua potable en Ciudad Universitaria contó con el apoyo de PUMAGUA y de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC) de la UNAM, dependencia encargada de brindar el servicio de agua en el Campus. Este diagnóstico se desarrolló en el periodo de abril a noviembre de 2011.

El campus central de la Universidad Nacional Autónoma de México no recibe el agua del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, pues cuenta con su propio sistema de abastecimiento, conformado por tres pozos profundos: Química con una extracción aproximada de 31 l/s, multifamiliar con 91 l/s y vivero alto del cual se extraen 48 l/s. En

total, de los tres pozos se extraen como máximo 170 l/s que abastecen a 131,682 usuarios aproximadamente.

La metodología contempla la descripción y 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.

De acuerdo a una matriz de evaluación de riesgos los puntos más críticos identificados en el sistema son: en el pozo Química mala dosificación del desinfectante, en pozo vivero alto y multifamiliar el uso de gas cloro como desinfectante, así como determinación de microorganismos (Coliformes fecales, Coliformes totales, Enterobacterias, Estafilococos, Hongos y levaduras, Salmonella y Shigella, Heterotróficos) en el agua de los pozos. Respecto a tanques y cisternas, las concentraciones de cloro residual libre se encuentran por debajo de lo establecido por la norma en la mayoría de los casos. Otro punto crítico a considerar y prestar atención urgente son las escaleras submarinas dentro de las cisternas, pues éstas se encuentran en malas condiciones, corroídas y prácticamente deshaciéndose dentro del agua de la cisterna. La mayor parte de los eventos peligrosos (escaso mantenimiento y limpieza, fugas en la red, componentes obsoletos, etc.) son generados por la falta de aplicación del manual para la operación y mantenimiento de los sistemas de agua.

Se definieron las medidas de control (actividades y operaciones) con el propósito de evitar daños en los sistemas de agua, que afectan la salud de los consumidores. Las medidas de control identificadas como prioritarias, dentro de un necesario plan de manejo integral del agua en Ciudad Universitaria, son: cambiar el sistema de desinfección en los pozos por un equipo automatizado y con dosificación constante; monitorear las dosificaciones de cloro en tanques y cisternas así como registrar datos de manera continua y permanente; adoptar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo respecto a la infraestructura física de la red de agua potable; realizar

monitoreo de inspección visual y con equipo especializado para detección de rupturas, fugas, así como accesorios y equipos que han cumplido su tiempo de vida útil. Para todo ello es fundamental incrementar la vigilancia del sistema de agua potable, realizar monitoreos contantes, evitar dejar obras en construcción sin el debido resguardo, mantener los registros y conexiones con candados en las tapas, entre otras actividades.

Para la aplicación de medidas de control en los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria, fue preciso establecer límites críticos en el monitoreo operativo, que en caso de ser superados, exigirán habitualmente la adopción de medidas correctivas inmediatas, a fin de garantizar la calidad del agua.

En la aplicación de los resultados del Plan de Seguridad del Agua, se establece que es necesario contar con programas de apoyo para mejorar la calidad del agua, tales como: fortalecer las capacidades de los laboratorios de análisis de calidad del agua (en Institutos y Facultades anexos al proyecto PUMAGUA), así como los laboratorios de Servicios Médicos de la UNAM, encargados de monitorear el agua en CU. Capacitar los recursos humanos responsables del servicio de abastecimiento de agua, implementar acciones de educación ambiental entre estudiantes de la Universidad y los estudiantes de preparatoria, elaborar y ejecutar un plan de emergencia o de prevención en casos extremos como: inundaciones, sismos, fuertes vientos que provoquen caídas de árboles; elaboración de un programa de formación de operarios en: optimización de recursos del sistema, técnicas de detección eficaz de eventos peligrosos y cómo prevenir o solucionarlos, entre otros.

Se recomienda que los prestadores del servicio (DGOyC) reorganicen su estructura administrativa y hagan partícipes en la toma de decisiones al personal que labora en los llamadores talleres del agua, así como que se establezca un proceso de mejora continua del sistema de abastecimiento de agua en Ciudad Universitaria, con objeto de garantizar en todo momento la calidad y cantidad de agua que llega al consumidor dentro del Campus. Para ello se identifica como necesario el vínculo directo con el proyecto PUMAGUA que fungiría como un ente fiscalizador y así disminuir la

vulnerabilidad física y operativa del suministro de agua potable en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Con base en el trabajo realizado se considera que la mejor estrategia para implementar el Plan de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria será establecer una unidad dentro de la DGOyC que concentre todas las acciones relativas al manejo del agua. Esta unidad sea nombrada “Dirección de Agua y Saneamiento”, incorporándose al organigrama de la DGOyC al mismo nivel que el resto de las Direcciones y Unidades Administrativas.



# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

## 1.1 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 (DOF,2000).

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.

Sobre la calidad del agua potable domiciliar en México, hay muy pocos estudios publicados. Cabe hacer mención de uno realizado en la delegación Coyoacán de la Ciudad de México, DF; ya que esta cuenta con uno de los mejores servicios de abastecimiento en la Ciudad. En este se señala que si bien el agua llega a los domicilios con una calidad medianamente aceptable, tras su paso por los tinacos y cisternas se deteriora significativamente (Jiménez *et al*, 2002).

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*, 2003), 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 nuestro 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 (Orta *et al*, 2009). Algunos estudios aislados han reportado la presencia de estos compuestos en el agua potable de la Ciudad de México y Monterrey, aunque todavía en concentraciones por debajo de los límites establecidos por la

normatividad mexicana (200 ppb), en tanto que en otros puntos del país se han encontrado altas concentraciones de trihalometanos. (Mazari Hiriart *et al*, 2003 y Núñez *et al*, 2005)

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) (Bartram *et al*, 2009).

Con esta propuesta metodológica y la implementación de sus acciones es posible que un sistema de abastecimiento garantice el tomar agua del grifo 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, 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.

## 1.2 ANTECEDENTES

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 y gestión de los mismos que abarque todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la cuenca de captación hasta su distribución al consumidor. Este tipo de planteamientos se denominan, «Planes de Seguridad del Agua» (PSA) (*Bartram J et al, 2009*) cuyo objetivo consiste en asegurar las buenas prácticas de abastecimiento de agua de consumo humano, mediante la minimización de la contaminación de las fuentes de agua, reducción, retiro de la contaminación por medio de procesos de tratamiento y prevención durante el almacenamiento, distribución y manipulación del agua por la red de abastecimiento.

Esta metodología fue propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el año 2004, con el objetivo de apoyar a los proveedores de agua potable y otros interesados a mejorar la calidad del agua y alcanzar las metas de salud fijadas por las autoridades nacionales a través de:

- Controlar la contaminación de las fuentes de agua.
- Optimizar la remoción o inactivación de contaminantes durante el tratamiento.
- Prevenir la contaminación durante la distribución, almacenamiento y manipulación.

La aplicación del PSA en los sistemas de abastecimiento de agua potable proporciona los siguientes beneficios:

- a. Ordenamiento integral y detallado de riesgos.
- b. Priorización y aplicación de medidas de control.
- c. Sistema organizado y estructurado para reducir al mínimo las fallas de la gestión, mediante la aplicación de planes de contingencia para responder a fallas del sistema y a peligros imprevistos.

Para el consumidor, los beneficios del PSA se traducen en el mejoramiento de la salud de las personas, calidad del agua, fortalecimiento organizativo y trabajo en conjunto con organizaciones e instituciones para su aplicación.

Estos planes han sido objeto de estudio para diversas universidades de América Latina y el mundo, como es el caso de la Universidad Federal de Viçosa en Brasil, la cual cuenta con un PSA instaurado y ejecutándose. Considerando que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es una de las principales instituciones a nivel nacional que interviene en diversos proyectos relacionados con el tema de agua, se consideró desarrollar un PSA como un componente clave en el macro proyecto PUMAGUA, que tiene como finalidad “Implantar un programa integral de manejo, uso y reúso del agua en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con la participación de toda la comunidad universitaria”. Este programa es liderado por el Instituto de Ingeniería y la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC), con el apoyo de Rectoría y el Consejo Universitario.

El programa PUMAGUA fue puesto en marcha en Enero de 2008 teniendo como metas concretas para el periodo 2009-2011: 1. Reducir en un 50% el suministro de agua potable; 2. Mejorar la calidad del agua potable en todas las instalaciones y el agua de reuso para riego de jardines de excelente calidad y 3. Lograr la participación de toda la comunidad universitaria.

Para cumplir con el objetivo y metas planteados, PUMAGUA está dividido en cuatro áreas principales:

A. **Balance hidráulico:** comprende los volúmenes de agua que se extraen de los pozos y su distribución por la red, así como los volúmenes que son tratados en las plantas respectivas o descargadas en el sistema de drenaje del Distrito Federal.

B. **Calidad del agua:** comprende, tanto la calidad del agua potable que se distribuye por la red hasta el consumo en el interior de las dependencias, como la calidad de agua residual que llega a las plantas de tratamiento y la calidad del agua residual tratada que sale de ellas para el riego de jardines.

C. **Comunicación/Participación:** comprende las estrategias de comunicación hacia la comunidad universitaria así como las estrategias para involucrar a las autoridades universitarias y a cada uno de los usuarios del agua en la UNAM.

D. **Geomática:** consiste en construir un Sistema de Información Geográfica (SIG) que despliegue toda la información hidráulica de los campi de la UNAM.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el país no se tienen instaurados Planes de Seguridad del Agua (PSA) como una medida de mitigación ante la actual crisis de calidad y cantidad del recurso para consumo humano. Bajo este contexto se seleccionó al Campus Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México para realizar el PSA, buscando con ello reducir los impactos de los diferentes peligros que se presentan en cada etapa de los sistemas de abastecimiento de agua potable desde la captación, conducción, tratamiento, distribución hasta su consumo final por parte de los usuarios; todo esto en aras de disminuir la vulnerabilidad física, operativa, administrativa y con ello contribuir a una mayor eficiencia en la prestación del servicio.

Para lograr lo anterior era necesario realizar un diagnóstico detallado del sistema de abastecimiento de agua potable del Campus Ciudad Universitaria, aplicando la metodología del Plan de Seguridad del Agua, con la tarea de desarrollar protocolos para: a) Realizar análisis de vulnerabilidad, b) Elaborar planes de mitigación y c) Formular planes de emergencia, desarrollados y validados en las áreas de aplicación.

La justificación de este trabajo está encaminada en el desarrollo e implementación de un Plan de Seguridad del Agua (PSA)- como parte del proyecto PUMAGUA en la UNAM Campus Ciudad Universitaria,- siendo éste una herramienta eficaz que permitirá asegurar que el agua en cada punto de consumo sea potable; como consecuencia este proyecto podrá ser tomado como modelo en otras universidades nacionales y extranjeras.

Por otras experiencias se sabe que la implementación de estas metodologías en universidades que cuentan con sus propios sistemas de abastecimiento de agua potable ha generado optimización en la distribución del recurso hídrico.

### **1.3.1 OBJETIVOS.**

#### **General.**

- Desarrollar el Plan de Seguridad del Agua del Campus Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México; en el marco del proyecto PUMAGUA.

#### **Particulares.**

- Determinar el estado actual de la infraestructura física así como la organización administrativa encargada de realizar la distribución del recurso hídrico dentro de Ciudad Universitaria.
- Aplicar la metodología recomendada por la Organización Mundial de la Salud en materia de integración de Planes de Seguridad del Agua (PSA).
- Proponer las adecuaciones necesarias al sistema actual, con base en los resultados del PSA.

### **1.3.2 METAS.**

- Supervisar la calidad del agua para consumo humano garantizando el uso directo del grifo en el Campus Ciudad Universitaria con base en un PSA.
- Contribuir en el fortalecimiento del programa PUMAGUA con carácter de caso demostrativo.
- Ser un caso práctico y referencia para otras universidades en América Latina y el mundo.



# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2.1 LEGISLACIÓN NACIONAL DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

El conjunto de normas jurídicas e institucionales creadas en México para regular y gestionar el agua se conforman desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, tratados internacionales, normas federal, estatal y municipal, encontrándose las disposiciones relativas al líquido relacionadas de forma intrincada y que en conjunto constituyen el régimen jurídico de agua en el país.

La Constitución Mexicana es el documento legislativo con mayor rango jerárquico dentro del sistema jurídico nacional, encontrando en ella las bases de la organización del régimen jurídico del agua. Los artículos más relevantes para la regulación de las aguas continentales, son los párrafos 1°, 3°, 4°, 5° y 6° del artículo 27°; el artículo 73°, fracción XVII, y el artículo 115, fracción III, inciso a.

En México la Ley de Aguas Nacionales (LAN) es el principal instrumento jurídico que regula la explotación, el uso y aprovechamiento de las aguas, así como su distribución y control. La LAN se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1° de diciembre de 1992, y en el 2004 fue objeto de una amplia reforma que modificó 114 de sus artículos y adicionó 66, a la vez que transformó varios de sus títulos y capítulos. Se trata de una ley cuya técnica legislativa relaciona a las distintas entidades que gestionan el agua así como los distintos usos de la misma.

Como lo establece la LAN, es el Ejecutivo Federal la autoridad máxima para la gestión de las aguas nacionales. Éste ha delegado dicha responsabilidad a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que a su vez cuenta con un órgano desconcentrado que es la máxima autoridad administrativa en materia de agua: La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Misma que cuenta con un Consejo Técnico, un Director General, un órgano de control interno y las correspondientes unidades administrativas.

A pesar de que la gestión del agua en México se rige bajo un esquema fuertemente centralizado, cada uno de los estados de la República tiene la responsabilidad de regular el aprovechamiento, uso y vigilancia de las aguas con jurisdicción estatal, que son aquellas localizadas en sus territorios y que no son consideradas propiedad de la nación

de acuerdo con el párrafo 5° del artículo 27 Constitucional. Asimismo, las autoridades estatales deben desempeñar otras funciones que, de acuerdo con la LAN, les confiere la CONAGUA. Por ello, la mayoría de los estados han creado sus respectivas Comisiones Estatales del Agua para poder cumplir con las responsabilidades que se les ha ido confiriendo.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de agua regulan situaciones concretas de aspectos referentes al agua y determinan, la gestión detallada del líquido en relación con la disponibilidad, calidad y el acceso del recurso.

La figura 2.1 muestra la pirámide legal en cuanto a calidad del agua en México, presentando una relación de los aspectos generales a los específicos, teniendo en orden jerárquico la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, posteriormente la Ley de Aguas Nacionales (LAN) como principal instrumento jurídico para la regulación, explotación, distribución y control de las aguas nacionales. A su vez existen Leyes Estatales que son aplicadas por las Comisiones Estatales del Agua, hasta llegar a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que son un instrumento de aplicación y control en cuanto a la calidad del agua en México.



Figura 2.1.- Marco legal en México en relación agua y saneamiento.

Fuente: CONAGUA, 2011.

En relación con el Plan de Seguridad del Agua (PSA), se hace una breve explicación de las normas utilizadas como instrumentos legales relacionados directamente con el sector

de agua potable y saneamiento en México. Esta información se presenta en la Tabla 2.1. Para el texto en extenso de las normas consultar el ANEXO I.

**Tabla 2.1.- Normas Oficiales Mexicanas utilizadas en la estructuración del PSA**

<b>Nombre del instrumento:</b> Norma Oficial Mexicana	<b>No. de instrumento:</b> NOM-014-SSA1-1993
<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Establecer los 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.</p>	

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 1993.

<b>Nombre del instrumento:</b> Norma Oficial Mexicana	<b>No. de instrumento:</b> NOM-127-SSA1-1994 Modificada en el 2000
<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Establecer los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.</p>	

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2000.

<b>Nombre del instrumento:</b> Norma Oficial Mexicana	<b>No. de instrumento:</b> NOM-230-SSA1-2002
<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la calidad del agua para uso y consumo humano, así como los procedimientos sanitarios para su muestreo.</p>	

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 2003.

## 2.2 REGIONES HIDROLÓGICAS ADMINISTRATIVAS EN MÉXICO

México se encuentra dividido en trece regiones hidrológicas según criterios administrativos de la Comisión Nacional del Agua (CNA); en cada una de las cuales, los habitantes en cooperación pueden confrontar los retos que representa el manejo del vital recurso.

Durante el siglo XX, el aumento de la población y de la actividad productiva de nuestro país, ha conllevado a un uso excesivo del agua en varias regiones y consecuentemente, a un estado de insuficiencia, contaminación y el riesgo de un futuro desastroso, particularmente en la Región del Valle de México (CONAGUA, 2000).



Figura 2.2.- División regional hidrológica administrativa.

Fuente: CONAGUA, 2000.

En la Región XIII se encuentra el Valle de México, donde se identifica una problemática muy singular con relación al manejo de los recursos hidráulicos, no sólo en el contexto nacional sino en el internacional, ya que la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) es la de mayor concentración humana ubicada arriba de los 2246 m sobre el

nivel del mar y su abastecimiento de agua representa un claro ejemplo de la vulnerabilidad del equilibrio ecológico ante la creciente demanda.

El Valle de México se ubica en la cuenca alta del Río Pánuco, está formada por dos subcuencas: la del *Valle de México* y la del *Río Tula*. Atendiendo al parte aguas de estas subcuencas, la superficie física de la cuenca es de 16,150 km<sup>2</sup>. De los cuales 9,600 km<sup>2</sup> son del Valle de México y 6,550 km<sup>2</sup> corresponden al río Tula. Tienen jurisdicción política en esta región los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala, así como el Distrito Federal (CONAGUA, 2000).

Debido a las diferencias de relieve y altitud, la región presenta diferentes tipos de clima: templado-húmedo en el sur, templado-seco en el centro y norte, y frío persistente en las altas montañas.

El ámbito de la subcuenca del Valle de México está completamente rodeado de montañas, encontrando hacia el sur las más importantes por su longitud y elevación. Esta cuenca cerrada contiene varios lagos someros, como el de Texcoco y la Laguna de Zumpango. Dichos lagos son los últimos vestigios de numerosos lagos mucho mayores que probablemente formaban un solo y gran cuerpo de agua poco profundo.

### 2.2.1 Población

La población que registra el Censo de Población y Vivienda en el año 2010 para la Región es de 20 millones de habitantes, y de acuerdo a las tendencias de crecimiento, los pronósticos de población indican que para el año 2020 se alcanzarán 25 millones de habitantes, respectivamente.

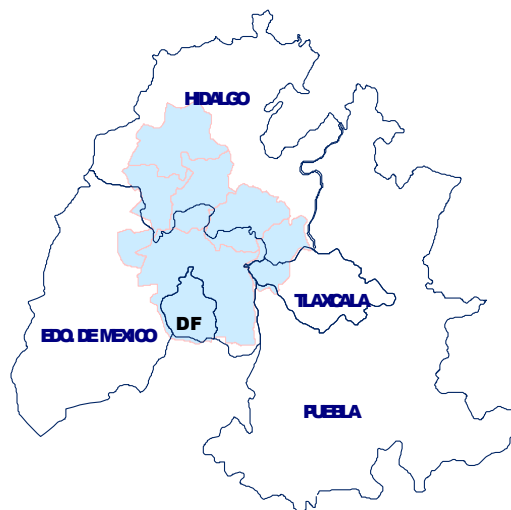


Figura 2.3.- Región XIII. Valle de México

Fuente: CONAGUA, 2000.

Es sumamente importante mencionar, como punto de referencia, que esta región ocupa menos del 1% del territorio nacional, y sin embargo, en ella habita el 20% de la población total del país y se genera el 33% del P.I.B. nacional (CONAGUA, 2000).

### **2.2.2 Climatología**

Los cambios estacionales de la temperatura en la Región XIII son de poca consideración atendiendo a los registros de temperaturas promedio; en la subregión Valle de México, la temperatura media anual es de 10° C, enero es el mes más frío y junio el más caliente. Los registros se comportan de manera análoga en la subregión Tula, en donde la temperatura media anual es de 12° C.

### **2.2.3 Precipitación**

La precipitación media anual es de 700 mm. en la Subregión Valle de México y 500 mm. en la Subregión Tula, lo que da un volumen promedio anual de lluvia en la Región XIII de 10,000 millones de metros cúbicos (CONAGUA, 2000).

El período de lluvias está bien definido y abarca los meses de junio a septiembre, haciéndose más intenso hacia los meses de julio y agosto, y disminuye hacia finales de septiembre, con un comportamiento diferente en la zona norte de la cuenca del Río Tula, en la que se tiene una disminución de la precipitación en los meses de julio y agosto.

## **2.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Al sur de la Ciudad de México en la delegación Coyoacán se encuentra ubicada la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), es una universidad pública mexicana, una de las más prestigiosas del país y de América Latina, fundada el 22 de septiembre de 1910 con el nombre de Universidad Nacional de México; tiene como propósito primordial trabajar al servicio del país y de la humanidad, formar profesionistas útiles a la sociedad, organizar y realizar investigaciones, principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales y extender, con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura y la ciencia.

La Ciudad Universitaria, Campus principal de la UNAM, no hace uso del recurso hídrico del resto de la Ciudad de México, pues cuenta con su propio sistema de abastecimiento de agua potable, extrayendo agua del acuífero brinda el servicio a todo el Campus.

### **2.3.1 Breve historia de Ciudad Universitaria, UNAM**

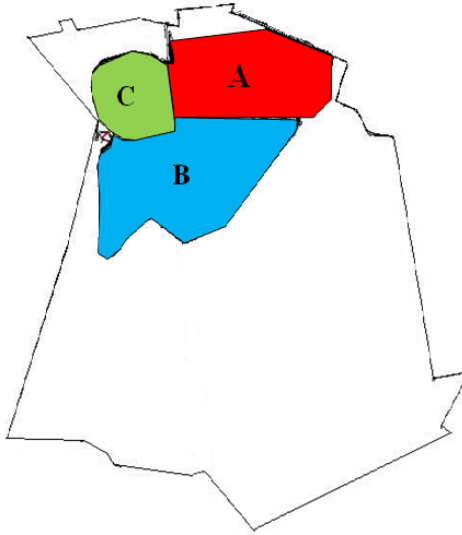
A principios de los años cuarenta se buscó un lugar para la nueva sede de las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ya que los edificios en el primer cuadro de la Ciudad de México resultaban ya insuficientes. En Octubre de 1949, bajo la gestión del Rector Luis Garrido y el presidente Miguel Alemán Valdés, inician los trabajos de construcción de la Ciudad Universitaria. Las obras de infraestructura inicial fueron las correspondientes al sistema de agua potable y de alcantarillado. Finalmente, el lunes 22 de marzo de 1954 el presidente Adolfo Ruiz Cortines a nombre del Estado Mexicano, hizo entrega de las instalaciones de la Ciudad Universitaria con una población estudiantil de 23 mil 192 alumnos, siendo 19 mil 242 varones y 3 mil 950 mujeres, 2 mil 136 trabajadores administrativos y 5 mil 188 catedráticos siendo un total de 30 mil 516 personas (Rocha, 2010).

La principal fuente de agua de la recién construida Ciudad Universitaria fue el pozo de la Facultad de Química (Pozo I), del cual se bombeaba agua a los tanques alto y bajo de los que se suministraba agua potable a tres zonas (Ver figura 2.4):

- A. **Zona escolar o Campus Central.**
- B. **Zona de campos deportivos.**
- C. **Estadio Universitario.**

Un balance hidráulico correspondiente a estos años no fue posible establecerlo toda vez que no se cuenta con información; no obstante una primera estimación nos muestra que el consumo por parte de los usuarios pudo ser de hasta 7.25 l/s (Rocha, 2010).





**Figura 2.4.-** Zonas iniciales en Ciudad Universitaria.  
A: Zona escolar, B: Campos deportivos, C: Estadio Olímpico.  
Fuente: DGOyC. UNAM

### **2.3.2 Extensión superficial del Campus Universitario**

En lo que respecta a su superficie, Ciudad Universitaria cuenta con 700 hectáreas, de las cuales, 240 son parte de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, 305 hectáreas de planta física y 155 hectáreas de jardín.

En los últimos ocho años el crecimiento de nuevos espacios pasó de 10,325 m<sup>2</sup> construidos en el año 2000 a 72, 539 m<sup>2</sup> en el año 2008. Actualmente la planta física en Ciudad Universitaria asciende a 1, 144, 576 m<sup>2</sup> (114.45 ha), agrupada en 404 edificios y 144 entidades. (DGP. UNAM, 2011).

**CAPÍTULO 3**  
**APLICACIÓN DE LA**  
**METODOLOGÍA DE LOS**  
**PLANES DE SEGURIDAD**  
**DEL AGUA EN CIUDAD**  
**UNIVERSITARIA**

### 3.1 METODOLOGÍA DE LOS PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA

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.

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 3.1 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. Estos se subdividen en 10 fases como se muestra a continuación:

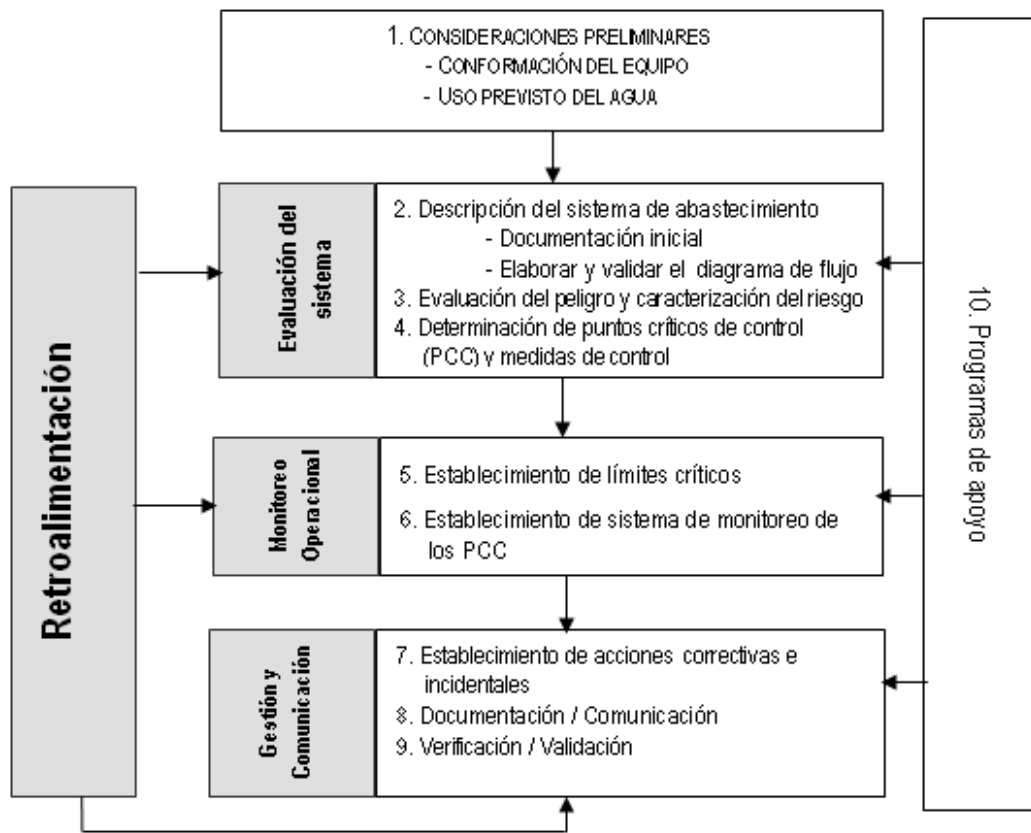


Figura 3.1. Estructura metodológica del Plan de Seguridad del Agua.

(Bartram, 2009)

En el presente capítulo se desarrolla cada una de las 4 etapas y las 10 fases de acuerdo con el orden en que se presentan en la figura 3.1. Aplicando la metodología de los Planes de Seguridad del Agua a el Campus de Ciudad Universitaria.

### **3.1.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO (Etapa 1, fase 1a)**

Establecer un equipo calificado y dedicado es un requisito para garantizar que se cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para elaborar un plan de seguridad del agua (PSA). Esta etapa consiste en reunir a un equipo de personas responsable del servicio de abastecimiento de agua, y también, en algunos casos, de un grupo más amplio de interesados, que tendrán la responsabilidad colectiva de comprender el sistema de suministro de agua y determinar qué peligros pueden afectar a la calidad y seguridad del agua a lo largo de la cadena de suministro.

El equipo será responsable del desarrollo, ejecución y mantenimiento del PSA como parte fundamental de sus funciones cotidianas. Es trascendental que todos los involucrados apoyen la metodología de PSA y desempeñen una función activa en su desarrollo. Es importante que el equipo del PSA cuente con experiencia y conocimientos suficientes para comprender la extracción, tratamiento y distribución de agua y los peligros que pueden afectar a la seguridad del agua en todo el sistema de suministro, de la cuenca de captación al punto de consumo.

Los servicios de abastecimiento de agua pequeños pueden recurrir, en caso necesario, a expertos externos. El equipo humano es vital para lograr que todas las personas relacionadas con la seguridad del agua, tanto del servicio de abastecimiento de agua como de fuera, comprendan y acepten la metodología de PSA. Por consiguiente, será mucho más eficaz un equipo interno que colabora con todos los involucrados, del servicio de abastecimiento de agua y de fuera, que un equipo externo que imponga al servicio de abastecimiento de agua su metodología. En el caso de la UNAM, el PSA pretende ser una estrategia metodológica que vincule al organismo operador de agua, para este caso la Dirección General de Obras y Conservación con el programa PUMAGUA, de manejo uso y reuso de agua en Ciudad Universitaria. En el capítulo 4.- Resultados y discusión se realiza la propuesta de conformación para el equipo de trabajo PSA.

### **3.1.1.1 Capacitación del personal involucrado en el PSA**

Para conocer otra experiencia y brindar capacitación al personal involucrado en la estructuración y ejecución del PSA, se realizó una visita a la Ciudad de Tela, en el departamento de Atlántida, Honduras, durante el mes de agosto de 2011, para adquirir conocimientos y experiencias sobre la instauración y ejecución de los Planes de Seguridad del Agua (PSA) en pequeñas ciudades de América Latina.

En la bahía de Tela el organismo operador es la División Municipal de Aguas de Tela (DIMATELA) que abastece a una población superior a los 80,000 usuarios en buena medida dispersos. Se trabajó con el organismo operador durante una semana para conocer el sistema de abastecimiento de agua potable, determinar los puntos críticos y las medidas de control que han implementado; los sistemas de monitoreo que desarrollan, así como los mecanismo de operación y la capacitación que han brindado al personal involucrado y a la ciudadanía en general.

### 3.1.2 USUARIOS DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA (Etapa 1, fase 1b)

La población que se debe abastecer en Ciudad Universitaria es de cerca de 132,000 usuarios, los cuales se clasifican en personal académico, personal administrativo, personal docente, estudiantes y multifamiliar de maestros (vivienda). Atendiendo al reporte PUMAGUA 2008, el consumo es de 40 l/trabajador/día es decir, 3,262 m<sup>3</sup>/día. Otro aspecto importante de la red de distribución es el riego de áreas verdes; actualmente se riegan 120 ha con agua potable y sólo 35 ha con agua tratada, se considera que esta demanda es aproximadamente de 23 l/s.

Tabla 3.1.- Consumo de agua según el tipo de población en Ciudad Universitaria

Tipo de población	Cantidad	Consumo de agua (lt/persona/día)
Administrativa	9,541	40
Académica	21,899	40
Estudiantil	100,242	20
Total	131,682	3,262,440 lt/día 3,262 m <sup>3</sup> /día

Fuente: Informe PUMAGUA, 2008

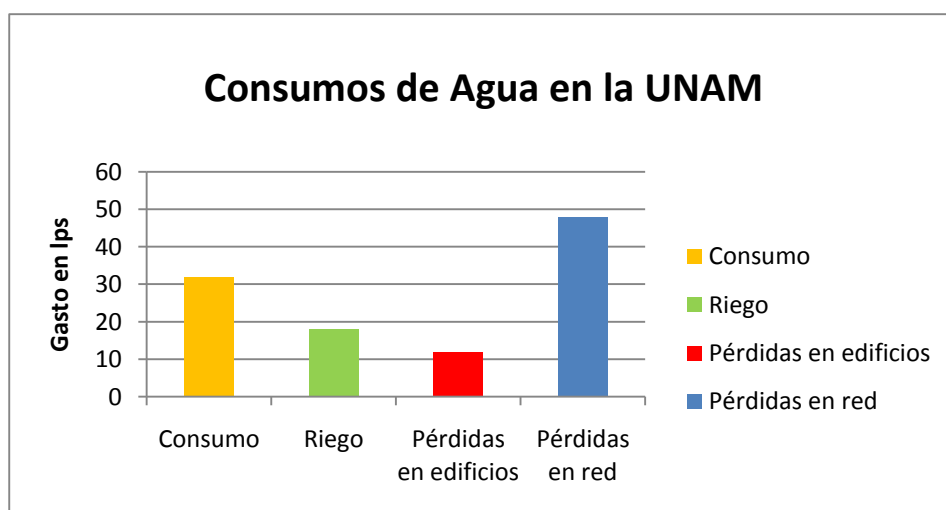
#### 3.1.2.1 Usos del agua en Ciudad Universitaria

El campus central de Ciudad Universitaria cuenta con cerca de 54 km de tubería de muy diversos materiales, sin considerar las instalaciones en el interior de los edificios; poco más del 60% de éstos cuenta con más de 50 años en operación y son aquellos con un mayor índice de fugas. Además, la fluctuación de presiones en la red provoca en las tuberías desgastes que disminuyen su eficiencia. Ciudad Universitaria presenta presiones desde 15 metros de columna de agua (mca) en la zona Sur, hasta 70 mca en la zona Norte. (Balance hidráulico, PUMAGUA, 2010)

La extracción promedio de agua en Ciudad Universitaria es de 110 lps (máximo de 170 lps) de los cuales en promedio son realmente consumidos por la comunidad universitaria

32 lps, mientras que 18 lps se destinan a riego y el resto (60 lps) son pérdidas en la red primaria y al interior de los edificios.

Los resultados obtenidos hasta el momento en PUMAGUA sugieren pérdidas al interior de los edificios del orden del 20%. Considerando los valores mencionados líneas arriba, pueden estimarse los caudales debido a pérdidas en red primaria y dentro de los edificios, los cuales se muestran en la Figura 3.2.



**Figura 3.2.-** Consumos estimados de agua potable en Ciudad Universitaria.

Fuente: Reporte PUMAGUA, 2008

Durante los últimos 20 años Ciudad Universitaria ha presentado un crecimiento poblacional al pasar de 99,993 habitantes en 1985 a 131,682 en el año 2007, ello ha derivado en un incremento en la demanda de los servicios básicos como agua y energía eléctrica. La falta de un plan maestro en materia hidráulica ha generado que la infraestructura existente y la nueva, crezcan sin un adecuado control y presenten eficiencias del cerca del 50%.

