

2008

PUMAGUA.

I  
NFORME

F  
I  
N  
A  
L.

2008

RESUMEN EJECUTIVO





# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVO Y METAS DEL ESTUDIO</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivo General	9
2.2 Metas	9
<b>3. BALANCE HIDRÁULICO</b>	<b>11</b>
3.1 Sistema de distribución de agua potable	11
3.1.1 Suministro	12
3.1.2 Almacenamiento	12
3.1.3 Distribución	12
3.2 Desalojo de aguas residuales	13
3.3 Red de agua tratada	15
3.4 Sistema de monitoreo de la red de agua potable	15
3.4.1 Macro medición	15
3.4.2 Micro medición	16
3.4.3 Fugas	17
3.4.4 Sectorización y Control de Presiones	17
3.4.5 Modelación Matemática de la Red de Agua Potable	18
<b>4. CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>21</b>
4.1 Sistema de distribución de agua potable	21
4.1.1 Suministro	21
4.1.2 Almacenamiento	21
4.1.3 Puntos de Consumo de Agua Potable	22
4.2 Calidad del Agua Residual	23
4.3 Prácticas y tecnologías actuales de tratamiento y reuso del agua tratada	24
4.3.1 Planta de tratamiento de Cerro del agua	24
4.3.2 Diagnóstico de la planta de tratamiento de Cerro del Agua por parte del Instituto de Ingeniería	25
4.3.3 Planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	26
4.3.4 Planta de tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería	27
4.3.5 Plantas Tipo BRAIN	27
<b>5. SISTEMA DE RIEGO</b>	<b>31</b>
5.1 Jardines del Instituto de Ingeniería	31
5.2 Jardín Botánico y Salón de Seminarios “Ignacio Chávez”	32
5.3 Calidad del agua de reuso para riego en la cisterna central de las islas	33
5.4 Determinación de bioaerosoles que se pueden distribuir por aspersión en el sistema de riego de aguas residuales de Ciudad Universitaria.	35

<b>6. PROGRAMA PILOTO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS</b>	<b>37</b>
6.1 Facultad de Ingeniería	37
6.2 Instituto de Ingeniería	38
6.3 Aplicación de la metodología implementada para el levantamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias	40
6.3.1 Localización y Ubicación del área de estudio.	40
6.3.2 Diagnóstico de las instalaciones hidráulicas y sanitarias.	40
6.3.3 Balance hidráulico.	42
6.3.4 Medidas de uso eficiente	44
6.3.5 Resultados y Análisis	45
6.3.6 Conclusiones y Recomendaciones	47
6.4 Comentarios sobre el plan piloto	48
<b>7. EDIFICIO VERDE</b>	<b>51</b>
7.1 Aspectos de un edificio verde	51
7.2 Perspectivas del edificio 12 del Instituto de Ingeniería	51
<b>8. PROGRAMA DE COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN</b>	<b>53</b>
8.1 Experiencias	53
8.2 Diagnóstico preliminar de la problemática	54
8.3 Elaboración de encuestas.	55
8.4 Comunicación del Programa	55
8.5 Medios	56
8.6 Programa de incentivos	56
8.7 Vinculación con instancias de la UNAM	56
8.8 Grupos de enfoque	56
<b>9. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>57</b>
9.1 Levantamiento topográfico de puntos de control y de reunión por el método del sistema de posicionamiento global (GPS)	57
9.2 Resultados	57
<b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>59</b>
10.1 Balance Hidráulico	59
10.2 Calidad de agua	61
10.3 Comunicación / Participación	63

<b>11. PROGRAMAS DE DESARROLLO 2009 – 2011</b>	<b>65</b>
11.1 Programa de Macro medición	65
11.1.1 Pozos	65
11.1.2 Tanques	65
11.2 Programa de la Red de Agua Potable	65
11.2.1 Catastro	65
11.2.2 Programa de rehabilitación de la red de distribución de agua potable	66
11.2.3 Programa de detección de fugas en red príncipe	66
11.2.4 Sectorización y control de presiones	66
11.3 Programa de Micro medición	66
11.4 Programa de sustitución de muebles sanitarios	66
11.5 Programa del sistema de riego	66
11.6 Catastro de la red de drenaje	67
11.7 Programas de Calidad del Agua	67
11.7.1 Agua potable	67
11.7.2 Agua residual	67
11.7.3 Plantas de tratamiento	68
11.8 Edificio verde	68
11.9 Programa de pozos de absorción	69
11.10 Sistema de Información Geográfico	69
11.11 Programas de Comunicación/Participación	69
11.11.1 Acciones de comunicación hacia la comunidad universitaria	69
11.11.2 Brigadas del agua	69
11.11.3 Vinculación/Coordinación	69
11.11.4 Investigación/Innovación	69
11.11.5 Educación no formal	70
11.12 Programa financiero de inversión 2009-2011	70
<b>12. PARTICIPANTES EN PUMAGUA</b>	<b>77</b>
<b>13. INFORME FINANCIERO 2008</b>	<b>79</b>
<b>14. REFERENCIAS</b>	<b>83</b>



## 1. ANTECEDENTES

En el mes de marzo del año 2006, se llevó a cabo el IV Foro Mundial del Agua, un evento de corte mundial donde se exponen los principales temas relacionados con el agua. 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 agua, todos ellos de suma importancia para el desarrollo sostenible del país, se vio la necesidad de que la UNAM estuviera presente en este evento tan importante a nivel internacional; de tal forma, que se pudiera dar a conocer lo que en esta casa de estudios realiza en materia de agua. La UNAM participó activamente en el evento mediante un espacio de exposición en donde se mostraron los trabajos de 26 dependencias universitarias relacionadas con el agua. La UNAM también participó organizando sesiones dentro del Foro como las de Desalación, Gobernabilidad Hidráulica y los profesores e investigadores participaron en múltiples reuniones de trabajo.

A raíz de este evento, se organizó el Primer Encuentro Universitario del Agua como una respuesta de la comunidad de la UNAM a los planteamientos y debates que se dieron durante el IV Foro Mundial del Agua organizado en México. La comunidad universitaria organizó este encuentro con el fin de contribuir a una coordinación efectiva de los esfuerzos que los universitarios realizan en investigación, docencia y difusión sobre los recursos hidráulicos.

Con la participación de la UNAM en estos dos eventos multidisciplinarios, el Consejo Universitario de la UNAM ha considerado imperativo adoptar medidas concretas para lograr el uso y manejo eficiente del agua en todos sus Campus Universitario, no sólo ante los problemas asociados al crecimiento constante de sus instalaciones, sino también como ejemplo de hacer uso del conocimiento universitario en la solución de los problemas prioritarios del país. Fue por ello que, por mandato del propio Consejo Universitario, el Instituto de Ingeniería se dio a la tarea de plantear los objetivos, trabajos y metas para poner en marcha el **“Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM”**.

El manejo adecuado del agua, en el contexto de las instalaciones alojadas en los distintos Campus de la UNAM, requiere conocer con precisión las distintas variables del **“Balance Hidráulico”**. Esto es, desde los caudales que ingresan a las redes de distribución, hasta los que alimentan a cada una de las instalaciones y los que retornan al sistema de alcantarillado. Estos caudales están determinados a su vez por los patrones de uso (baños, cocinas, laboratorios, albercas, gimnasios, riego de jardines y otros), así como por las condiciones físicas de las redes de distribución y de las instalaciones hidráulicas de los edificios, mismas que explican la posible presencia de fugas. Tan importante como la cantidad, es la **“Calidad del Agua”** suministrada, debido a su impacto en la salud de la comunidad universitaria, mientras que la calidad de las aguas residuales que se generan determina las necesidades de tratamiento de las mismas; sea para cumplir con la normatividad en la materia o, más importante aún, para su posterior reuso que, en forma segura, permita sustituir el uso de agua potable en actividades que no requieran tal calidad.

El conjunto de acciones requeridas para establecer con precisión el balance hídrico, en cantidad y calidad, se conoce internacionalmente como “auditoría de agua”, misma que se sustenta en la medición continua y sistemática de las distintas variables que determinan el balance hídrico, incluidos los análisis y determinaciones de la calidad del agua potable y de las aguas residuales. Todo lo anterior, complementado con visitas técnicas, encuestas y entrevistas a través de un programa de **“Comunicación y Participación”** de la comunidad Universitaria, permitirá conocer con detalle la “tecnología de uso del agua” en las distintas instalaciones de la UNAM. Dentro del programa se incluye la implantación de tecnologías y prácticas mejoradas para satisfacer todas las necesidades de la comunidad universitaria, con menos agua y con la calidad adecuada. Es con base en esta radiografía, junto con la experiencia y conocimiento, la implementación del Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM (**PUMAGUA**). Con una visión de servicio, se espera que los beneficios del Programa puedan extenderse a las comunidades que forman parte inmediata del entorno de los distintos Campus de la UNAM.

Este Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM es liderado por el Instituto de Ingeniería y la Dirección General de Obras y Conservación, con el apoyo de Rectoría y el Consejo Universitario.



## 2. OBJETIVO Y METAS DEL ESTUDIO

### 2.1 Objetivo General

El objetivo principal del programa es ***“Implantar un programa integral de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM, con la participación de toda la comunidad Universitaria”***. Para PUMAGUA es muy importante la participación universitaria para el éxito del programa.

Dentro de los objetivos particulares, se encuentra:

- Desarrollar bases científicas, métodos y prácticas de manejo eficiente del agua, en cantidad y calidad, aplicables a instalaciones universitarias.
- Contribuir al desarrollo y difusión de nuevas prácticas y tecnologías para el uso y manejo eficiente del agua.
- Impulsar el desarrollo de tesis y proyectos de investigación.
- Alcanzar metas concretas de ahorro y reuso de agua en la UNAM.
- Proteger la salud de estudiantes, profesores, investigadores y trabajadores de la UNAM

### 2.2 Metas

Las metas concretas de PUMAGUA al término de los próximos tres años (2009-2011), son:

- Ahorro de agua en un 25% en la red de abastecimiento con el mejoramiento de los pozos de abastecimiento, Fugas en la red y en los edificios, cambio de muebles de baños, aumento en el uso del agua de reuso para riego y concientización de los Universitarios
- Asegurar la calidad del agua en la red de abastecimiento y garantizar un riego con agua tratada sin problemas de infecciones y duplicar el reuso para riego.
- Lograr la participación de toda la comunidad universitaria en el programa



### 3. BALANCE HIDRÁULICO

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, es por esto que en esta primera etapa del programa PUMAGUA se procedió a realizar un diagnóstico de la situación actual del sistema de distribución de agua potable de la Ciudad Universitaria.

#### 3.1 Sistema de distribución de agua potable

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

##### 3.1.1 Suministro

El Campus Principal de la UNAM se abastece mediante tres pozos, se extrae como máximo 170 l/s, siendo los pozos Multifamiliar y Vivero Alto los que funcionan diariamente, **mientras que** el pozo de Química se mantiene como reserva.

Características generales de los pozos en Ciudad Universitaria

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

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. En cada pozo se encuentra instalado un medidor de propela, (con número de inventario de la CONAGUA), ya que a esta entidad se debe reportar mensualmente la extracción total por cada pozo; 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. Actualmente se tiene la concesión de los pozos.

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.

Actualmente, la extracción **promedio** es de 120 l/s al día; el sistema de pozos opera generalmente de la siguiente manera: (a) 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; (b) la zona centro de Ciudad Universitaria se abastece del Tanque Alto, el cual a su vez recibe el agua del pozo multifamiliar, (c) algunos días del mes se utiliza el pozo de Química y se envía el 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 a la red.

En las políticas de operación actuales no se considera el consumo de la energía eléctrica y más aún el costo que implica operar el sistema en las horas pico; por lo anterior, se calculó el costo de la electricidad en un día en el que funcionaron los tres pozos y el rebombeo que se encuentra ubicado en el Tanque Bajo. Se tomó la tarifa horaria que establece la Comisión Federal de Electricidad para la región central de México y definida por horario base, intermedio y punta. Los costos de energía más elevados cuando los equipos funcionan en el horario de punta (de 18 a 22 horas); lo cual, no implica que sean aquellas horas en donde se presente la máxima extracción; bajo este esquema de operación el costo total de la energía utilizada sería de \$9,797.34 pesos por un día, de \$293,920.14 al mes y de \$3,576,028.39 al año.

### 3.1.2 Almacenamiento

El sistema de distribución de agua potable consta de tres tanques de almacenamiento, con una capacidad de de 12,000 m<sup>3</sup>.

Características generales de los taques en Ciudad Universitaria

Tanque	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (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

El Tanque Bajo es abastecido por el pozo de Química y su función es apoyar al Tanque Alto. El tanque Alto es abastecido por el pozo Multifamiliar y cuando esta en mantenimiento también lo puede apoyar el Tanque Vivero Alto. El Tanque Vivero Alto se alimenta del pozo Vivero Alto; este tanque esta formado por cuatro tanques pequeños que se comunican entre si.

El mantenimiento de los tanques se realiza dos veces por año, en periodo vacacional; y 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, esto es cada hora durante todos los días del año.

Con la recabación de información histórica de los niveles se realizó un análisis en los tanques para determinar su funcionamiento y la demanda que en éstos se presenta. Esta investigación indica, por un lado, el consumo nocturno que se presenta en Ciudad Universitaria, y por otro, el consumo aproximado durante el día; pudiendo detectarse fugas de gran caudal en la red. Como resultado se obtuvo que, el gasto nocturno que se obtiene es de 58.8 l/s, el cual corresponde a un mínimo consumo por instalaciones como laboratorios y pequeños usuarios, la gran mayoría sugiere fugas en la red 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.

### 3.1.3 Distribución

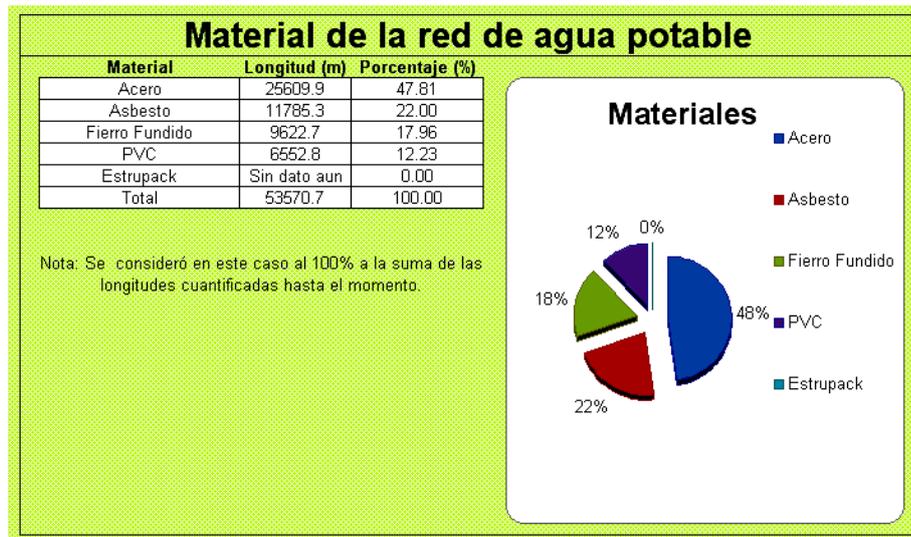
La red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria tiene una longitud aproximada de 54 Km. y consta de tuberías compuestas por diversos materiales: acero, asbesto, fierro fundido, PVC y PEAD. La cual está compuesta en diámetros comerciales de 1, 1 ½, 2, 2 ½, 3 y 6 pulgadas para derivaciones y riego, las líneas primarias de 3 a 8 pulgadas y para las líneas de que van de los pozos a los tanques de 10 y 12 pulgadas; sólo hay una línea de 20 pulgadas que va del tanque Vivero Alto a la red de distribución de la Zona Cultural.

La población que se abastece diariamente en Ciudad Universitaria es de aproximadamente 132,000 usuarios, los cuales se clasifican en personal académico, personal administrativo, personal docente, estudiantes y vivienda. Atendiendo al manual de diseño de la CONAGUA, el consumo para esta población es en promedio de 38 l/s, 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, se considera que esta demanda es aproximadamente de 23 l/s.

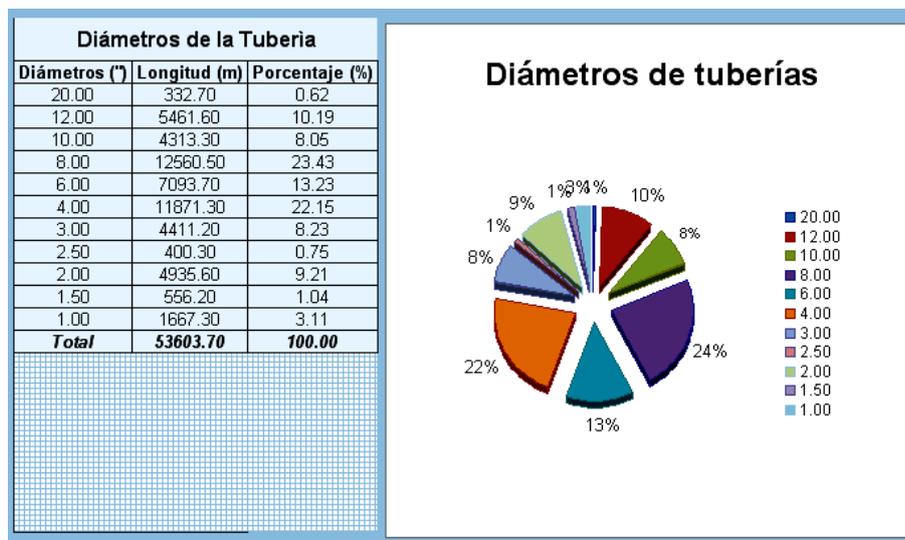
Los datos anteriores deben tomarse con reserva ya que no existe actualmente un sistema de micro medición en CU, se cuenta solo con datos medidos de extracciones, caudal de agua tratada y niveles en los tanques, y éstos a su vez tienen cierto grado de error por el sistema de lectura ya comentado; por lo anterior, es imperativo instrumentar la red mediante un sistema de macro y micro medición. Actualmente se tienen instalados 36 medidores de propela, los cuales, en su mayoría no funcionan por falta mantenimiento; al inicio de este proyecto se detectaron en funcionamiento 3 medidores, los mismos que han sido permanentemente monitoreados.