En ese sentido la Universidad a través de la Dirección General de Obras y Conservación cuenta con un área de normatividad de obras de ingeniería en la que se dan recomendaciones para el diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias. Algunas de las recomendaciones no son 100% aplicables a las condiciones de Ciudad Universitaria, no se incluyen criterios sobre la selección de muebles de baño, además de



que en la mayor parte de las veces, como se ha dejado ver en los talleres organizados con la misma DGOyC, los contratistas simplemente ignoran la normatividad existente.

La Universidad presenta un enorme rezago en programas de uso eficiente de agua, 60% de su infraestructura hidráulica tiene más de 50 años en operación, se pierden alrededor de 50 lps de agua de nuestra red y al interior de los edificios (Rocha, 2010).

En ello radica la importancia de la estructuración, ejecución y puesta en marcha del Plan de Seguridad del Agua como parte del programa PUMAGUA.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO (Etapa 2, fase 2a)**

Antes de proponer y/o realizar cambios y mejoras en las políticas de operación de un sistema de distribución de agua potable es necesario conocer la calidad de su funcionamiento. En el módulo 2 del Plan de Seguridad del Agua debe hacerse una descripción detallada y actualizada del sistema de suministro de agua, incluido un diagrama de flujo que permita la comprensión y el análisis de la red de distribución de agua potable dentro del campus Ciudad Universitaria.

Para describir el sistema de agua potable en Ciudad Universitaria se tomó como referencia el diagnóstico llevado a cabo durante 2008 por PUMAGUA, el cual fue realizado con la idea de hacer extensivos sus resultados.

En él se combinaron actividades que buscaron conocer la problemática que en materia de agua presenta el campus universitario y, al mismo tiempo, establecer una serie de estrategias que buscan remediar o bien, disminuir la magnitud del problema.

Se midieron los caudales que ingresan a la red de distribución y los que retornan al sistema de alcantarillado. La magnitud y uso de estos caudales están en función de las actividades que se lleven a cabo dentro del edificio en particular, de las condiciones físicas de la red de distribución, así como de las instalaciones hidráulicas internas.

Lo anterior se complementó con visitas técnicas, encuestas y entrevistas a través de un programa de Comunicación y Participación de la comunidad Universitaria; lo que permitió conocer con detalle el uso del agua en las distintas instalaciones de Ciudad Universitaria (Rocha, 2010).

### 3.2.1.- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

El sistema de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria se divide principalmente en captación, almacenamiento y distribución. A continuación se describe cada uno de los elementos que lo componen.

En la figura 3.3 se presenta la red de distribución primaria de agua potable en el campus Ciudad Universitaria, para mayor claridad de la información utilizar el plano anexo a esta tesis.



Figura 3.3.- Red de agua potable en Ciudad Universitaria.

#### 3.2.1.1 Captación

El sistema de captación dentro del campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México (Ciudad Universitaria) se abastece mediante tres pozos profundos:

química, multifamiliar y vivero alto; los cuales son de uso exclusivo para el consumo de Ciudad Universitaria. En total, de los tres pozos se extraen como máximo 170 l/s, siendo los pozos: multifamiliar y vivero alto los que funcionan diariamente, y el pozo química se mantiene como reserva actualmente.

El pozo de química, se localiza frente a la Facultad de Química. Tiene una profundidad de 132 metros, la potencia de su bomba es de 125 hp y proporciona un gasto de 31 L/s. Su antigüedad data de 1952 siendo este el pozo original en Ciudad Universitaria.

El pozo del multifamiliar se localiza en el interior de la explanada de lo que anteriormente funcionaba como planta incineradora de basura. Tiene una profundidad de 193 metros y la potencia de su bomba es de 250 hp, proporcionando un gasto de 91 L/s. Su antigüedad data de los años 60's.

El pozo del vivero alto, está ubicado en el vivero alto. En la zona sur-poniente del Campus. Tiene una profundidad de 157 metros y la potencia de su bomba es de 250 hp, proporcionando un gasto de 48 L/s. Su antigüedad también es de los años 60's, pero, en 1983 hubo la necesidad de reubicarlo.

Tabla 3.2.- Características generales de los pozos que abastecen al Campus Ciudad Universitaria

Pozo	Gasto (l/s)	Profundidad (m)	Potencia Bomba (HP)	Antigüedad
Química	31	132	125	1952
Multifamiliar	91	193	250	1960
Vivero Alto	48	157	250	1983 (Reubicado)

Fuente: Informe PUMAGUA, 2008.

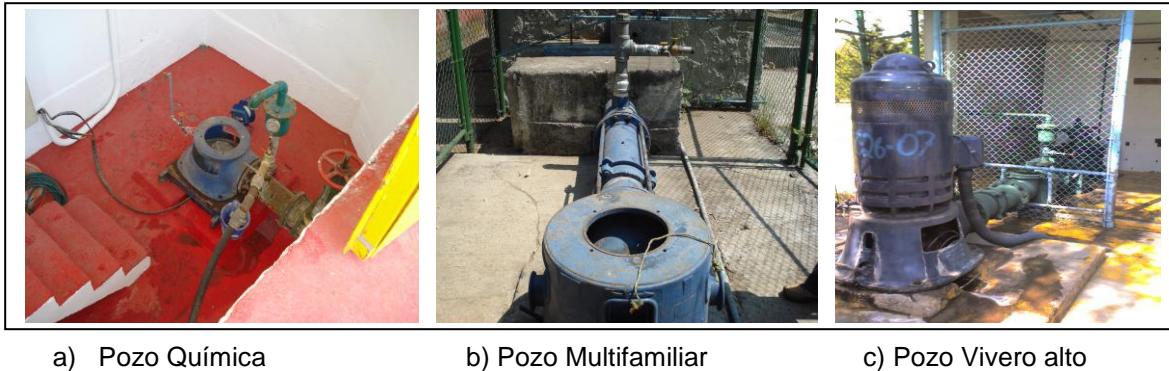


Figura 3.4.- Bombas de los pozos de Ciudad Universitaria

Las bombas de los pozos química y multifamiliar son sumergibles a diferencia de la bomba en pozo vivero alto que es vertical. El mantenimiento que reciben anualmente es de limpieza. Cada 5 años se realiza un mantenimiento completo, que implica tratamiento químico y eliminación de incrustaciones en el ademe mediante cepillado y limpieza. Mensualmente se miden los niveles dinámicos y estáticos de cada uno de los pozos con la finalidad de monitorear la recuperación de los mismos (Informe PUMAGUA, 2008). En la tabla 3.2 se presentan las características principales de los 3 pozos que abastecen al campus Ciudad Universitaria.

En cada pozo se encuentra instalado un medidor de propela, (con número de inventario de la CONAGUA), a esta entidad se debe reportar mensualmente la extracción total por cada uno; para lo cual se lleva un registro diario que consta de la toma de lectura en el medidor cada hora durante el tiempo que operan las bombas. Es importante aclarar que existen tres turnos que operan los pozos durante las 24 horas del día. Se observó que cada turno tiene sus políticas de operación, que aunque no son excesivamente diferentes una de otra no corresponden a una política común que haya sido obtenida a través de la medición y análisis de la demanda de agua, sino en función de la experiencia y costumbre de cada operario.

En el gráfico de la figura 3.5 se presenta la evolución del volumen de extracción mensual para cada uno de los tres pozos de Ciudad Universitaria para el 2007, con un volumen de extracción total de 2, 459,692 m<sup>3</sup>. Se observa un incremento de volumen de agua

extraído durante los meses de agosto a diciembre (periodo de riego), así como un descenso considerable en el mes de julio (vacaciones).

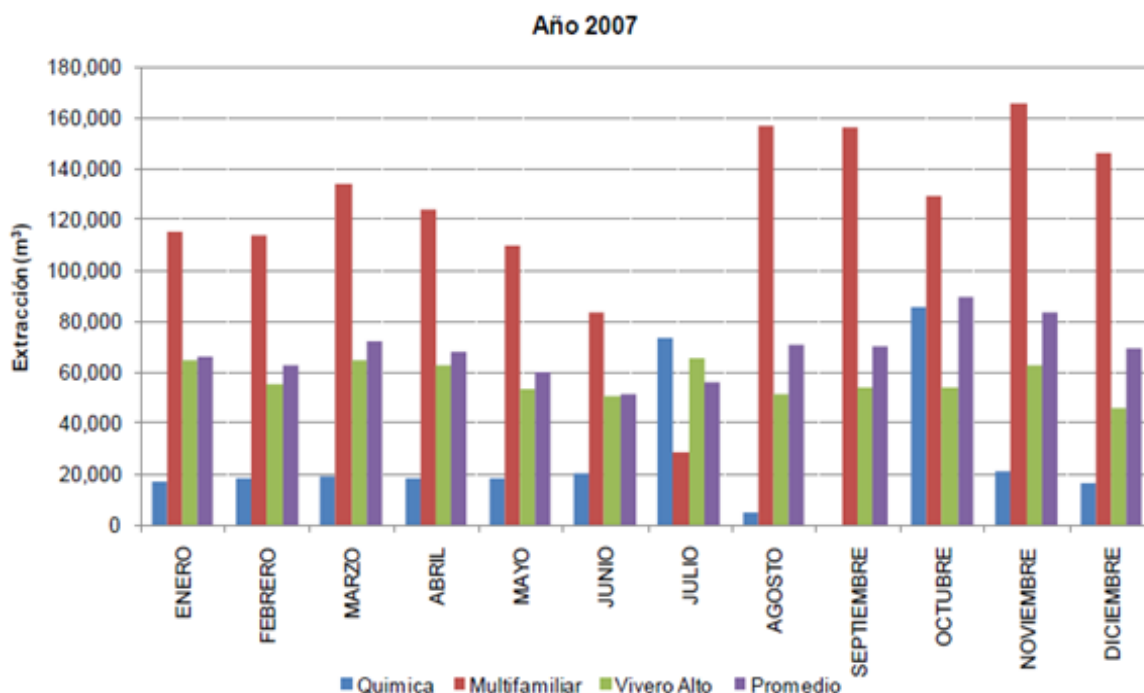


Figura 3.5.- Extracción mensual para cada uno de los tres pozos de Ciudad Universitaria en el 2007.

Fuente: Informe PUMAGUA, 2008.

Actualmente, en promedio la extracción es de 100 l/s al día; el sistema de pozos opera generalmente de la siguiente manera: 1) el suministro en la Zona Cultural se obtiene directamente del pozo vivero alto, el agua restante se bombea al tanque vivero alto, a lo largo de la tubería que une estos dos componentes se tienen algunas derivaciones directas hacia la red; 2) el tanque alto, recibe el agua de los tanques vivero alto y del pozo de Química por un sistema de rebombeo proveniente del tanque bajo, 3) algunos días del mes se utiliza el pozo de Química (para evitar inactividad en éste y posible contaminación), se envía agua al tanque bajo, de ahí se encuentra un sistema de rebombeo el cual manda el agua hacia el tanque alto; además, se tiene una derivación directa del pozo Química a la red.

### 3.2.1.2 Almacenamiento

El almacenamiento de agua potable consta de tres tanques: tanque bajo, tanque alto, y tanque vivero alto (compuesto a su vez por 4 tanques), en total el sistema tiene una capacidad de almacenamiento de 12,000 m<sup>3</sup>. Como se ha mencionado, estos tanques son abastecidos por los pozos Química, multifamiliar y vivero alto respectivamente, en la Tabla 3.3 se muestran las características de los tanques y la capacidad de cada uno de ellos.

Tabla 3.3.- Características de los tanques de almacenamiento.

Tanque	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
Bajo	23	29	3	2,000
Alto	25	40	4	4,000
Vivero Alto (4)	20	25	3	6,000

Fuente: Reporte PUMAGUA, 2008.

El tanque bajo es abastecido por el pozo de química y su función es apoyar al tanque alto (mediante un equipo de rebombeo); esto cuando el pozo multifamiliar está en mantenimiento. El tanque alto es abastecido por el pozo multifamiliar y cuando está en mantenimiento también lo puede apoyar el tanque vivero alto. El tanque vivero alto se alimenta del pozo vivero alto; este tanque está formado por cuatro tanques pequeños que se comunican entre sí.

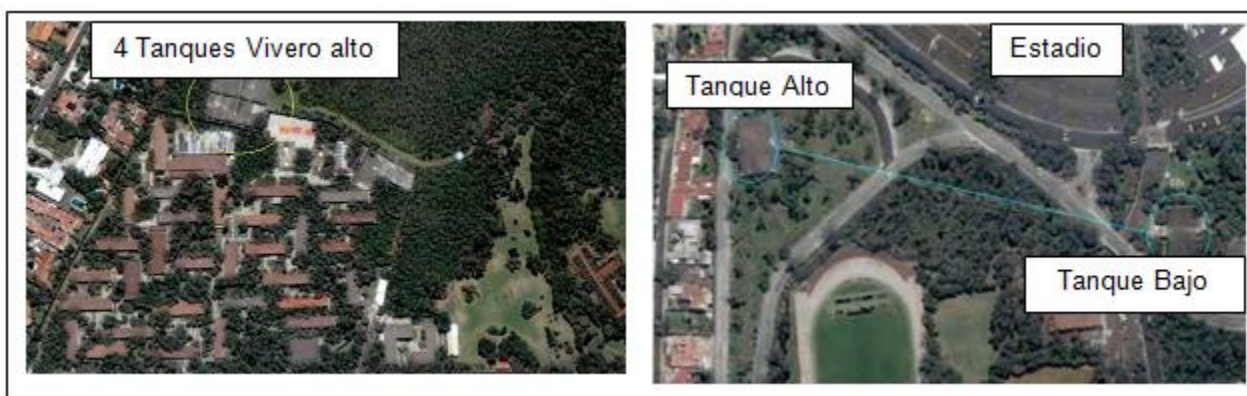


Figura 3.6.- Tanques de almacenamiento de Ciudad Universitaria

El mantenimiento de los tanques se realiza dos veces por año, en periodo vacacional; este consiste en lavarlos, pintarlos y monitorear la calidad del agua. Se lleva un registro de forma manual de los niveles en los mismos, el cual radica en tomar la lectura visualmente, con ayuda de una regleta que está pintada en el interior del tanque y que tiene una precisión de 5 cm, esta actividad se realiza cada hora por personal de la DGOyC durante todos los días del año.

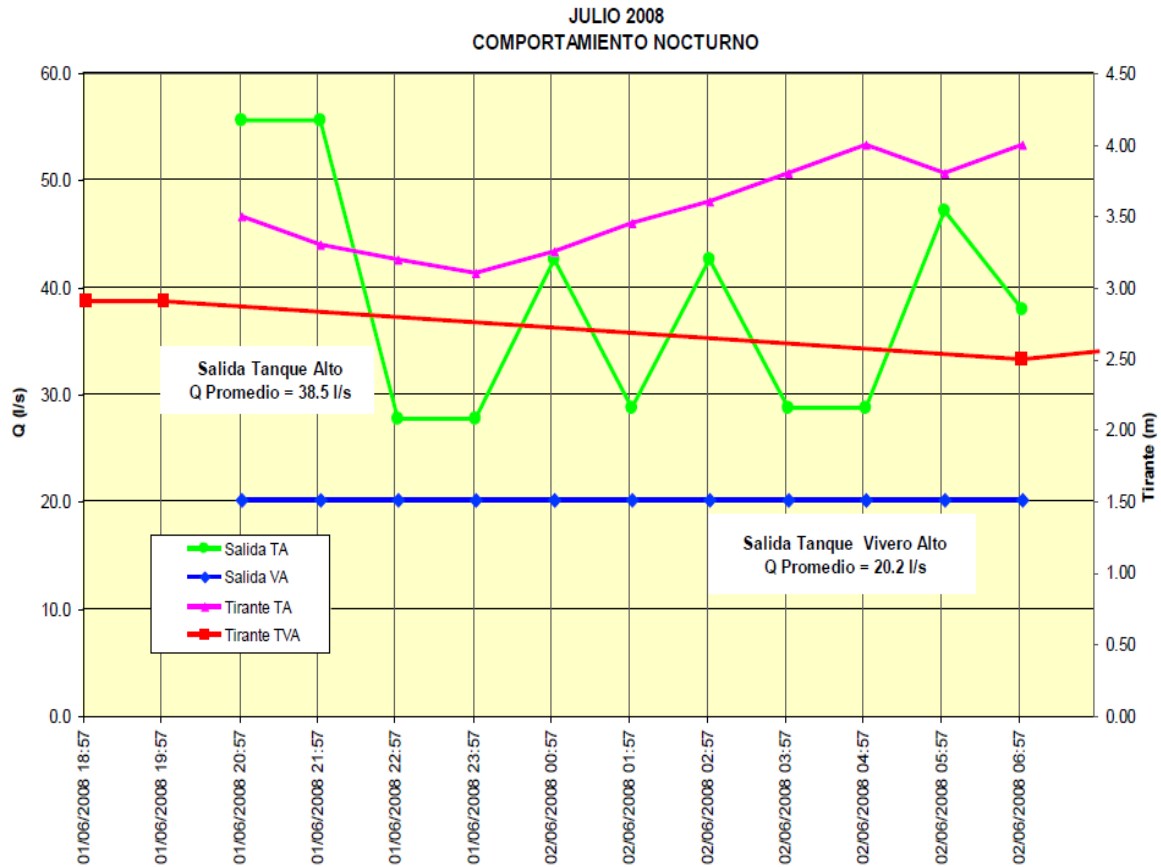
Con la información histórica proporcionada por la Coordinación de Conservación, que implicó la digitalización de los registros, se realizó un análisis de los niveles en los tanques para determinar su funcionamiento y a la vez la demanda que en éstos se presenta. Este análisis indica, por un lado, el consumo nocturno que se presenta en Ciudad Universitaria y por otro, el consumo aproximado durante el día, pudiendo suponer fugas de gran caudal en la red.

En la Figura 3.7 se observa la variación del nivel en el tanque vivero alto para julio de 2008, en la gráfica se presenta un abatimiento (disminución de nivel) de 50 cm durante la noche, obteniendo así un consumo nocturno para la Zona Cultural de 20.2 l/s. En el tanque alto, cuando el nivel de agua baja de la cota 3.0 m se activa el pozo multifamiliar lo que permite restablecer el nivel en el tanque y abastecer la demanda nocturna de la parte central de CU, que en promedio es de 38.6 l/s.

En total, el gasto nocturno que se obtiene es de 58.8 l/s, el cual podría corresponder a un mínimo consumo por instalaciones como laboratorios y pequeños usuarios, la gran mayoría sugiere fugas en la red (Informe PUMAGUA, 2008).

Es importante comentar, que los registros históricos deben tomarse con reserva pues existen algunos errores de apreciación en las lecturas de los niveles en los tanques así como también en la lectura de los medidores de los pozos. Por otro lado, es indispensable medir aquellas derivaciones directas a la red de distribución que se encuentran ubicadas sobre las líneas que conducen de los pozos a los tanques.





TA.- Tanque Alto; TVA.- Tanque Vivero Alto

Figura 3.7.- Comportamiento nocturno en los tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria

Fuente: Reporte PUMAGUA, 2008.

### 3.2.1.3 Distribución

La red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria tiene una longitud aproximada de 54 Km y consta de tuberías compuestas por diversos materiales: acero, asbesto, fierro fundido, PVC y PEAD, como se especifica en la Tabla 3.4. Las tuberías de acero tienen 54 años de antigüedad (Rocha, 2010).

Esta red está dividida en diámetros comerciales de 10 y 12 pulgadas en la red principal con una línea de 20 pulgadas que va del tanque vivero alto a la red de distribución de la zona cultural. Posterior se tienen diámetros de 1, 1 ½, 2, 2 ½ pulgadas para algunas derivaciones hacia los edificios y tomas de riego, en su mayoría se cuenta para éstos con diámetros entre 3 y 6 pulgadas.

Tabla 3.4.- Material de la red de agua potable.

Material	Longitud (m)	Porcentaje (%)
Acero	25609.9	47.81
Asbesto	11785.3	22.00
Fierro Fundido	9622.7	17.96
PVC	6552.8	12.23
Estrupack	*S/D	0.00
<b>Total</b>	<b>53570.7</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Reporte PUMAGUA, 2008.

\*S/D.- Sin datos disponibles.

Nota: Se considera el 100% a la suma de las longitudes cuantificadas hasta el momento.

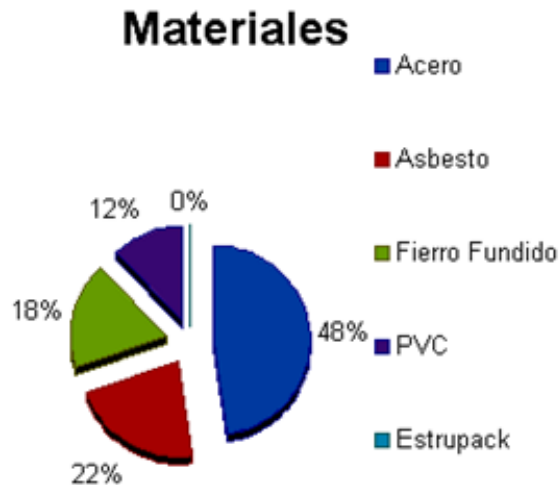


Figura 3.8.- Porcentajes de material de la red de agua potable.

Fuente: Reporte PUMAGUA, 2008.

En el gráfico anterior (Figura 3.8) puede observarse que la tubería de acero es la más utilizada en la red de agua potable en Ciudad Universitaria con un porcentaje

aproximado del 48%, mientras que la tubería de PVC es apenas del 12% con una longitud aproximada de 6552m.

Tabla 3.5.- Diámetros de tubería en la red de agua potable

Diámetro (")	Longitud (m)	Porcentaje (%)
20.00	332.70	0.62
12.00	5461.60	10.19
10.00	4313.30	8.05
8.00	12560.50	23.43
6.00	7093.70	13.23
4.00	11871.30	22.15
3.00	4411.20	8.23
2.50	400.30	0.75
2.00	4935.60	9.21
1.50	556.20	1.04
1.00	1667.30	3.11
<b>Total</b>	<b>53603.70</b>	<b>100.00</b>

Diámetros de tuberías

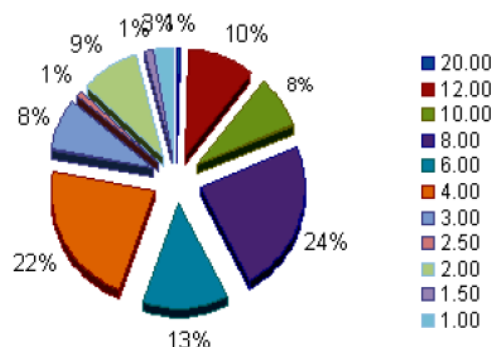


Figura 3.9.- Diámetro de tubería en la red de agua potable

Fuente: Reporte PUMAGUA, 2008.

Al analizar los datos arriba mostrados (Tabla 3.5), es posible identificar que el diámetro de tubería más utilizado es el de 8 pulgadas, con un 23% de extensión que equivale a 12,560.50 m de los 54 km de tuberías estimados en la red de agua potable para Ciudad Universitaria.

La menos utilizada es la tubería de 20 pulgadas que se encuentra instalada en las redes principales de agua potable con un 0.62% que equivale a 322.70 m de longitud, como se ejemplifica en la figura 3.9.

En la figura 3.10 se observa el sistema de captación (pozos) y el sistema de almacenamiento (tanques) para la Ciudad Universitaria.



- |    |                    |    |                    |
|----|--------------------|----|--------------------|
| P1 | Pozo Química       | T1 | Tanque alto        |
| P2 | Pozo multifamiliar | T2 | Tanque bajo        |
| P3 | Pozo vivero alto   | T3 | Tanque vivero alto |

Figura 3.10.- Croquis de Ciudad Universitaria ubicando pozos y tanques de agua potable.

En la tabla 3.6 se encuentra un resumen de la información antes descrita, respecto al funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable en CU, desde la fuente de captación hasta el suministro a los consumidores.

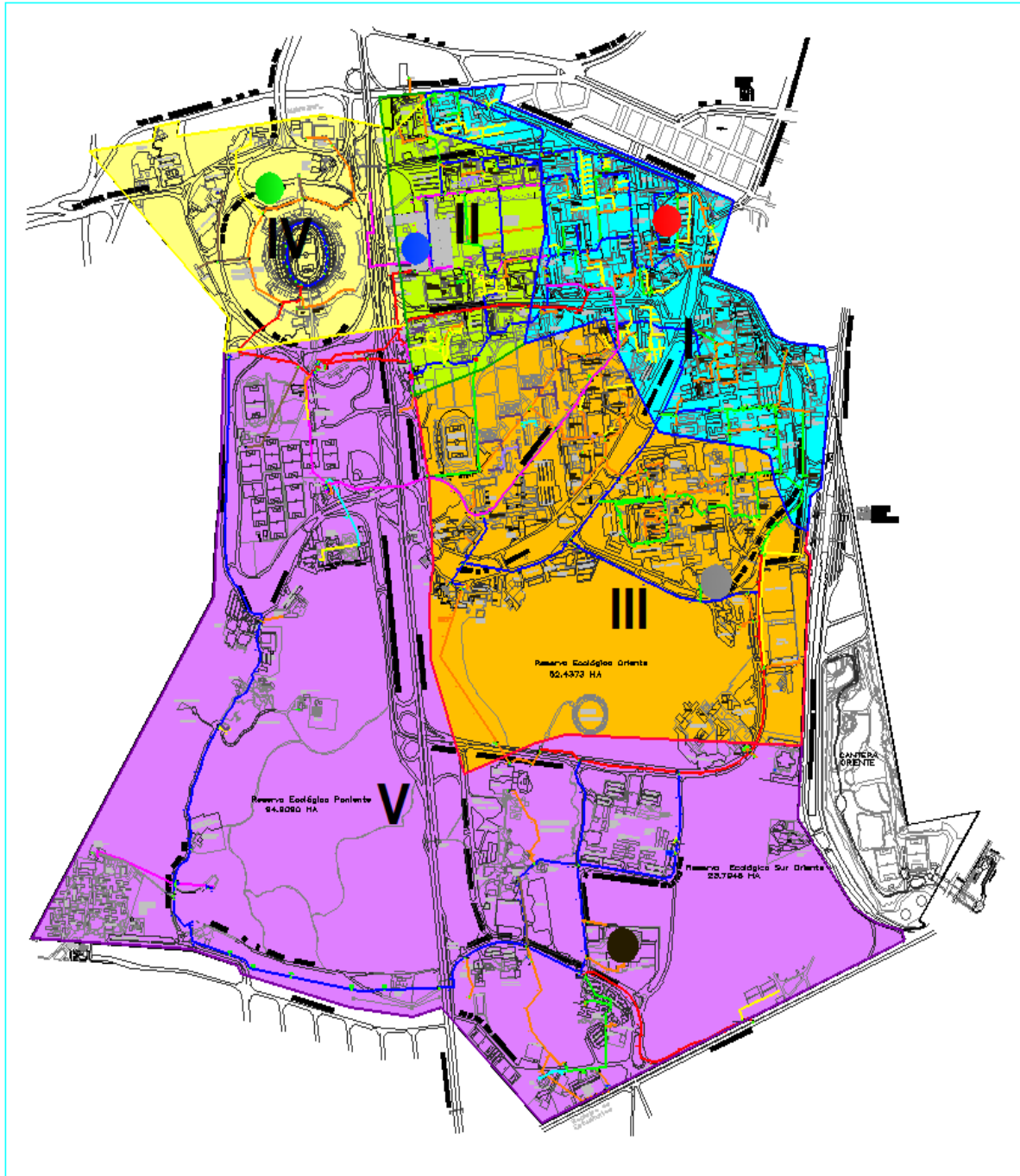
Tabla 3.6.-Resumen del sistema de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria

<b>Etapas del sistema de abastecimiento de agua potable</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Captación</b>	La captación de agua en Ciudad Universitaria se realiza por medio de tres pozos profundos que en promedio aportan 100 l/s, de los cuales 30 l/s se consumen en las dependencias, 20 l/s se destinan al riego y 50 l/s se pierden en fugas en la red.
<b>Almacenamiento</b>	El agua se almacena en tres tanques con una capacidad total de 12,000 m <sup>3</sup> .
<b>Distribución</b>	Ciudad Universitaria cuenta con 54 km de tubería que distribuye agua a todos los edificios del campus.
<b>Suministro</b>	El agua ingresa a la red de conexión de cada uno de los edificios; de ahí es transportada a una cisterna o pasa directamente por la tubería interna para llegar a los sanitarios y las diversas tomas de agua de las dependencias.

Fuente: Informe PUMAGUA, 2010.

### 3.2.2 SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA EN CIUDAD UNIVERSITARIA

El campus de Ciudad Universitaria se encuentra dividido en 5 sectores hidráulicos, esto con la finalidad de organizar las zonas, simplificar el manejo de datos y tener un mejor control de la red de distribución de agua potable, en la figura 3.11 se observan los sectores hidráulicos y sitios de referencia (Informe PUMAGUA, 2009).



- Facultad de Medicina
- TV UNAM
- Universum
- Rectoría
- Estadio Olímpico

Figura 3.11.- Croquis con los cinco sectores hidráulicos en Ciudad Universitaria.

### **3.2.2.1 Sector hidráulico 1**

El Sector Hidráulico 1 alberga a 39 entidades universitarias con una población estimada de 41,500 usuarios por día. De las 39 dependencias que se encuentran en este sector, se puede decir que el 40% son institutos y centros de investigación. Esta clasificación resulta importante, dada la relación que existe entre un tipo de usuario, el modo y, en consecuencia, la cantidad de agua usada por éste.

Mediciones recientes hechas por PUMAGUA muestran que un edificio dedicado a la investigación consume hasta cinco veces más agua que un edificio administrativo; Por ello, definir la actividad de los usuarios y su correlación con la cantidad de agua que éstos consumen, brinda una idea del modo y cantidad de agua empleada en cada sector (Balance hidráulico, PUMAGUA, 2009).

Hidráulicamente, el Sector 1 cuenta con 14,110 metros de tubería, de los cuales el 70% son de acero, 20% de PVC y 10% de fierro fundido. La edad de la tubería, sobre todo la de acero y fierro fundido, rebasa los 50 años de operación. Se estima que en los meses de alta ocupación los usuarios en este sector demandan hasta 9.61 lps de agua, mientras que en los meses de baja ocupación la demanda estimada disminuye hasta 2.3 lps. La presión media en el sector es de 55 metros de columna de agua o 5.5 kg/cm<sup>2</sup>, lo que sugiere una alta presencia de fugas visibles y no visibles tanto en la red como en el interior de las dependencias.

### **3.2.2.2 Sector hidráulico 2**

El Sector Hidráulico 2 se encuentra a mayor altura sobre el nivel del mar que el Sector Hidráulico 1; a ambos les suministra agua el tanque bajo a través de una línea de 10 pulgadas. Este sector tiene una población estimada de 38,560 usuarios por día y alberga a 20 dependencias universitarias, de las cuales el 40% son de tipo académico y el 30% de tipo administrativo. La mayoría de su población se concentra principalmente en facultades. En el sector se puede ubicar a Rectoría, Facultades de Arquitectura, Economía e Ingeniería.

El Sector Hidráulico 2 cuenta con 8,884 metros de tubería, de los cuales 90% corresponden a tubería de acero y 10% a fierro fundido. La edad de la tubería rebasa los 50 años. Se estima que los usuarios en este sector demandan hasta 8.95 lps de agua. La presión media en el sector es de 40 metros de columna de agua o  $4.0 \text{ kg/cm}^2$ , lo que permite suponer la presencia de fugas visibles y no visibles en la red y en el interior de las dependencias.

### **3.2.2.3 Sector hidráulico 3**

Este sector cuenta con 10,545 metros de tubería, de los cuales 40% corresponden a tubería de acero, 25% a fierro fundido y 35% a asbesto. La tubería rebasa los 50 años de edad, fundamentalmente la de acero y fierro fundido; la edad de la tubería de asbesto rebasa los 25 años.

Se estima que los usuarios en este sector demandan hasta 8.10 lps de agua. La presión media es de 45 metros de columna de agua o  $4.5 \text{ kg/cm}^2$ , lo que sugiere una alta presencia de fugas en la red y en el interior de las dependencias.

### **3.2.2.4 Sector hidráulico 4**

En él se ubican 20 dependencias universitarias, de las cuales el 40% es de tipo administrativo, con una población estimada de 4,510 usuarios. Ahí se localiza el Estadio Olímpico Universitario, con una capacidad máxima de 60,000 personas. Estimaciones hechas muestran que el consumo de agua en un evento con estadio lleno representa hasta 6.94 lps. Este es el sector más pequeño, pues cuenta con sólo 4,510 metros de tubería, de los cuales el 90% es de acero y el 10% restante es de fierro fundido. Se estima que los usuarios en este sector demandan hasta 0.88 lps de agua. La presión media es de 30 metros de columna de agua o  $3.0 \text{ kg/cm}^2$ , que es suficiente para dar servicio a esta zona.



### 3.2.2.5 Sector hidráulico 5

Este sector dispone de 15, 446 metros de tubería, de los cuales el 20% es de acero y el 80% de PVC. La presión media es de 20 metros de columna de agua o 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, lo que ha ocasionado que muchos de los institutos de este sector busquen soluciones como equipos hidroneumáticos; además, la mayor parte de las tuberías metálicas presenta incrustaciones (Informe PUMAGUA, 2009).

### 3.2.3 CALIDAD DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA

Parte fundamental del proyecto PUMAGUA es el área de “Calidad del Agua”, la cual tiene como objetivo principal analizar la calidad del agua potable y del agua residual tratada para observar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes. Lo anterior tiene el fin de garantizar que el agua sea saludable para sus diferentes usos: consumo humano (agua potable); riego de áreas verdes, suministro a inodoros y recarga del acuífero (agua tratada).

Además, se analiza la calidad del agua de pozos de abastecimiento, de tanques de almacenamiento, de las cisternas de las dependencias y de los puntos de consumo, se proponen las mejoras necesarias, se diagnostican los sistemas de desinfección de agua potable y las plantas de tratamiento de agua residual.

En el año 2008 se analizó la calidad del agua en el sistema de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria; apegándose a lo establecido en la **NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM 014-SSA1-1993** "procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados" (DOF, 1993) así como la **NOM-127-SSA1-1994** modificada en 2000, la cual se refiere a “salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización”,(DOF, 2000) (Anexo, módulo 2 “Evaluación del Sistema”).

En el laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos indicados en la **NOM-127-SSA1-2000**, con la finalidad de determinar la calidad del agua en el sistema de captación, almacenamiento y distribución (Orta *et al* Anexo calidad del agua 2009, 2010).