La configuración actual de la red fue necesario digitalizar en Autocad del plano original que manejan los operadores de la red; cabe mencionar, que este plano data de 1989, al cual se le están realizando correcciones en campo. Lo anterior se debe a que a lo largo de los años se ha modificado la red debido a la construcción de edificios en las diferentes Facultades, Institutos, Centros y Escuelas y dichas modificaciones no son notificados a la Dirección General de Obras y Conservación. Las correcciones se hacen en las líneas principales (ubicación y materiales),

ubicación de cruceros y su numeración, válvulas y manómetros nuevos, derivaciones y cancelaciones de líneas deterioradas



Porcentaje de los diferentes materiales de la red de distribución



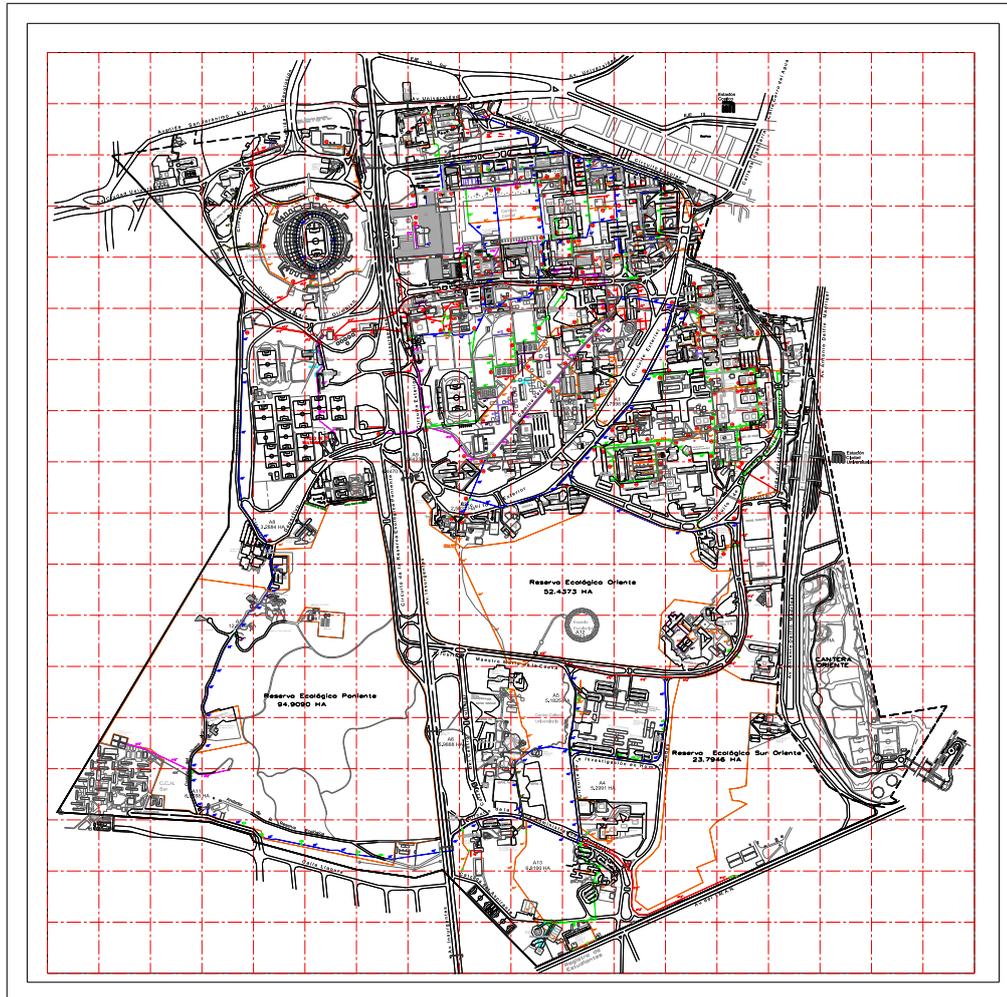
Porcentaje de los diámetros que comprende la red de distribución

El operador de la red es la Dirección General de Obras y Conservación por medio de la Coordinación de Conservación y el Taller de Agua Potable cuya función es operar los pozos y tanques, darle mantenimiento a la red y reparar fugas en red principal. Actualmente tienen un programa de instalación de manómetros, sustitución de válvulas de seccionamiento que están deterioradas y detección de fugas en red principal. Cabe señalar que este taller cuenta con un equipo de 13 personas, **el cual** no cuenta con el equipo suficiente y adecuado para realizar las reparaciones en la red; por ejemplo, herramientas para hacer cortes y soldar, además de que el personal no tiene equipo de seguridad. Con respecto a las fugas, no tienen equipo para su detección, posteriormente se explicarán los métodos de detección y reparación de las mismas.

### 3.2 Desalojo de aguas residuales

Con respecto a la red de drenaje y alcantarillado, la configuración actual fue proporcionada por la Dirección General de Obras y Conservación a través del área de Desazolve, quien se encarga de dar mantenimiento a la misma. Es importante notar que la información está incompleta y deber ser verificada en campo, esto es, que las trayectorias y los pozos de visita coincidan. Por otro lado, se debe complementar con un levantamiento detallado, de la zona

Cultural de la cual no se tienen datos y de la Zona de Institutos se deben confirmar los desagües a grietas y resumideros, así como también las fosas sépticas.



Plano de la red de distribución de agua potable, Ciudad Universitaria.

La red de drenaje y alcantarillado corresponde a un sistema combinado entre agua residual y agua pluvial y consta de dos colectores principales:

- Colector Zona Antigua Casco Viejo
  - Estadio Olímpico 68
  - Facultad de Ingeniería
  - Facultad de Química
  - Facultad de Arquitectura
  - Facultad de Medicina
  - Zona de Institutos (por bombeo)

- Colector Circuito Exterior
  - Anexo de Ingeniería
  - Facultad de Contaduría y Administración
  - Escuela Nacional de Trabajo Social
  - Facultad de Ciencias (por bombeo)
  - Facultad de Veterinaria (por bombeo)

Estos colectores vierten su caudal a la planta de tratamiento de aguas residuales de Cerro del Agua, que a su vez recibe también el caudal del colector de la colonia Copilco El Alto. En suma, los tres colectores aportan 100 l/s, dato que debe tomarse con reserva pues no cuenta con un sistema de aforo. Existe otro colector en la Zona Sur, que conduce su caudal a la planta de tratamiento de aguas residuales de la Facultad de Ciencia Políticas y Sociales.

### 3.3 Red de agua tratada

Para disponer del agua residual tratada, para el riego, existe una red de distribución que suministra el caudal a 12 cisternas ubicadas en diferentes puntos. La red de distribución de agua tratada tiene una antigüedad aproximada de 26 años y una longitud de 4 Km., los materiales que la constituyen son: asbesto-cemento, extrupak y P.V.C. y los diámetros de las tuberías van desde 10 pulgadas (línea principal) hasta 8, 4 y 3 pulgadas en derivaciones. El operador de esta red es la Coordinación de Conservación a través de Áreas Verdes.

Ubicación de las cisternas de almacenamiento de agua residual

Camellón de Química.	Nueva zona deportiva.
Campus Central.	Jardín Botánico Exterior.
Centro Médico.	Unidad de Seminarios.
Estadio Olímpico.	Tepozán.
Campos de Calentamiento.	Estanque de los peces.
Campo de béisbol.	Camellón de Veterinaria.

### 3.4 Sistema de monitoreo de la red de agua potable

#### 3.4.1 Macro medición

Particularmente, Ciudad Universitaria cuenta con ocho puntos en los cuales se requiere la instalación de un medidor electromagnético. En una primera etapa se tiene contemplado la instalación de cinco medidores electromagnéticos: dos medidores de 12” en el Tanque Bajo, un medidor de 6” para el Pozo Química y dos medidores de 10” en los Pozos Multifamiliar y Vivero Alto, respectivamente.

Uno de los objetivos de PUMAGUA es utilizar tecnología que se encuentre a la vanguardia, esto es, implementar un sistema integral de medición automatizado que permita realizar con facilidad el análisis y recolección de información. El sistema de medición seleccionado que cumple con las condiciones de Ciudad Universitaria es el que proporciona la empresa Badger Meter, este sistema cumple con las especificaciones de generar datos íntegros de volumen y gasto disponibles en forma y en tiempo, que permitan ser convertidos en información para la toma de decisiones que reditúan en el ahorro de agua y energía en el campus de Ciudad Universitaria. Para la macro medición se seleccionaron medidores de tipo electromagnéticos, para uso en líneas presurizadas de agua limpia, que incluyen la unidad de medición, la unidad electrónica para la transducción de la señal, el despliegue de la señal, el despliegue del caudal y totalización de volumen y los servicios complementarios. Los resultados que se obtendrán con la macro medición, es en la creación de propuestas que mejoren las políticas de operación de los pozos, pues con las demandas medidas de los tanques y los usuarios se pretende mejorar la eficiencia del sistema.