Los parámetros fisicoquímicos son: pH, temperatura (°C), conductividad (mS/cm), nitratos (mg/L), cloro libre residual (mg/L), sólidos disueltos totales (mg/L), nitrógeno amoniacal (mg/L) y surfactantes (mg/L), así como parámetros microbiológicos: coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterotróficas. También fue necesario enviar las muestras a un laboratorio externo certificado para tener mayor cantidad de mediciones de estos parámetros y por tanto elementos suficientes que permitieran emitir un diagnóstico más preciso de la calidad del agua potable, ya que el Instituto de Ingeniería no cuenta con la infraestructura suficiente para analizar todos los parámetros que se incluyen en la **NOM-SSA-127-2000** (Informe PUMAGUA, 2009, 2010).

Los parámetros determinados por el laboratorio externo fueron: cloro residual libre (mg/L), pH (en unidades de pH), turbiedad (UTN), sólidos disueltos totales (mg/L), sulfatos (mg/L), nitratos (mg/L), nitritos (mg/L), nitrógeno amoniacal (mg/L), surfactantes (mg/L), cloruros (mg/L), dureza total (mg/L), fenoles (mg/L), fierro (mg/L), fluoruros (mg/L), hidrocarburos aromáticos (microgramos/L), benceno (µg/L), etilbenceno (µg/L), tolueno (µg/L), xileno (µg/L), coliformes totales (UFC/100 mL), coliformes fecales (UFC/100 mL), plaguicidas (microgramos/L), aldrín (µg/L) y dieldrín (µg/L), clordano (µg/L), DDT(µg/L), gamma-HCH (lindano) (µg/L), hexaclorobenceno (µg/L), heptacloro (µg/L), metoxicloro (µg/L), 2,4 D (µg/L), trihalometanos totales (µg/L), yodo residual libre (mg/L), aluminio (mg/L), arsénico (mg/L), bario (mg/L), cadmio (mg/L), cianuros (mg/L), zinc (mg/L), manganeso (mg/L), mercurio (mg/L), plomo (mg/L), sodio (mg/L), cobre (mg/L), cromo total (mg/L), color (Pt-Co), olor y sabor, radiactividad beta global, radiactividad alfa global.

### **3.2.3.1 Captación**

El sistema de captación del Campus consta de 3 pozos profundos (Pozo Química, Multifamiliar y Vivero Alto), en cada uno se realizaron 9 muestreos para evaluar la calidad del agua dentro del pozo; obteniendo los resultados mostrados en la tabla 3.7. La concentración determinada en los componentes tanto fisicoquímicos como microbiológicos en el agua de los pozos, se encuentran por debajo de los límites establecidos por la legislación mexicana en materia de agua potable.

Cabe aclarar que únicamente la concentración de nitratos en el pozo del vivero alto, se encuentra cercana a los límites permisibles cuyo valor máximo registrado fue de 6.7 mg/L y la límite máximo que establece la NOM-127-SSA1-1994 modificada en 2000, es de 10 mg/L. Este resultado indica que es necesario dirigir especial atención en éste pozo y evaluar periódicamente éste parámetro, ya que concentraciones altas de nitratos se deben a contaminación por escorrentías de fertilizantes o por infiltración de aguas residuales domésticas.

**Tabla 3.7.- Caracterización del agua potable en el sistema de captación (pozos) de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000, evaluada por un laboratorio externo certificado.**

PARÁMETRO	UNIDADES	LIMITE PERMISIBLE	POZO 1 <sup>1</sup>	POZO 2	POZO 3
Aluminio	mg/L	0,20	<0,15	<0,15	<0,15
Arsénico	mg/L	0,05	0,0020	0,0016	0,0018
Bario	mg/L	0,70	<0,15	<0,15	<0,15
Cadmio	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cianuros (como CN-)	mg/L	0,07	<0,02	<0,02	<0,02
Cloro residual libre	mg/L	0,2-1,50	<0,06	<0,06	<0,06
Cloruros (como Cl-)	mg/L	250,00	74	45	49
Cobre	mg/L	2,00	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo total	mg/L	0,05	<0,02	<0,02	<0,02
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	500,00	112	130	107
Fenoles o compuestos fenólicos	mg/L	0,3	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro	mg/L	0,30	<0,015	<0,015	<0,015
Fluoruros (como F-)	mg/L	1,50	0,42	0,16	0,68
<b>Hidrocarburos aromáticos.</b>					
Benceno	µg/L	10,00	<0,10	<0,10	<0,10
Etilbenceno	µg/L	300,00	<0,10	<0,10	<0,10
Tolueno	µg/L	700,00	<0,01	<0,01	<0,10
Xileno (tres isómeros)	µg/L	500,00	<0,20	<0,20	<0,10
Manganeso	mg/L	0,15	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/L	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nitratos (como N)	mg/L	10,00	0,45	1,12	2,50
Nitritos (como N)	mg/L	1,00	0,002	0,002	0,002
Nitrógeno amoniacal (como N)	mg/L	0,50	0,32	0,49	0,32
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH		6,5-8,5	7,00	7,08	6,97
<b>Plaguicidas en microgramos/L:</b>					
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	µg/L	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Clordano (total de isómeros)	µg/L	0,20	<0,10	<0,10	<0,10
DDT (total de isómeros)	µg/L	1,00	<0,5	<0,5	<0,5
Gamma-HCH (lindano)	µg/L	2,00	<1,00	<1,00	<1,00
Hexaclorobenceno	µg/L	1,00	<0,5	<0,5	<0,5
Heptacloro y epóxido de heptacloro	µg/L	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Metoxicloro	µg/L	20,00	<10,00	<10,00	<10,00

<sup>1</sup> Pozo 1.- Química Pozo 2.- Multifamiliar Pozo 3.- Vivero Alto

PARÁMETRO	UNIDADES	LIMITE PERMISIBLE	POZO 1 <sup>2</sup>	POZO 2	POZO 3
2,4 – D	µg/L	30,00	<10,00	<10,00	<10,00
Plomo	mg/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005
Sodio	mg/L	200,00	35,53	19,89	24.82
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000,00	299	303	287
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=2</sup> )	mg/L	400,00	6	27	25
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,50	<0,01	<0,01	<0,01
Trihalometanos totales	mg/L	0,20	<0,10	<0,10	<0,10
Yodo residual libre	mg/L	0,2-0,5	<0,02	<0,02	<0,02
Zinc	mg/L	5,00	<0,01	<0,01	<0,01

Respecto a los valores registrados de cloro libre residual en los pozos se observó que para los tres pozos se encuentra fuera de norma ya que se determinó un valor <0,06 mg/L (tabla 3.7) y la norma establece un intervalo de 0.2-1.50 mg/L. Al respecto es importante realizar un diagnóstico detallado del suministro de cloro (Orta *et al* Anexo calidad del agua 2009, 2010).

### 3.2.3.2 Almacenamiento

El subsistema de almacenamiento se compone de 3 tanques: tanque alto, bajo y vivero alto: en este caso se llevaron a cabo 10 muestreos de parámetros seleccionados en el tanque bajo, apegándose a lo establecido por la normatividad correspondiente antes mencionada. La tabla 3.8 muestra los resultados obtenidos en cuanto a la calidad del agua en el tanque bajo.

Los resultados para el subsistema de almacenamiento no evidenciaron contaminación alguna, se determinada los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la NOM-127-SSA1-1994, modificada en 2000, encontrándose estos dentro de los límites establecidos (Castro, 2011).

<sup>2</sup> Pozo 1.- Química Pozo 2.- Multifamiliar Pozo 3.- Vivero Alto

**Tabla 3.8.- Caracterización de agua potable en el subsistema de almacenamiento (tanque bajo) de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000**

PARÁMETRO	UNIDADES	LIMITE PERMISIBLE	TANQUE BAJO
Aluminio	mg/L	0,20	<0,15
Arsénico	mg/L	0,05	0,0022
Bario	mg/L	0,70	<0,15
Cadmio	mg/L	0,005	<0,005
Cianuros (como CN-)	mg/L	0,07	<0,02
Cloro residual libre	mg/L	0,2-1,50	0,3
Cloruros (como Cl-)	mg/L	250,00	66
Cobre	mg/L	2,00	<0,01
Cromo total	mg/L	0,05	<0,02
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	500,00	119
Fenoles o compuestos fenólicos	mg/L	0,3	<0,001
Fierro	mg/L	0,30	<0,015
Fluoruros (como F-)	mg/L	1,50	<0,01
Hidrocarburos aromáticos	µg/L		
Benceno	µg/L	10,00	<0,10
Etilbenceno	µg/L	300,00	<0,10
Tolueno	µg/L	700,00	<0,01
Xileno (tres isómeros)	µg/L	500,00	<0,20
Manganeso	mg/L	0,15	<0,01
Mercurio	mg/L	0,001	<0,0005
Nitratos (como N)	mg/L	10,00	3.24
Nitritos (como N)	mg/L	1,00	0,002
Nitrógeno amoniacal (como N)	mg/L	0,50	0,32
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH		6,5-8,5	7,13
Plaguicidas	µg/L		
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	µg/L	0,03	<0,02
Clordano (total de isómeros)	µg/L	0,20	<0,10
DDT (total de isómeros)	µg/L	1,00	<0,5
Gamma-HCH (lindano)	µg/L	2,00	<1,00
Hexaclorobenceno	µg/L	1,00	<0,5
Heptacloro y epóxido de heptacloro	µg/L	0,03	<0,02
Metoxicloro	µg/L	20,00	<10,00
2,4 - D	µg/L	30,00	<10,00
Plomo	mg/L	0,01	<0,005
Sodio	mg/L	200,00	28,58
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000,00	299
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=2</sup> )	mg/L	400,00	13
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,50	<0,01
Trihalometanos totales	mg/L	0,20	<0,10
Yodo residual libre	mg/L	0,2-0,5	<0,02
Zinc	mg/L	5,00	<0,01

### 3.2.3.3 Distribución

En cuanto a la distribución de agua potable en Ciudad Universitaria, fueron seleccionados dos puntos de muestreo, uno directamente en la llave de suministro y otro después del filtro purificador en el área de café del edificio 5 del Instituto de Ingeniería. Se llevaron a cabo 15 muestreos de agua potable en cada punto, los resultados obtenidos evaluados por un laboratorio certificado se muestran en la tabla 3.9 siguiente.

Con base en la normatividad aplicada es posible constatar que se cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000 y que el agua potable que se consume en el edificio 5 del Instituto de Ingeniería no representa riesgos que puedan afectar a la salud de los consumidores. (Orta *et al* Anexo calidad del agua 2009, 2010).

Los valores registrados de cloro libre residual en la llave de la tarja, se encuentran dentro de los límites permisibles que establece la NOM-127-SSA1-2000, pues el laboratorio certificado registró un valor de 0.8 mg/L. En el caso del filtro se determinaron valores en el intervalo de 0.1 y 0.8 mg/L en 15 determinaciones. Estos resultados indican que el parámetro de cloro libre residual en los puntos de consumo se encuentra muy cercanos al límite máximo establecidos por la legislación, por lo que es necesario llevar un monitoreo constante de éste parámetro y revisar el sistema de desinfección de los tanques, así como corroborar la cuantificación de la formación de Trihalometanos que son subproductos de la cloración.

Tabla 3.9.- Calidad del agua en un punto de consumo en el Instituto de Ingeniería, evaluada por un laboratorio certificado externo.

Característica	Unidades	Limite permisible	Filtro	Llave
Aluminio	mg/L	0,20	<0.15	<0.15
Arsénico	mg/L	0,05	0.0008	0.0007
Bario	mg/L	0,70	<0.15	<0.15
Cadmio	mg/L	0,005	<0.005	<0.005
Cianuros (como CN-)	mg/L	0,07	<0.02	<0.02
Cloro residual libre	mg/L	0,2-1,50	0.80	0.80
Cloruros (como Cl-)	mg/L	250,00	46	46
Cobre	mg/L	2,00	0.03	<0.01
Color	Pt-Co	20	0	0
Cromo total	mg/L	0,05	<0.02	<0.02
Dureza total (como CaCO3)	mg/L	500,00	125	143
Fenoles o compuestos fenólicos	mg/L	0,3	<0.001	<0.001
Hierro	mg/L	0,30	<0.015	<0.015
Fluoruros (como F-)	mg/L	1,50	0.550	0.442
<b>Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:</b>				
Benceno	µg/L	10,00	<0.10	<0.10
Etilbenceno	µg/L	300,00	<0.10	<0.10
Tolueno	µg/L	700,00	<0.10	<0.01
Xileno (tres isómeros)	µg/L	500,00	<0.20	<0.20
Manganeso	mg/L	0,15	<0.01	<0.01
Mercurio	mg/L	0,001	<0.0005	<0.0005
Nitratos (como N)	mg/L	10,00	8.73	9.64
Nitritos (como N)	mg/L	1,00	<0.001	<0.001
Nitrógeno amoniacal (como N)	mg/L	0,50	<0.06	<0.06
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	Unidades	6,5-8,5	6.79	6.7
<b>Plaguicidas en microgramos/l:</b>				
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	µg/L	0,03	<0.02	<0.02
Clordano (total de isómeros)	µg/L	0,20	<0.10	<0.10
DDT (total de isómeros)	µg/L	1,00	<0.5	<0.5
Gamma-HCH (lindano)	µg/L	2,00	<1.0	<1.0
Hexaclorobenceno	µg/L	1,00	<0.5	<0.5
Heptacloro y epóxido de heptacloro	µg/L	0,03	<0.02	<0.02
Metoxicloro	µg/L	20,00	<10.00	<10.0
2,4 – D	µg/L	30,00	<10.00	<10.0
Plomo	mg/L	0,01	<0.005	<0.005
Sodio	mg/L	200,00	33.87	33.87
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000,00	323	327
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> =)	mg/L	400,00	18	17
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,50	0.32	<0.01
Trihalometanos totales	mg/L	0,20	<0.10	<0.10
Turbiedad	UTN	5	0.215	0.151
Yodo residual libre	mg/L	0,2-0,5	<0.02	<0.02
Zinc	mg/L	5,00	<0.01	<0.01
Coliformes Fecales	NMP/100ml	Ausencia	<1.1	<1.1
Coliformes Totales	NMP/100ml	Aucencia	<1.1	<1.1
Cuenta estándar	UFC/100ml	----	0	1.5 x 10
Olor	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro
Sabor	Insaboro	Insaboro	Insaboro	Insaboro

#### 3.2.3.4 Determinación microbiológica

Como parte del equipo de Calidad del Agua de PUMAGUA se encuentra el Instituto de Ecología y la Facultad de Medicina que han realizado pruebas para la detección e identificación de micobacterias no tuberculosas en agua de uso y consumo humano y de reuso para riesgo en Ciudad Universitaria (López *et al* Anexo calidad del agua 2009, 2010).

Los microorganismos detectados fueron *Campylobacter spp*, *Salmonella spp*, *Shigella spp* mediante la técnica de PCR-Hibridación. Los resultados obtenidos del análisis de un muestreo realizado por triplicado en los pozos de captación en Ciudad Universitaria son los que muestra la tabla 3.10 siguiente.

La tabla 3.10 indica que sólo se encontraron 8 UFC/ 100 mL de coliformes fecales en el pozo vivero alto y ninguno en los de Facultad de Química y multifamiliar. En cuanto a los coliformes totales, se encontraron en el pozo de la Facultad de Química (entre 2 y 8 UFC/100 mL) y en el de vivero alto (entre 2 y 7 UFC/100 mL).

En este último pozo se deben tomar con cuidado los resultados pues en teoría deben existir más coliformes totales que fecales.

Las muestras de agua del pozo de Vivero Alto presentaron crecimiento bacteriano en todos los medios probados, encontrándose resultados más altos en el medio verde brillante típico de *Salmonella spp*. (47 UFC/100 ml). Sin embargo se requieren hacer las pruebas bioquímicas necesarias para determinar el nombre específico de la bacteria, ya que si bien los medios son selectivos, con ellos no puede afirmarse con toda seguridad de qué especie se trata (López *et al* Anexo calidad del agua 2009, 2010).



Tabla 3.10.- Determinación de microorganismos en pozos de Ciudad Universitaria

Microorganismo	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
<b>POZO QUÍMICA</b>				
Coliformes Fecales	ND	ND	ND	ND
Coliformes Totales	2	2	8	4
Enterobacterias	4	1	3	3
Estafilococos	ND	ND	ND	ND
Hongos y Levaduras	ND	ND	ND	ND
Salmonella y Shigella	-	-	-	-
Heterotróficos	26	16	-	21
Salmonella	6	7	7	7
<b>POZO MULTIFAMILIAR</b>				
Coliformes Fecales	ND	ND	ND	ND
Coliformes Totales	ND	ND	ND	ND
Enterobacterias	1	ND	ND	1
Estafilococos	8	18	20	15
Hongos y Levaduras	ND	ND	3	3
Salmonella y Shigella	-	-	-	-
Heterotróficos	38	35	-	37
Salmonella	14	15	25	18
<b>POZO VIVERO ALTO</b>				
Coliformes Fecales	11	6	-	9

Microorganismo	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Promedio
Coliformes Totales	2	7	4	4
Enterobacterias	24	1	6	10
Estafilococos	2	ND	9	6
Hongos y Levaduras	3	1	15	6
Salmonella y Shigella	-	-	-	-
Heterotróficos	4	28	32	21
Salmonella	56	43	42	47

**ND:** No Detectado

En el pozo Multifamiliar se observa que no se identificó desarrollo de bacterias en cuatro medios selectivos. Sin embargo, en tres medios (estafilococos, bacteria heterotrófica y medio verde brillante) se encontraron concentraciones de bacterias del orden de 15, 37 y 18 UFC/100 ml, respectivamente. Estos parámetros no están normados, por lo que no se puede decir si rebasan o no algún límite permisible, se debe poner especial atención en estos puntos pues la detección de microorganismo es un indicador de focos de contaminación en el agua de los pozos (López et al Anexo calidad del agua 2009, 2010).

El pozo menos contaminado en el muestreo realizado es el de la Facultad de Química, el cual sólo presenta un pico máximo en la determinación de bacterias heterotróficas (21 UFC/100 mL). Ahí no se encontraron coliformes fecales, ni estafilococos ni hongos ni levaduras. Sin embargo, en el medio verde brillante (*Salmonella spp*) se encontraron en promedio 7 UFC/100 mL (López et al Anexo calidad del agua 2009, 2010).

### 3.2.4 ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

(Etapa 2, fase 2b)

Como se ha visto, la UNAM no hace uso de la infraestructura hidráulica que abastece de agua al Distrito Federal, sino que cuenta con suministro propio que se da a partir de tres pozos profundos (Pozo Química, Multifamiliar y Vivero Alto). En la figura 3.12 se presenta un diagrama con la red de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria.

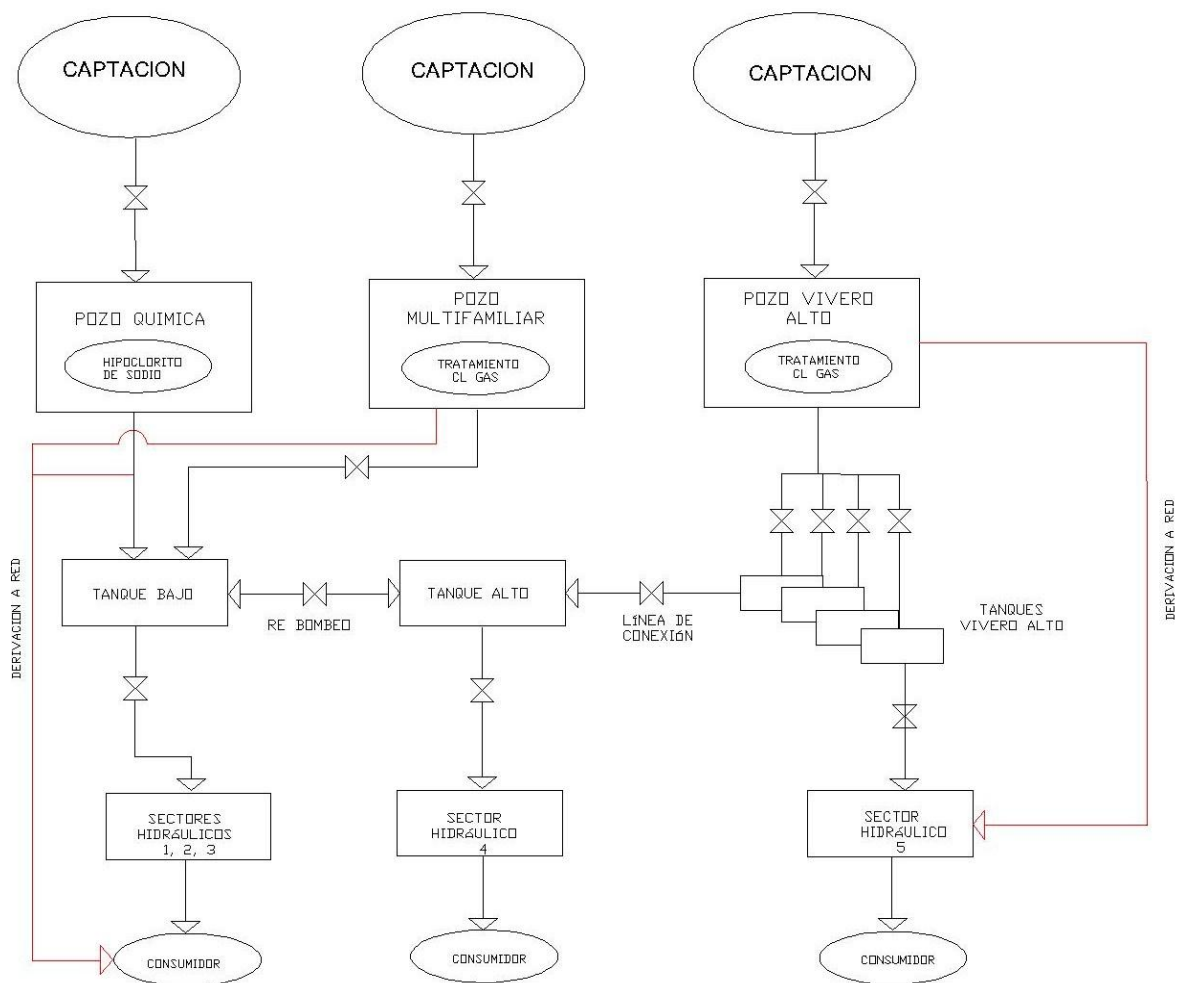


Figura 3.12. Diagrama de la red de distribución de agua potable en el Campus de Ciudad Universitaria

Se realizó la validación del sistema en la red de distribución de agua potable en el campus 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.

Las visitas de evaluación del sistema de la red de agua potable en Ciudad Universitaria se realizaron con apoyo del personal de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC) durante los 3 primeros viernes del mes de abril (1, 15 y 29) viéndose interrumpidos por un periodo de asueto (Semana Santa) y reiniciando las vistas el viernes 6 y 20 de mayo de 2011.

Tabla 3.11.- Cronograma de recorridos en la red de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria.

FECHA	HORARIO	SECTOR
Viernes 01/Abril/2011	9:00 – 12:00 Hrs	I
Viernes 15/Abril/2011	9:00 – 12:00 Hrs	II
Viernes 29/Abril/2011	9:00 – 12:00 Hrs	III
Viernes 06/Mayo/2011	9:00 – 12:00 Hrs	IV
Viernes 20/Mayo/2011	9:00 – 12:00 Hrs	V

La evaluación consistió en un recorrido sobre la línea de conducción, distribución y lugares de consumo del sistema de agua potable; efectuado con el propósito de identificar amenazas y vulnerabilidad en cada uno de los componentes (pozos, válvulas, tanques de almacenamiento, cisternas, registros y sistemas de desinfección) del sistema de abastecimiento de agua. Durante los recorridos se utilizó el equipo e instrumentos listados en la tabla siguiente.

Tabla 3.12. Documentos y equipos utilizados durante la validación de la red de agua potable en Ciudad Universitaria

Documento o equipo	Características	Observaciones
Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad del Agua.	Aspectos metodológicos de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo (OMS, 2009)	Referencia metodológica en los Planes de Seguridad del Agua.
Check list NOM-230-SSA1-2002 (Anexo II)	Listado de factores clave para evaluar la infraestructura física de la red de distribución de agua potable.	Fue necesario hacer ajustes metodológicos a "Check list" para su desarrollo y análisis.
Receptor GPS del Magellan eXplorist 100	Tecnología GPS TrueFix™, precisión de 3 metros (WAAS/EGNOS), almacena hasta 500 puntos de interés y 20 rutas, de bolsillo y resistente al agua para IPX-7	La calibración se realizó in situ.
Cámara fotográfica SONY	CyberShot, 7.2 MegaPíxeles con sensibilidad ISO 1250	Utilizada en visitas de campo como herramienta de documentación y respaldo de la información recopilada.

El Check List fue una herramienta clave para la realización de este trabajo, consiste en una hoja de campo preparada especialmente para la inspección visual del sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria. En el anexo se presenta el documento referido.

Una vez realizados los recorridos en las líneas de conducción y distribución de agua potable se elaboraron diagramas de flujo de las diferentes etapas del sistema, en el que en cada componente se colocaron los peligros identificados durante la inspección.

### 3.2.4.1 Captación

Durante la inspección visual al sistema de agua potable en Ciudad Universitaria se encontraron deficiencias y vulnerabilidades del sistema; en los pozos de captación de agua multifamiliar y vivero alto se realiza la desinfección a través de gas cloro, esto es sumamente peligroso en cuanto a su almacenamiento y transporte. En el pozo Química

se utiliza hipoclorito de sodio NaOCl como desinfectante, se observó un punto crítico en la bomba dosificadora de cloro “marca Wallace and Tiernan”, pues el sistema es obsoleto, ya que ha cumplido su tiempo de vida útil y las dosificaciones de cloro son irregulares dependiendo del operador en turno.



a) Sistema de desinfección pozo vivero alto      b) Tanque bajo

Figura 3.13.- a) y b).- Recorridos de validación por la red de agua potable en Ciudad Universitaria.



a) Sistema de desinfección en pozo multifamiliar      b) Tanque vivero alto

Figura 3.14.- a) y b).- Sistema de desinfección y tanques de almacenamiento.

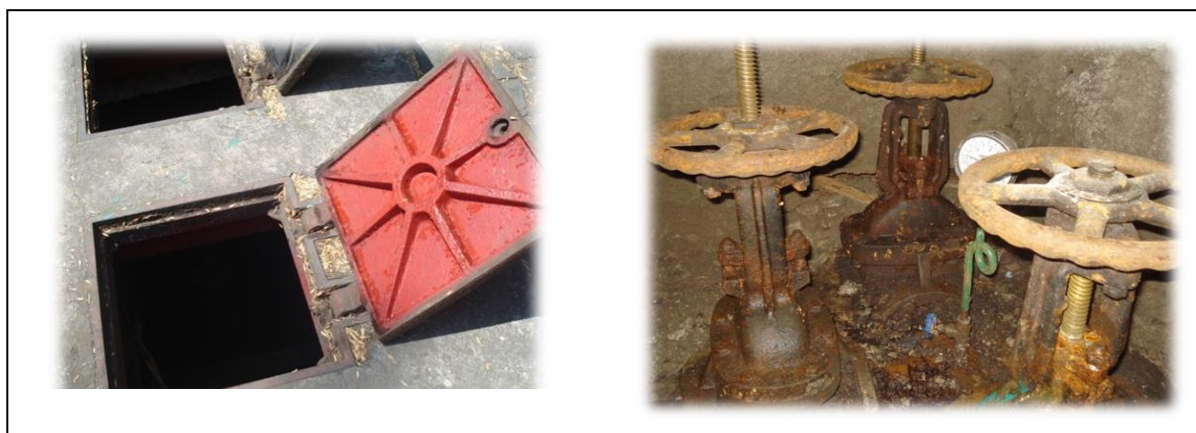
### 3.2.4.2 Almacenamiento

En cuanto a los tanques de almacenamiento se observó que en los 4 tanques de vivero alto se registran actos vandálicos, con grafitis en las paredes externas de los tanques, las tapas de los tanques están cerradas con tornillos que son fácilmente removibles, lo que ha provocado que personal externo abra las tapas y arroje basura como latas de

pintura que usaron para grafitear paredes, como lo muestra la figura 3.14 b). Todos estos actos se presentan debido a la falta de vigilancia y es que estos tanques (vivero alto) se encuentran dentro de la reserva de Ciudad Universitaria, alejados de construcciones y con un área de amortiguamiento muy extensa. En tanque bajo y tanque alto se determinaron riesgos moderados debido a que las tapas de los tanques no cuentan con candados, pero no se detectan actos vandálicos ya que estos tanques están cercados en su área perimetral, sólo tiene acceso personal autorizado y el tanque bajo se encuentra dentro de las instalaciones del taller del agua de la Dirección General de Obras y conservación.

### 3.2.4.3 Distribución

Con las actividades de validación de la red de distribución de agua potable también se visitaron los registros o uniones entre tuberías. La mayor parte de las uniones entre tuberías se hace a través de juntas mecánicas, independientemente del tipo del material de la tubería; en los registros se determinaron malas condiciones de las válvulas y accesorios, pues se encuentran oxidados y muchos de ellos ya cumplieron su tiempo de vida útil.



a) Tapa de registro.

b) Válvulas de seccionamiento.

Figura 3.15 a) y b). Tapa y válvulas dentro del registro.

Existen registros muy profundos (7m) como es el caso del que se encuentra ubicado en la Facultad de Arquitectura, lo que representa un riesgo para el personal de la DGOyC, cuando tiene que ingresar para hacer cambios y remodelaciones.



Figura 3.16. Crucero de la red de distribución de agua potable. Línea de 10" con derivaciones a 4".

La red de agua potable en Ciudad Universitaria no es sólo subterránea, también existe red superficial ubicada en los sectores hidráulicos IV y V, donde se encuentra los talleres de conservación, la Dirección General de Obras y Conservación, el museo universum, las salas culturales, entre otros institutos y dependencias; esta tubería superficial tiene un diámetro de 4 y 6 pulgadas con una cédula de espesor de entre 1.5 y 2 pulgadas. Toda la tubería es relativamente nueva (2004), se encuentra pintada de color verde, como lo marca la norma de redes de distribución de agua potable.



a)

b)

Figura 3.17 a) y b).- Tubería superficial de agua potable.

Con la inspección visual se detectaron algunos riesgos moderados como son la ruptura de tubería en caso de volcaduras de automóvil (situación extrema), aunque esta situación es un supuesto que nunca ha ocurrido. Otro riesgo es la detección de fugas ya que la tubería pasa por zonas de reserva.



#### 3.2.4.4 Desfogue- purga de tuberías

En los cruceros o registros de Ciudad Universitaria que se encuentran en las partes bajas se realiza un desfogue o purgado cada mes para eliminar sedimentos acumulados, óxidos, lodos, aire que se encuentra dentro de las tuberías. Tal es el caso del crucero “Los bigotes” que se encuentra en la zona de institutos, en el sector hidráulico IV.



Figura 3.18.- Desfogue o purga del crucero “Los bigotes” en el sector hidráulico IV.

Mientras se realizaba la validación de la red de distribución de agua potable se observaron fugas en la misma ( Figura 3.19 a ), determinándose riesgos moderados y altos pues en algunos puntos la tubería es muy antigua, se observó una mala planeación en cuanto a la construcción de redes de agua potable, energía eléctrica y red de agua residual como se observa en la Figura 3.19 c); a su vez se detecto que el personal de la Dirección General de Obras y Conservación no utiliza ropa adecuada, ni el equipo de protección debido para realizar su trabajo, ver b) de la Figura 3.19.



a)

b)

c)

Figura 3.19 a), b) y c) Riesgos en fugas de la red de agua potable

### 3.2.4.5 Cisternas

A partir de los tres tanques de almacenamiento, el agua es distribuida a la red principal y enviada a las dependencias, donde se encuentran algunas cisternas menores para el almacenamiento del agua. Se han determinado 64 cisternas en Ciudad Universitaria según datos de balance hidráulico y calidad del agua, PUMAGUA. Algunas cisternas cuentan con pintura en sus muros, candados en las tapas, otras tienen área de amortiguamiento y se encuentran cercadas; es responsabilidad de cada dependencia dar mantenimiento y limpieza a la cisterna que les da servicio.

Se determinaron riesgos altos en el 70% de las cisternas pues en algunos casos no se les ha dado mantenimiento desde hace 2 años. Con la inspección visual realizada al sistema se ubicaron cisternas con tapas corroídas y que ya cumplieron su tiempo de vida útil, así como las escaleras submarinas que se encuentran dentro de las mismas generando un foco de contaminación para la calidad del agua y un punto crítico de todo el sistema de abastecimiento de agua potable.

Existen cisternas como la que se encuentra ubicada en el multifamiliar que requiere mantenimiento urgente, pues el equipo hidroneumático está en malas condiciones, la cisterna no cuenta con los accesos adecuados ya que se ubica dentro de un almacén donde se observa la acumulación de cajas, tubos y materiales fuera de lugar.

En las siguientes imágenes (Figura 3.20 y 3.21) se observa el estado actual de las tapaderas y escaleras submarinas en las cisternas.



a) Tapa de cisterna ubicada en el almacén puerta 4 Av. del Imán b) Escalera submarina corroída ubicada en la cisterna del Instituto de investigaciones en materiales.

Figura 3.20. Estado físico actual de tapas y escaleras submarinas en las cisternas.

Durante los recorridos por las cisternas se detecto fauna nociva muerta (ardilla) dentro de la cisterna que abastece a la unidad de seminario, cerca del jardín botánico. Lo anterior indica que se requiere especial atención y monitoreos constantes en ella, así como el colocar malla protectora en los ductos de ventilación.



Figura 3.21. Fauna nociva muerta dentro de la cisterna

Con la inspección visual y los análisis realizados a la calidad del agua en las cisternas se detectan puntos críticos en esta etapa del sistema de la red de distribución de agua potable, siendo uno de los peligros prioritarios para atender y plantear soluciones que mitiguen estos riesgos y eventos peligrosos.

### 3.2.4.6 Pozos de absorción

En el Campus Ciudad Universitaria existen 16 pozos de absorción, estos son excavaciones profundas en el subsuelo con la finalidad de infiltrar el agua de lluvia, aliviar el sistema de drenaje, evitar inundaciones y así recargar al acuífero.



a) Equipo utilizado para limpieza de pozos de absorción (Draga)

Figura 3.22 a) y b) Pozo de absorción en Ciudad Universitaria.

Durante los recorridos por la red de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria se visitaron dos pozos de absorción, uno ubicado en la Facultad de Filosofía y Letras y el otro en la Facultad de Medicina; se les realiza limpieza una vez al año y la UNAM cuenta con su equipo (Draga) para realizar estas actividades (Figura 3.22).

### **3.3 EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO**

#### **(Etapa 2, fase 3)**

Los peligros se definen como agentes físicos, biológicos, químicos radiológicos que pueden dañar la salud pública. También son definidos como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural perturbador potencialmente dañino, de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado. (OMS, Ginebra, 2009).

El riesgo es la posibilidad de ocurrencia de peligros identificados que causan daño a las poblaciones expuestas en un rango de tiempo determinado (OMS, Ginebra, 2009). Para la evaluación de peligros y caracterización de los riesgos en la red de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria se utilizó el método semi cuantitativo o matriz de riesgo propuesta por la Organización Panamericana de la Salud, con la finalidad de dar puntuación al peligro y clasificar el riesgo.

Este método comprende la probabilidad o frecuencia en la columna vertical izquierda con la gravedad o consecuencia en la fila horizontal superior como se ejemplifica en la tabla 3.3. Ésta matriz de evaluación de riesgos fue una herramienta para facilitar la caracterización de riesgos en el sistema de agua potable en Ciudad Universitaria.

Una vez identificados los eventos peligrosos del sistema de abastecimiento de agua, se especificaron las consecuencias de cada fuente de peligro, para poder establecer y documentar las prioridades de la gestión de riesgos. La tabla 3.14 presenta los eventos peligrosos más significativos por componente del sistema, considerando aquellos índices de 15 o mayores como riesgos muy altos o altos de acuerdo a la matriz de riesgo.

Tabla 3.13.- Método semi cuantitativo basado en la matriz de riesgo

GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA						
	Efecto nulo o insignificante clasificación: 1	Efecto en el cumplimiento leve clasificación:2	Efecto organoléptico moderado clasificación: 3	Efecto reglamentario grave clasificación: 4	Efecto catastrófico en la salud pública clasificación: 5	
PROBABILIDAD O FRECUENCIA	Casi siempre/ Una vez al día- clasificación 5	5	10	13	20	25
	Probable / Una vez por semana- clasificación:4	4	8	12	16	20
	Moderada / Una vez al mes- clasificación: 3	3	6	9	12	15
	Improbable / Una vez al año- clasificación: 2	2	4	6	8	10
	Excepcional / Una vez cada 5 años- clasificación:1	1	2	3	4	5

Puntuación del riesgo	<6	6-9	10-15	>15
<b>Clasificación del riesgo</b>	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

Fuente: Deere, 2001.

Tabla 3.14.- Identificación de peligros y caracterización del riesgo en los componentes del sistema

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Caracterización del riesgo		Consecuencia de los eventos peligrosos
		Puntaje	Nivel	
<b>Captación</b>				
Pozo Química	Mala dosificación del desinfectante (Hipoclorito de sodio NaOCl)	15	Muy Alto	Si la dosis es muy baja puede haber contaminación microbiológica y a dosis elevadas efectos adversos en la salud del consumidor.
	Determinación de bacterias heterotróficas	10	Alto	Especial atención en la detección de este tipo de microorganismos ya que no existe normatividad para comparar datos.
Pozo Vivero Alto	Concentraciones altas de nitratos	10	Alto	Si la concentración de Nitratos rebasa la NOM-127-SSA1-1994, el agua no puede ser consumida por humanos.
	Presencia de coliformes fecales	10	Alto	La NOM-127-SSA1-1994 indica que debe ser ausente este parámetro y se detecta presencia de patógenos.
	Detección de <i>Salmonella spp</i>	10	Alto	Especial atención en la detección de este tipo de microorganismos ya que no existe normatividad para comparar datos.
Pozo Multifamiliar	Determinación de bacterias heterotróficas	10	Alto	Especial atención en la detección de este tipo de microorganismos ya que no existe normatividad para comparar datos.
	Detección de estafilococos	10	Alto	
Pozos Multifamiliar y Vivero Alto	Desinfección con Gas Cloro	15	Muy Alto	La OMS ha recomendado no utilizar gas cloro como desinfectante debido a la peligrosidad en su uso, almacenamiento y traslado.

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Caracterización del riesgo		Consecuencia de los eventos peligrosos
		Puntaje	Nivel	
<b>Almacenamiento</b>				
Tanque Bajo	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	15	Muy Alto	Bajas concentraciones de cloro en tanques de almacenamiento incrementan el riesgo de crecimiento bacteriano en el agua potable, además de generar un agua no apta para consumo humano.
Tanques Vivero Alto (4)	Cloro libre residual por arriba del límite superior de la NOM-127-SSA1-1994.	10	Alto	Agua sobre clorada en este tanque que estaría generando sub productos de la cloración como haloformas.
	Actos vandálicos	10	Alto	Contaminación del agua almacenada por depósito de residuos sólidos como botellas, latas, piedras, etc. dentro de los tanques.
Sistema de Almacenamiento	Falta de datos con la dosis de cloro aplicado por parte de la DGOyC.	-	-	No se logra aplicar el simulador en EPANET del cloro residual en la red de distribución.
<b>Red de distribución (Puntos de Consumo)</b>				
(Ed. 5 II-UNAM <sup>3</sup> )		5	Bajo	El agua es apta para consumo humano.
Caseta de Vigilancia 1	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	10	Alto	Bajas concentraciones de cloro en puntos de consumo incrementan el riesgo de crecimiento bacteriano en el agua potable, además de generar un agua no apta para consumo humano.
Posgrado de Odontología		10	Alto	
Dirección General de Administración Escolar (DGAE)		10	Alto	

<sup>3</sup> II-UNAM.- Instituto de Ingeniería.



Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Caracterización del riesgo		Consecuencia de los eventos peligrosos
		Puntaje	Nivel	
Centro de Ciencias de la Atmósfera	Cloro libre residual por arriba del límite superior de la NOM-127-SSA1-1994.	10	Alto	Agua sobre clorada en este tanque que estaría generando sub productos de la cloración como haloformos.
Caseta de Vigilancia 6	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	10	Alto	Bajas concentraciones de Cloro en puntos de consumo incrementan el riesgo de crecimiento bacteriano en el agua potable, además de generar un agua no apta para consumo humano.
Tienda UNAM		10	Alto	
UNIVERSUM		10	Alto	
(Tubería, válvulas y accesorios)	Falta de mantenimiento y limpieza (corroídas, obsoletas)	9	Medio	Entrada de contaminación microbiológica, interrupción del servicio de agua dependiendo de la zona de fuga.
Tubería superficial	Ruptura de tubería por volcadura de automóvil.	5	Bajo	Debido al grosor de la tubería es un riesgo mínimo que haya ruptura de la misma, además, hasta el momento no se detecta ningún incidente de esta índole.
<b>Semáforo de calidad del agua (cloro residual libre)</b>				
(Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))				
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro Residual libre fuera de norma NOM-127-SSA1-1994.	15	Muy Alto	Bajas concentraciones de Cloro en puntos de consumo incrementan el riesgo de crecimiento bacteriano en el agua potable, además de generar un agua no apta para consumo humano y agua sobre clorada en los puntos de consumo puede generar sub productos de la cloración como haloformos y daños en la salud, inclusive cáncer.

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Caracterización del riesgo		Consecuencia de los eventos peligrosos
		Puntaje	Nivel	
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro Residual dentro de norma NOM-127-SSA1-1994.	6	Bajo	Las determinaciones del cloro residual libre en estas dependencias se encuentran dentro de norma.
<b>Monitoreo balance hidráulico (detección de fugas)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))				
<b>Institutos (24)</b>				
Instituto de Ecología	Pérdida de agua potable que supera los 40,000 l/d	15	Muy Alto	Pérdida del recurso hídrico, disminución del nivel de agua en los tanques, ocasionando que otros institutos se queden sin el servicio.
4 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	10	Alto	
Instituto de Fisiología Celular y el Instituto de Astronomía	No cuentan con medidores	9	Medio	Es un punto crítico que debe ser tomado en cuenta, los institutos y dependencias que no cuentan con medidores, pues no se sabe sus consumos de agua y muchos menos las pérdidas dentro de los mismos.
17 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	6	Bajo	Pérdida del recurso hídrico, disminución del nivel de agua en los tanques, ocasionando que otros institutos se queden sin el servicio.
<b>Dependencias (44)</b>				
4 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	10	Alto	Pérdida del recurso hídrico, disminución del nivel de agua en los tanques, ocasionando que otras dependencias se queden sin el servicio.
28 Dependencias (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores	9	Medio	Es un punto crítico que debe ser tomado en cuenta como urgente, pues no se conocen los consumos de agua.

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Caracterización del riesgo		Consecuencia de los eventos peligrosos
		Puntaje	Nivel	
12 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	6	Bajo	Disminución del nivel de agua en los tanques, ocasionando que otras dependencias se queden sin el servicio.
<b>Facultades (23)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))				
Facultad de Odontología	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	10	Alto	Pérdida del recurso hídrico, disminución del nivel de agua en los tanques, ocasionando que otras facultades se queden sin el servicio.
16 Facultades (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores	9	Medio	Es un punto crítico que debe ser tomado en cuenta, los institutos y dependencias que no cuentan con medidores, pues no se sabe sus consumos de agua y muchos menos las pérdidas dentro de los mismos.
6 Facultades (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	6	Bajo	Disminución del nivel de agua en los tanques, ocasionando que otras facultades se queden sin el servicio.
Red de distribución	Ruptura de tubería por sismo.	6	Bajo	Pérdida de agua potable, interrupción del servicio en un sector hidráulico específico.
	Inundaciones	6	Bajo	Contaminación de agua potable debido a la inundación, que podría infiltrarse desde los pozos, o en algunas cisternas de Ciudad Universitaria.
	Robos de piezas o accesorios de la red de agua potable	7	Medio	Pérdida de piezas, interrupción del servicio de agua potable, gastos innecesarios para sustituir accesorios de la red de agua, etc.

En el apartado de ANEXO II correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria, se encuentran las tablas en extenso que reporta el área de “calidad del agua” PUMAGUA, respecto al cloro libre residual muestreado en cada dependencia, durante los meses de abril y mayo de 2011; donde se realizaron 5 muestreos en cada dependencia encontrándose diferentes puntos críticos y de control. En ellas se menciona el sitio de muestreo así como la procedencia (tanque) del suministro de agua.

Estas tablas forman parte de la página electrónica del “Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM, PUMAGUA” y pueden ser consultadas por el público en general a través del “semáforo de calidad del agua” que es una estrategia para dar a conocer cuales dependencias están en riesgo (foco rojo) y cuales se encuentran estables (foco verde).

Así mismo, en el apartado de ANEXO II correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria, se encuentran los resultados del programa para detección y reducción de pérdidas en la red principal, que puso en marcha el área de “balance hidráulico” PUMAGUA, junto con personal de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC).

Este consistió en detectar, localizar y reparar fugas en líneas principales así como de sectorizar y controlar presiones haciendo uso de equipos para detección de fugas (un geófono y un correlador simple).

En el Campus de Ciudad Universitaria, UNAM, existen 24 Institutos, 44 Dependencias y 23 Facultades en total; de esta manera se encuentran agrupados en las tablas del apartado de ANEXOS, donde encontramos el nivel de riesgo por cada entidad analizada, que va de Muy Alto hasta Bajo, dependiendo del caudal de pérdidas de agua potable que se haya detectado.

En el ANEXO II se presenta también el semáforo de consumos de agua por dependencia durante los primeros meses del año 2011, mismo que se encuentra

reportado en la página web del proyecto PUMAGUA. Haciendo un análisis de la información mostrada en las tablas de consumos de agua, se encuentra:

- ❖ La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia así como la Facultad de Odontología son las dependencias con mayor consumo de agua potable, debido al tamaño de su población y a la presencia de laboratorios y clínicas que dan servicio al público.
- ❖ La Facultad de Filosofía y Letras tiene el menor consumo de agua potable, debido a la temporada vacacional.
- ❖ El Instituto de Física presenta el mayor consumo de agua potable por la fuga que había al interior de sus instalaciones, mientras que en el Instituto de Investigaciones Biomédicas se suman el consumo de los conjuntos viejo y nueva sede.
- ❖ En el Instituto de Investigaciones Jurídicas, así como en todos los Institutos de la Coordinación de Humanidades, se tienen bajos consumos, puesto que el tamaño de su población es reducido y no tienen actividades que requieran el recurso líquido, como es el caso de los laboratorios.
- ❖ Una de las dependencias con alto consumo de agua potable es la Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas debido a la cantidad de agua potable que utilizan para riego en los campos de “Pumitas”.
- ❖ El suministro en Universum se redujo en el mes de julio, debido a las actividades de reparación de fugas en sus instalaciones.

### 3.4 DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (PCC) Y MEDIDAS DE CONTROL (Etapa 2. Fase 4)

Un **punto crítico** es una etapa en el sistema de agua, donde se puede aplicar una medida de control para prevenir o eliminar un peligro para la seguridad del agua potable. Se entiende como **medida preventiva** a una acción o proceso dado, diseñada para reducir la probabilidad de que un evento suceda. (OMS, Ginebra, 2009).

La determinación de Puntos Críticos de Control (PCC) y puntos de control (PC), se realizó con base en los riesgos ya caracterizados, analizándose de la siguiente manera: si se pierde el control ¿Es probable que ocurra un riesgo significativo para la salud? si la respuesta a esta interrogante es afirmativa, dicho puntos es un PCC; de los contrario es solamente un punto de control (PC). Las medidas de control se establecieron para los PCC, con el propósito de eliminar, evitar o reducir hasta un nivel aceptable, un peligro para la seguridad del agua. Para tal efecto se utilizo el diagrama que muestra la figura 3.23.

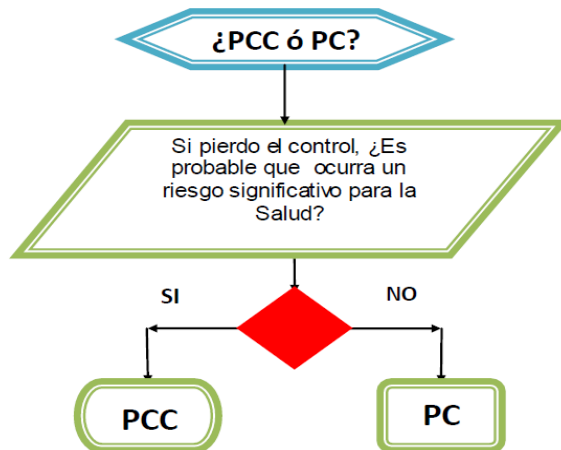


Figura 3.23.- Determinación de puntos críticos y medidas de control.

Haciendo uso de la información obtenida en la etapa anterior, "Evaluación del Peligro y caracterización del riesgo", se identificaron los eventos peligrosos que es necesario controlar y monitorear, dado que afectan directamente la calidad del agua de consumo humano. Para ello fue necesario la determinación de Puntos Críticos (PC) y Puntos Críticos de Control (PCC) como se expresa en la tabla 3.15.

**Tabla 3.15.- Determinación de puntos críticos y medidas de control**

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Determinación de PCC ó PC		Medidas de control
		Se puede perder el control	PCC ó PC	
<b>Captación</b>				
Pozo Química	Mala dosificación del desinfectante (Hipoclorito de sodio NaOCl)	Si	PCC	Cambiar el sistema de desinfección por un equipo automatizado y con dosificación constante.
	Determinación de Bacterias Heterotróficas	Si	PCC	Mejorar el sistema de desinfección, prestar atención en este tipo de microorganismos pues no se encuentran normados.
Pozo Vivero Alto	Concentraciones altas de Nitratos	Si	PCC	Monitoreo constante para evaluar la calidad del agua, investigar posibles causas de la contaminación por nitratos. (Infiltraciones)
	Presencia de Coliformes Fecales	Si	PCC	Monitoreo contante, mejoras en el sistema de desinfección, evitar infiltraciones posiblemente de aguas residuales no tratadas al acuífero.
	Detección de Salmonella spp	Si	PCC	Mejorar el sistema de desinfección, prestar atención en este tipo de microorganismos pues no se encuentran normados.
Pozo Multifamiliar	Determinación de Bacterias Heterotróficas	Si	PCC	Mejorar el sistema de desinfección, prestar atención en este tipo de microorganismos pues no se encuentran normados.
	Detección de Estafilococos	Si	PCC	

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Determinación de PCC ó PC		Medidas de control
		Se puede perder el control	PCC ó PC	
Pozos Multifamiliar y Vivero Alto	Desinfección con Gas Cloro	Si	PCC	Cambiar el sistema de desinfección por un equipo automatizado y con dosificación constante; utilizar otro desinfectante en lugar de gas cloro.
<b>Almacenamiento</b>				
Tanque Bajo	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1- 1994.	Si	PCC	Cambiar el sistema de desinfección por un equipo automatizado y con dosificación constante.
Tanques Vivero Alto (4)	Cloro libre residual por arriba del límite superior de la NOM-127-SSA1-1994.	Si	PCC	Determinar la causa del incremento en la dosis de cloro dentro del tanque, cambiar el sistema de dosificación de cloro desde los pozos.
	Actos vandálicos	No	PC	Incrementar los sistemas de seguridad en tanques, vigilancia diaria, monitoreo continuo, fomentar la educación ambiental y la participación ciudadana.
Sistema de Almacenamiento	Falta de datos con la dosis de cloro aplicado por parte de la DGOyC.	No	PC	Monitorear las dosificaciones de cloro y registrar datos de manera continua y permanente.
<b>Red de distribución (Puntos de Consumo)</b>				
(Ed. 5 II-UNAM <sup>4</sup> )	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1- 1994.	Si	PCC	Cambiar el sistema de dosificación de cloro en el pozo Química, monitorear el cloro libre residual dentro de los edificios.
Caseta de Vigilancia 1		Si	PCC	Cambiar el sistema de dosificación de cloro en los pozos, monitorear el cloro libre residual dentro de los edificios.

<sup>4</sup> II-UNAM.- Instituto de Ingeniería.



Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Determinación de PCC ó PC		Medidas de control
		Se puede perder el control	PCC ó PC	
Posgrado de Odontología	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	SI	PCC	Cambiar el sistema de dosificación de cloro en los pozos, monitorear el cloro libre residual en las cisternas y dentro de los edificios.
Dirección General de Administración Escolar (DGAE)				
Centro de Ciencias de la Atmósfera				
Caseta de Vigilancia 6				
Tienda UNAM				
UNIVERSUM				
(Tubería, válvulas y accesorios)	Falta de mantenimiento y limpieza (corroídas, obsoletas)	No	PC	Adoptar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo respecto a la infraestructura física de la red de agua potable, realizar monitoreo de inspección visual y con equipo especializado para detección de rupturas, fugas, así como accesorios y equipos que han cumplido su tiempo de vida útil.
Tubería superficial	Ruptura de tubería por volcadura de automóvil.	No	PC	Debido al grosor de la tubería es un riesgo mínimo que haya ruptura de la misma, además, hasta el momento no se detecta ningún incidente de esta índole.

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Determinación de PCC ó PC		Medidas de control
		Se puede perder el control	PCC ó PC	
<b>Semáforo de calidad del agua (cloro residual libre)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))				
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro Residual libre fuera de norma (NOM-127-SSA1-1994.)	Si	PCC	Cambiar el sistema de dosificación de cloro desde los pozos, monitorear el cloro en tanques y cisternas, así como en puntos de consumo.
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro Residual dentro de norma (NOM-127-SSA1-1994.)	Si	PCC	Las determinaciones del cloro residual libre en estas dependencias se encuentran dentro de norma.
<b>Monitoreo balance hidráulico (detección de fugas)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))				
<b>Institutos (24)</b>				
Instituto de Ecología	Pérdida de agua potable que supera los 40,000 l/d	No	PC	Cambio de tuberías en el sector hidráulico, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable.
4 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	No	PC	
Instituto de Fisiología Celular y el Instituto de Astronomía	No cuentan con medidores	No	PC	
17 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	No	PC	
<b>Dependencias (44)</b>				
4 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	No	PC	Cambio de tuberías en el sector hidráulico, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red.

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Determinación de PCC ó PC		Medidas de control
		Se puede perder el control	PCC ó PC	
28 Dependencias (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores	No	PC	Instalación de medidores para consumo de agua potable, monitorear la cantidad de agua consumida
12 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	No	PC	Cambio de tuberías en el sector hidráulico, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable.
<b>Facultades (23)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))				
Facultad de Odontología	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	No	PC	Cambio de tuberías en el sector hidráulico, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable.
16 Facultades (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores	No	PC	Instalación de medidores para consumo de agua potable, monitorear la cantidad de agua consumida y la calidad de la misma dentro de las dependencias.
6 Facultades (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	No	PC	Reparación o cambio de tuberías, según sea el caso, en el sector hidráulico correspondiente, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable.

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Determinación de PCC ó PC		Medidas de control
		Se puede perder el control	PCC ó PC	
Red de distribución	Ruptura de tubería por sismo.	No	PC	Cambio de tuberías en el sector hidráulico correspondiente, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable después del siniestro.
	Inundaciones	Si	PCC	Ubicar zonas más vulnerables a inundación, en caso de los pozos, cercado especial de estos para evitar infiltración de agua contaminada.
	Robos de piezas o accesorios de la red de agua potable	No	PC	Incrementar la vigilancia del sistema de agua potable, realizar monitoreo constante, evitar dejar obras en construcción sin el debido resguardo, mantener los registros y conexiones con candados en las tapas.

### 3.5 ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES CRÍTICOS (Etapa 3, fase 5)

En un PSA, monitoreo es el acto de conducir una serie planificada de observaciones o medidas, de los límites operacionales y/o críticos, para evaluar si los componentes del sistema de abastecimiento de agua están funcionando adecuadamente. (Bartram, J, 2009). Un límite crítico es un valor que, si se excede o está por debajo (límite mínimo-límite máximo), puede comprometer el nivel de servicio para los objetivos establecidos.

Los límites críticos de control (LCC) permiten verificar si un punto crítico de control (PCC) está controlado. Las Normas Oficiales Mexicanas para la calidad del agua potable determinan los LCC para el agua potable en cuanto a los parámetros allí contenidos.

Para cada evento peligroso de los PCC, se establecieron parámetros y porcentajes (límites de control), fácilmente mensurables, que permitirán verificar si las medidas adoptadas (actividades y operaciones), han contribuido a la reducción de peligros en cada parte o componente del sistema de abastecimiento de agua potable en el Campus de Ciudad Universitaria.

Los parámetros utilizados como referencia para análisis (bacteriológicos, organolépticos, físicos y químicos) de calidad de agua son los incluidos en la **NOM-127-SSA1-1994** “Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización” (DOF, 2000).

Con base en lo anterior, se establecen los límites críticos mostrados en la tabla 3.16.

**Tabla 3.16.- Establecimiento de límites críticos para monitorear los PCC del sistema de agua potable**

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Límite crítico	Referencia
<b>Captación</b>			
Pozo Química	Mala dosificación del desinfectante (Hipoclorito de sodio NaOCl) (Datos en ANEXO II, "Establecimiento de límites críticos" página 195)	Dosis de NaOCl 1.2 mg/l	Dosis calculada por PUMAGUA (Orta <i>et al</i> , 2010), según volumen de agua desinfectada.
	Determinación de bacterias heterotróficas	No se dispone de norma referencia	Especial atención en este tipo de detección ya que no existe normatividad para comparar datos.
Pozo Vivero Alto	Concentraciones altas de nitratos	Límite máximo admisible 10 mg/l	Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua potable NOM-127-SSA1-1994.
	Presencia de coliformes fecales	Ausencia NMP/100 ml	
	Detección de <i>Salmonella spp</i>	No se dispone de norma referencia	Especial atención en este tipo de detección ya que no existe normatividad para comparar datos.
Pozo Multifamiliar	Determinación de bacterias heterotróficas	No se dispone de norma referencia	Especial atención en este tipo de detección ya que no existe normatividad para comparar datos.
	Detección de estafilococos	No se dispone de norma referencia	

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Límite crítico	Referencia
Pozos multifamiliar y vivero alto	Desinfección con gas cloro (Datos en ANEXO II, "Establecimiento de límites críticos" página 195)	Dosis de cloro gas pozo multifamiliar 4.16 mg/l pozo vivero alto 2.51 mg/l	Dosis calculada por PUMAGUA (Orta <i>et al</i> , 2010), según volumen de agua desinfectada.
<b>Almacenamiento</b>			
Tanque bajo	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	0.2 – 1.50 mg/l	Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua potable NOM-127-SSA1-1994.
Tanques vivero alto (4)	Cloro libre residual por arriba del límite superior de la NOM-127-SSA1-1994.	0.2 – 1.50 mg/l	
	Actos vandálicos	Ausencia de actos vandálicos	Reglamento General de Seguridad en la UNAM
Sistema de almacenamiento	Falta de datos con la dosis de cloro aplicado por parte de la DGOyC.	Dosis de cloro libre residual 0.2 – 1.50 mg/l	Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua potable NOM-127-SSA1-1994.
<b>Red de distribución (Puntos de Consumo)</b>			
(Ed. 5 II-UNAM <sup>5</sup> )	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	0.2 – 1.50 mg/l	Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua potable NOM-127-SSA1-1994.
Caseta de vigilancia 1			
Posgrado de Odontología			
Dirección General de Administración Escolar (DGAE)	Cloro libre residual por arriba del límite superior de la NOM-127-SSA1-1994	0.2 – 1.50 mg/l	Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua potable NOM-127-SSA1-1994.
Centro de Ciencias de la Atmósfera			
Caseta de vigilancia 6			
Tienda UNAM			
UNIVERSUM	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.		

<sup>5</sup> II-UNAM.- Instituto de Ingeniería.

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Límite crítico	Referencia
(Tubería, válvulas y accesorios)	Falta de mantenimiento y limpieza (corroídas, obsoletas)	Funcionamiento en óptimas condiciones	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua potable.
Tubería superficial	Ruptura de tubería por volcadura de automóvil.	Ausencia de fugas por ruptura	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
<b>Semáforo de calidad del agua (cloro residual libre)</b>			
(Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))			
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro residual libre fuera de norma (NOM-127-SSA1-1994.)	0.2 – 1.50 mg/l	Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua potable NOM-127-SSA1-1994.
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro residual dentro de norma (NOM-127-SSA1-1994.)		
<b>Monitoreo balance hidráulico (detección de fugas)</b>			
(Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))			
<b>Institutos (24)</b>			
Instituto de Ecología	Pérdida de agua potable que supera los 40,000 l/d	Interrupción del servicio no mayor de 12 horas, para reparar fugas.	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
4 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40,000 l/d		
Instituto de Fisiología Celular y el Instituto de Astronomía	No cuentan con medidores		



Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Límite crítico	Referencia
17 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	Interrupción del servicio no mayor de 12 horas, para reparar fugas.	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
<b>Dependencias (44)</b>			
4 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	Interrupción del servicio no mayor de 12 horas, para reparar fugas.	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
28 Dependencias (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores		
12 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	Interrupción del servicio no mayor de 12 horas, para reparar fugas.	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
<b>Facultades (23)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))			
Facultad de Odontología	Pérdidas de agua potable entre 801- 40,000 l/d	Interrupción del servicio no mayor de 12 horas, para reparar fugas.	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
16 Facultades (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores		
6 Facultades (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	Interrupción del servicio no mayor de 12 horas, para reparar fugas.	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
Red de distribución	Ruptura de tubería por sismo.	Ausencia de tuberías dañadas.	Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.
	Inundaciones	Mantener la calidad del agua libre de patógenos, partículas suspendidas, etc.	Norma Oficial Mexicana para la calidad de agua potable NOM-127-SSA1-1994.
	Robos de piezas o accesorios de la red de agua potable	Ausencia de robos o pérdidas de equipo y accesorios.	*Reglamento General de Seguridad en la UNAM *Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002.

### 3.6 ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE MONITOREO DE LOS PCC

#### (Etapa 3, fase 6)

Después de haber determinado las medidas de control y los límites críticos en las etapas anteriores, se estableció el monitoreo operativo contestando a las siguientes preguntas:

- ¿Qué se va a monitorear?
- ¿Cómo va a monitorearse?
- ¿Momento y frecuencia del monitoreo?
- ¿Dónde va a monitorearse?
- ¿Quién va a realizar el monitoreo?
- ¿Quién realizará el análisis?
- ¿Quién recibirá los resultados y deberá tomar medidas de control?

Cabe hacer mención que dos áreas del proyecto PUMAGUA, ya se encuentran realizando monitoreo constante en ciertos puntos de la red de distribución de agua potable; el área de “calidad del agua” y la de “balance hidráulico”.

El monitoreo de la calidad del agua consiste en evaluar el cloro libre residual en la red de distribución de Ciudad Universitaria, soportado en criterios de norma, selección estadística de puntos de muestreo y criterios empíricos de muestreo.

Por su parte, el monitoreo del balance hidráulico consiste en detectar, localizar y reparar fugas en líneas principales así como de sectorización y control de presiones, haciendo uso de equipos para detección de fugas (un geófono y un correlador simple), trabajo realizado junto con personal de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC).

En la tabla 3.17 se muestra el establecimiento de sistemas de monitoreo dependiendo de los PCC encontrados durante la inspección del sistema de agua potable.

**Tabla 3.17.- Establecimiento de sistemas de monitoreo de los PCC**

Medida de control	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Quién?
<b>Captación</b>					
<p>*Cambiar el sistema de desinfección por un equipo automatizado y con dosificación constante.</p> <p>*Monitoreo constante de los parámetros que indica la norma oficial mexicana en materia de agua potable.</p> <p>*Prestar atención especial en los microorganismos que no se encuentran normados.</p> <p>*Evitar infiltraciones posiblemente de aguas residuales no tratadas al acuífero.</p> <p>*Investigar posibles causas de la contaminación por nitratos.</p>	Cambio de sistemas de desinfección, por equipo automatizado.	<p>pozo Química</p> <p>pozo vivero alto</p> <p>pozo multifamiliar</p>	A corto plazo	Con un programa de modernización de equipos de cloración.	<p>DGOyC.</p> <p>“Calidad del Agua”</p> <p>“Balance hidráulico”</p> <p>PUMAGUA</p>
<b>Almacenamiento</b>					
<p>Monitorear las dosificaciones de cloro y registrar datos de manera permanente.</p> <p>Incrementar los sistemas de seguridad en tanques, monitoreo continuo, fomentar la educación ambiental y la participación ciudadana.</p>	<p>Monitoreo constante para determinar cloro libre residual</p> <p>Incrementar seguridad en tanques</p>	<p>*tanque alto</p> <p>*tanque bajo</p> <p>*tanque vivero alto</p>	Mensualmente	Programas de monitoreo constante	<p>DGOyC.</p> <p>“Calidad del Agua” PUMAGUA</p>

Medida de control	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Quién?
<b>Red de distribución</b>					
Monitorear el cloro libre residual dentro de las cisternas, optimizar la dosificación de cloro en los pozos.	Monitoreo constante para determinar cloro libre residual	En las 64 cisternas de Ciudad Universitaria	Mensualmente	Programas de monitoreo constante	DGOyC. "Calidad del agua" PUMAGUA
Monitorear el cloro libre residual dentro de los edificios y puntos de consumo humano, optimizar la dosificación de cloro en los pozos.		En los 8 puntos de consumo humano que ha monitoreado PUMAGUA			
Adoptar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo respecto a la infraestructura física de la red de agua potable, realizar monitoreo de inspección visual y con equipo especializado para detección de rupturas, fugas, así como accesorios y equipos que han cumplido su tiempo de vida útil.	Sistema de mantenimiento preventivo y correctivo respecto a la infraestructura física.	En tuberías, válvulas y accesorios del sistema de agua potable	2 veces al año	Programa de mantenimiento de la red de distribución de agua potable	DGOyC. "Balance hidráulico" PUMAGUA
Monitoreo constante de la red de distribución de agua potable superficial.  Inspección visual de la tubería.	Monitoreo constante de la infraestructura física de la red	Tubería superficial, en el sector hidráulico V	Bimestral	Programa de mantenimiento preventivo.	DGOyC. "Balance hidráulico" PUMAGUA
<b>Fugas en puntos de consumo</b>					
Monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable.	Cambio de tuberías para evitar fugas	En 24 Institutos (Ver ANEXO 2)	2 veces al año	Programa de mantenimiento de la red de distribución de agua potable	DGOyC. "Balance hidráulico" PUMAGUA

Medida de control	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Quién?
Instalación de medidores para consumo de agua potable, monitorear la cantidad de agua consumida y la calidad de la misma dentro de las dependencias, cambio de tuberías para evitar fugas en caso de ser necesario.	Instalación de medidores y cambio de tuberías.	En 44 dependencias (Ver ANEXO II)	2 veces al año	Programa de mantenimiento de la red de distribución de agua potable	DGOyC. "Balance hidráulico" PUMAGUA
Reparación o cambio de tuberías, según sea el caso, en el sector hidráulico correspondiente, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable, instalación de medidores en las facultades que no cuenten con estos.	Instalación de medidores, reparación o cambio de tuberías y monitoreo constante.	En 23 Facultades (Ver ANEXO II)			
<b>Situaciones extremas</b>					
Cambio de tuberías en el sector hidráulico correspondiente, monitoreo constante para inspeccionar la situación física de la red de agua potable después del siniestro.	Acciones correctivas para situaciones extremas (sismos)	En cualquier punto de la red de agua potable en Ciudad Universitaria	Cuando se presente la situación	Programa de mantenimiento correctivo	DGOyC
Ubicar zonas más vulnerables a inundación, en caso de los pozos, cercado especial de estos para evitar infiltración de agua contaminada.	Acciones correctivas para situaciones extremas (Inundación)				
<b>Actos vandálicos</b>					
Incrementar la vigilancia del sistema de agua potable, realizar monitoreo constantes, evitar dejar obras en construcción sin el debido resguardo, mantener los registros y conexiones con candados en las tapas.	Mantenimiento preventivo	En toda la red de distribución de agua potable	Mensualmente	Programa de mantenimiento preventivo	DGOyC

### **3.7 ESTABLECIMIENTO DE ACCIONES CORRECTIVAS E INCIDENTALES (Etapa 4, fase 7)**

Con base en a la tabla 3.14 “Identificación del peligro y caracterización del riesgo” se obtuvieron los eventos peligrosos de mayor riesgo y la posterior identificación de Puntos Críticos y de Control. Con esta información es necesario implementar acciones correctivas en el sistema de abastecimiento de agua potable en el Campus de Ciudad Universitaria, para evitar que los peligros lleguen a producirse y causar daños a la salud de la población que hace uso del recurso hídrico.

A continuación se presenta la tabla 3.18.- “Establecimiento de acciones correctivas”, en la que se plantean los eventos peligrosos que se han determinado a partir de inspección visual del sistema, monitoreo de la calidad y cantidad de agua suministrada, etc. También se especifican una serie de acciones correctivas con el fin de mitigar los peligros y se indica a un responsable por actividad planteada.