Sistema de medición electromagnético.

### 3.4.2 Micro medición

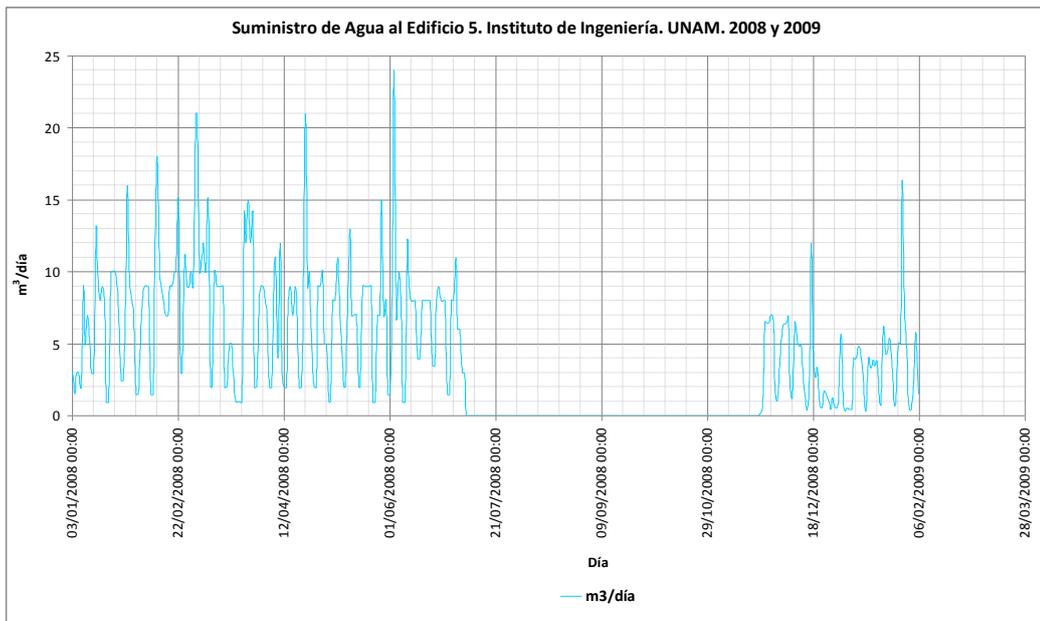
En cuestión de Micro medición, el objetivo principal es instalar un medidor por cada edificio ubicado dentro del campus de Ciudad Universitaria, este medidor dará información referente a las fugas y consumos dentro de cada institución, teniendo un mejor control sobre el consumo diario, con lo cual se podrán implementar políticas para un mejor manejo y administración del recurso. En total existen casi 200 edificios en el campus, con la posibilidad de encontrar alrededor de 300 tomas.

Para la selección de un medidor de agua potable para un edificio en particular, previamente se han realizado mediciones con equipo ultrasónico para cada tipo de usuario de agua que hay en CU; de estas mediciones se han obtenido curvas de consumo pudiendo detectar en ellas los consumos máximos y mínimos de agua y a partir de estos rangos se hará la selección de un medidor adecuado. Los medidores seleccionados para la micro medición son de tipo volumétrico y funcionan bajo el mismo sistema de transmisión automática que los macro medidores, es decir, Badger Orion Gateway.

Actualmente se tiene ya instalado un medidor de  $\frac{3}{4}$  de pulgada en el Edificio 5, con la finalidad de evaluar su funcionamiento y confiabilidad con respecto al almacenamiento y adquisición de datos. En la figura se muestra la gráfica generada mediante el procesamiento de los datos almacenados con el Software de extracción y visualización.



Micro medidor de tipo volumétrico y adaptaciones en campo



Comportamiento del consumo en Edificio 5 del Instituto de Ingeniería

### 3.4.3 Fugas

Dentro de la Coordinación de Conservación se encuentra el Taller de Agua Potable, que como ya se había mencionado, es la entidad interna de la UNAM responsable de atender y reparar las fugas que se presentan en Ciudad Universitaria. En el mes de junio comenzaron, por parte de PUMAGUA, los trabajos de fugas consistentes en la observación, indicación, caracterización de la tubería, de la zona y toma de características de las fugas. También, se ha contado con la participación del Sistema de Aguas del Distrito Federal con una brigada para la detección de fugas en el área central de C.U.

El método para la detección de fugas no es eficiente, ya que la reparación de una fuga que no es visible o superficial les lleva mucho tiempo, (pueden ser semanas o meses). Cuando la fuga se ha manifestado en la superficie, se recibe un reporte o se nota con un cambio en la presión de la tubería en donde se tienen manómetros instalados. Con frecuencia no se conoce la ruta que sigue la tubería y eso dificulta la localización. Para esto, se hacen excavaciones con la continuidad y tamaño necesarios para seguir la tubería; se buscan registros (cajas de válvulas) con el mismo fin. Todos los viernes últimos de mes se acostumbra hacer revisiones de rutina a las líneas de conducción principales, bajo el procedimiento descrito anteriormente. Estos recorridos resultan de gran utilidad, ya que a raíz de los resultados que se obtienen, se le da mantenimiento a la Red.

Durante el año 2007 un reporte de 236 fugas, de las que, en un 70% se presentan en la zona centro; donde el material de la red de agua potable es de acero y fierro fundido con más de 50 años de operación, la misma tendencia se observa en los 144 reportes de fugas que se tienen hasta el mes de Julio de 2008.

De acuerdo a los datos históricos de los reportes se determinaron las principales causas de fugas en Ciudad Universitaria:

1. Fluctuaciones de presión, provocan fatiga en los materiales, lo cual lleva a su falla o de sus conexiones y elementos. Para el caso de las tuberías plásticas, su falla se da principalmente en las uniones o juntas.
2. Mala calidad de materiales, generalmente, al instalar elementos de mala calidad, éstos no soportan los efectos propios de la red.
3. Excedencia de la vida útil del material, ya que la edad de las instalaciones de la red principal son de mínimo 20 años , tan sólo en la zona llamada “Casco viejo”, sobrepasa los 50 años.
4. Corrosión, oxidación y otros efectos del ambiente, ello es debido a los efectos del ambiente que a la tubería surgen por la exposición al sol, a la humedad externa, al viento, cambios de temperatura, entre otros.
5. Impactos accidentales. Este tipo de falla es más bien una consecuencia de las anteriormente mencionadas. El hecho de que las válvulas de acoplamiento rápido estén expuestas sobre el suelo, las hace un objetivo común para los impactos de los autos de Vigilancia UNAM.
6. Asentamientos del terreno que afectan principalmente a las tuberías rígidas, las cuales, a consecuencia de ésta acción del suelo, sufren fisuras y fracturas.
7. Actos de vandalismo, desgraciadamente este tipo de actividades, más frecuentes en temporada vacacional.

Dentro de las recomendaciones se planea implementar un programa integral de detección de fugas apoyado en un Manual para detección de Fugas en red principal, secundaria y en interiores de los edificios; así como también, en la compra de equipo especializado para detección de fugas. Para ello, se han evaluado equipos de detección de fugas de diversas marcas, que van desde geófonos hasta multicorreladores y detectores de tuberías. Entre las empresas que destacan Mejoras Energéticas México, y Gutterman.

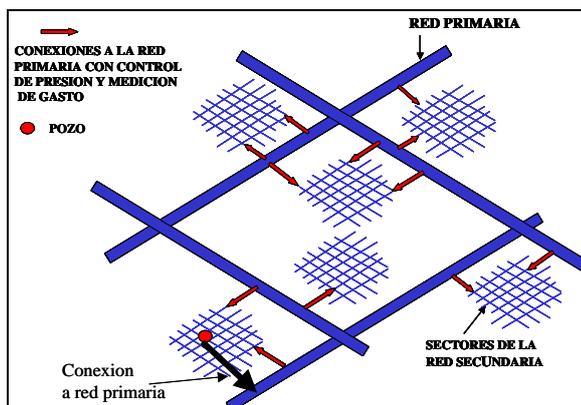
### 3.4.4 Sectorización y Control de Presiones

El propósito fundamental del proyecto de sectorización y control de presiones de una red es el de acondicionar la infraestructura para que las labores de reducción de fugas puedan ser eficaces. Este acondicionamiento consiste en sectorizar la red, alimentar los sectores desde la red primaria, conectar los pozos a la red primaria y controlar las presiones de entrada a los sectores.

Con la red así acondicionada, al terminar los trabajos, se podrán obtener algunos beneficios inmediatos, a saber:

- Reducción de fugas al controlar presiones excesivas innecesarias.
- La posibilidad de conducción de mayores gastos de una zona a otra de la ciudad.

- Operación eficaz y sencilla, con una utilización más eficiente del agua y una distribución en todas las zonas mucho mejor.



Sectorización de una red de abastecimiento con control de presiones y medición de gasto

Una red extensa y muy deteriorada como la de Ciudad Universitaria es indispensable instalar un control de presiones, ya que se presentan hasta 70 m.c.a en la zona oriente, naturalmente con una sectorización de la red se podría reducir las fugas y mejorar el suministro de una forma más eficiente. Si no se controlan las presiones, todo lo demás que se haga resulta muy ineficiente o incluso inútil. Sin embargo, la sectorización no es una acción aislada, para ello se requiere de: **a)** programas de reparación de fugas y de sustitución de infraestructura **b)** ahorros de agua por parte de los usuarios.