Cuando se producen eventos peligrosos de una magnitud tal que rebasa las situaciones previstas se debe actuar a través de una serie de acciones incidentales o de emergencia; según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la definición de emergencia es "la aparición fortuita (imprevisto o inesperado) en cualquier lugar o actividad de un problema de causa diversa y gravedad variable que genera la conciencia de una necesidad inminente de atención por parte del sujeto u objeto que lo sufre...".

Posteriormente, la tabla 3.19.- “Acciones incidentales o de emergencia en el sistema de agua potable” se ha preparado con la finalidad de conocer los procedimientos de emergencia que podrían ayudar a mitigar o prevenir ciertos eventos peligrosos.

**Tabla 3.18.- Establecimiento de acciones correctivas**

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Acción correctiva	Responsable
<b>Captación</b>			
Pozo Química	Mala dosificación del desinfectante (Hipoclorito de sodio NaOCl)	Cambio del sistema de desinfección.	Dirección General de Obras y Conservación.
	Determinación de bacterias heterotróficas	-Hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante. -Monitorear este tipo de microorganismo pues no se encuentran normados.	
Pozo vivero alto	Concentraciones altas de nitratos	Monitoreo constante de este parámetro.	*Dirección General de Obras y Conservación. *Calidad del agua PUMAGUA
	Presencia de coliformes fecales	-Hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante.	
	Detección de <i>Salmonella spp</i>	-Monitoreo constante de este tipo de microorganismo.	
Pozo multifamiliar	Determinación de bacterias heterotróficas	-Hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante. -Monitorear este tipo de microorganismo pues no se encuentran normados.	
	Detección de estafilococos		

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Acción correctiva	Responsable
Pozos multifamiliar y vivero alto	Desinfección con gas cloro	Cambio del sistema de desinfección por hipoclorito de sodio	Dirección General de Obras y Conservación.
<b>Almacenamiento</b>			
Tanque bajo	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	-Hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante.	*Dirección General de Obras y Conservación. *Calidad del agua PUMAGUA
Tanques vivero alto (4)	Cloro libre residual por arriba del límite superior de la NOM-127-SSA1-1994.	-Monitoreo constante del cloro libre residual.	
	Actos vandálicos	Implementar un programa preventivo de vigilancia en puntos estratégicos de la red de agua potable en CU.	*Dirección General de Obras y Conservación. *Vigilancia UNAM
Sistema de Almacenamiento	Falta de datos con la dosis de cloro aplicado por parte de la DGOyC.	*Monitoreo contante de la dosificación de cloro desde los pozos, tanques y cisternas.	*Dirección General de Obras y Conservación. *Calidad del agua PUMAGUA
<b>Red de distribución (Puntos de Consumo)</b>			
(Ed. 5 II-UNAM <sup>6</sup> )	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	-Hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante.  -Monitoreo constante del cloro libre residual.	*Dirección General de Obras y Conservación.  *Calidad del agua PUMAGUA
Caseta de Vigilancia 1			
Posgrado de Odontología			
Dirección General de Administración Escolar (DGAE)			
Centro de Ciencias de la Atmósfera			
Caseta de Vigilancia 6	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.		

<sup>6</sup> II-UNAM.- Instituto de Ingeniería.



Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Acción correctiva	Responsable
Tienda UNAM	Cloro libre residual por abajo del límite inferior de la NOM-127-SSA1-1994.	-Hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante. -Monitoreo constante del cloro libre residual.	*Dirección General de Obras y Conservación. *Calidad del agua PUMAGUA
UNIVERSUM			
(Tubería, válvulas y accesorios)	Falta de mantenimiento y limpieza (corroídas, obsoletas)	-Implementación de un programa preventivo de mantenimiento y limpieza.  -Sustitución de materiales y accesorios obsoletos (válvulas, tuberías, codos, niple de acero, etc) por materiales nuevos.	*Dirección General de Obras y Conservación. *Taller del Agua (DGOyC)  *Balance hidráulico PUMAGUA
Tubería superficial	Ruptura de tubería por volcadura de automóvil.	-Implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo en caso de emergencias.	
<b>Semáforo de calidad del agua (cloro residual libre)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))			
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro residual libre fuera de norma (NOM-127-SSA1-1994.)	-Hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante. -Monitoreo constante del cloro libre residual.	*Dirección General de Obras y Conservación. *Calidad del agua PUMAGUA
8 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Cloro residual dentro de norma (NOM-127-SSA1-1994.)	-Monitoreo constante del cloro libre residual.	

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Acción correctiva	Responsable
<b>Monitoreo balance hidráulico (detección de fugas)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))			
<b>Institutos (24)</b>			
Instituto de Ecología	Pérdida de agua potable que supera los 40,000 l/d	-Implementación de un programa preventivo de mantenimiento.  -Sustitución de materiales y accesorios obsoletos (válvulas, tuberías, codos, niple de acero, etc) por materiales nuevos.	*Dirección General de Obras y Conservación.  *Taller del Agua (DGOyC)  *Balance hidráulico PUMAGUA
4 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d		
Instituto de Fisiología Celular y el Instituto de Astronomía	No cuentan con medidores	Instalación de medidores en Institutos que no cuentan con el servicio.	
17 Institutos (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	Implementación de un programa preventivo de mantenimiento.	
<b>Dependencias (44)</b>			
4 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	-Implementación de un programa preventivo de mantenimiento.  -Sustitución de materiales y accesorios obsoletos (válvulas, tuberías, codos, niple de acero, etc) por materiales nuevos.	*Dirección General de Obras y Conservación.  *Taller del Agua (DGOyC)  *Balance hidráulico PUMAGUA
28 Dependencias (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores	-Instalación de medidores en Dependencias que no cuentan con el servicio.	

Componente	Eventos peligrosos (Fuente de peligro)	Acción correctiva	Responsable
12 Dependencias (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	Implementación de un programa preventivo de mantenimiento.	Dirección General de Obras y Conservación. *Taller del Agua (DGOyC) *Balance hidráulico PUMAGUA
<b>Facultades (23)</b> (Ver tablas en apartado de ANEXO II, correspondiente al capítulo 3.- Aplicación de la Metodología de los Planes de Seguridad del Agua en Ciudad Universitaria (Página 179))			
Facultad de Odontología	Pérdidas de agua potable entre 801- 40, 000 l/d	-Implementación de un programa preventivo de mantenimiento. -Sustitución de materiales y accesorios obsoletos (válvulas, tuberías, codos, niple de acero, etc) por materiales nuevos.	*Dirección General de Obras y Conservación.  *Taller del Agua (DGOyC)  *Balance hidráulico PUMAGUA
16 Facultades (Ver ANEXO 2)	No cuentan con medidores	-Instalación de medidores en Dependencias que no cuentan con el servicio.	
6 Facultades (Ver ANEXO 2)	Pérdida de agua potable entre 0-800 l/d	-Implementación de un programa preventivo de mantenimiento.	
Red de distribución	Ruptura de tubería por sismo.	-Implementación de un programa correctivo e incidental para casos extremos en CU.	
	Inundaciones		
	Robos de piezas o accesorios de la red de agua potable	-Incrementar la vigilancia del sistema de agua potable. -Evitar dejar obras en construcción sin el debido resguardo. -Mantener los registros y conexiones con candados en las tapas.	

### 3.7.1 Acciones incidentales (Emergencias)

Las medidas a tomar en cuenta en el momento de producirse eventos de emergencia dentro del Campus de Ciudad Universitaria y que puedan afectar la red de distribución de agua potable ó inclusive la calidad del servicio, es una de las interrogantes que debe satisfacer el Plan de Seguridad del Agua. Para ello se identificaron los eventos peligrosos que puedan causar incidencia directa en la salud de los usuarios del sistema de agua, además de implementar medidas de acción inmediata ante tales condiciones.

**Tabla 3.19.- Acciones incidentales (emergencias) para el sistema de agua potable**

Eventos Peligrosos	Consecuencias	Medidas tomadas	Procedimientos de emergencia
Fugas en la red (Ruptura de tubería por sismos, actos vandálicos, antigüedad de la misma).	-Pérdida del recurso hídrico. -Interrupción del servicio.	- Identificación del sitio. -Cierre del sistema en ese punto. -Cambio de componentes.	- Identificación del punto crítico, dónde se encuentra la fuga, (Sector hidráulico, zona, dependencia, dimensionamiento de la tubería, caudal perdido, etc.); cerrar válvula de control de sector, revisar y evaluar daños, cambio o reubicación de componentes dañados, apertura del sistema, verificación y registro del funcionamiento del sistema en este punto.
Cisternas contaminadas por patógenos. (Ejemplo: Epidemia de Cólera)	-Riesgos en la salud de los usuarios.	-Identificación del sitio. -Cierre del servicio. -Cambio de componentes.	-Identificación del punto crítico, cierre de válvulas, vaciado de cisternas, lavado y enjuagado de las mismas, llenado de la cisterna y apertura del servicio de agua, verificar calidad y cantidad del recurso hídrico, monitoreo constante de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
Inundaciones en pozos.	-Daños en estructuras y en la calidad del agua.	- Identificación del sitio. -Cierre del servicio.	-Identificación del punto crítico, cercado del pozo con malla especial para evitar infiltraciones de agua contaminada, cambio de componentes dañados, apertura del servicio, verificación y monitoreo.

Algunas de las interrogantes que se deben responder tras una emergencia son:

- ❖ ¿Qué ocasionó el problema?
- ❖ ¿Cómo se detectó o reconoció el problema originalmente?
- ❖ ¿Qué medidas fueron necesarias?
- ❖ ¿Qué problemas de comunicación surgieron y como se resolvieron?
- ❖ ¿Qué consecuencias tuvo el problema, inmediatamente y a largo plazo?
- ❖ ¿Cómo funcionaron los procedimientos de emergencia?
- ❖ ¿Qué adecuaciones deben hacerse a los procedimientos de emergencia?

En el marco del trabajo y como una decisión orientada a definir las inversiones necesarias, para mejorar las condiciones de infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable y la calidad del servicio brindado, el Plan de Seguridad del Agua, una vez implementado, permitirá realizar un presupuesto de inversiones para llevar a cabo acciones correctivas en el sistema.

### 3.8 DOCUMENTACIÓN Y COMUNICACIÓN (Etapa 4, fase 8)

En la etapa de documentación se describen las acciones a ser tomadas bajo condiciones de operación normal o eventuales; se documenta la evaluación del sistema y se incluyen actualizaciones y mejoras, así como se comunican y ejecutan programas de apoyo.

Dentro de este mismo módulo, pero en la etapa de Comunicación, se plantea que una vez terminada la estructuración del Plan de Seguridad del Agua, este debe socializarse para crear conciencia y compromiso en las autoridades que velan por el mejoramiento de la calidad del agua en Ciudad Universitaria.

Para la comunicación del presente Plan de Seguridad del Agua (PSA), se plantean los siguientes lineamientos:

- ❖ Presentación del Plan de Seguridad del Agua al equipo de trabajo que conformará el PSA.
- ❖ Presentación de la estructura metodológica del PSA para Ciudad Universitaria al organismo operador del agua en el campus, Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC) así como a personal directivo del proyecto PUMAGUA.
- ❖ Reuniones de retroalimentación y evaluación de avances cada 2 meses (si es posible), por el equipo de trabajo que conformará el PSA.
- ❖ Presentación de presupuestos de acciones correctivas
- ❖ Informar a la población beneficiaria las medidas tomadas para el manejo adecuado de agua de consumo humano.

### 3.9 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA (Etapa 4, fase 9)

Son tres las actividades indispensables que se deben poner en práctica para verificar el funcionamiento eficaz del Plan de Seguridad del Agua para el campus de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, mismo que se plantean en la tabla siguiente.

**Tabla 3.20.- Procedimientos de verificación y validación del Plan de Seguridad del Agua**

Procedimiento	Etapa del sistema de agua potable	Aspectos clave	Periodo de tiempo	Responsable
Monitoreo del cumplimiento	-Tratamiento (desinfección). -Red de conducción y distribución. -Puntos de consumo.	-Monitoreo de microorganismos indicadores. -Dosificación de cloro -Cloro residual libre -Turbidez -Revisión epidemiológica	Mensualmente	-Dirección General de Obras y Conservación Proyecto PUMAGUA -Calidad del agua
Auditoría	-Tratamiento (desinfección). -Líneas de conducción y distribución. -Documentación	-Interna -Externa	*Cada 2 meses  -Cada 3 meses	*Equipo PSA  -Dirección General de Obras y Conservación -Servicios médicos UNAM
Satisfacción de los usuarios	-Red de distribución de agua potable. -Puntos de consumo.	-Visitas a puntos de consumo. -Monitoreo de calidad del agua. -Inspección sanitaria. -Encuestas a los usuarios.	Cada 3 meses	*Equipo PSA  -Dirección General de Obras y Conservación -Proyecto PUMAGUA

La validación consiste en obtener evidencia (a partir de fuentes de información) que los elementos del Plan de Seguridad del Agua, se están cumpliendo y si estos son efectivos. Se propone que durante las reuniones de auditoría se verifique la validación de los objetivos propuestos en este plan con sus respectivos registros.

### **3.10 PROGRAMAS DE APOYO (Etapa 4, fase 10)**

Durante la evaluación del sistema de abastecimiento de agua, se identificaron programas y elementos de apoyo que se están implementando en el Campus de Ciudad Universitaria, UNAM, con el propósito de proteger la infraestructura de la red, la calidad del agua y por ende la salud de los usuarios. En el marco de este diagnóstico se propusieron nuevos programas de apoyo necesarios para la implementación y ejecución del Plan de Seguridad del Agua.

#### **Programas y elementos de apoyo en curso:**

- ❖ Proyecto PUMAGUA
  - Calidad del Agua
  - Balance hidráulico
  - Comunicación y participación
  - Sistema de Información Geográfico
- ❖ Manejo adecuado del agua (DGOyC)
- ❖ Taller del agua (DGOyC)

#### **Programas de apoyo necesarios para mejorar la calidad del agua:**

- ❖ Fortalecer las capacidades de los laboratorios de análisis de calidad del agua (capacitación de recursos humanos, equipamiento e insumos, etc.) tanto de los laboratorios en los institutos que colaboran en el proyecto PUMAGUA como del laboratorio de servicios médicos, UNAM, encargado de monitorear la calidad de agua dentro del Campus.



- ❖ Elaboración y ejecución de un plan de emergencia o de prevención de desastres naturales y antropogénicas.
- ❖ Elaboración de un programa de formación de operarios en: optimización de las operaciones del sistema, técnicas de detección eficaz de eventos peligrosos y cómo prevenir o solucionarlos.

### **3.10.1 Revisión del PSA:**

La revisión del Plan de Seguridad del Agua (PSA), se propone realizar cada 6 meses mediante el continuo análisis de las medidas de control y de los resultados obtenidos, con el fin de realizar los ajustes y modificaciones necesarios.

Los aspectos a considerar en la retroalimentación del PSA para Ciudad Universitaria están relacionados con: cambios del equipo PSA, cambio, mejoras y ampliaciones de obras de captación, tratamientos de desinfección del agua y cambio poblacional. Otros factores a observar para reevaluar periódicamente el PSA es el cambio significativo en la cadena de suministro, que deben documentarse para ser considerados en el proceso nuevamente. Para la comunicación del contenido del presente plan se consideran las siguientes actividades:

- ❖ Presentación del Plan de Seguridad del Agua para Ciudad Universitaria a miembros de equipo de trabajo para revisión y adecuación.
- ❖ Presentación a la Dirección General de Obras y Conservación.
- ❖ Presentación a otras organizaciones involucradas.
- ❖ Reuniones de retroalimentación y evaluación de avances.

# **CAPÍTULO 4**

## **RESULTADOS Y**

### **DISCUSIÓN**

#### 4.1 RESULTADO DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

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.

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.

Haciendo uso del Check List obtenido a partir de la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, 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 4.1.

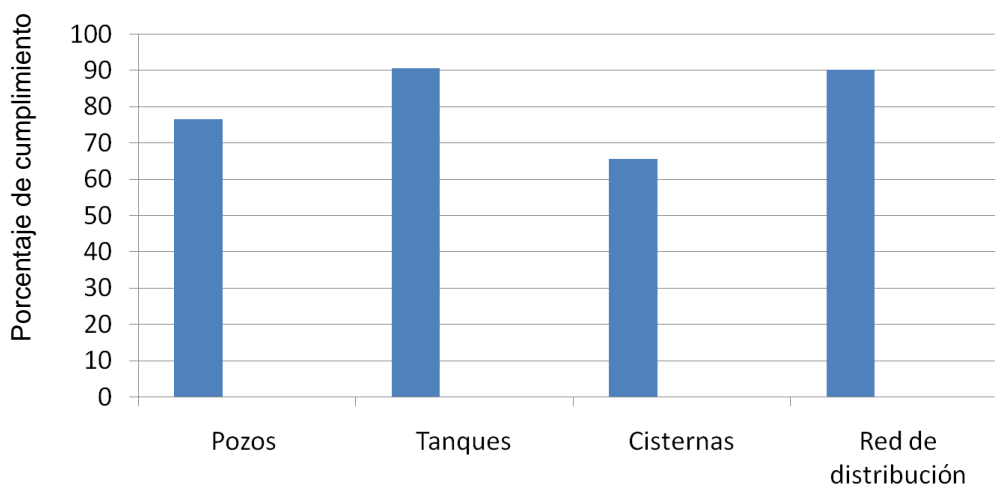


Figura 4.1.- Porcentajes de cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana (NOM-230-SSA1-2002) en el Campus de Ciudad Universitaria.

En la tabla 4.1 se hace un análisis del check list obtenido a partir de la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, donde se muestra el número de elementos del sistema dentro de cada componente que fueron inspeccionados. A su vez se hacen observaciones de si cumple o no cumple con lo establecido por la norma.

**Tabla 4.1.- Análisis por componentes inspeccionados haciendo uso de la Norma Oficial Mexicana (NOM-230-SSA1-2002).**

CHECK LIST NOM-230-SSA1-2002			
Componente del sistema	# de elementos del sistema dentro del componente (Especificaciones)	Cumple con lo establecido en la norma	No cumple con lo establecido en la norma
<b>Pozos</b>	4		2 elementos no cumplen con lo establecido en la norma (El ademe y contrademe sobre salen del terreno 11 cm)
Obras de infraestructura	6	Todas se cumplen	
Dispositivos de ventilación	7		2 especificaciones no se cumplen, la rejillas, tubos y otros ductos no están cubiertos con tela de mosquitero o similar.
<b>Tanques de almacenamiento</b>	8	Todas se cumplen	
Obras de infraestructura	6	Todas se cumplen	
Dispositivos de ventilación	7		2 especificaciones no se cumplen, la rejillas, tubos y otros ductos no están cubiertos con tela de mosquitero o similar.
<b>Red de distribución</b>	4	Todas se cumplen	

Para el caso de los pozos se determinó que dos componentes del sistema no cumplen con lo establecido por la Norma Oficial Mexicana, el ademe y el contrademe pues su medición se registra por debajo de lo establecido. Dentro de los mismos pozos se detecta que los sistemas de desinfección no son los adecuados, pues el pozo Química presenta irregularidades en la cloración, mientras que el pozo vivero alto y multifamiliar desinfectan con cloro gas y este ha sido recomendado no utilizar por la Organización Mundial de la Salud. (OMS, Ginebra, Guía para la calidad del agua potable).

En los tanques de almacenamiento se detectaron algunas irregularidades como la falta de malla protectora en los ductos de ventilación, así como actos vandálicos en los 4 tanques del vivero alto y obras en construcción sin el debido resguardo.

La red en general tiene un porcentaje alto de cumplimiento (90%) a pesar de la antigüedad de la tubería que en algunas zonas tiene más de 50 años.

Aunque es alto el porcentaje de cumplimiento de acuerdo con la norma por cada componente del sistema, esto no significa que no haya riesgos dentro de éste. Como resultado de la inspección visual del sistema, se determinó que el punto crítico prioritario de todo el sistema son las cisternas ya que en las mediciones de cloro libre residual se han encontrado riesgos.

El área de Calidad del Agua ha monitoreado de forma mensual un total de 64 cisternas de almacenamiento de agua para uso y consumo humano del Campus Universitario, desde mayo a noviembre del año 2011 (García, 2009).

Como resultado de este trabajo se ha detectado que la concentración de cloro residual libre en el agua de la mayor parte de las cisternas cumple con los límites recomendados por la norma NOM-127-SSA1-1994, excepto en aquellos casos donde ésta permanece almacenada por tiempos prolongado o bien donde la cisterna está fuera de operación. En la tabla 4.2 se presentan los resultados del monitoreo de cloro libre residual durante los 5 meses que se realizó esta actividad, presentando un análisis de la misma en la tabla 4.3.

Tabla 4.2.- Medición de cloro residual libre en las cisternas (mayo a noviembre de 2011)

Sector Hidráulico	#° de Cisternas	Sitio / Dependencia	Resultados mensuales en mg/L				
			Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
<b>Límites de la NOM-127-SSA1-1994 (2000) (0.2 - 1.5 mg/L)</b>							
I	1	Instituto de Química	0.24	0.74	0.57	0.24	0.31
	2	Instituto de Fisiología Celular	0.76	1.06	0.85	1.07	0.50
	3	Instituto de Geología	0.68	1.30	0.84	0.96	0.93
	4	<b>Facultad de Química</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
	5	Centro de Desarrollo Infantil	1.03	1.30	0.95	1.33	1.15
	6	Facultad de Medicina, torre de Investigaciones	-	0.46	0.21	0.26	0.30
	7	<b>Facultad de Medicina, cafetería</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.24</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>
II	8	Estadio Olímpico Universitario, palomar	-	0.77	0.41	0.80	0.19
	9	Torre de Rectoría	0.93	1.25	1.13	0.78	0.30
	10	Biblioteca Central	1.06	0.95	0.60	0.53	0.14
	11	Torre de Humanidades II	0.79	1.09	0.77	1.04	1.19
	12	Posgrado de Derecho	-	0.63	0.34	0.39	0.07
	13	Facultad de Filosofía y Letras	0.81	1.25	0.80	0.95	0.29
	14	Facultad de Psicología	0.28	0.78	0.46	0.54	0.11
	15	Bicipuma CU	0.75	1.15	1.02	1.11	1.36
III	16	Hospital de Mascotas Banfield	0.74	1.20	1.06	1.07	1.50
	17	Filmoteca UNAM 1	0.23	0.89	0.83	1.18	0.80
	18	Filmoteca UNAM 2	-	0.56	0.55	1.46	0.24
	19	Tienda UNAM #3	1.33	1.03	1.19	0.73	1.01
	20	Facultad de Química, conjunto E (Exterior)	0.68	1.28	1.06	1.04	1.74
	21	Facultad de Química, conjunto E (Interior)	0.84	1.34	1.15	1.23	1.02
	22	Facultad de Química, conjunto D	0.93	1.07	0.86	1.17	0.91
	23	Posgrado de Contaduría	0.97	1.16	1.12	1.18	0.71
	24	Dirección General de Servicios de Computo Académico	0.77	1.29	0.98	1.32	0.52
	25	Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico	1.19	1.26	0.77	0.92	0.47
	26	Anexo de la Facultad de Filosofía y Letras	-	0.47	0.37	0.11	0.31
	28	Instituto de Investigaciones en Materiales, edificio C	0.82	1.05	0.70	0.85	0.22
	29	Instituto de Investigaciones en Materiales, edificio E	1.05	1.17	1.16	1.10	0.54
	30	<b>Instituto de Investigaciones en Materiales, edificio B</b>	-	-	-	-	-
	31	Instituto de Matemáticas	1.31	1.14	0.99	1.21	0.57
	32	Facultad de Ciencias, Tlahuizcalpan	1.13	1.25	1.09	0.97	0.78
	33	Facultad de Ciencias, principal	0.80	0.98	1.05	1.09	0.99
34	Torre de Ingeniería	-	1.23	1.04	1.13	1.40	

Sector Hidráulico	#° de Cisternas	Sitio / Dependencia	Resultados mensuales en mg/L				
			Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
III	35	Multifamiliar	-	1.07	0.95	1.50	1.78
IV	36	Talleres de Conservación	1.12	1.50	1.35	1.51	0.20
	37	Relaciones Laborales, principal	0.89	1.33	0.94	1.27	0.38
	<b>38</b>	<b>Relaciones Laborales, aulas</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
	39	Dirección General de Obras y Conservación	0.87	1.19	0.80	0.67	0.49
	40	Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas	1.05	1.27	0.85	1.31	0.37
V	42	Posgrado de Economía	0.98	0.48	0.57	0.57	0.56
	<b>43</b>	<b>Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
	<b>44</b>	<b>Subdirección de Registro de Aspirantes</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
	45	Laboratorio central de la Dirección General de CCH	0.33	0.01	0.00	0.03	2.22
	<b>46</b>	<b>Fomento Editorial</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>
	<b>47</b>	<b>Almacenes de la puerta 4, Av. del Imán</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.10</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>
	48	Museo Universum	1.25	0.88	1.36	1.00	1.01
	49	Oficinas de Teatro y Danza (1)	1.00	0.72	1.20	0.95	1.23
	50	Oficinas de Teatro y Danza (2)	0.94	0.64	1.16	0.89	1.20
	51	Salas Culturales	1.36	0.70	1.11	1.17	1.08
	52	Museo Universitario de Arte Contemporáneo	0.59	0.16	0.59	0.52	0.53
	53	Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación	0.28	0.18	0.70	0.53	0.68
	54	Hemeroteca Nacional	0.84	0.43	0.35	0.49	0.67
	55	Instituto de Investigaciones Económicas	0.40	0.42	0.09	0.12	0.17
	56	Instituto de Investigaciones Sociales	0.76	0.66	1.19	0.77	0.82
	57	TV UNAM	0.15	0.00	0.76	0.34	0.78
	58	Unidad de Seminarios	1.07	0.79	0.85	0.87	
	59	Jardín Botánico	0.97	0.49	0.52	0.61	0.55
	60	Instituto de Biología, edificio A	0.50	1.00	0.30	0.49	0.62
	61	Instituto de Biología, edificio C	1.02	0.50	0.42	0.63	0.60
	62	Instituto de Investigaciones Biomédicas	0.96	1.41	1.36	1.20	0.52
63	Coordinación de Servicios Urbanos	1.12	1.48	1.56	1.12	0.40	
64	Gimnasio-Tae kwon do	1.19	1.21	1.23	1.16	0.57	

Con los datos de la tabla anterior se puede obtener el número de cisternas que presentan problemas con la concentración del cloro residual libre, representado en la tabla 4.3.

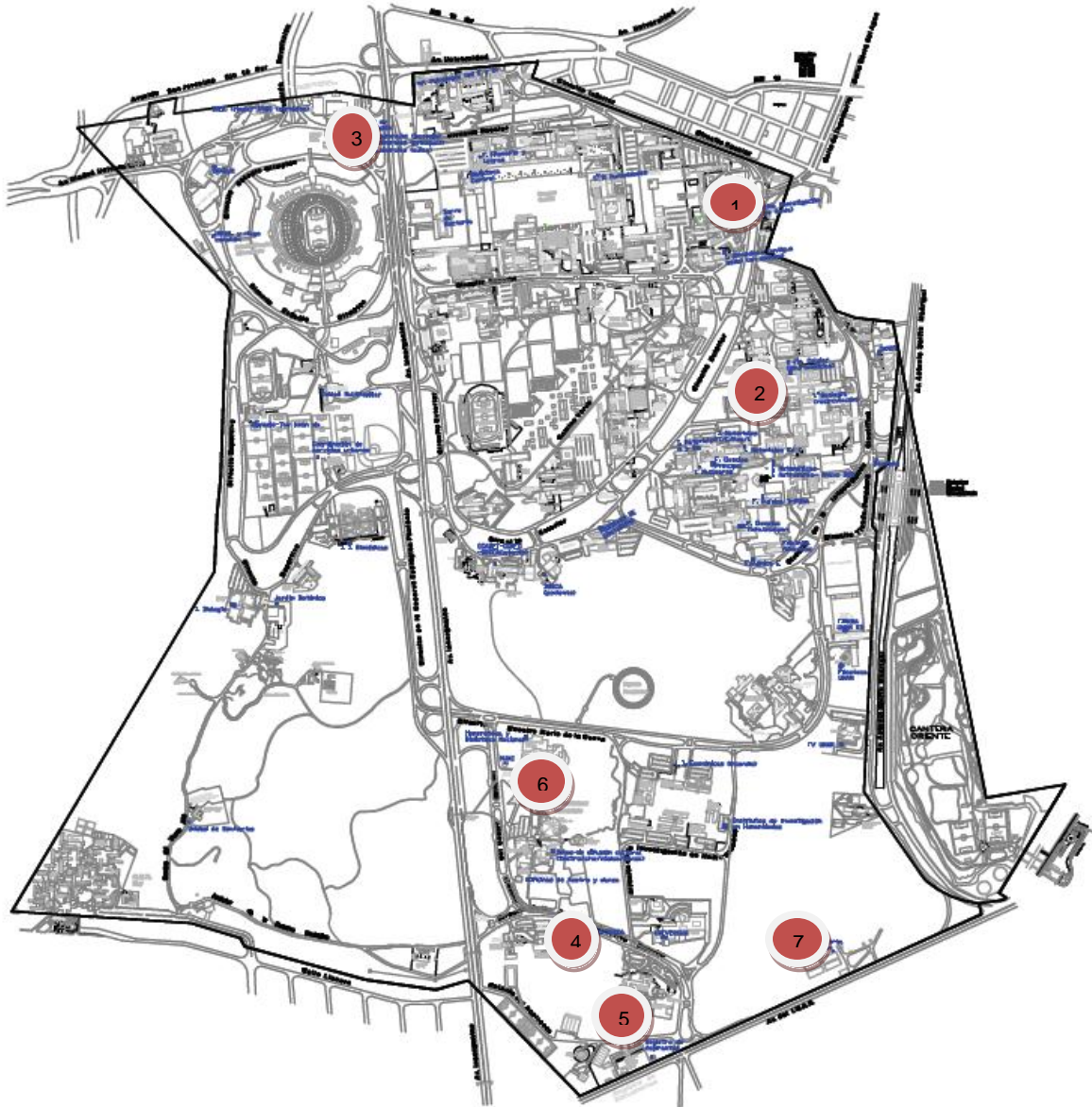
Tabla 4.3.- Número de cisternas que presentan problemas con la concentración del cloro residual libre

Tipo de Incumplimiento	Número de cisternas fuera de norma				
	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Fuera del límite mínimo	9	11	9	11	14
Fuera del límite máximo	0	0	1	1	3
Total	9	11	10	12	17

Analizando la tabla 4.3 se detectaron 7 cisternas que no cumplen en ninguno de los 5 monitoreos realizados con los límites establecidos por la norma en cuanto al cloro libre residual. Estas cisternas se encuentran en el sector hidráulico I: Facultad de Química, y cafetería de la Facultad de Medicina; en el sector hidráulico V se encuentran: aulas de relaciones laborales, Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios, Subdirección de Registro de Aspirantes, Fomento Editorial y almacén de la puerta 4 Av. del Imán. Las variaciones que se tienen en los niveles de cloro residual, aún en el agua de aquellas cisternas que pertenecen al mismo sector hidráulico, son atribuibles a las condiciones de limpieza, operación y uso de las mismas así como a las fluctuaciones de cloro residual en la red de distribución. Se puede concluir que el agua de las cisternas que operan bajo condiciones normales cumple con los requerimientos de norma con respecto a los niveles de cloro.

Con este análisis se ha establecido que los sectores hidráulicos con mayor riesgo son el I y el V, ambos abastecidos por los tanques vivero alto y multifamiliar, lo que conlleva a pensar que el problema se encuentra en el almacenamiento y que debe darse capacitación al personal involucrado en el servicio de agua potable por cada dependencia, instituto y facultad de Ciudad Universitaria. Con la información anterior es posible generar un mapa de riesgos por sector hidráulico tomando como base el peligro que es la desinfección (mala dosificación del desinfectante) y como límite crítico el establecido por la Norma Oficial Mexicana de agua potable para cloro libre residual (0.2-1.5 mg/L). En la figura 4.2 se observa la ubicación de las 7 cisternas con mayor riesgo respecto a las mediciones de cloro libre residual. En el apartado de ANEXOS se presenta cartografía en escala 1:5000 para una mejor ubicación de las cisternas que comprenden el sistema de almacenamiento de agua potable en Ciudad Universitaria.





Sitio/ dependencia		Sector hidráulico
1.-	Facultad de Química	1
2.-	Facultad de Medicina (Cafetería)	4
3.-	Relaciones laborales (aulas)	5
4.-	Dirección General de Incorporación y revalidación de estudios	5
5.-	Subdirección de registro de aspirantes	
6.-	Fomento editorial	
7.-	Almacén de la Pta. 4 Av. Del Imán	

Figura 4.2. Mapa de riesgo en Ciudad Universitaria para el sistema de abastecimiento de agua potable.

## **4.2 PROPUESTA PARA CONFORMAR UN ORGANISMO OPERADOR DE AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA**

Con base en la experiencia adquirida en la estructuración del Plan de Seguridad del Agua y considerando la cantidad de puntos críticos y eventos peligrosos que se registraron en torno al sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria, se propone una reestructuración en la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC). Entre sus funciones actuales, por medio de la Coordinación de Conservación y el “taller de agua potable” opera el sistema de distribución de agua en Ciudad Universitaria, que comprende la extracción del recurso hídrico en los pozos, su desinfección para enviarla a los tanques, así como el mantenimiento a la red y reparación de fugas en todo el sistema de distribución de agua potable.

En este trabajo se propone establecer una unidad dentro de la DGOyC que concentre todas las acciones relativas al manejo del agua en Ciudad Universitaria, tanto en la generación de nuevos proyectos, como en las acciones de abastecimiento, distribución, alcantarillado, tratamiento y reúso, así como de mantenimiento, medición, monitoreo y cultura del agua en todos los Campi de la UNAM. Se propone que esta unidad sea nombrada “Dirección de Agua y Saneamiento”, incorporándose al organigrama de la DGOyC al mismo nivel que el resto de las Direcciones y Unidad Administrativa, como se observa en la Figura 4.3.

En cuanto a su estructura interna, la nueva Dirección de Agua y Saneamiento estaría conformada por una Coordinación de Operación que sería apoyada por dos departamentos, uno llamado Departamento de Abastecimiento de Agua y otro Departamento de Aguas Residuales. Será necesario que esta nueva dirección se apoye o tenga un laboratorio de control de calidad del agua que se encargará del monitoreo y análisis del agua potable en Ciudad Universitaria, llamándose a esta área Coordinación de Monitoreo y Vinculación, que también podría atender los trabajos de los Campi universitarios y de CU en materia de análisis de la información y campañas de ahorro. Sería posible, de juzgarse conveniente, que esta Coordinación estableciera

convenios con las entidades académicas que apoyan a PUMAGUA para que sea en sus laboratorios donde se realicen los análisis necesarios.

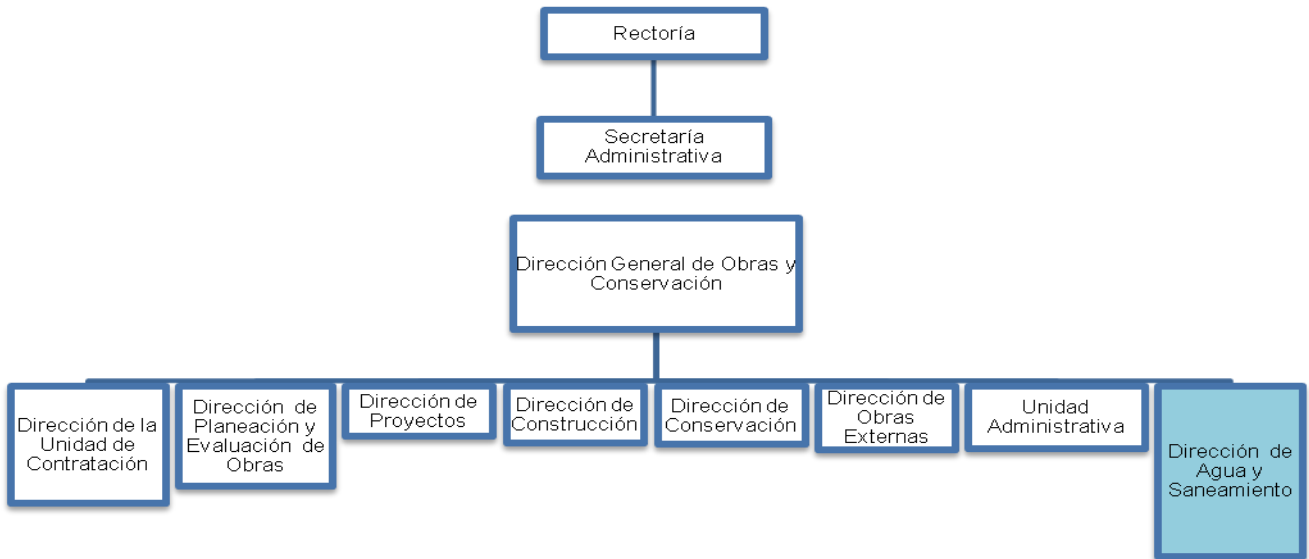


Figura 4.3. Organigrama de la DGOyC y propuesta esquemática del nivel al que deberá incorporarse la Dirección de Agua y Saneamiento.

A su vez, será necesario crear un Consejo Asesor conformado por investigadores de las diferentes áreas implicadas en el tema de manejo y calidad del agua, así como por el Director General de Servicios Médicos.

En lo que concierne al agua residual, su tratamiento deberá seguir siendo un servicio encomendado a terceros, bajo la supervisión directa del Director de Agua y Saneamiento. Esta estructura propuesta se presenta en la Figura 4.4.

La Dirección de Agua y Saneamiento tendrá dos objetivos principales: 1) garantizar que toda el agua en Ciudad Universitaria y otros Campi de la UNAM sea segura, es decir, cumpla con niveles de calidad que no pongan en riesgo la salud de los usuarios, de acuerdo con las normas aplicables. Esto se refiere tanto al agua de abastecimiento y al agua tratada, especialmente aquella de reúso y 2) tener un control y medición de los volúmenes de agua empleada en el suministro, la que se consume por los usuarios y la que se pierde en fugas y desperdicios, así como la reutilizada en riego y otros usos

(Orta *et al* 2009, 2010). Aspecto no abordado en esta tesis pero si contemplado en el proyecto PUMAGUA (González Villarreal *et al* 2009, 2010). La estrategia para lograrlo será la elaboración de un programa, su seguimiento y monitoreo en todos los Campi de la UNAM, donde el desarrollo y aplicación de PSA constituye una herramienta fundamental.

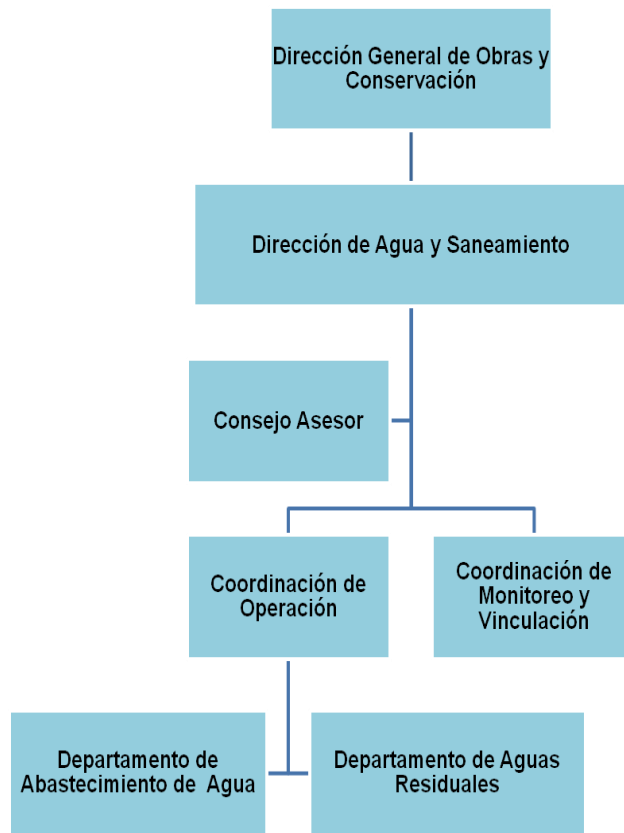


Figura 4.4. Propuesta de organigrama para conformar a la Dirección de Agua y Saneamiento dentro de la Dirección General de Obras y Conservación.

En la tabla 4.4 se plantean algunas de las actividades que llevarán a cabo cada una de las dos coordinaciones que conformarán a la Dirección de Agua y Saneamiento, independiente a las actividades que ya realizan.

Tabla 4. 4.- Propuesta de actividades a realizar por la Dirección de Agua y Saneamiento.

Área	Actividades
<p><b>Dirección de Agua y Saneamiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Coordinar y dirigir las áreas a su cargo.</li> <li>❖ Garantizar que el agua en Ciudad Universitaria sea segura para consumo humano.</li> <li>❖ Abastecer agua para consumo humano, agua tratada y agua de reúso dentro de los niveles de calidad del agua especificados.</li> <li>❖ Realizar el control y medición de los volúmenes de agua empleados en el Campus.</li> <li>❖ Supervisar la operación adecuada de las plantas de tratamiento contratadas con terceros.</li> </ul>
<p><b>Consejo asesor</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Será conformado por investigadores de la UNAM, así como por el Director General de Servicios Médicos.</li> <li>❖ Brindará asesoría a la Dirección de Agua y Saneamiento, así como a cada una de las áreas que la conformarán.</li> <li>❖ Implementará conocimientos científicos en el área técnica responsable de brindar el servicio del agua potable en Ciudad Universitaria.</li> <li>❖ En caso de emergencias o situaciones externas como epidemias, será el área encargada de realizar un análisis de la situación, formulación de protocolos de emergencia y brindar asesoría a la Dirección de Agua y Saneamiento.</li> </ul>

Área	Actividades
<p align="center"><b>Coordinación de Operación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Coordinar, ejecutar y supervisar las obras de infraestructura en la red de agua de Ciudad Universitaria.</li> <li>❖ Recuperar caudales en la red principal y al interior de los edificios, a través de los trabajadores de la unidad del agua o bien con personal de la propia dependencia.</li> <li>❖ Mantener el sistema de distribución de agua potable, alcantarillado y agua tratada en buen estado dentro de CU y en el resto de los Campi Universitarios.</li> <li>❖ Coadyuvar con la Dirección de Conservación para sustituir vegetación de alto consumo de agua por plantas nativas de la zona que tengan bajos requerimientos de agua.</li> <li>❖ Operar de manera eficiente cada una de las redes, tanto de agua potable como de agua residual.</li> </ul>
<p align="center"><b>Coordinación de Monitoreo y Vinculación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Monitorear la calidad del agua en todo el sistema (pozos, tanques y cisternas, puntos de consumo, alcantarillado y agua tratada), así como su respectivo análisis a través del laboratorio que deberá instalarse a cargo de esta área o en coordinación con las entidades académicas participantes que darán este servicio bajo convenio. Esta función se desarrollará en todos los Campi de la UNAM.</li> <li>❖ Monitorear un sistema de medición que proporcione información precisa sobre los volúmenes de agua que ingresa al sistema, los que se consumen, los que se pierden en fugas y desperdicios.</li> </ul>

Área	Actividades
<p align="center"><b>Coordinación de Monitoreo y Vinculación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Analizar la base de datos con información referente a las condiciones físicas y de operación de los medidores instalados, así como alarmas de existencia de fugas, fechas de mantenimiento a medidores, responsables de instalaciones, etc.</li> <li>❖ Desarrollar y coordinar un plan de acciones que de solución a las áreas de oportunidad encontradas en el manejo del agua.</li> <li>❖ Mantener una comunicación permanente con las autoridades de la dependencia y en particular, con el PUMAGUA para evaluar las acciones implementadas.</li> <li>❖ Crear estrategias de comunicación para propiciar una cultura del agua dentro de la Universidad.</li> <li>❖ Involucrar estudiantes de diferentes niveles en investigaciones relacionados con el uso eficiente del agua en la UNAM.</li> <li>❖ Promover la experiencia de la UNAM y de su modelo integral de manejo del agua con el fin de replicarlo en otras universidades nacionales e internacionales, así como en organismos operadores del país.</li> </ul>

Será fundamental que la Dirección de Agua y Saneamiento incorpore el Plan de Seguridad del Agua como una estrategia metodológica que permitirá el cumplimiento de los objetivos planteados. Para que la aplicación del PSA tenga éxito, es importante que el personal directivo apoye el proceso. Este apoyo es crucial para transformar las prácticas de trabajo, garantizar la disponibilidad de recursos financieros suficientes y fomentar activamente la seguridad del agua como meta de la organización.

## CONCLUSIONES

La implementación del Plan de Seguridad del Agua (PSA) en el macro proyecto 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.

A través de la evaluación (inspección visual) del sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria, se identificaron una serie de eventos peligrosos, la mayor parte de estos generados por la falta de aplicación o inexistencia de un manual para operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable. Así mismo, la existencia de componentes (válvulas, tubería, registros, accesorios, etc.) que ya cumplieron su tiempo de vida útil y necesitan ser cambiados, elementos asociados con fugas de agua de diversa importancia en los cinco sectores.

Se identificó como uno de los principales riesgos relacionados con la calidad del agua, a los sistemas de dosificación de cloro, pues son obsoletos e ineficientes.

Las medidas de control prioritarias (actividades y operaciones) en el sistema de abastecimiento de agua potable en Ciudad Universitaria, para evitar que se produzcan peligros y dañen la salud del consumidor son: cambiar el sistema de desinfección de los pozos por un equipo automatizado y con dosificación constante, realizar gestión y ejecución de un plan de manejo integral del agua en el Campus, monitorear las dosificaciones de cloro en tanques y cisternas así como registrar datos de manera continua y permanente, adoptar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo respecto a la infraestructura física de la red de agua potable, realizar monitoreo de inspección visual y con equipo especializado para detección de rupturas y fugas, así como accesorios y equipos que han cumplido su tiempo de vida útil. En todo esto, es fundamental incrementar la vigilancia del sistema de agua potable, realizar monitoreo contante, evitar dejar obras en construcción sin el debido resguardo, mantener los registros y conexiones con candados en las tapas.

Entre las acciones correctivas que deberán aplicarse con mayor prioridad se encuentran: hacer más eficiente el proceso de desinfección así como la concentración del desinfectante, realizar un monitoreo constante de microorganismos que no se

encuentran normados, instalar medidores en los edificios que no cuentan con este tipo de equipo, desarrollar y poner en práctica un programa de respuesta a incidentes para casos extremos en Ciudad Universitaria.

En la aplicación del Plan de Seguridad del Agua, se establece que es necesario contar con programas de apoyo para mejorar la calidad del agua. En el caso de este estudio se identificaron los siguientes: fortalecer las capacidades de los laboratorios de análisis de calidad del agua (en Institutos y Facultades colaboradores del proyecto PUMAGUA, así como los laboratorios de la Dirección General de Servicios Médicos), encargados de monitorear el agua en CU, en aspectos como recursos humanos, equipamiento e insumos, etc. implementar acciones de educación ambiental entre estudiantes de la Universidad y los estudiantes de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades.

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.

## RECOMENDACIONES

Crear la Dirección de Agua y Saneamiento dentro de la Dirección General de Obras y Conservación, con su debida estructura, para constituirse en el organismo operador de agua y saneamiento de Ciudad Universitaria, con responsabilidades en el resto de los Campi Universitarios.

Que el organismo operador del agua en Ciudad Universitaria, así como las autoridades involucradas en el tema y gestión del recurso hídrico, aprueben la implementación del Plan de Seguridad del Agua (PSA) para el sistema de abastecimiento de agua potable en el Campus.

Que la (DGOyC) a través de la propuesta Dirección de Agua y Saneamiento, genere una base de datos sobre los análisis de calidad de agua, cantidad de agua que entra a los sistemas, población abastecida por el recurso, registro de fallas y eventos peligrosos en el sistema, fugas en la red por sectores y a su vez por dependencias, que permitan tener información que respalde y actualice al Plan de Seguridad del Agua.

Se recomienda urgentemente a la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC) implementar un nuevo sistema de desinfección de agua en los pozos de extracción a base de hipoclorito de sodio al 13% (Orta *et al*, 2010) así como implementar un sistema de monitoreo y control de pozos de agua (Sistema SCADA, software especializado que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia) compatible con todos los equipos de medición propuestos e instalados por PUMAGUA.

En las dependencias donde el agua de las cisternas se utilice para uso y consumo humano, se recomienda llevar a cabo análisis periódicos para garantizar que la calidad del agua cumpla con las condiciones requeridas para dicho uso.

Para las cisternas que almacenan agua por largos periodos de tiempo, se recomienda que cuando esta tenga que ser utilizada, se dé el respectivo aviso para que los usuarios tomen las medidas de precaución adecuadas a fin de evitar problemas de salud.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- 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.
- Bartram J, eds. Water quality: guidelines, standards and health – assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. Londres, Organización Mundial de la Salud, IWA Publishing, 2001.
- Bethmann D, Baus C. Comparison of decisive elements of the water safety plan with the DVGW system of technical standards. DVGW Report, Project No.: W11/02/04. 2005.
- Castro Hernández, Germán, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química. Propuesta de mejoras del sistema de desinfección de Ciudad Universitaria. Facultad de Química, UNAM, 2011.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Programa hidráulico de gran visión. Región XIII Valle de México - Síntesis Básica, 2010.
- Davison A, Howard G, Stevens M, Callan P, Fewtrell L, Deere D, Bartram J. Water safety plans: managing drinking-water quality from catchment to consumer. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2005.
- Davison A, Howard G, Stevens M, Callan P, Kirby R, Deere D, Bartram J. Water safety plans. Protection of the human environment. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2003.
- Davison AD, Pryor EL, Howard G, Deere DA. Duly diligent utilities. En: IWA World Water Congress & Exhibition, Marrakech, 19-24 de septiembre de 2004.
- Diario Oficial de la Federación, 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.1993.

- Diario Oficial de la Federación, 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, 2000.
- Diario Oficial de la Federación, 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, 2002.
- García Santiago, Erick Iván, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química. Potencialidad de reuso de agua residual en el edificio 12 del Instituto de ingeniería de la UNAM. Facultad de Química, UNAM, 2009.
- Godfrey S, Howard G. Water Safety Plans – Planning water safety management for urban piped water supplies in developing countries (Book 1). Reino Unido, Loughborough University – Water, Engineering and Development Centre/Department for International Development, 2005.
- Godfrey S, Howard G. Water Safety Plans – Supporting water safety management for urban piped water supplies in developing countries (Book 2). Reino Unido, 2005.
- González Villarreal, Fernando, Informe anual del Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM, PUMAGUA, 2008.
- González Villarreal, Fernando, Informe anual del Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM, PUMAGUA, 2010.
- Howard G. Urban water supply surveillance – a reference manual. Reino Unido, Loughborough University – Water, Engineering and Development Centre/ Department for International Development, 2002.
- ICPS. Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS), 1999.
- Informe final de calidad del agua,PUMAGUA “programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM” 2008.

- Informe final de calidad del agua, PUMAGUA “programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM” 2009.
- Jiménez B, Torregrosa M, Aboites L. El agua en México: Cauces y encauces. Academia Mexicana de las Ciencias, Comisión Nacional del Agua, 2011.
- Loughborough University - Water, Engineering and Development Centre/Department for International Development, 2005.
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. Modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable. 2007.
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. Redes de Distribución. 2007.
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. Guía de diseño de redes de agua potable con uno o más tanques y fuentes de abastecimiento, 2007.
- Mahmud SG, Shamsuddin AJ, Ahmed, MF, Davison A, Deere D, Howard G. Development and implementation of water safety plans in Bangladesh. Journal of Water and Health, 2007.
- Mazari Hiriart M, Cruz Bello G, Bojórquez Tapia L. Groundwater Vulnerability Assessment for Organic Compounds: Fuzzy Multicriteria Approach for Mexico City. Environmental Management, 2006.
- Mazari Hiriart M, López Vidal Y, Calva J. Helicobacter pylori in water systems for human use in Mexico City. Wat sic Technol, 2001.
- NHMRC/NRMMC. Australian Drinking Water Guidelines (ADWG) national water quality management strategy. National Health and Medical Research Council/ Natural Resource Management Ministerial Council, 2004.
- NZ MoH. Small drinking-water supplies. Preparing a public health risk management plan. Drinking-water supplies. Wellington (Nueva Zelandia), New Zealand Ministry of Health, 2005.

- O'Connor DR. Report of the Walkerton enquiry: the events of May 2000 and related issues. Part One. A Summary. Ontario (Canada), Ontario Ministry of the Attorney General, 2002.
- OMS/FAO Hazard characterization for pathogens in food and water: guidelines. Ginebra, Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2003.
- OMS. Guidelines for drinking-water quality, 3rd ed. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2004.
- Orta Ledesma, María Teresa, Manual para realizar un diagnóstico y monitoreo de la calidad del agua: Agua para uso y consumo humano, agua residual y agua residual tratada. PUMGUA, 2010.
- Orta Ledesma, María Teresa, Manual para un diagnóstico y programa de control de la calidad del agua: Agua para uso y consumo humano, agua residual tratada. PUMAGUA, 2010.
- Orta Ledesma, María Teresa, Propuesta para la actualización de los sistemas de desinfección del agua para uso y consumo humano en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, PUMAGUA, 2010.
- Pineda Morales, Dulce Marlene, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, Efecto del ozono en *Campylobacter pylori*. Facultad de Química, UNAM. 2010.
- Rocha Guzmán, José Daniel, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Diagnóstico y sectorización del sistema de agua potable de ciudad universitaria de la UNAM, PUMAGUA. Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.
- Stevens M, Howard G, Davison A, Bartram J, Deere D. Risk management for distribution systems. In: Ainsworth R ed. Safe piped water: managing microbial water quality in piped distribution systems. Londres, IWA Publishing.
- Valeriano González, María Teresa. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química. Manual: Evaluación de contaminantes para determinar la eficiencia de tratamiento, en diversas matrices ambientales. Facultad de Química, UNAM, 2011.



Fuentes electrónicas:

- OMS. WHO Water Safety Plan portal (portal sobre seguridad del agua de la OMS): incluye estudios de casos, instrumentos y otra información sobre el desarrollo de planes de seguridad del agua:  
<http://www.who.int/wsportal/en/>, <http://www.wsportal.org> (Consulta agosto 2010)
- Portal del programa de manejo, uso y reuso de agua en la UNAM, PUMAGUA.  
<http://www.pumagua.unam.mx/> (Consulta noviembre 2011)
- Red del agua en la Universidad Nacional de México.  
<http://www.agua.unam.mx/> (Consulta noviembre 2011)

## ABREVIATURAS

<b>Campi:</b>	Campus o entidades pertenecientes a la UNAM, con sede en diferentes localizaciones de la Ciudad de México y el país.
<b>CHECK LIST:</b>	Lista de Verificación.
<b>CNA / CONAGUA:</b>	Comisión Nacional del Agua.
<b>COFEPRIS:</b>	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.
<b>CU:</b>	Ciudad Universitaria.
<b>DGOyC:</b>	Dirección General de Obras y Conservación.
<b>DGP:</b>	Dirección General de Personal.
<b>DIMATELA:</b>	División Municipal de Aguas de Tela.
<b>DOF:</b>	Diario Oficial de la Federación.
<b>HP:</b>	Horse Power (Caballos de fuerza)
<b>II-UNAM:</b>	Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
<b>LAN:</b>	Ley de Aguas Nacionales.
<b>LCC:</b>	Límite crítico de control.
<b>Lps (L/s):</b>	Litros por segundo.
<b>M:</b>	Metro.
<b>Mca:</b>	Metro de columnas de agua.
<b>M<sup>3</sup>:</b>	Metro cúbico.
<b>Mg/l:</b>	Miligramos por litro.
<b>NOM:</b>	Norma Oficial Mexicana.
<b>OMS:</b>	Organización Mundial de la Salud.
<b>OPS:</b>	Organización Panamericana de la Salud.
<b>PC:</b>	Punto Crítico.
<b>PCC:</b>	Punto Crítico de Control.
<b>PEAD:</b>	Polietileno de alta densidad.
<b>PET:</b>	Polietilentereftalato.
<b>PSA:</b>	Plan de Seguridad del Agua.
<b>PUMAGUA:</b>	Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM.
<b>PVC:</b>	Policloruro de vinilo.
<b>RSU:</b>	Residuos Sólidos Urbanos.
<b>SCADA:</b>	Supervisory Control And Data Acquisition. (Control de supervisión y adquisición de datos).
<b>SIG:</b>	Sistema de Información Geográfica.
<b>TA:</b>	Tanque alto.
<b>TVA:</b>	Tanque vivero alto.
<b>UNAM.</b>	Universidad Nacional Autónoma de México.

## GLOSARIO

<b><i>Acción correctiva o medidas de mitigación:</i></b>	Son acciones a ser tomadas que disminuyen a corto, mediano y largo plazo los riesgos significativos presentes en una sistema de abastecimiento de agua potable, controlando a la vez otros riesgos menos importantes; se aplica cuando la vigilancia de un “Punto Crítico de Control” indica la pérdida de control.
<b><i>Agua potable:</i></b>	Es aquella que cumple con los 48 parámetros de calidad establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.
<b><i>Agua tratada:</i></b>	Corresponde al agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento que incluyen como mínimo a la desinfección.
<b><i>Análisis de peligros o Evaluación de los riesgos:</i></b>	Es la recolección y evaluación de la información, sobre los peligros y condiciones que dan lugar a los mismos, para definir cuáles son significativos para la seguridad del agua, y deben, por consiguiente, abordarse en el PSA.
<b><i>Antropogénicas:</i></b>	Normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos químicos o biológicos como consecuencia de las actividades económicas o humanas.
<b><i>Bacterias Coliformes:</i></b>	Familia de bacterias que tienen ciertas características en común y de importancia como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos. Se encuentran en el intestino de animales de sangre caliente y en la naturaleza (suelo, vegetales, etc.).
<b><i>Biodiversidad:</i></b>	Variedad de seres vivos (plantas y animales).
<b><i>Calidad de agua:</i></b>	Término relativo utilizado para describir la composición del agua, tanto los aspectos físico-químicos y microbiológicos que estipula la norma oficial mexicana referente al agua.
<b><i>Caudal:</i></b>	Cantidad de agua que circula dentro de la tubería medida en $\frac{1}{s}$ .
<b><i>Check List:</i></b>	Lista de verificación, documento que detalla uno a uno los distintos aspectos que deben ser analizados, comprobados o verificados.
<b><i>Coliformes fecales:</i></b>	Familia de bacterias que se encuentran en los intestinos de animales de sangre caliente e intestinos humanos. Su presencia es un buen indicador de contaminación del agua con heces fecales.
<b><i>Coliformes totales:</i></b>	Familia de bacterias que se encuentra en las plantas, el suelo y los animales incluyendo los humanos. La presencia de Coliformes en el agua indica que puede existir contaminación con desechos en descomposición.
<b><i>Control:</i></b>	<i>(Sustantivo):</i> El estado en que se aplican procedimientos correctos y se cumplen los criterios. <i>(Verbo):</i> Tomar todas las medidas necesarias para garantizar y mantener el cumplimiento de los criterios establecidos en el PSA.

<b>Control de calidad del agua:</b>	Actividad sistemática y continua de supervisión de las diferentes fases de la producción y distribución de agua, según programas específicos, que deben ejecutar los organismos operadores.
<b>Cuenca:</b>	Área de terreno cuyas aguas van a un mismo río.
<b>Desinfección del agua:</b>	Proceso de eliminación de bacterias y organismos patógenos en el agua. La desinfección del agua puede obtenerse a través de procesos físicos (ebullición) o químicos (cloro, yodo, ozono).
<b>Desviación:</b>	El incumplimiento de un límite crítico.
<b>Diagrama de flujo:</b>	Una representación sistemática de la secuencia de etapas u operaciones de la producción de un determinado producto de agua
<b>Ente regulador:</b>	Responsable de propiciar el entendimiento y aplicación de los principios sobre calidad de prestación, tarifas, participación ciudadana, protección ambiental, derechos y obligaciones de usuarios, y, derechos y obligaciones de los organismos operadores.
<b>Especies:</b>	Cada uno de los grupos en que se dividen los géneros que se componen de individuos que tienen caracteres comunes por los cuales se asemejan entre si y se distinguen de los demás.
<b>Etapas:</b>	Un punto, procedimiento, operación o fase en la cadena de suministro de agua, incluido en el de las materias primas, de la producción primaria a la exposición final.
<b>Evaluación de riesgos:</b>	Es la recolección y evaluación de la información, sobre los peligros y condiciones que dan lugar a los mismos, para definir cuáles son significativos para la seguridad del agua.
<b>Evento peligroso:</b>	Es aquel que ocasiona la introducción de un peligro o contaminante a un sistema de abastecimiento de agua.
<b>Identificación de peligros:</b>	Proceso a partir de la información de la operación del sistema y el diagnóstico que se le haga al mismo; para determinar cuál podría ser una causa de riesgo.
<b>Límite crítico:</b>	Es un criterio que permite distinguir si una situación es aceptable o inaceptable.
<b>Medida de control:</b>	Cualquier medida usada para evitar, eliminar o reducir hasta un nivel aceptable, un peligro para la seguridad del agua.
<b>Monitoreo:</b>	En este documento son observaciones y controles ambientales, y mediciones de parámetros físico, químico y bacteriológico para evaluar si el agua cumple con los criterios de calidad.
<b>Organismo operador:</b>	Instituciones, empresas o entidades en general directamente encargadas de la operación, mantenimiento y administración de sistema de suministro de agua para consumo humano.
<b>Peligro:</b>	La presencia en el agua de un agente biológico, químico, físico, o radiológico, o un estado del agua, con capacidad de ocasionar un efecto adverso sobre la salud.

<b><i>Punto de control:</i></b>	Es una etapa en el sistema de agua, donde se puede aplicar una medida de control para prevenir o eliminar un peligro para la seguridad del agua potable.
<b><i>Puntuación del riesgo:</i></b>	La puntuación asignada a un peligro basándose en el proceso de análisis de riesgos.
<b><i>Residuo:</i></b>	Material de desecho que queda después de producir o consumir algo.
<b><i>Riesgo:</i></b>	Es la probabilidad de que los peligros identificados ocasionen daños a las poblaciones expuestas en un plazo temporal especificado, incluida la magnitud del daño o de sus consecuencias.
<b><i>Sistema de agua potable:</i></b>	Conjunto de componentes construidos e instalados para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua a los clientes. En su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.
<b><i>Sistema de vigilancia:</i></b>	Garantiza el funcionamiento del PSA con el monitoreo del cumplimiento de las acciones correctivas, haciendo auditoría de las actividades en la operación de los sistemas y por último en la satisfacción de los beneficiarios.
<b><i>Sistema SCADA:</i></b>	Supervisory Control And Data Acquisition. Control de supervisión y adquisición de datos; software especializado que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia.
<b><i>Socialización:</i></b>	Es el proceso mediante el cual los individuos pertenecientes a una sociedad o cultura aprenden e interiorizan un repertorio de normas, valores y formas de percibir la realidad.
<b><i>Validación:</i></b>	Para este informe son fuentes de información que comprueban que los PSA permiten cumplir las metas relativas a la calidad del agua.
<b><i>Valor máximo admisible:</i></b>	Corresponde a aquella concentración de sustancias o densidad de bacterias a partir de la cual existe rechazo por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud. El pasar sobre estos valores implica la toma de acciones correctivas inmediatas.
<b><i>Verificación:</i></b>	Comprobación si el sistema está suministrando agua con la calidad deseada y si el PSA está aplicando en la práctica, métodos, procedimientos, pruebas y evaluaciones para determinar el cumplimiento del mismo.
<b><i>Vulnerabilidad:</i></b>	Estado de riesgo que afecta o compromete el funcionamiento óptimo del sistema de agua potable.

# ANEXO 1

## INDICE DE ANEXO I

### CORRESPONDIENTE A CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO

#### LEGISLACIÓN NACIONAL DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

NORMA OFICIAL MEXICANA	❖ <b>NOM-014-SSA1-1993.</b> “Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados”.	Página 144
	❖ <b>NOM-127-SSA1-1994.</b> "Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano-limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".	150
	❖ <b>NOM-230-SSA1-2002</b> “Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. procedimientos sanitarios para el muestreo”.	157

## **NOM-014-SSA1-1993. PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO DE AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PÚBLICOS Y PRIVADOS.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Salud.

FILIBERTO PEREZ DUARTE, Director General de Salud Ambiental, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38, fracción II, 45, 46 fracción II y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 8o.fracción IV y 25 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud.

### **CONSIDERANDO**

Que con fecha 5 de octubre de 1993, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Dirección General de Salud Ambiental presentaron al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, el anteproyecto de la presente Norma Oficial Mexicana.

Que con fecha 12 de noviembre de 1993, en cumplimiento del acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publica en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana a efecto que dentro de los siguientes noventa días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentarán sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario.

Que en fecha previa 27 de abril de 1994, fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación las respuestas a los comentarios recibidos por el mencionado Comité, en términos del artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, se expide la siguiente:

### **ÍNDICE**

#### **0. INTRODUCCIÓN**

#### **1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

#### **2. REFERENCIAS**

#### **3. DEFINICIONES**

#### **4. MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO DE MUESTREO**

#### **5. PREPARACIÓN DE ENVASES PARA TOMA DE MUESTRA**

#### **6. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRA**

#### **7. MANEJO DE MUESTRA**

#### **8. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE MUESTRAS**

#### **9. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO**

#### **10. BIBLIOGRAFIA**

#### **11. OBSERVANCIA DE LA NORMA**



## 12. VIGENCIA

### Apéndice normativo

#### 0. INTRODUCCIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana ofrece una guía detallada para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los elementos de un sistema de abastecimiento, en los cuales es necesario establecer vigilancia y control en la calidad del agua.

Es necesario aclarar, que siendo las instalaciones de los diferentes sistemas de abastecimiento de una gran diversidad, en ocasiones es necesario aplicar criterios propios por parte del personal de muestreo, para cumplir con los requisitos sanitarios presentados en esta Norma.

#### 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma establece los 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.

#### 2. REFERENCIAS

NOM-AA-089/1. "Protección al Ambiente, Calidad del Agua Vocabulario Parte 1".

NOM-AA-089/2. "Protección al Ambiente, Calidad del Agua –Vocabulario Parte 2".

NOM-BB-014. "Clasificación y Tamaños Nominales para Utensilios de Vidrio Empleados en Laboratorio".

NOM-Z-001. "Sistema General de Unidades de Medida - Sistema Internacional de Unidades (SI)".

NOM-Z-013 "Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas".

#### 3. DEFINICIONES

3.1 Muestreo.- Las actividades desarrolladas para obtener volúmenes de agua en un sitio determinado del sistema de abastecimiento, de tal manera que sean representativos, con el propósito de evaluar características físicas, químicas, y/o bacteriológicas.

3.2. Sistema de abastecimiento.- El conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, cárcamos de bombeo, líneas de conducción y red de distribución.

#### 4. MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO DE MUESTREO

4.1 Envases para toma de muestra.

4.1.1 Para análisis bacteriológico.- Frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado o tapa roscada, o frascos de polipropileno; resistentes a esterilización en estufa o autoclave o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 ó 250 ml.

4.1.2 Para análisis físico-químico.- Envases de plástico o vidrio inertes al agua de 2 l de capacidad como mínimo, con tapones del mismo material que proporcionen cierre hermético.

4.1.3 El material del envase, así como el volumen de muestra requerido y el método de preservación para la determinación de los diferentes parámetros, deben ser los señalados en el Apéndice "A" Normativo.

4.2 Termómetro con escala de -10 a 110°C.

4.3 Potenciómetro o comparador visual para determinación de pH.

4.4 Comparador visual para determinación de cloro residual.

4.5 Hielera con bolsas refrigerantes o bolsas con hielo.

4.6 Agua destilada o desionizada.

4.7 Solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/l.

4.8 Torundas de algodón

## 5. PREPARACIÓN DE ENVASES PARA TOMA DE MUESTRAS

### 5.1 Para análisis bacteriológico

5.1.1 Toma de muestra de agua sin cloro residual.- Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por un tiempo mínimo de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min. Antes de la esterilización, con papel resistente a ésta, debe cubrirse en forma de capuchón el tapón del frasco.

5.1.2 Toma de muestra de agua con cloro residual.- Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170° C, por un tiempo mínimo de 60 min o en autoclave a 120° C durante 15 min, los cuales deben contener 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 3% por cada 125 ml de capacidad de los mismos. Debe colocarse un papel de protección al tapón del frasco en forma similar a la indicada en 5.1.1.

5.2 Para análisis físico-químico.- Los envases deben lavarse perfectamente y enjuagarse a continuación con agua destilada o desionizada.

## 6. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRA

### 6.1 Para análisis bacteriológico.

6.1.1 En bomba de mano o grifo del sistema de distribución.

El agua de los grifos debe provenir directamente del sistema de distribución. No debe efectuarse toma de muestra en grifos que presenten fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua puede correr por la parte exterior del grifo y contaminar la muestra. Deben removerse los accesorios o aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra.

6.1.1.1 Debe limpiarse el orificio de salida con una torunda de algodón impregnada de solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/l.