Para el caso de Ciudad Universitaria, la idea es generar sectores controlados por válvulas reguladoras de presión (VRP); por lo tanto, se proponen ciertas acciones que modificarán el comportamiento de las presiones en la red mediante la instalación de 3 válvulas reguladoras de presión; ello se ha podido comprobar con la modelación numérica que ha llevado a cabo el Instituto de Ingeniería con la información que hasta el momento se tiene del suministro de agua potable.

### 3.4.5 Modelación Matemática de la Red de Agua Potable

Como parte del diagnóstico inicial de la red de agua potable, es deseable simular mediante un modelo matemático el funcionamiento actual de la red, el cual refleje las características hidráulicas actuales del sistema que a su vez permitan ser confirmadas con mediciones obtenidas en campo. Para realizar la simulación se utiliza el software EPANET, que por sus características (rápido, amigable y disponibilidad) ha permitido la simulación de los diferentes escenarios de operación del sistema de abastecimiento que se presentan en la realidad y también la simulación de nuevas propuestas para un mejor funcionamiento.

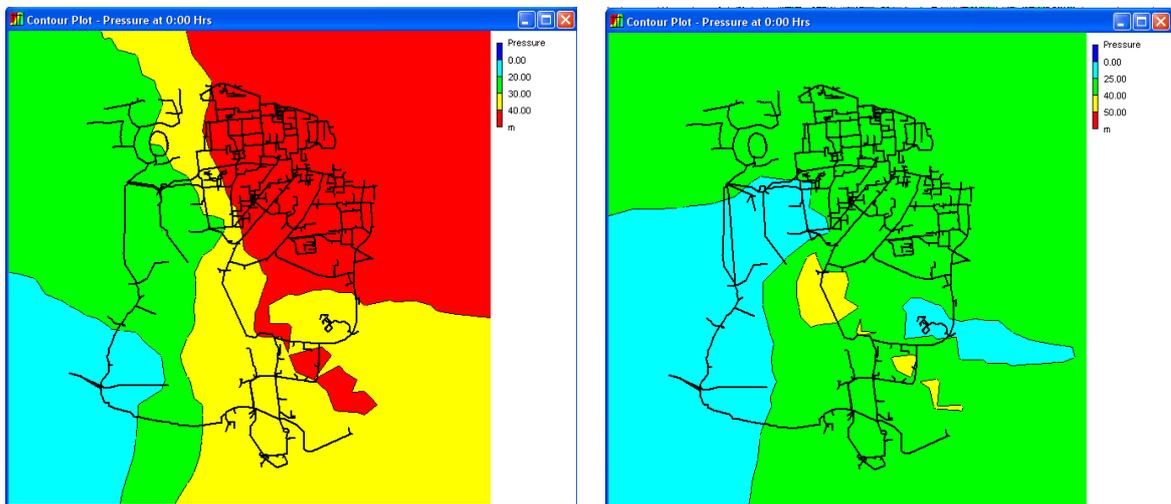
Se realizó una modelación en flujo Permanente o Periodo Estático, donde se supone que los caudales suministrados y demandados permanecen constantes, no existen variaciones en la operación de la red, y el nivel en los tanques permanece estático. Cabe aclarar que el funcionamiento de un sistema de abastecimiento de agua potable no permanece inmóvil a lo largo del tiempo, pero bajo este esquema de operación, se empleó un análisis para el comportamiento con los caudales máximos horarios y así simular la condición más desfavorable. Se consideró el riego tomando en cuenta la información verbal del personal de riego, el cual se realiza por etapas y con un horario de 8:00 h a 14:00 h. Por lo tanto, se utilizó el plano de áreas verdes regadas con agua potable, posteriormente se ubicaron nodos de consumo que cubrieran dichas áreas; para obtener la demanda se supuso una lámina de riego de 5 mm y que multiplicada por el área a regar en un determinado tiempo (6 h) nos da el consumo requerido, una curva de consumo constante. Lo anterior, en números gruesos nos da una idea del volumen utilizado en riego, dada la falta de información y medición.

Finalmente, se consideró en la simulación las fugas que existen en la red. En base a un análisis y en función de la información disponible, de los registros diarios que se manejan de los niveles en los tanques, las extracciones en los pozos, el consumo de los usuarios y un aproximado del uso para el riego; se estima que el valor de las fugas fluctúa

entre un 40% y 50% de lo que se suministra. Lo anterior debe tomarse con reserva pues existen errores algunas cifras inferidas, errores en las lecturas de los niveles en los tanques y otros que puedan afectar la precisión del resultado.

Se realizó una simulación con un comportamiento nocturno de la red, iniciando el análisis el día 3 de julio de 2008 a las 21:00 h y termina el 4 de julio de 2008 a las 7:00 h. El funcionamiento se interpreta así: durante la noche, el pozo Multifamiliar estuvo operando durante 7 horas, donde parte del caudal se va a la red y otra parte llega al Tanque Alto, a su vez el Tanque Alto muestra una variación en sus niveles e indica que existe un consumo en la red de 38.6 l/s, de manera simultánea se registra un consumo 20.2 l/s del Tanque Vivero Alto, el cual no fue abastecido por su pozo; si sumamos ambos consumos nos da un total de 58.8 l/s de consumo nocturno en Ciudad Universitaria, lo cual sugiere fugas existentes en la red.

Debido a la facilidad en el manejo del programa EPANET es factible simular diferentes escenarios de la red de abastecimiento de agua potable, ya que la operación y manejo depende de las estaciones del año (época de estiaje y época de lluvias), de los periodos vacacionales e intersemestrales, del mantenimiento del equipo de bombeo de los pozos y tanques de almacenamiento y de las reparaciones de fugas o modificaciones a la red, entre otros. A continuación se presentan dos escenarios simulados: uno sin control de presiones y otro con control de presiones, es decir, antes y después de proponer las válvulas reguladoras de presión.



Simulación en EPANET sin control de presiones (izq.) y con control de presiones (der.)

Así pues, con los resultados que se pueden obtener de las simulaciones se sustentarán las nuevas políticas de operación conjuntamente con acciones paralelas como la implementación de un sistema de macro y micro medición con transmisión automática de datos, programa de detección de fugas, rehabilitación de la red e infraestructura sanitaria, entre otros.



## 4. CALIDAD DEL AGUA

### 4.1 Sistema de distribución de agua potable

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. Debido a esto, es de primordial importancia que la UNAM cuente con un programa de evaluación de calidad del agua de consumo, pese a que algunas dependencias de la institución, se han dado a la tarea de realizar estudios al respecto. Así también, es necesario definir y jerarquizar los principales riesgos ocasionados por la deficiente calidad del agua y proponer soluciones para controlarlos.

#### 4.1.1 Suministro

El subsistema de suministro que abastece de agua potable al Campus Universitario depende básicamente de 3 pozos profundos: en los cuales se llevaron a cabo 9 muestreos en cada uno de los pozos para evaluar la calidad del agua, los muestreos se apegaron 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". La calidad del agua potable se evaluó de acuerdo a las normas nacionales: AGUA POTABLE 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".

Los parámetros evaluados para determinar la calidad del agua potable, se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería. Cada pozo cuenta con un equipo para potabilizar el agua a base de cloro gas, excepto el pozo de la Facultad de Química, que es a base de hipoclorito de sodio. La toma de muestras en los pozos, así como su análisis en el laboratorio, ha permitido obtener resultados en función de los parámetros fisicoquímicos: 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. Así también, fue necesario enviar las muestras a un laboratorio externo certificado para tener mayor cantidad de parámetros y por tanto elementos suficientes que permitieran emitir un diagnóstico más preciso de la calidad del agua potable.

La concentración de los componentes tanto fisicoquímicos como microbiológicos en el agua de suministro, 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; de tal manera 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.

Los valores registrados de cloro libre residual en los pozos, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que establece la NOM-127-SSA1-2000, sin embargo en relación al límite inferior, se observó que para los tres pozos se encuentra fuera de norma ya que se determinó un valor <0,06 mg/L y la norma establece un intervalo de 0.2-1.50 mg/L. Al respecto es importante realizar un cambio en el sistema de desinfección, de tal forma que se garanticen los límites permisibles tanto máximos como mínimos; para ello se propone un sistema de desinfección por la aplicación del ozono seguido de cloración.