6.1.1.2 Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.

6.1.1.3 Cerca del orificio de salida, deben quitarse simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.

6.1.1.4 Debe mantenerse el tapón hacia abajo para evitar contaminación y procederse a tomar la muestra sin pérdida de tiempo y sin enjuagar el frasco; se debe dejar el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis

(aproximadamente 10% de volumen del frasco). Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón y el papel de protección al frasco.

6.1.2 En captación de un cuerpo de agua superficial o tanque de almacenamiento.

6.1.2.1 Deben lavarse manos y antebrazos con agua y jabón,

6.1.2.2 Debe quitarse el papel de protección evitando que se contamine, y

6.1.2.3 Sumergir el frasco en el agua con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, abrir y enderezar a continuación con el cuello hacia arriba (en todos los casos debe evitarse tomar la muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber nata o sedimento y en el caso de captación en cuerpos de agua superficiales, no deben tomarse muestras muy próximas a la orilla o muy distantes del punto de extracción); si existe corriente en el cuerpo de agua, la toma de muestra debe efectuarse con la boca del frasco en contracorriente. Efectuada la toma de muestra debe colocarse el tapón, sacar el frasco del agua y colocar el papel de protección.

En el caso de tanques de almacenamiento, si no es posible la toma de muestra como se indica en este punto, debe procederse como se menciona en 6.1.3.

6.1.3 En pozo profundo.

6.1.3.1 Si el pozo cuenta con grifo para toma de muestra, debe procederse como en 6.1.1.

6.1.3.2 Si el pozo no cuenta con grifo para toma de muestra, debe abrirse la válvula de una tubería de desfogue, dejarse correr el agua por un mínimo de 3 min. y a continuación se procede como en 6.1.1.3 y 6.1.1.4.

6.1.4 En pozo somero o fuente similar.

6.1.4.1 Cuando no es posible tomar la muestra con la extensión del brazo, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio.

6.1.4.2 Deben quitarse simultáneamente el tapón y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, o el papel de protección, o el cuello del frasco.

6.1.4.3 Debe mantenerse el cuello del frasco hacia abajo y se procede a tomar la muestra, bajando el frasco dentro del pozo, y desenrollando el cordel lentamente, evitando que el frasco toque las paredes del pozo.

6.1.4.4 Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón y el papel de protección al frasco.

6.2 Para análisis físico-químico.

El volumen de muestra debe tomarse como se indica en el Apéndice "A" Normativo.

6.2.1 En bomba de mano o grifo del sistema de distribución o pozo profundo.

6.2.1.1 Debe dejarse correr el agua aproximadamente por 3 min o hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido vaciada totalmente.

6.2.1.2 El muestreo debe realizarse cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se requiere tomar un poco del agua que se va a analizar, se cierra el envase y agitar fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectúa esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra.

6.2.2 En captación de un cuerpo de agua superficial, tanque de almacenamiento, pozo somero o fuente similar, debe manejarse el envase siguiendo las indicaciones comprendidas en 6.1.2.1, 6.1.2.3, 6.1.3.1 y 6.1.3.2, en su caso.

## 7. MANEJO DE MUESTRAS

7.1 Las muestras tomadas como se indican en el punto 6 deben colocarse en hielera con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo para su transporte al laboratorio, de preferencia a una temperatura entre los 4 y 10°C, cuidando de no congelar las muestras.

7.2 El periodo máximo que debe transcurrir entre la toma de muestra y el análisis es:

7.2.1 Para análisis bacteriológico 6 horas.

7.2.2 Para análisis físico-químico, el periodo depende de la preservación empleada para cada parámetro como se indica en el apéndice "A" Normativo. 6

## 8. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE MUESTRAS

8.1 Para la identificación de las muestras deben etiquetarse los frascos y envases con la siguiente información:

8.1.1 Número de registro para identificar la muestra, y

8.1.2 Fecha y hora de muestreo.

8.2 Para el control de la muestra debe llevarse un registro con los datos indicados en la etiqueta del frasco o envase referida en el inciso 8.1, así como la siguiente información:

8.2.1 Identificación del punto o sitio de muestreo,

8.2.2 Temperatura ambiente y temperatura del agua,

8.2.3 pH,

8.2.4 Cloro residual,

8.2.5 Tipo de análisis a efectuar,

8.2.6 Técnica de preservación empleada,

8.2.7 Observaciones relativas a la toma de muestra, en su caso, y

8.2.8 Nombre de la persona que realiza el muestreo.

## 9. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La selección de puntos de muestreo debe considerarse individualmente para cada sistema de abastecimiento. Sin embargo, existen criterios que deben tomarse en cuenta para ello. Estos criterios son:

9.1 Los puntos de muestreo deben ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema.

9.2 Los puntos de muestreo deben ser representativos de los lugares más susceptibles de contaminación:

9.2.1 Puntos muertos,

9.2.2 Zonas de baja presión,

9.2.3 Zonas con antecedentes de problemas de contaminación,

9.2.4 Zonas con fugas frecuentes,

9.2.5 Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente,

9.2.6 Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección, y

9.2.7 Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento.

9.3 Debe haber una distribución uniforme de los puntos de muestreo a lo largo del sistema.

9.4 Los puntos se localizarán dependiendo del tipo de sistemas de distribución y en proporción al número de ramales.

9.5 Debe haber como mínimo un punto de muestreo inmediatamente a la salida de las plantas de tratamiento, en su caso.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

10.1 Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater. Seventeenth Edition. APHA. AWWA. WPCF.

10.2 Instructivo para la Vigilancia y Certificación de la Calidad Sanitaria del Agua para Consumo Humano. Comisión Interna de Salud Ambiental y Ocupacional. Secretaría de Salud. 1987.

10.3 Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 2 Organización Panamericana de la Salud. 1987.

## 11. OBSERVANCIA DE LA NORMA

11.1 Esta Norma es de observancia obligatoria para los encargados de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano en sus programas de control de calidad, así como para las autoridades sanitarias competentes en los programas de vigilancia de la calidad del agua.

11.2 La vigilancia del cumplimiento de esta Norma, corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas en sus respectivos ámbitos de competencia en coordinación con la Comisión Nacional del Agua.

## 12 VIGENCIA

12.1 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter de obligatorio, al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 3 de junio de 1994.- El Director General de Salud Ambiental.- Filiberto Pérez Duarte.-Rúbrica.

# **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Salud.

GUSTAVO OLAIZ FERNANDEZ, Director General de Salud Ambiental, por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 3o. fracción XIV, 13 apartado A fracción I, 118 fracción II y 119 fracción II de la Ley General de Salud; 38 fracción II, 40 fracción I y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 218, 224, 227 y demás aplicables del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios; 8o. fracción IV y 25 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud.

## **INDICE**

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION
2. REFERENCIAS
3. DEFINICIONES
4. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AGUA
5. TRATAMIENTOS PARA LA POTABILIZACION DEL AGUA
6. BIBLIOGRAFIA
7. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
8. OBSERVANCIA DE LA NORMA
9. VIGENCIA

### **0. Introducción**

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas.

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización.

### **1. Objetivo y campo de aplicación**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

### **2. Referencias**

NOM-008-SCF1-1993 "Sistema General de Unidades de Medida".

### 3. Definiciones

3.1 **Ablandamiento:** Proceso de remoción de los iones calcio y magnesio, principales causantes de la dureza del agua.

3.2 **Adsorción:** Remoción de iones y moléculas de una solución que presentan afinidad a un medio sólido adecuado, de forma tal que son separadas de la solución.

3.3 **Agua para uso y consumo humano:** Aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano.

3.4 **Características bacteriológicas:** Son aquellas debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y organismos coliformes fecales.

3.5 **Características físicas y organolépticas:** Son aquellas que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

3.6 **Características químicas:** Son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana.

3.7 **Características radiactivas:** Son aquellas resultantes de la presencia de elementos radiactivos.

3.8 **Coagulación química:** Adición de compuestos químicos al agua, para alterar el estado físico de los sólidos disueltos, coloidales o suspendidos, a fin de facilitar su remoción por precipitación o filtración.

3.9 **Contingencia:** Situación de cambio imprevisto en las características del agua por contaminación externa, que ponga en riesgo la salud humana.

3.10 **Desinfección:** Destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

3.11 **Filtración:** Remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.

3.12 **Floculación:** Aglomeración de partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación química, a través de medios mecánicos o hidráulicos.

3.13 **Intercambio iónico:** Proceso de remoción de aniones o cationes específicos disueltos en el agua, a través de su reemplazo por aniones o cationes provenientes de un medio de intercambio, natural o sintético, con el que se pone en contacto.

3.14 **Límite permisible:** Concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que garantiza que el agua será agradable a los sentidos y no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.

3.15 **Neutralización:** Ajuste del pH, mediante la adición de agentes químicos básicos o ácidos al agua en su caso, con la finalidad de evitar incrustación o corrosión de materiales que puedan afectar su calidad.

3.16 **Osmosis inversa:** Proceso esencialmente físico para remoción de iones y moléculas disueltos en el agua, en el cual por medio de altas presiones se fuerza el paso de ella a través de una membrana semipermeable de porosidad específica, reteniéndose en dicha membrana los iones y moléculas de mayor tamaño.

3.17 **Oxidación:** Introducción de oxígeno en la molécula de ciertos compuestos para formar óxidos.

3.18 **Potabilización:** Conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano.

3.19 **Precipitación:** Proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas sedimentables del agua, por efecto gravitacional.

3.20 **Sistema de abastecimiento:** Conjunto intercomunicado o interconectado de fuentes, obras de captación, plantas cloradoras, plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y regulación, cárcamos de bombeo, líneas de conducción y red de distribución.

#### 4. Límites permisibles de calidad del agua

##### 4.1 Límites permisibles de características bacteriológicas

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar.

TABLA 1

Característica	Límite permisible
Organismos Coliformes totales	2 NMP/100 ml
	2 UFC/100 ml
Organismos Coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml
	Cero UFC/100 ml

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

4.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas. Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

TABLA 2

Característica	Límite permisible
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.



4.3 Límites permisibles de características químicas. El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

TABLA 3

Característica	Límite permisible
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl-)	250,00
Cobre	2,00
Color	20
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F-)	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 – D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> =)	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Turbiedad	5
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00
Coliformes Fecales	Ausencia
Coliformes Totales	Ausencia
Cuenta estándar	----
Olor	Inodoro
Sabor	Insaboro

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

#### 4.4 Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

TABLA 4

Característica	Límite permisible
Radiactividad alfa global	0.1
Radiactividad beta global	1.0

### 5. Tratamientos para la potabilización del agua

La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe fundamentarse en estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes biológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua enlistados a continuación, excedan los límites permisibles establecidos en el apartado 4.

#### 5.1 Contaminación biológica

5.1.1 Bacterias, helmintos, protozoarios y virus.- Desinfección con cloro, compuestos de cloro, ozono o luz ultravioleta.

#### 5.2 Características físicas y organolépticas

5.2.1 Color, olor, sabor y turbiedad.- Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, adsorción en carbón activado u oxidación.

#### 5.3 Constituyentes químicos

5.3.1 Arsénico.- Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, intercambio iónico u ósmosis inversa.

5.3.2 Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo.- Intercambio iónico u ósmosis inversa.

5.3.3 Cloruros.- Intercambio iónico, ósmosis inversa o destilación.

5.3.4 Dureza.- Ablandamiento químico o intercambio iónico.

5.3.5 Fenoles o compuestos fenólicos.- Adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.

5.3.6 Hierro y/o manganeso.- Oxidación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.

5.3.7 Fluoruros.- Ósmosis inversa o coagulación química.

5.3.8 Materia orgánica.- Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.

5.3.9 Mercurio.- Proceso convencional: coagulación-floculación-precipitación-filtración, cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Procesos especiales: en carbón activado granular y ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l; con carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l.

- 5.3.10 Nitratos y nitritos.- Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos.
- 5.3.11 Nitrógeno amoniacal.- Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, desgasificación o desorción en columna.
- 5.3.12 pH (potencial de hidrógeno).- Neutralización.
- 5.3.13 Plaguicidas.- Adsorción en carbón activado granular.
- 5.3.14 Sodio.- Intercambio iónico.
- 5.3.15 Sólidos disueltos totales.- Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico.
- 5.3.16 Sulfatos.- Intercambio iónico u ósmosis inversa.
- 5.3.17 Sustancias activas al azul de metileno.- Adsorción en carbón activado.
- 5.3.18 Trihalometanos.- Aireación u oxidación con ozono y adsorción en carbón activado granular.
- 5.3.19 Zinc.- Destilación o intercambio iónico.
- 5.3.20 En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, se deben coordinar con la autoridad sanitaria competente, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas involucrados en la contingencia, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población.

## **6. Bibliografía**

- 6.1 "Desinfección del Agua". Oscar Cáceres López. Lima, Perú. Ministerio de Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1990.
- 6.2 "Guías para la Calidad del Agua Potable". Volumen 1. Recomendaciones. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1985.
- 6.3 "Guías para la Calidad del Agua Potable". Volumen 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Organización Panamericana de la Salud. 1987.
- 6.4 "Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas". Proyecto de Revisión. SECOFI. 1992.
- 6.5 "Guide to Selection of Water Treatment Processes". Carl L. Hamann Jr., P.E. J. Brock Mc. Ewen, P.E. Anthony G. Meyers, P.E.
- 6.6 "Ingeniería Ambiental". Revista No. 23. Año 7. 1994.
- 6.7 "Ingeniería Sanitaria Aplicada a la Salud Pública". Francisco Unda Opazo. UTEHA 1969.
- 6.8 "Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales". Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Gordon M. Fair, John C. Geyer, Daniel A. Okun. Limusa Wiley. 1971.
- 6.9 "Instructivo para la Vigilancia y Certificación de la Calidad Sanitaria del Agua para Consumo Humano". Comisión Interna de Salud Ambiental y Ocupacional. Secretaría de Salud. 1987.
- 6.10 "Integrated Design of Water Treatment Facilities". Susumu Kawamura. John Willey and Sons, Inc. 1991.
- 6.11 "Manual de Normas de Calidad para Agua Potable". Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1982.

6.12 "Manual de Normas Técnicas para el Proyecto de Plantas Potabilizadoras". Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1979.

6.13 "Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios". Diario Oficial de la Federación. 18 de enero de 1988.

6.14 "Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". IPS. International Programme on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1991.

6.15 "WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". Volume 1. Recommendations. World Health Organization. 1992.

6.16 "WHO Guidelines for Drinking-Water Quality". Volume 2. Health Criteria and Other Supporting Information. Chapter 1: Microbiological Aspects. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1992.

## **7. Concordancia con normas internacionales**

Al momento de la emisión de esta Norma no se encontró concordancia con normas internacionales.

## **8. Observancia de la Norma**

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que distribuya agua para uso y consumo humano.

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas en coordinación con la Comisión Nacional del Agua, en sus respectivos ámbitos de competencia.

## **9. Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con carácter de obligatorio, al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 30 de noviembre de 1995.- El Director General de Salud Ambiental, Gustavo Olaiz Fernández.- Rúbrica.

**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 ABASTECIMIENTO PUBLICOS Y PRIVADOS DURANTE EL MANEJO DEL AGUA. PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Salud.

**ERNESTO ENRIQUEZ RUBIO**, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 3 fracciones XIV y XV, 13 Apartado A fracciones I, IV, V, IX y X, 17 bis, 116, 118 fracciones II, IV, V y VII, 119 fracción II, 122, 132, 194, 207, 393, 394, 395, 396 fracción I, 399 y demás aplicables de la Ley General de Salud; 38, 40 fracciones III, VII y XI, 41, 43, 46, 47 y 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 33 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 12 y 13 y demás aplicables del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios; 2, literal C fracción X del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud; 2 fracciones I y III, 7 y 12 fracción VI del Decreto Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios, me permito ordenar la publicación en el **Diario Oficial de la Federación**, 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 abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.

**CONSIDERANDO**

Que con fecha 4 de noviembre de 2002, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Dirección General de Salud Ambiental presentó al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, el anteproyecto de la presente Norma Oficial Mexicana.

Que con fecha 1 de agosto de 2003, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el proyecto de la Norma Oficial Mexicana, a efecto de que dentro de los siguientes sesenta días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentarán sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario.

Que con fecha previa, fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** las respuestas a los comentarios recibidos por el mencionado Comité, en términos del artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, se expide la siguiente: 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 abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.

## **PREFACIO**

En la elaboración del presente proyecto participaron los siguientes Organismos e Instituciones:

### **SECRETARIA DE SALUD**

Dirección General de Salud Ambiental

Dirección General de Calidad Sanitaria de Productos y Servicios

Laboratorio Nacional de Salud Pública

Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica

SERVICIO DE SALUD TLAXCALA

DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION  
HIDRAULICA/GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

SERVICIOS DE SALUD PUBLICA DEL DISTRITO FEDERAL

COMPOSITES TECHNOLOGY

PROVIDA INMUNIZADA

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION (CANACINTRA)

SECRETARIA DE ENERGIA/COMISION NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR Y  
SALVAGUARDAS

IDEXX LABORATORIES, S. DE RI DE C.V.

COMISION NACIONAL DE AGUA

COMTECH

PROVINZA

## **INDICE**

- 0. Introducción**
- 1. Objetivo y campo de aplicación**
- 2. Referencias**
- 3. Definiciones**
- 4. Símbolos y abreviaturas**
- 5. Especificaciones**
- 6. Control sanitario y medidas preventivas**
- 7. Procedimientos sanitarios para el muestreo**
- 8. Concordancia con normas internacionales y mexicanas**
- 9. Bibliografía**
- 10. Observancia de la norma**
- 11. Vigencia**

### **0. Introducción**

La vigilancia de la calidad del agua es fundamental para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades a la población por su consumo, como las de tipo gastrointestinal y las producidas por contaminantes tóxicos; esta vigilancia se ejerce a través del cumplimiento de los límites permisibles de calidad del agua y complementariamente, inspeccionando que las características de las construcciones, instalaciones y equipos de las obras hidráulicas de captación, plantas cloradoras, plantas de potabilización, tanques de almacenamiento o regulación, líneas de conducción, redes de distribución, cisternas de vehículos para el transporte y distribución y tomas domiciliarias protejan el agua de contaminación. El resultado de la verificación e inspección de las características mencionadas, se evalúa comparando las condiciones que presentan los sistemas de abastecimiento, con los requisitos sanitarios que permiten preservar la calidad del agua.

En el caso de obras nuevas, la selección del sitio de ubicación y su protección, tienen importancia vital para el abastecimiento de agua segura. Proteger el agua de la contaminación, siempre será preferible a proporcionarle tratamiento cuando ya está contaminada.

## 1. Objetivo y campo de aplicación

**1.1** Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la calidad del agua para uso y consumo humano, así como los procedimientos sanitarios para su muestreo.

**1.2** Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y es aplicable a todos los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento público y privado o cualquier persona física o moral que realice el manejo del agua para uso y consumo humano.

## 2. Referencias

**2.1** NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida.

**2.2** Modificación a la 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.

**2.3** NOM-179-SSA1-1998 Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuido por sistemas de abastecimiento público.

**2.4** NOM-026-STPS-1998 Colores y señales de seguridad e higiene e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

**2.5** NOM-018-STPS-2000 Sistemas para la identificación y comunicación de peligros y riesgos para sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.

**2.6** NOM-201-SSA1-2002 Productos y Servicios. Agua y hielo para consumo humano preenvasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

## 3. Definiciones

Para propósitos de esta Norma se aplican las definiciones siguientes:

**3.1 ademe:** al tubo generalmente metálico o de policloruro de vinilo (PVC), de diámetro y espesor definido, liso o ranurado cuya función es evitar el derrumbe o colapso de las paredes del pozo que afecten la estructura integral del mismo; en su porción ranurada permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.

**3.2 agua para uso y consumo humano:** aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud.



**3.3 agua superficial:** aquella que fluye sobre la superficie del terreno, o se almacena en embalses, sean naturales o artificiales.

**3.4 bitácora:** Libro de registro foliado para registrar datos de las actividades de higiene y control sanitario, en pozos y sistemas de abastecimiento, almacenamiento, potabilización, conducción de agua para uso y consumo humano.

**3.5 brocal:** base de concreto perimetral al ademe del pozo, colocada en el extremo superior del mismo.

**3.6 caja colectora:** depósito que sirve para la captación, almacenamiento y distribución de agua que proviene de fuentes de almacenamiento.

**3.7 cisterna:** depósito o recipiente, que se instala sobre un vehículo para transportar y distribuir agua para uso y consumo humano.

**3.8 contraademe:** tubería, generalmente de acero, utilizada en la ampliación de la parte superior de un pozo, cuya función es evitar derrumbes, entradas de aguas superficiales e infiltraciones que contaminen el acuífero.

**3.9 contracuneta:** extensión de talud de la cuneta revestida de concreto, la cual se construye para proteger a ésta de deslaves.

**3.10 cuneta:** zanja de desagüe de la precipitación pluvial, revestida de concreto.

**3.11 desinfección:** destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

**3.12 estación de bombeo o rebombeo:** conjunto de estructuras y equipos que sirven para aumentar la presión del agua con el fin de elevarla a niveles más altos o para mantener uniforme la presión en las redes de distribución.

**3.13 grifo o válvula,** instrumento o accesorio con manivela que al ser accionado abre, regula y cierra el flujo de agua en su punto de salida.

**3.14 manejo del agua:** es la acción de captación, conducción, almacenamiento, regulación, potabilización y distribución del agua, así como su transporte mediante cisternas.

**3.15 mantenimiento:** a las acciones de lavado, desinfección y conservación de los sistemas de abastecimiento y cisternas.

**3.16 material sanitario:** al que es liso, fácil de lavar, desinfectar, no absorbente, inerte, que no ceda sustancias tóxicas.

**3.17 muestreo:** a las actividades desarrolladas para obtener volúmenes de agua en sitios seleccionados del sistema de abastecimiento, de tal manera que sean representativos de éste, con el propósito de evaluar características físicas, químicas, microbiológicas y radiactivas.

**3.18 obra de captación:** estructura que sirve para extraer el agua de las fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas.

**3.19 organismo operador:** instancia responsable de operar, mantener y administrar el sistema de abastecimiento.

**3.20 parámetro:** a la característica del agua que se evalúa o mide.

**3.21 planta de potabilización:** conjunto de estructuras, instalaciones, procesos y operaciones que sirven para mejorar la calidad del agua, haciéndola apta para uso y consumo humano.

**3.22 plantilla:** losa de concreto perimetral al brocal para protección superficial del pozo.

**3.23 pozo:** obra de ingeniería en la que se utilizan maquinarias y herramientas mecánicas para su construcción y que permite extraer agua del subsuelo, con fines de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, en sistemas públicos y privados.

**3.24 preservación de la muestra:** al proceso y medidas por los cuales, se reducen al mínimo los cambios de las características de la muestra durante el tiempo que transcurre entre el muestreo y el análisis.

**3.25 punto de muestreo:** posición precisa en una zona determinada donde son tomadas las muestras.

**3.26 red de distribución:** conjunto de tuberías que sirve para llevar el agua hasta el usuario.

**3.27 registro:** abertura con tapa que permite la entrada de personal para acciones de limpieza y mantenimiento.

**3.28 requisitos sanitarios de los sistemas de abastecimiento:** características que deben cumplir las construcciones, instalaciones y equipos que los integran, para proteger el agua de contaminación.

**3.29 rompeolas:** mamparas fijas en el interior de la cisterna, colocadas transversal y verticalmente para evitar movimientos violentos de agua.

**3.30 sistema de abastecimiento de agua:** conjunto de elementos integrados por las obras hidráulicas de captación, conducción, potabilización, desinfección, almacenamiento o regulación y distribución.

**3.31 sardinel:** estructura en el borde superior del registro donde descansa la tapa.

**3.32 tanque de almacenamiento o regulación:** depósito superficial o elevado que sirve para almacenar el agua o regular su distribución.

#### 4. Símbolos y abreviaturas

Cuando en esta Norma se haga referencia a los siguientes símbolos y abreviaturas se entiende por:

cm	Centímetro
HCl	Acido clorhídrico
HNO <sub>3</sub>	Acido nítrico
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Acido sulfúrico
L	Litros
m	Metros
min	Minutos
mg	Miligramos
mL	Mililitros
NaOH	Hidróxido de sodio
pH	Potencial de Hidrógeno
%	Por ciento
°C.	Grado centígrado
<	Menor que

#### 5. Especificaciones

##### 5.1 Para pozos:

Deben de contar con la protección sanitaria siguiente:

**5.1.1** El ademe debe sobresalir cuando menos 0.50 m por encima del nivel del terreno natural o sobre elevado.

**5.1.2** El contraademe debe sobresalir 0.20 m, del nivel del terreno natural o sobre elevado, o bien 0.50 m, dependiendo del diseño del pozo. El espacio anular entre el contraademe y la formación adyacente será relleno por completo con una lechada de cemento normal.

**5.1.3** Brocal, cuyo tipo y dimensiones serán de acuerdo al diseño del pozo.

**5.1.4** Plantilla alrededor del pozo que debe construirse con una pendiente del 2%.

**5.2** Para sistemas de abastecimiento de agua, público o privado:

**5.2.1** Las obras de captación, tanques de almacenamiento o regulación, plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo, deben protegerse mediante cercas de malla de alambre o muros que impidan la introducción de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales. La obra de captación debe mantenerse libre de malezas permanentemente.

**5.2.3** El acceso a las obras de captación, tanques de almacenamiento o regulación, plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo, deben protegerse con bardas y puertas con cerraduras, candados o sistemas de seguridad y permitir la entrada únicamente a personal autorizado.

**5.2.4** En función de las características de construcción las obras de captación, tanques de almacenamiento, regulación y estaciones de bombeo, deben protegerse de contaminación exterior debida a escurrimientos o infiltraciones de agua u otros vectores, mediante lo siguiente:

**5.2.4.1** Losa de concreto, cunetas, contra cunetas o canales de desviación, ubicadas en el perímetro de la instalación.

**5.2.4.2** Sellos impermeables en juntas y uniones de tuberías, equipos y sus accesorios, así como resane e impermeabilización de fisuras o fracturas en estructuras que contengan agua, y

**5.2.4.3** Tela tipo mosquitero o similar, en dispositivos de ventilación rejillas, tubos u otros ductos.

**5.2.5** Las áreas interiores de estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras deben mantenerse siempre aseadas. Se deben limpiar y desinfectar con la frecuencia que determinen las condiciones del sistema, equipo y proceso de manera que se eliminen los riesgos asociados.

**5.2.6** Las tuberías que conducen agua en las distintas etapas del proceso o fluidos diferentes de ésta, se deben identificar de acuerdo con el código propio de la empresa. Cualquier forma y código de identificación debe ser visible para el personal.

**5.2.7** Las instalaciones destinadas al almacenamiento y aplicación de desinfectantes, sea cloro, compuestos de cloro u otros productos químicos, se deben mantener con el piso seco y ventilación adecuada que permita circulación cruzada del aire. Se debe evitar el almacenamiento de productos ajenos a la potabilización.

**5.2.8** Los tanques de almacenamiento o regulación y estaciones de bombeo para abastecer agua directamente a la red de distribución, deben contar con los siguientes dispositivos:

**5.2.8.1** Ductos de ventilación en forma de "u" o de codo invertido, de tal manera que la entrada-salida del aire apunte hacia el suelo.

**5.2.8.2** Caja colectora de sedimentos dependiendo de sus características.

**5.2.8.3** Registros de acceso con tapa envolvente al sardinel que impidan escurrimientos al interior del tanque, y

**5.2.8.4** Tubos para desfogue.

**5.2.9** Las paredes interiores de los tanques de almacenamiento o regulación, los cárcamos de bombeo, las cajas colectoras o repartidoras deben ser o estar recubiertos de material sanitario. Debe existir un programa de limpieza que garantice la preservación de la calidad del agua. La limpieza debe incluir la extracción de sólidos sedimentados y remoción de materiales incrustados. Se deben limpiar y desinfectar las paredes y piso con la frecuencia que determinen las condiciones del tanque de manera que se eliminen los riesgos asociados.

**5.2.10** En los casos de nuevos proyectos de redes de distribución, ampliaciones o rehabilitaciones deben eliminarse los extremos terminales o muertos.

**5.3** Para cisterna para el transporte y distribución de agua:

**5.3.1** La cisterna debe recibir su carga de fuentes o líneas de distribución del sistema de abastecimiento de agua, público o privado.

**5.3.2** La cisterna debe cumplir con los siguientes requisitos sanitarios:

**5.3.2.1** Las paredes internas y rompeolas de la cisterna deben ser o revestirse con material resistente a la oxidación y corrosión.

**5.3.2.2** La cisterna debe contar con registro que permita el acceso de una persona al interior de la misma, para efectuar el mantenimiento; en el caso que los rompeolas formen compartimientos separados, cada uno de ellos debe tener registro de acceso.

**5.3.2.3** Para el vaciado completo la cisterna debe contar con válvula o dispositivo de salida de cierre hermético en el fondo.

**5.3.2.4** El dispositivo del registro para la ventilación de la cisterna, no debe permitir derrames de agua o introducción de material extraño.

**5.3.2.5** Para la distribución del agua, la cisterna debe contar con válvula de salida de cierre hermético y manguera de distribución flexible y de material inerte al agua.

**5.3.2.6** La manguera de distribución debe encontrarse en buenas condiciones, sin presentar fugas, evitándose en todo momento el contacto de sus extremos con el piso.

**5.3.2.7** Las conexiones entre la cisterna, válvula y manguera de distribución no deben presentar fugas de agua.

**5.3.2.8** Si la cisterna cuenta con bomba para la distribución de agua, la misma no debe presentar fugas de combustible o lubricantes.

**5.3.2.9** Al terminar la operación de llenado, se debe mantener cerrada la cisterna de un vehículo hasta realizar nuevamente la operación de llenado.

**5.3.3** La cisterna debe utilizarse exclusivamente para el transporte de agua para uso y consumo humano, asimismo, debe mantenerse limpia y ostentar en el exterior de la cisterna y en ambos lados, con letras y números grandes, visibles y en color contrastante lo siguiente:

**5.3.3.1** La leyenda Agua Potable.

**5.3.3.2** Clave asignada por el organismo operador a conformada por siglas del organismo operador y número secuencial.

**5.3.3.3** Identificación de la persona o personas encargadas de la distribución (nombre, dirección y teléfono).

**5.3.4** El organismo operador de la cisterna debe exhibir copia de la bitácora del último mantenimiento y desinfección efectuados a la cisterna, así como de los resultados de los últimos análisis físicos, químicos y microbiológicos, a solicitud de la autoridad sanitaria competente.

## **6. Control sanitario y medidas preventivas**

**6.1** Para efectos de verificación oficial la determinación de cloro residual libre debe efectuarse con un comparador con características mínimas de medición a través de escala colorimétrica, entre los valores obligatorios de 0.2 a 1.5 mg/L, con marcas de comparación en los valores de 0.2, 0.5, 1.5 y 2.0 mg/L, utilizando reactivo DPD (dialquil-1,4-fenilendiamina o N,N-dietil -p-fenilendiamina).

**6.2** Sistemas de abastecimiento de agua, público y privado:

**6.2.1** No deben considerarse como fuentes de abastecimiento para uso y consumo humano, aquellas que por el tipo, magnitud y toxicidad de sus componentes físicos,

químicos y microbiológicos presentes, sean potencialmente un riesgo a la salud humana, a menos que se realice tratamiento para su potabilización.

**6.2.2** Debe preservarse la calidad microbiológica del agua en cualquier parte del sistema hasta en los puntos más alejados de la red de distribución, mediante la desinfección continua y permanente del agua.

**6.2.3** Cuando se presenten interrupciones del suministro, debidas a fallas mecánicas, eléctricas, por mantenimiento o de cualquier otra causa, al restablecimiento del servicio se debe reforzar la desinfección.

**6.2.4** En los casos de obra nueva de almacenamiento, conducción y distribución, o en el caso de mantenimiento preventivo o correctivo de cualquier elemento del sistema de abastecimiento, debe limpiarse y desinfectarse antes de iniciar su operación.

**6.2.5** Las acciones de limpieza, drenado y desinfección deben registrarse en una bitácora y estar disponibles cuando la autoridad sanitaria competente los requiera. Esta disposición es obligatoria para todos los sistemas de abastecimiento. Esta bitácora debe conservarse por lo menos durante un año.

**6.3** Para cisternas para el transporte y distribución de agua:

El organismo operador de la cisterna debe cumplir con los siguientes requisitos:

**6.3.1** Bitácora, la cual debe contener la siguiente información:

**6.3.1.1** Clave de identificación de la cisterna.

**6.3.1.2** Reporte de los resultados de las determinaciones de cloro residual libre, por zona de distribución, en el que se incluya: fecha y nombre de la persona que realiza el servicio.

**6.3.1.3** Reporte del mantenimiento en el que se incluya: fecha y responsable de este servicio.

**6.3.1.4** Tipo y localización de la(s) fuente(s) de abastecimiento o línea(s) de distribución de agua potable, donde se surte la cisterna.

**6.3.1.5** Zonas de distribución de agua, y

**6.3.1.6** Volumen diario de agua distribuido.

## **7. Procedimientos sanitarios para el muestreo**

Este Apartado establece los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento y cisternas para el

transporte y distribución, público y privado, incluyendo características microbiológicas, físicas, químicas y radiactivas, así como criterios para manejo, preservación y transporte de muestras. El procedimiento de muestreo debe iniciar con la toma de muestras para análisis microbiológico.

#### **7.1 Material, reactivos y equipo de muestreo.**

##### **7.1.1 Envases para toma de muestra.**

**7.1.1.1** Para análisis microbiológico.- Frascos de vidrio con tapón esmerilado, frascos estériles desechables o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 o 250 mL.

**7.1.1.2** Para análisis de metales.- Envase y tapa de plástico, adicionados de 1 mL de ácido nítrico concentrado por cada 100 mL de muestra.

Para análisis de plaguicidas.- Envase de vidrio color ámbar o transparente cubierto de papel aluminio.

**7.1.1.3** El material del envase, así como el volumen de muestra requerido y el método de preservación para la determinación de los diferentes parámetros, deben ser los señalados en la Tabla 1.

**7.1.2** Termómetro que permita mediciones en un intervalo de -1 a 50°C con graduación de 1°C.

**7.1.3** Potenciómetro portátil o comparador visual para determinación de pH.

**7.1.4** Colorímetro portátil o comparador visual para determinación de cloro residual.

**7.1.5** Hielera con tapa.

**7.1.6** Bolsas refrigerantes o bolsas con hielo cerradas.

**7.1.7** Agua destilada o desionizada.

**7.1.8** Solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/L.

**7.1.9** Gasas o torundas de algodón, estériles.

**7.1.10** Equipos muestreadores comerciales.

#### **7.2 Preparación de envases para toma de muestras.**

Los recipientes para la toma de muestras, deberán ser proporcionados con hoja de cadena de custodia por el laboratorio responsable del análisis, para análisis



microbiológico o físico y químico, ya que deberá ser lavado y con la preparación adecuada para el análisis general o particular de los parámetros seleccionados.

### **7.2.1** Para análisis microbiológico.

#### **7.2.1.1** Esterilización de frascos para muestras de agua sin cloro residual libre.

Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170°C, por un tiempo mínimo de 60 min. o en autoclave a 120°C durante 15 min antes de la esterilización debe cubrirse el tapón del frasco con papel resistente a ésta, en forma de capuchón

#### **7.2.1.2** Esterilización de frascos para muestras de agua con cloro residual libre.

Previo a la esterilización agregar 0.1 mL de tiosulfato de sodio al 3% por cada 120 mL de capacidad de los mismos. A continuación proceder como se indica en el numeral 6.2.1.1.

**7.2.1.3** La colecta de muestras con alto contenido de metales, incluyendo cobre o zinc (mayor a 1.0 mg/L) los frascos para el muestreo deben contener 0.3 mL de solución de sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 15 por ciento (ajustar el pH de la solución a 6.5 antes de su uso) en frasco de 120 mL de capacidad adicionar por separado al frasco de muestreo antes de la esterilización o combinarse con la solución de tiosulfato de sodio antes de la adición.

**7.2.2** Para análisis físicos, químicos y radiactivos, de acuerdo a los parámetros a determinar, considerar lo especificado en la tabla 1 del numeral 7.7.

### **7.3** Procedimiento para toma de muestra.

Para análisis microbiológico, utilizar frascos de vidrio, frascos estériles o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 mL o 250 mL.

#### **7.3.1** Para análisis microbiológico.

##### **7.3.1.1** En bomba de mano o grifo o válvula.

El agua de los grifos o válvulas debe provenir directamente del sistema de distribución. No debe efectuarse toma de muestra en grifos o válvulas que presenten fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua puede correr por la parte exterior del grifo o válvulas y contaminar la muestra. Deben removerse los accesorios o aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra.

**7.3.1.1.1** Si la limpieza del grifo o válvulas seleccionadas es dudosa elegir otro grifo o válvula. Si se requiere tomar la muestra en el grifo o válvulas de dudosa limpieza por propósitos especiales del muestreo, debe limpiarse el orificio de salida con una gasa

estéril o torunda de algodón impregnada de solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/L. Adicionalmente cuando el material y las condiciones del punto de salida lo permitan se podrá calentar a flama directa y posteriormente limpiarse con alcohol.

**7.3.1.1.2** Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min. hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido renovada o que la temperatura del agua sea estabilizada antes de tomar la muestra. Reducir el volumen de flujo para permitir el llenado del frasco sin salpicaduras.

**7.3.1.1.3** Colocarse los guantes y cubreboca.

**7.3.1.1.4** Cerca del orificio de salida, en el caso de frascos de vidrio con tapón esmerilado y protegidos con papel, deben quitarse simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, el papel de protección, o el cuello del frasco. Para lo anterior es necesario sostener el tapón o tapa con el esmeril o rosca hacia abajo; en el caso de frascos estériles desechables desprender y eliminar el sello de seguridad y mantener la tapa con la rosca hacia abajo; para el caso de uso de bolsas estériles desprender y eliminar el sello de seguridad de la bolsa.

**7.3.1.1.5** Proceder a tomar la muestra sin pérdida de tiempo y sin enjuagar el frasco; se debe dejar el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10% de volumen del frasco). Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón con el papel de protección o la tapa al frasco; en el caso de las bolsas proceder al cerrado hermético.

**7.3.1.2** En captación de un cuerpo de agua superficial o tanque de almacenamiento.

**7.3.1.2.1** Deben lavarse manos y antebrazos con agua y jabón, y colocarse guantes y cubreboca.

**7.3.1.2.2** En el caso de frascos de vidrio con tapón esmerilado quitar únicamente el papel de protección evitando que se contamine, y en el caso de frascos y bolsas estériles desechables, desprender el sello de seguridad.

**7.3.1.2.3** Sumergir el frasco en el agua con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, destapar y a continuación girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado (en todos los casos debe evitarse tomar la muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber nata o sedimento y en el caso de captación en cuerpos de agua superficiales, no deben tomarse muestras muy próximas a la orilla o muy distantes del punto de extracción); si existe corriente en el cuerpo de agua, la toma de muestra debe efectuarse con la boca del frasco a contracorriente. Efectuada la toma de muestra debe colocarse el tapón o tapa, sacar el frasco del agua y colocar el papel de protección en su caso. Para el caso en el que se utilice bolsa, sumergirla a la profundidad arriba indicada. Tomar la muestra y cerrar la bolsa bajo el agua, posteriormente sellar ésta fuera del agua.

En el caso de tanques de almacenamiento, si no es posible la toma de muestra como se indica en este punto, debe procederse como se menciona en 7.3.1.4.

#### **7.3.1.3** En pozo profundo.

**7.3.1.3.1** Si el pozo cuenta con grifo o válvula para toma de muestra, debe procederse como se indica en el numeral 7.3.1.1.

**7.3.1.3.2** Si el pozo no cuenta con grifo o válvula para toma de muestra, debe abrirse la válvula de una tubería de desfogue, dejarse correr el agua por un mínimo de 3 min. y a continuación se procede como en 7.3.1.1.3 y 7.3.1.1.4.

#### **7.3.1.4** En pozo somero o fuente similar.

**7.3.1.4.1** Cuando no es posible tomar la muestra con la extensión del brazo, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio, o en su caso equipo muestreador comercial.

**7.3.1.4.2** Deben quitarse simultáneamente el tapón y el papel de protección, de acuerdo a lo estipulado en el numeral 7.3.1.1.4.

**7.3.1.4.3** Proceder a tomar la muestra, bajando el frasco dentro del pozo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, evitando que el frasco toque las paredes del pozo.

**7.3.1.4.4** Efectuada la toma de muestra, deben colocarse la tapa o el tapón con el papel de protección al frasco, o en su caso sellar la bolsa.

**7.3.1.5** En grifo o válvula de muestreo o boca de manguera de distribución de cisterna de vehículo:

**7.3.1.5.1** Si la toma de muestra se efectúa en grifo, válvula de descarga o boca de la manguera, proceder como se indica en el numeral 7.3.1.1.

#### **7.3.2** Para análisis físico, químico y radiactivo.

El volumen de muestra debe tomarse como se indica en la Tabla 1 de este Apartado.

**7.3.2.1** En bomba de mano o grifo o válvula del sistema de distribución o pozo profundo.

**7.3.2.1.1** Debe dejarse correr el agua aproximadamente por 3 min. o hasta que la temperatura de la muestra sea estable antes de la toma o hasta asegurarse que el agua contenida en la línea ha sido renovada.

**7.3.2.1.2** El muestreo debe realizarse cuidadosamente, evitando que se contaminen el tapón, boca e interior del envase; se requiere tomar un poco del agua que se va a

analizar, se cierra el envase y agitar fuertemente para enjuagar, desechando esa agua; se efectúa esta operación dos o tres veces, procediendo enseguida a la toma de muestra.

**7.3.2.2** En captaciones de agua superficial, tanque de almacenamiento, pozo somero o fuente similar, debe manejarse el envase siguiendo las indicaciones comprendidas en 7.3.1.2.1. y 7.3.1.2.3.

#### **7.4** Manejo de muestras.

**7.4.1** Las muestras tomadas deben colocarse en hielera con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo cerradas para su transporte al laboratorio, a una temperatura entre 4 y 10°C, cuidando de no congelar las muestras. El hielo utilizado debe cumplir con las especificaciones establecidas en la NOM-201-SSA1-2002, señalada en el Apartado de referencias.

**7.4.2** El periodo máximo que debe transcurrir entre la toma de muestra y el inicio del análisis es:

**7.4.2.1** Para análisis microbiológico en óptimas condiciones de preservación y transporte hasta 6 horas.

**7.4.2.2** Para análisis físicos, químicos y radiactivos el periodo depende de la preservación empleada para cada parámetro como se indica en la Tabla 1 del numeral 7.7.

#### **7.5** Identificación y control de muestras.

**7.5.1** Para la identificación de las muestras deben etiquetarse los frascos y envases con la siguiente información:

**7.5.1.1** Número de control para identificar la muestra, independientemente del número de registro del laboratorio.

**7.5.1.2** Fecha y hora de muestreo.

**7.5.2** Para el control de la muestra debe llevarse un registro en formato establecido previamente con los datos anotados en la etiqueta del frasco o envase, así como la siguiente información:

**7.5.2.1** Identificación del punto o sitio de muestreo.

**7.5.2.2** Temperatura del agua.

**7.5.2.3** pH.

**7.5.2.4**Cloro residual libre.

**7.5.2.5**Tipo de análisis a efectuar.

**7.5.2.6**En su caso, reactivo empleado para la preservación.

**7.5.2.7**Observaciones relativas a la toma de muestra, en su caso, de preferencia en situaciones de muestras especiales provenientes de alguna contingencia o evento ocasional.

**7.5.2.8**Nombre de la persona que realizó el muestreo.

**7.6**Selección de puntos de muestreo.

La selección de puntos de muestreo debe considerarse para cada sistema de abastecimiento en particular. Sin embargo, existen criterios que deben tomarse en cuenta para ello. Estos criterios son:

**7.6.1**Los puntos de muestreo deben ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema.

**7.6.2**Debe haber una distribución uniforme de los puntos de muestreo a lo largo del sistema y, en su caso, considerar los lugares más susceptibles de contaminación:

**7.6.2.1**Puntos muertos.

**7.6.2.2**Zonas de baja presión.

**7.6.2.3**Zonas con antecedentes de problemas de contaminación.

**7.6.2.4**Zonas con fugas frecuentes.

**7.6.2.5**Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente.

**7.6.2.6**Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección, y

**7.6.2.7**Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento.

**7.6.3**Los puntos se localizarán dependiendo del tipo de sistemas de distribución y en proporción al número de ramales.

**7.6.4**Debe haber como mínimo un punto de muestreo inmediatamente a la salida de las plantas de tratamiento, en su caso.

**7.7**Preservación de muestras.

**Tabla 1. Preservación de muestras**

DETERMINACION	MATERIAL DE ENVASE	VOLUMEN MINIMO (mL)	PRESERVACION	TIEMPO MAXIMO DE ALMACENAMIENTO
Cianuros	p, v	1000	Adicionar NaOH a pH>12; refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	24 horas
Cloro residual	p, v	50	Analizar inmediatamente	
Cloruros	p, v	200	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Color	p, v	500	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Dureza total	p, v	100	Adicionar HNO3 o H2SO4 a pH<2 (*)	14 días
Fenoles	p, v PTFE	500	Adicionar H2SO4 a pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C	Analizar tan pronto sea posible
Fluoruros	P	500	Refrigerar de 4 a 10°C	28 días
Hidrocarburos aromáticos (BTEX)	S	25	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días
Metales en general	p, v (A)	1000	Adicionar 1 mL de ácido nítrico concentrado por cada 100 mL de muestra.	180 días Sólo para la determinación de mercurio almacenar por un máximo de 4 semanas
Nitratos	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Nitritos	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	
Nitrógeno amoniacal	p, v	500	Adicionar H2SO4 a pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C	7 días
Olor	V	500	Analizar tan pronto como sea posible. Refrigerar	6 hrs.
pH	p, v	50	Analizar inmediatamente	
Plaguicidas	s	1000	Refrigerar de 4 a 10°C.	7 días Extraídos los plaguicidas con solventes el tiempo de almacenamiento máximo será de 40 días
Radiactividad alfa global	p,v	1000	Adicionar HCl o HNO3 a pH <2.	180 días
Radiactividad beta global	p,v	1000	Adicionar HCl o HNO3 a pH <2.	180 días
Sólidos	p, v	200	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días
Sodio	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la	18 días

			oscuridad	
Sulfatos	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	28 días
Sustancias Activas al Azul de Metileno	p, v	250	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Temperatura	p, v		Determinar inmediatamente	
Trihalometanos	S	25	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días
Turbiedad	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	24 horas
Yodo	v (ámbar)	50	Analizar inmediatamente	

\*Omitir la preservación en caso de que la muestra se analice inmediatamente.

p - plástico

p(A) enjuagado con HNO<sub>3</sub> 1+1

pH - potencial de hidrógeno

s - vidrio enjuagado con solventes orgánicos; interior de la tapa del envase recubierta con teflón

v - vidrio

v(A) - enjuagado con HNO<sub>3</sub> 1+1

PTFE - tapa de politetrafluoroetileno

BTEX - benceno, tolueno, etilbenceno, xileno

1.-Para que la muestra no sea insuficiente, en las determinaciones de cloro residual, nitratos, nitrógeno amoniacal, ph sólidos, sustancias activas al azul de metileno, turbiedad y yodo, se recomienda que el volumen mínimo se multiplique por 4 para que el laboratorio tenga la posibilidad de realizar en caso necesario, una repetición.

2.-La preservación de la muestra en la determinación de dureza total, es exclusivamente para aguas contaminadas y residuales; ya que en aguas naturales no es necesario adicionar ácido como preservativo.

## 8. Concordancia con normas internacionales y mexicanas

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional o mexicana.

## 9. Bibliografía

9.1 Comisión Nacional del Agua-Secretaría de Salud. 1996. Manual de Muestreo y Determinación de Cloro Residual Libre. Primera Edición. México, D.F.

9.2 Organización Mundial de la Salud. 1995. Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 1. Recomendaciones. Segunda Edición. Ginebra. Págs. 26-30; 137-150; 183; 187.

9.3 SEMARNAP. 1992. Ley de Aguas Nacionales. **Diario Oficial de la Federación**-diciembre. México, D.F. Artículo 119 fracciones VI, VII, XIII.

9.4 SECOFI. 1992. Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas -Proyecto de Revisión. México, D.F.

9.5 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Comisión Nacional del Agua. SARH. 1991. Manual No. 6 1a. Edición. Págs. 10-11.

9.6 Secretaría de Salud. 1988. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. **Diario Oficial de la Federación**-18 de enero. México, D.F. Artículo 214 fracciones I y V, pág. 27; artículo 216, pág. 27; artículos 218, 222 y 224.

9.7 Francisco Unda Opazo. 1967. Ingeniería Sanitaria Aplicada a la Salud Pública. UTEHA. Santiago, Chile. Págs. 93-99; 176 -184.

9.8 APHA. AWWA. WPCF. Standard Methods for the Examination of Water of Wastewater.

## 10. Observancia de la Norma

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Salud y a los Gobiernos de las Entidades Federativas en sus respectivos ámbitos de competencia y a los organismos de tercera parte habilitados para tal efecto.

## 11. Vigencia

11.1 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor con su carácter obligatorio, a los sesenta días de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

11.2 La presente Norma cancela a las siguientes.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo públicos y privados.



Norma Oficial Mexicana NOM 013-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano.

Norma Oficial Mexicana NOM -014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

México, D.F., a 25 de abril de 2005.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, **Ernesto Enríquez Rubio**.- Rúbrica.

# ANEXO 2

**INDICE DE ANEXO II**  
**CORRESPONDIENTE A CAPÍTULO 3.- APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE**  
**LOS PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA EN CIUDAD UNIVERSITARIA**

<b>Descripción del sistema de abastecimiento</b>	<b>Página</b>
1.- Check List de la NOM-230-SSA1-2002	180
<b>Evaluación del peligro y caracterización del riesgo</b>	
2.- <b>Monitoreo de cloro libre residual por “Calidad del agua”, PUMAGUA.</b>	185
3.- Dependencias universitarias en riesgo alto en las mediciones de cloro libre residual.	
4.- Dependencias universitarias en riesgo bajo en las mediciones de cloro libre residual.	
5.- <b>Monitoreo de fugas en la red de distribución por “Balance hidráulico” PUMAGUA.</b>	187
6.- Determinación del nivel de riesgo según el caudal perdido.	
7.- Nivel de riesgo en los institutos según el nivel de fugas detectadas.	
8.- Nivel de riesgo en las dependencias según el nivel de fugas.	
9.- Nivel de riesgo en las facultades según el nivel de fugas detectadas.	
10.- Consumos promedio por dependencia de docencia.	
11.- Consumo promedio por dependencia de investigación.	
12.- Consumos promedio por dependencia administrativa.	
<b>Establecimiento de límites críticos</b>	
13.- Datos del sistema de desinfección en cada pozo de Ciudad Universitaria.	195
14.- Mapa de Ciudad Universitaria, UNAM.	

## 1.- Aplicación del Check List generado a partir de la NOM-230-SSA1-2002

Check List de la NOM-230-SSA1-2002						
<p><b>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.</b></p>						
COMPONENTE DEL SISTEMA	ELEMENTOS DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	APLICA	NO APLICA	COMENTARIOS
<b>CAPTACIÓN (POZOS)</b>						
	ADEME	Sobre sale del terreno .50 m				
	CONTRADEME	Sobre sale del terreno entre .20m y .50 m				
	BROCAL	Dimensionamiento de acuerdo al diseño del pozo.				
	PLANTILLA	Alrededor del pozo debe construirse con una pendiente del 2%.				
<b>OBRA DE INFRAESTRUCTURA EN POZOS</b>		Cercado del pozo mediante mallas de alambre o muros.				
		Acceso a la obra protegido con bardas, puertas y cerraduras, candados o sistemas de seguridad. (Acceso sólo personal autorizado).				
		Losa de concreto, cunetas, contra cunetas o canales de desviación, ubicadas en el perímetro de la instalación.				

COMPONENTE DEL SISTEMA	ELEMENTOS DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	APLICA	NO APLICA	COMENTARIOS
		Sellos impermeables en juntas y uniones de tuberías.				
		Sello en equipos y sus accesorios.				
		Resane e impermeabilización de fisuras o fracturas en las estructuras.				
<b>DISPOSITIVOS DE VENTILACIÓN EN LOS POZOS</b>						
	REJILLAS	Cubierta con tela de mosquitero o similar.				
	TUBOS OTROS DUCTOS. U	Cubierta con tela de mosquitero o similar.				
	ÁREAS INTERIORES	Limpiar y desinfectar los exteriores de manera frecuente (Eliminación de maleza, flora nociva, etc.)				
	TUBERIAS	Código de identificación visible al personal.				
	TUBOS PARA DESFOGUE	Paredes interiores recubiertas de material sanitario.				
		Programa de limpieza que garantice la preservación de la calidad del agua, de manera frecuente.				
		Extracción de sólidos sedimentables y remoción de materiales incrustados.				

**Check List de la NOM-230-SSA1-2002**

**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.**

COMPONENTE DEL SISTEMA	ELEMENTOS DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	APLICA	NO APLICA	COMENTARIOS
<b>TANQUES DE ALMACENAMIENTO</b>						
	APLICACIÓN DE DESINFECTANTE	Piso seco y ventilación adecuada que permita circulación cruzada del aire.				
		Evitar almacenamiento de productos ajenos a la potabilización				
	DUCTOS DE VENTILACIÓN	Forma de "U" o de codo invertido, entrada y salida de aire que apunte hacia el suelo.				
		Caja colectora de sedimentos.				
	REGISTRO DE ACCESOS	Tapa envolvente al sardinel que impidan escurrimientos al interior del tanque				
	TUBOS PARA DESFOGUE	Paredes interiores recubiertas de material sanitario.				
		Programa de limpieza que garantice la preservación de la calidad del agua, de manera frecuente.				
		Extracción de sólidos sedimentables y remoción de materiales incrustados.				

COMPONENTE DEL SISTEMA	ELEMENTOS DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	APLICA	NO APLICA	COMENTARIOS
<b>OBRA DE INFRAESTRUCTURA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>		Cercado del tanque de almacenamiento mediante mallas de alambre o muros.				
		Acceso a la obra protegido con bardas, puertas y cerraduras, candados o sistemas de seguridad. (Acceso sólo personal autorizado).				
		Losa de concreto, cunetas, contra cunetas o canales de desviación, ubicadas en el perímetro de la instalación.				
		Sellos impermeables en juntas y uniones de tuberías.				
		Sello en equipos y sus accesorios.				
		Resane e impermeabilización de fisuras o fracturas en las estructuras.				
<b>DISPOSITIVOS DE VENTILACIÓN EN TANQUES</b>						
	REJILLAS	Cubierta con tela de mosquitero o similar.				
	TUBOS Y OTROS DUCTOS	Cubierta con tela de mosquitero o similar.				
	ÁREAS INTERIORES	Limpiar y desinfectar los exteriores de manera frecuente (Eliminación de maleza, flora nociva, etc.)				
	TUBERIAS	Código de identificación visible al personal.				

COMPONENTE DEL SISTEMA	ELEMENTOS DEL SISTEMA	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	APLICA	NO APLICA	COMENTARIOS
	TUBOS PARA DESFOGUE	Paredes interiores recubiertas de material sanitario.				
		Programa de limpieza que garantice la preservación de la calidad del agua, de manera frecuente.				
		Extracción de sólidos sedimentables y remoción de materiales incrustados.				
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>						
	AMPLIACIONES O REHABILITACIÓN	Eliminar extremos terminales o muertos				
	INTERRUPCIONES DEL SUMINISTRO	Restablecimiento del suministro reforzando la cloración.				
	OBRAS NUEVAS DENTRO DEL SISTEMA	Limpieza y desinfección antes de su operación.				
		Registro en bitácora de actividades de desinfección, información disponible para las autoridades sanitarias.				



## EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

### 2.- Monitoreo de cloro libre residual por “Calidad del Agua” PUMAGUA:

En la página electrónica del “Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM, PUMAGUA” se encuentra el reporte de los análisis de **cloro libre residual**<sup>7</sup> en las dependencias, llevados a cabo durante los meses de abril y mayo de 2011; cuando se realizaron 5 muestreos en cada dependencia considerada, encontrándose diferentes puntos críticos y de control.

En seguida se exponen los resultados del cloro residual para el análisis del agua en las dependencias universitarias, con una caracterización de riesgo alto, debido a que de los 5 muestreos realizados por lo menos uno estuvo fuera de la norma.

Tabla 3.- Dependencias universitarias en riesgo alto en las mediciones de cloro libre residual.

<b>Medición de cloro libre residual por dependencia</b>		
<b>Dependencia</b>	<b>Sitio de monitoreo</b>	<b>Suministro de agua potable</b>
Base PUMABUS	Llave de agua (antes de entrar a la dependencia)	Tanque bajo
Facultad de Medicina	Aspersor de riego	Tanque bajo
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Aspersor	Tanque vivero alto
Frontón Cerrado	Llave de agua (antes de entrar a la dependencia)	Pozo multifamiliar
Instituto de Investigaciones Matemáticas Aplicadas y Sistemas	Aspersor de riego	Tanque bajo
Talleres de Conservación	Cisterna	Tanque alto
Teatro y Danza	Aspersor	Tanque vivero alto
Universum	Cisterna	Tanque vivero alto

Fuente: [http://www.pumagua.unam.mx/calidad\\_agua.html](http://www.pumagua.unam.mx/calidad_agua.html) (Versión noviembre 2011)

<sup>7</sup> El cloro residual libre, es la cantidad de cloro restante en el agua después de cierto tiempo de la adición. Las Normas Oficiales Mexicanas señalan que la cantidad adecuada de cloro residual en el agua debe estar entre los límites de 0.2 y 1.5 mg/l.

Las dependencias que no se encuentran en riesgo dado que de los 5 muestreos realizados ninguno salió por abajo de la norma son:

Tabla 4.- Dependencias universitarias en riesgo bajo en las mediciones de cloro libre residual

<b>Medición de cloro libre residual por dependencia</b>		
<b>Dependencia</b>	<b>Sitio de monitoreo</b>	<b>Suministro de agua potable</b>
Base 1 Módulo de Vigilancia	Tubería	Tanque bajo
Centro Universitario de Teatro	Aspersor	Tanque vivero alto
Ciencias de la Atmósfera	Llave de agua (antes de entrar a la dependencia)	Tanque bajo
Dirección General de Administración Escolar	Llave de agua (antes de entrar a la dependencia)	Tanque bajo
Dirección General de Servicios Médicos	Llave de agua (antes de entrar a la dependencia)	Tanque bajo
Instituto de Investigaciones en materiales	Llave de agua (antes de entrar a la dependencia)	Pozo multifamiliar
Patrimonio Universitario	Llave de agua	Tanque vivero alto
Tienda UNAM	Cisterna	Pozo multifamiliar

Fuente: [http://www.pumagua.unam.mx/calidad\\_agua.html](http://www.pumagua.unam.mx/calidad_agua.html) (Versión noviembre de 2011)

## 5 Monitoreo de fugas en la red de distribución por “Balance hidráulico” PUMAGUA:

Como parte del Programa, PUMAGUA proporciona los medidores de agua a las dependencias universitarias y éstas con el apoyo de la Dirección General de Obras y Conservación realizan la instalación del medidor o medidores programados.

Haciendo uso de equipos para detección de fugas (un geófono y un correlador simple) el área de balance hidráulico, puso en marcha un programa, junto con personal de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC), de reducción de pérdidas en la red principal consistente en detectar, localizar y reparar fugas en líneas principales así como de sectorización y control de presiones.

**Tabla 6.- Determinación del nivel de riesgo según el caudal perdido**

<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Pérdidas de agua potable</b>
Muy Alto	Mayor a 40, 000 l/d
Alto	801 a 40, 000 l/d
Medio	Dependencias sin medidor instalado
Bajo	0 a 800 l/d

**Tabla 7.- Nivel de riesgo en los institutos según el nivel de fugas detectadas**

<b>Instituto (24)</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
Instituto de Ecología	Muy Alto
Instituto de Investigaciones Biomédicas	Alto
Instituto de Ingeniería	Alto
Instituto de Química	Alto
Instituto de Investigaciones en Materiales	Alto
Instituto de Fisiología Celular	Medio
Instituto de Astronomía	Medio
Instituto de Ciencias Nucleares	Bajo
Instituto de Investigaciones Económicas	Bajo
Instituto de Investigaciones Estéticas	Bajo
Instituto de Investigaciones Filosóficas	Bajo
Instituto de Investigaciones Filológicas	Bajo
Instituto de Investigaciones Históricas	Bajo
Instituto de Investigaciones Jurídicas	Bajo
Instituto de Investigaciones Sociales	Bajo
Instituto de Investigaciones Antropológicas	Bajo
Instituto de Biología	Bajo

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	Bajo
Instituto de Matemáticas	Bajo
Instituto de Geofísica	Bajo
Instituto de Geografía	Bajo
Instituto de Geología	Bajo
Instituto de Física	Bajo
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS)	Bajo

**Tabla 8.- Nivel de riesgo en las dependencias según el nivel de fugas detectadas**

<b>Dependencia (44)</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas	Alto
Dirección General de Divulgación de la Ciencia	Alto
Torre de Ingeniería	Alto
Talleres de Conservación	Alto
Coordinación de Humanidades	Medio
Dirección General de Orientación y Servicios Educativos	Medio
Dirección General de Administración Escolar	Medio
Dirección General de Artes Visuales	Medio
Coordinación de Difusión Cultural	Medio
Dirección de Literatura	Medio
Dirección de Teatro	Medio
Dirección de Danza	Medio
Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial	Medio
Dirección General de Personal	Medio
Dirección General de Finanzas	Medio
Dirección General de Bibliotecas	Medio
Jardín Botánico	Medio
Museo Universitario de Arte Contemporáneo	Medio
Centro Universitario de Teatro	Medio
Coordinación de Investigación Científica	Medio
Torre II de humanidades	Medio

<b>Dependencia (44)</b>	<b>Nivel de riesgo</b>
Coordinación de Áreas Verdes	Medio
Dirección General de Servicios Generales	Medio
Dirección General de CCH	Medio
Centro Universitario de Teatro	Medio
Museo Universitario de Ciencias y Artes	Medio
TV UNAM	Medio
CENDIS	Medio
Patronato Universitario	Medio
Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas	Medio
Unión de Universidades de América Latina (UDUAL)	Medio
Dirección General de Servicios Administrativos. Tienda UNAM	Medio
Rectoría	Bajo
Coordinación de Estudios de Posgrado	Bajo
Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios	Bajo
Dirección General de Servicios Médicos	Bajo
Dirección General de Artes Cinematográficas	Bajo
Dirección General de Presupuesto	Bajo
Dirección General de Servicios de Computo Académico	Bajo
Unidad de Seminarios "Dr. Ignacio Chávez"	Bajo
Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA)	Bajo
Consejos Académicos	Bajo
Centro de Ciencias de la Atmósfera	Bajo
Dirección General de Obras y Conservación	Bajo

**Tabla 9.- Nivel de riesgo en las facultades según el nivel de fugas detectadas**

<b>Facultades (23)</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>
Facultad de Odontología	Alto
Facultad de Ciencias	Medio
Facultad de Medicina	Medio
Facultad de Química	Medio
Facultad Ingeniería	Medio
Facultad de Filosofía y Letras	Medio
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	Medio
Facultad de Contaduría y Administración	Medio
Facultad de Arquitectura	Medio
Facultad de Estudios Superiores Iztacala	Medio
Facultad de Estudios Superiores Aragón	Medio
Facultad de Estudios Superiores Acatlán	Medio
Escuela de Trabajo Social	Medio
Escuela Nacional de Música	Medio
Escuela Nacional de Artes Plásticas	Medio
Escuela Nacional Preparatoria NO. 8	Medio
CEIICH	Medio
Centro de Lengua Extranjera (CELE)	Bajo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	Bajo
Facultad de Psicología	Bajo
Facultad de Derecho	Bajo
Facultad de Economía	Bajo
Centro de Enseñanza para Extranjeros (CEPE)	Bajo

En la página web de proyecto PUMAGUA, se encuentra también el semáforo de consumos de agua por dependencia durante los primeros meses del año 2011.

**Tabla 10.- Consumos promedio por dependencia de docencia**

<b>Dependencias de docencia</b>	<b>Consumo promedio mensual Abril 2009 a junio 2011 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Suministro mensual (Julio 2011) m<sup>3</sup></b>
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	1370.3	713.1
Facultad de Odontología	1762.015	458.45
Facultad de Economía	991.98	840.33
Facultad de Psicología	964.83	391.85
Facultad de Derecho	674.75	338.72
Centro de Enseñanza para Extranjeros (CEPE)	427.38	158.05
Centro de Lengua Extranjera (CELE)	268.46	73.69
Facultad de Filosofía y Letras	51.44	15.29
Facultad de Ingeniería	55.49	La dependencia solicitó retirar medidor

**Tabla 11.- Consumos promedio por dependencia de investigación**

Dependencias de investigación	Consumo promedio mensual	Suministro mensual
	Abril 2009 a junio 2011 (m <sup>3</sup> )	(Julio 2011) m <sup>3</sup>
Centro de Ciencias de la Atmósfera	181.10	60.39
Instituto de Fisiología Celular	1001.14	920.98
Instituto de Ingeniería	1027.24	749.65
Instituto de Investigaciones Biomédicas	1066.09	979.65
Instituto de Química	904.53	330.35
Instituto de Física	584.61	2972.11
Instituto de Investigaciones Antropológicas	522.09	45.03
Instituto de Ecología	456.90	624.13
Instituto de Geología	329.22	271.47
Instituto de Investigaciones en Materiales	307.23	800.41
Instituto de Biología	268.27	137.92
Instituto de Investigaciones Económicas	264.92	37.21
Instituto de Investigaciones Filológicas	184.37	131.02
Instituto de Geofísica	151.52	92.47
Instituto de Ciencias Nucleares	174.09	60.79
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	164.59	154.16
Instituto de Geografía	125.96	133.66
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS)	125.62	100.07



Dependencias de investigación	Consumo promedio mensual	Suministro mensual
	Abril 2009 a junio 2011 (m <sup>3</sup> )	(Julio 2011) m <sup>3</sup>
Instituto de Investigaciones Histórico-Estéticas	121.46	57.95
Instituto de Investigaciones Sociales	87.76	50.15
Instituto de Investigaciones Filosóficas	81.72	33.3
Instituto de Matemáticas	48.91	16.01
Instituto de Investigaciones Jurídicas	39.11	33.83

**Tabla 12.- Consumos promedio por dependencia administrativa**

Dependencias administrativas	Consumo promedio mensual	Suministro mensual
	Abril 2009 a junio 2011 (m <sup>3</sup> )	(Julio 2011) m <sup>3</sup>
Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas	6511.78	7187.15
Universum	2488.48	597.07
Dirección General de Servicios Médicos	1503.44	La dependencia solicitó retirar medidor
Talleres de Conservación	1191.9	1043.65
Filmoteca	825.07	796.72
Unidad de Seminarios "Ignacio Chávez"	770.87	Medidor dañado
Biblioteca Central	683.09	202.61
Dirección General de Obras y Conservación	394.24	101.76
Torre de Ingeniería	274.36	201.28
Consejos Académicos y Dirección General de Presupuesto	150.00	163.05

<b>Dependencias administrativas</b>	<b>Consumo promedio mensual Abril 2009 a junio 2011 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Suministro mensual (Julio 2011) m<sup>3</sup></b>
Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación	262.04	150.59
Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios	129.92	82.17
Coordinación de la Investigación Científica	89.31	32.94
Programa Universitario de Medio Ambiente (Puma)	82.91	45.78
Rectoría	79.15	Información por actualizarse. Aún sin cobertura
Jardín Botánico	106.52	34.44
Coordinación de Humanidades	65.88	22.12
Coordinación de Estudios de Posgrado	22.79	Información por actualizarse. Aún sin cobertura
Coordinación de Áreas Verdes	18.12	16.59
Unión de Universidades de América Latina	14.43	7.39

Fuente: [http://www.pumagua.unam.mx/balance\\_semaforo.html](http://www.pumagua.unam.mx/balance_semaforo.html) (Versión noviembre de 2011)

## Establecimiento de límites críticos

Tabla 13.- Datos del sistema de desinfección en cada pozo de Ciudad Universitaria

POZOS	QUÍMICA	MULTIFAMILIAR	VIVERO ALTO
Desinfectante	Hipoclorito de sodio (NaOCl)	Cloro Gas	Cloro Gas
Volumen dosificado (DGOyC)	10 l/d	16 Kg/mes	9 Kg/mes
Capacidad del tanque de dosificación (DGOyC)	200 l	908 Kg	908 Kg
Costos	\$8.64 por litro de NaOCl	\$15,000.00 por Cilindro de Gas	\$15,000.00 por Cilindro de Gas
Dosis calculada (12 hrs de operación continua reportado por operadores de pozo de la DGOyC)	1.17 mg/l	4.16 mg/l	2.51 mg/l

Fuente: Reporte anexos calidad del agua, 2010