#### 4.1.2 Almacenamiento

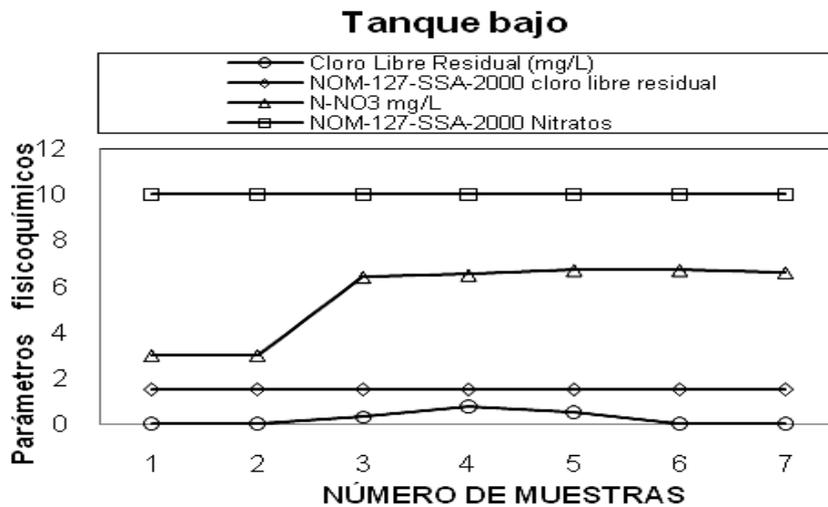
El subsistema de almacenamiento se compone de 3 tanques: Tanque Alto, Bajo y Vivero Alto: En este caso se llevaron a cabo 10 muestreos de parámetros seleccionados en el tanque bajo y uno en el tanque del vivero alto. Adicionalmente se envió una muestra de agua del tanque bajo a un laboratorio certificado para el análisis de todos los parámetros establecidos en la norma.

Se llevaron a cabo muestreos en el Tanque Bajo y uno en el Tanque del Vivero Alto, los cuales se apegaron a lo establecido en la NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM 014-SSA1-1993. Y la calidad del agua en los tanques se

evaluó de acuerdo a la NOM-127-SSA1-2000. Los parámetros evaluados para determinar la calidad del agua en el subsistema de almacenamiento, se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería en función de los parámetros fisicoquímicos: 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. Así también, fue necesario enviar una muestra del Tanque Bajo a un laboratorio externo certificado para emitir un diagnóstico más completo de la calidad del agua en éste punto.

Los resultados para el subsistema de almacenamiento no evidenciaron contaminación alguna, determinada por los parámetros microbiológicos, la mayoría de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se encuentran dentro de los límites establecidos por la NOM-127-SSA1-1994, modificada en 2000; a excepción del cloro libre residual. Por lo que debe entenderse con prioridad el sistema de desinfección y la manera en como se está suministrando el cloro para asegurar la salud de la población.

Los valores registrados de cloro libre residual en el tanque bajo, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, no así en el límite inferior, que establece la NOM-127-SSA1-2000. En el laboratorio del Instituto de Ingeniería se determinaron valores en el intervalo de 0.01 y 0.76 mg/L, no obstante que en el laboratorio certificado determinó un valor de 0.3 mg/L y la norma establece un intervalo de 0.2-1.50 mg/L. En el caso del tanque del vivero alto registró un valor de 1.66 mg/L, el cual supera el límite máximo permisible por la norma (0.2-1.50 mg/L), es recomendable realizar mayor número de mediciones para evaluar el comportamiento de éste parámetro. Las fluctuaciones determinadas en éste parámetro puede deberse a que el sistema de cloración no permite aplicar dosis continuas o que el tanque de contacto no presenta un buen mezclado. Es por ello que en la siguiente etapa del proyecto, se diagnosticará y se propondrán medidas para sustituir el sistema.



Comparación de parámetros fisicoquímicos evaluados en el tanque bajo con los parámetros establecidos en la norma: Cloro Libre Residual y N-NO3

#### 4.1.3 Puntos de Consumo de Agua Potable

Para la revisión se eligieron dos puntos representativos de consumo directo de agua potable, 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. Para determinar la calidad del agua en puntos de consumo se llevaron a cabo 15 muestreos de agua potable en cada punto, tanto en la llave de suministro (antes del filtro en el área de café), como en el punto de consumo directo (después del filtro en el área de café). Para todas las muestras de los puntos de consumo directo se llevó a cabo la evaluación de la calidad del agua mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales incluyen las siguientes determinaciones realizadas por el Instituto de Ingeniería: 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. Así también se llevó a cabo un muestreo adicional por el laboratorio certificado.

De acuerdo a la normatividad 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 la población. Los valores registrados de cloro libre residual en la llave de la tarja, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que establece la NOM-127-SSA1-2000, no así en el límite inferior en el cual se registró un valor de 0.1 mg/L en el laboratorio del Instituto de Ingeniería y 0.8 mg/L en el laboratorio certificado. Los valores máximos se determinaron en el intervalo de 1.1 mg/L y 1.5 mg/ y la norma establece un intervalo de 0.2-1.50 mg/L. La muestra que se mandó analizar a un laboratorio certificado registró un valor de 0.08 mg/L. En el caso del filtro se determinaron valores en el intervalo de 0.1 y 0.8 mg/L en 15 determinaciones. La muestra que se mandó analizar a un laboratorio certificado registró un valor de 0.8 mg/L. 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 y por debajo del límite inferior, por lo que es necesario llevar un monitoreo constante de éste parámetro y revisar el sistema de desinfección de los tanques, así también corroborar la cuantificación de la formación de haloformos que son subproductos de la cloración.

## 4.2 Calidad del Agua Residual

Se llevó a cabo la inspección física y selección de los puntos de muestreo de agua residual en la red de captación. Se consideraron como puntos representativos de captación, la descarga del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, en la cual se capta agua de los servicios de baños, así como la que se genera en el laboratorio de Ingeniería ambiental. Se llevaron a cabo 19 muestreos conforme lo que establece la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 que se refiere al muestreo de aguas residuales y que establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales, con el fin de determinar sus características físicas y químicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las normas de métodos de prueba.



Muestreo en la red de captación del edificio 5 del Instituto de Ingeniería

Para todas las muestras que se tomaron de agua residual, se realizó la evaluación de la calidad del agua mediante el análisis de parámetros, fisicoquímicos y microbiológicos los cuales incluyen las siguientes determinaciones realizadas en el Instituto de Ingeniería: Sólidos Suspendidos Totales SST (mg/L), Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/L), Carbón Orgánico Total COT (mg/L), Surfactantes (mg/L), pH, Temperatura (°C), Conductividad (ms/cm) y Coliformes Fecales (UFC/100mL) (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”). Cabe hacer mención que también se mandó analizar la calidad del agua residual en la red de captación del edificio 5 del Instituto de Ingeniería en un laboratorio externo certificado.

Las aguas residuales generadas en las instalaciones universitarias se vierten por una parte al alcantarillado y llegan también a las plantas de tratamiento, por lo que las dos normas mexicanas con las que se pueden comparar los resultados son la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, la cual refiere algunos parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

.Los resultados indican que de los parámetros evaluados, presentaron valores muy altos propios de un agua residual sin tratar, los valores obtenidos por el Instituto de Ingeniería son muy similares a los determinados por el laboratorio certificado. Los parámetros de DBO5 (293 mg/L), SST (210 mg/L), Nitrógeno Total (104.2 mg/L) y grasas y aceites (64 mg/L), se encuentra arriba de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-002-SEMARNAT-1996 para DBO5 (125 mg/L), SST (150 mg/L), Nitrógeno Total (40 mg/L) y grasas y aceites (50 mg/L). Así mismo la concentración de coliformes fecales, presenta valores muy altos ( $9.9 \times 10^7$  UFC/100 mL), que corresponde a un agua residual municipal sin tratar, la cual no cae exclusivamente dentro de las características de un agua doméstica, ya que las aportaciones por las descargas de laboratorio incrementan la concentración de contaminantes, el parámetro de coliformes fecales no se pudo comparar respecto a la NOM-002-SEMARNAT-1996 debido a que no se encuentra en los parámetros establecidos por dicha norma, sin embargo es importante dicho parámetro para ser tratado adecuadamente y se obtengan efluentes aptos para su uso el riego de áreas verde.

Toda vez que se logren implementar buenas prácticas de minimización en el vertido de residuos peligrosos al sistema de alcantarillado, la calidad del agua residual que llega a las plantas de tratamiento podrá ser tratada con los procesos que actualmente se practican en las plantas con que cuenta el campus universitario. De tal manera que una vez que el agua residual sea tratada en las diferentes plantas, se obtengan efluentes que cumplan con la legislación mexicana en materia de reuso (NOM-003-SEMARNAT-1997), la cual establece 5 parámetros (coliformes fecales UFC/100mL, huevos de helminto he/L, grasas y aceites mg/L, DBO5 mg/L y SST mg/L) que se deben cumplir para que el reuso de agua tratada no represente un peligro a la salud de la comunidad, con dos especificaciones en particular:

Reuso en servicios al público con contacto directo, es el que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico. Aquí se puede considerar el reuso en sanitarios. Los valores que se establecen para coliformes fecales son de 240 UFC/100mL, huevos de helminto  $< 1$  he/L, grasas y aceites 15 mg/L, DBO5 20 mg/L y SST 20 mg/L). Reuso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional, es el que se destina a actividades donde el público en general esté expuesto indirectamente o en contacto físico incidental y que su acceso es restringido. Los valores que se establecen para coliformes fecales son de 1000 UFC/100mL, huevos de helminto  $< 5$  he/L, grasas y aceites 15 mg/L, DBO5 30 mg/L y SST 30 mg/L).

### 4.3 Prácticas y tecnologías actuales de tratamiento y reuso del agua tratada

Se realizó una inspección física de las diferentes plantas de tratamiento que existen en el Campus Universitario: Planta de tratamiento “Cerro del agua”, Planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales y Planta de tratamiento del Instituto de Ingeniería. Así también, se llevó a cabo el inventario de las plantas tipo Bio-Reactor Anaerobio Integrado (BRAIN),

Para todas las muestras de agua tratada, se evaluó la calidad mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales incluyen las siguientes determinaciones realizadas en el Instituto de Ingeniería: gasto (L/s) Sólidos Suspendidos Totales SST (mg/L), Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/L), Carbón Orgánico Total COT (mg/L), Surfactantes (mg/L), pH, Temperatura (°C), Conductividad (ms/cm) y Coliformes Fecales (UFC/100mL) (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”).

Los usos que se le dan al agua residual tratada, que se genera en las plantas de tratamiento son: el reuso en el riego de áreas verdes y recarga indirecta del acuífero. El agua tratada que proviene de la planta de “Cerro del agua” y la planta de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, se utiliza para riego de áreas verdes; el agua tratada que proviene de las 26 plantas de tratamiento tipo BRAIN se usa para la recarga indirecta del acuífero al disponer el agua tratada en el suelo. En el caso de la planta de tratamiento del Instituto de Ingeniería (edificio 12) el agua tratada será utilizada para el reciclaje en sanitarios en el edificio y riego de jardines, en tanto se lleven a cabo las acciones conducentes para la implementación de un edificio “verde”, el cual cuenta parcialmente con la infraestructura necesaria para tal finalidad.

#### 4.3.1 Planta de tratamiento de Cerro del agua

Esta Planta de Tratamiento está ubicada en la parte más baja de la Ciudad Universitaria, al noroeste del campus, en la esquina que forman la avenida Cerro del Agua y el Circuito Escolar, frente a la Facultad de Medicina y abastece de agua residual tratada a doce cisternas que están distribuidas en el campus universitario.

La planta fue diseñada para tratar 40 L/s (3,456 m<sup>3</sup>/día), sin embargo está operando a una capacidad de 18-20 L/s. Las aguas residuales que recibe la planta de Ciudad Universitaria provienen de diversas zonas del campus universitario, las cuales llegan a través de dos colectores, denominados como "Zona Antigua" y "Zona de Institutos", posteriormente se conectó un tercer colector proveniente de la colonia Copilco el Alto, denominado con el mismo nombre. Actualmente, del caudal original de éste último, solo se recibe el 10 %.



Planta de Tratamiento de Cerro del Agua.

La planta de tratamiento de cerro del Agua está compuesta por: **a)** Pre tratamiento: eliminación de sólidos orgánicos e inorgánicos pesados y de gran tamaño a través de rejillas metálicas y desarenador. **b)** Medidores de flujo: se efectúa con tres medidores de tipo canales Parshall. colocados en paralelo. **c)** Tratamiento secundario: Sistema de lodos activados, Sistema de discos biológicos rotatorios y Filtro rociador, **d)** Tratamiento terciario: Filtros de arena y Desinfección.

Los últimos resultados indican que el agua generada en la planta de tratamiento de "Cerro del agua" no cumple con lo establecido en la legislación, dado que el valor promedio de 8 determinaciones para DBO<sub>5</sub> (mg/L) fue de 33.4 mg/L y para SST (mg/L) fue de 44.2; estos valores no cumplen con una calidad de agua necesaria para el reuso en servicios al público con contacto directo ni para servicios al público con contacto indirecto u ocasional. En el caso de los Coliformes Fecales (1X10<sup>1</sup> a 1X10<sup>3</sup> UFC/100 mL), no se hizo el análisis directamente en el efluente de la planta, sin embargo se obtuvieron datos en el agua de riego e indican que la calidad del agua de la cisterna y de los aspersores, cumple para el reuso con contacto ocasional pero no se cumple para el reuso con contacto directo.

De aquí la necesidad de evaluar los procesos operativos de la planta de tratamiento de "Cerro del agua". Para tal fin, se formó un grupo de expertos investigadores de la Coordinación de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería, los cuales tienen como metas, llevar a cabo el diagnóstico de las instalaciones y procesos del actual sistema de tratamiento; considerar posibles modificaciones a la obra civil existente y la posible aplicación de nuevas tecnologías que consideren las características de las aguas residuales actualmente. Con ello se busca garantizar que la producción actual de 18 l/s sea susceptible de aumentarse a un intervalo entre 30 y 35 l/s si se mejora la infraestructura de los procesos.

#### 4.3.2 Diagnóstico de la planta de tratamiento de Cerro del Agua por parte del Instituto de Ingeniería

Se ha comisionado a un grupo en el Instituto de Ingeniería para que apoye al proyecto PUMAGUA en la rehabilitación y optimización de la planta de tratamiento de C. U. El objetivo general es el de proponer las modificaciones necesarias para producir un caudal de al menos entre 30 y 35 l/s en la planta para tratamiento de aguas residuales Cerro del Agua de Ciudad Universitaria.

Al analizar los datos obtenidos, de muestras compuestas de 24 horas, en la salida del desarenador que alimenta a los procesos biológicos, se aprecian los cambios significativos en la calidad del agua residual desde 2001 a la fecha. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que representa la materia orgánica susceptible de biodegradación (oxígeno demandado por unidad de volumen por los microorganismos para oxidar la materia orgánica) se mantiene por debajo de 100 mgDBO/L, en la mayoría de los días, hasta antes del año 2004. En que se observa un aumento gradual que alcanza sus máximos valores en 2006. A la fecha el intervalo para la DBO se sostiene entre 50 y 200 mg/L. Durante 2001 y 2002 se obtuvo una baja proporción de muestras con DQO mayor que 150 mg/L.

Sin embargo, a partir de diciembre de 2002, la DQO de la mezcla de aguas residuales que llegan a la planta de C. U. y que es alimentada a los procesos biológicos sufre un gran aumento. Durante 2003 y 2004 la DQO se sostiene la mayor parte del tiempo entre 100 y 400 mgDQO/L. En el periodo de 2005 a 2007, la DQO predomina con valores entre 150 y 600 mg/L. En el transcurso del año 2008 se observa que la franja comprendida entre 450 y 600 mgDQO/L está prácticamente vacía. Para los sólidos suspendidos totales (SST) se observa que el intervalo de 50 a 150 mgSST/L se expandió a 200 mgSST/L y así se mantiene.

Se observa que en respuesta a los cambios en la calidad del agua entrante, y posiblemente los requerimientos de un caudal tratado para reuso, la DBO que escapa a los procesos biológicos y sus correspondientes sedimentadores secundarios ha sufrido un aumento gradual en el periodo de 2003 a 2006. Sin embargo, el incremento en la DBO del tratamiento secundario ha generado una gran dispersión de los datos de calidad del agua.

Por otro lado se observa que la calidad del agua que producía en los filtros de arena, contenía menos de 20 mgDBO/L, como promedio de 2001 a 2005, con un valor igual o menor de 30 mg DBO/L el 84% del tiempo. Sin embargo, conforme la concentración de materia orgánica aumentó a través de los años, la DBO promedio para el periodo ampliado de 2001 a 2008 aumentó a 27 mgDBO/L y el 84% del tiempo es igual o menor que 50 mgDBO/L. Los valores de DBO por encima de 30 mg/L, en su mayor parte, corresponderían al periodo de 2006 a 2008.

Actualmente, el grupo de plantas de tratamiento utiliza la información existente para determinar el máximo caudal posible para cumplir con la calidad requerida para el reuso en riego con aspersores. Entre otros puntos se debe analizar: la concentración viable de biomasa en el sistema; el aumento en la transferencia de oxígeno con un sistema de aireación mejorado; el uso de un sistema mejorado para la sustitución del actual sistema de separación de sólidos secundarios por uno más efectivo en cuanto al área de piso ocupada.

### 4.3.3 Planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (PTARCPS) se ubica sobre el Circuito Mario de la Cueva entre el Instituto de Investigaciones Antropológicas y la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, y da servicio, además de estas dependencias, a la Tienda UNAM, la Filmoteca, TV UNAM y los Institutos de Investigaciones Económicas y el de Investigaciones Filológicas.

La planta está diseñada para tratar 7.5 l/s, debido a la falta de infraestructura para conducir agua residual hasta esta planta, actualmente está operando entre 1 - 1.9 l/s.



Planta de Tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

La planta de tratamiento está compuesta por: **a)** Pre tratamiento: a través de tres colectores a un primer cárcamo y posteriormente, el agua es bombeada a una rejilla de cribado fino, **b)** Igualación: el agua cae a un tanque de igualación, cuya función es la de regular las cargas hidráulica y orgánica que se alimentan a los reactores biológicos, **c)** Tratamiento secundario: Reactores biológicos y Sedimentador secundario, **d)** Tratamiento terciario: Filtro de arena, Desinfección, Cisterna de almacenamiento, Digestor de lodos, Acondicionador de lodos y Filtro prensa

Dichos resultados indican que en promedio, el agua generada en la planta de tratamiento de “Facultad de Ciencias Políticas y Sociales” cumplen parcialmente con lo establecido en la legislación para el reuso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional, ya que de 6 determinaciones (33, 28, 49, 26 y 31 mg/L de DBO5) que se hicieron sólo 2 cumplen para éste fin. Para el caso de SST (mg/L) no cumple con una calidad de agua necesaria para el reuso

en servicios al público con contacto directo ni para servicios al público con contacto indirecto u ocasional ya que los valores obtenidos, son mayores a 30 mg/L como lo establece la NOM-003-SEMARNAT-1997.

#### 4.3.4 Planta de tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del edificio 12 (PTARE12) se ubica dentro de las instalaciones del Instituto de Ingeniería del campus universitario, entre el edificio 12 y el edificio 18 del mismo Instituto.

Esta planta de tratamiento se terminó de construir en 2007 y fue diseñada para tratar 0.05 L/s (3 m<sup>3</sup>/d), provenientes de los edificios 12 y 18 del Instituto de Ingeniería. Debido al balance de oferta y demanda de agua residual en el edificio esta planta opera actualmente al 50% de su capacidad de operación. La calidad de agua que produce no cumple completamente con la norma mexicana de agua tratada para su reuso, para ello se están haciendo adaptaciones al proceso para mejorar la eficiencia así también para el control de los olores generados por la misma. Actualmente el agua tratada es enviada a la red de drenaje, pero existe la infraestructura para su reuso en los servicios sanitarios.



Planta de Tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería

La planta de tratamiento está compuesta por: **a)** Tratamiento primario: Cárcamo de bombeo y Fosa séptica, **b)** Tratamiento secundario: Sistema de lodos activados, **c)** Tratamiento terciario: Filtro de arena, Desinfección, Tanque de almacenamiento, Digestor de lodos, Acondicionador de lodos y Filtro prensa

Los resultados obtenidos para el agua tratada manifiestan que hasta el último muestreo los valores DBO5 superaban los límites máximos permisibles en la NOM-003-SEMARNAT-1997 ya que registraron en promedio 68.4 mg/L de materia orgánica medida como DBO5 por lo que no cumple con normatividad para el reuso en servicios al público tanto con contacto directo como para contacto indirecto u ocasional. Para el caso de SST, tampoco se cumple con lo establecido por la legislación, ya que no hay la calidad suficiente para el reuso de el agua tratada en servicios al público con contacto directo ni para servicios al público con contacto indirecto u ocasional ya que los valores obtenidos (82.7 mg/L), son mayores a 30 mg/L como lo establece la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Respecto a los resultados del análisis microbiológico de la planta de tratamiento del edificio 12, se puede observar que la concentración de microorganismos tanto de coliformes totales, coliformes fecales como de bacterias heterotróficas son elevadas y superan lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997, no así lo reportado para huevos de helminto ya que no fueron detectados en ninguno de los procesos.

#### 4.3.5 Plantas Tipo BRAIN

Una planta BRAIN (Bio-Reactor Anaerobio Integrado) es una planta de tratamiento prefabricada (de tipo paquete) para saneamiento y reuso de aguas residuales. Este tipo de planta es idónea para regenerar las aguas residuales de los núcleos habitacionales localizados en sectores urbanos y zonas rurales que carecen de la infraestructura de drenaje, como lo es el Campus Universitario debido al tipo de terreno.

Estas plantas fueron instaladas y puestas en operación en el primer semestre de 1997 por una empresa, la cual ganó el paquete de Licitación Pública Internacional a precio alzado No. 95-DGO-LPII-0100, emitida el 14 de marzo de 1996 en el Diario Oficial de la Federación para la Construcción y/o Adecuación de 26 Fosas Sépticas con Postratamiento para aguas residuales en el Campus Universitario.



Planta tipo BRAIN del Vivero alto (cabaña 1)

De las 26 plantas registradas, solo 19 plantas están funcionando y está en proceso la determinación de la calidad del agua en 15 plantas, debido a que: **a)** la gran vegetación de la zona no permitió el acceso a la toma de muestra en las plantas de Registro aspirantes (público) y la Caseta de vigilancia circuito Mario de la Cueva, **b)** en la planta de Registro aspirantes (oficinas), no se permitió el acceso al lugar de muestreo por las autoridades del lugar, aún presentando una carta donde se explicaban los motivos de la visita, **c)** la planta del Vivero alto (cabaña 1) solo funciona en eventos especiales, por lo que los días del muestreo no tuvo actividad, **d)** en la planta ubicada en la Unión De Universidades de América Latina (UDUAL), no se encontró agua en la cámara de agua tratada.

En lo que se refiere a reuso en servicios al público (riego de parques y jardines) dichos resultados indican que 5 (números 1, 4, 7, 8 y 10 de la lista) de las 15 plantas cumplen con lo establecido en la legislación para el parámetro de DBO5 por lo que si cumplen con la normatividad para el reuso en servicios al público tanto con contacto directo como para contacto indirecto u ocasional. Para el caso de SST sólo 1 (número 1 de la lista) de 15 cumple con las especificaciones de la NOM-003-SEMARNAT-1997 para el reuso en servicios al público tanto con contacto directo como para contacto indirecto u ocasional.

Las 15 plantas seleccionadas para determinar periódicamente la calidad del agua se enumeran a continuación:

#	PLANTA
1	C. Estadio olímpico
2	Medicina deportiva
3	Canchas futbol
4	Gimnasio
5	Mesa vibradora
6	Mesa vibradora (taller)
7	C. de cloración
8	C. Av. Insurgentes
9	Sala Netzahualcóyotl
10	Teatro y danza
11	Av. Imán (baños públicos)
12	C. Metro Universidad
13	Posgrado Odontología N
14	Posgrado Odontología S
15	Comedor anexo ingeniería

La información recopilada reveló que el agua tratada que se obtiene de las plantas BRAIN, se usa para la recarga del acuífero por lo que fue necesaria la revisión de las Normas Oficiales Mexicanas que tuvieran ingerencia en éste aspecto. El PROY-NADF-003-AGUA-2002, es una norma emitida por la Secretaría del medio Ambiente del DF y establece las condiciones y requisitos para la recarga en el Distrito Federal por inyección directa de agua residual tratada al acuífero de la zona metropolitana de la Ciudad de México. El PROY-NOM-014-CNA-2003 que se refiere a los requisitos para la recarga artificial de acuíferos y el PROY-NOM-015-CONAGUA-2007 que se refiere a la infiltración artificial de agua a los acuíferos. Características y especificaciones de las obras y agua.

En éste contexto, para aplicar el PROY-NADF-003-AGUA-2002 y el PROY-NOM-014-CNA-2003 sería necesario contar con instalaciones de obra civil explícitamente construidas para la inyección directa y recarga artificial respectivamente. Por lo que, la que más se adecua a la recarga que se hace al acuífero en Ciudad Universitaria, es el

PROY-NOM-015-CONAGUA-2007 (edición, julio 2008), cuyo objetivo es aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial.

Las plantas BRAIN deben contar con un sistema de tratamiento que garantice que el agua en el punto de infiltración tendrá los límites establecidos en el PROY-NOM-015-CONAGUA-2007 para los siguientes parámetros: grasas y aceites (15 mg/L), materia flotante (ausencia), sólidos sedimentables (2 mg/L), SST (150 mg/L), nitrógeno total (40 mg/L), fósforo total (20 mg/L) y coliformes fecales (1000 UFC/100 mL).

Para el caso de los Coliformes Fecales, los resultados indican que se cumple con la calidad del agua para el reuso con contacto ocasional pero no se cumple para el uso con contacto directo. Sin embargo es importante mencionar que como el agua generada de las plantas BRAIN se usa para la recarga del acuífero, la norma mexicana con la que hay que cumplir es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, determina a los coliformes fecales como indicadores de contaminación.

Para el caso de los Coliformes Fecales, los resultados indican que del agua generada en las 15 plantas BRAIN (recarga del acuífero) estudiadas, solo cuatro plantas cumplen con este: Mesa vibradora, Caseta de vigilancia de Av. Insurgentes, Dirección de Teatro y Danza, y Comedor Anexo de Ingeniería

Lo que tienen en común estas plantas, es que tienen poca afluencia de personas, menos el comedor de anexo de Ingeniería pero se deduce que en este sitio en específico se utiliza con frecuencia detergentes y desinfectantes que se encontrarían en el agua residual cruda, por lo que estarían inhibiendo cierta cantidad de bacterias. La mayor contaminación del efluente evaluada en función de las bacterias indicadoras coliformes fecales es de  $1.26E+07$  UFC/100mL y coliformes totales  $1.90E+07$  que se presenta en la caseta de vigilancia de metro universidad. Los parámetros faltantes que especifica el PROY-NOM-015-CONAGUA-2007, serán analizados en muestreos subsiguientes



## 5. SISTEMA DE RIEGO

Las áreas verdes de Ciudad Universitaria son una extensión importante en el Campus, se estima que son alrededor de 200 hectáreas. La Dirección General de Obras y Conservación a través de la Coordinación de Áreas Verdes es la encargada del riego y mantenimiento de las mismas en Ciudad Universitaria. Dicha Coordinación proporcionó la información existente en planos de la distribución de las áreas verdes que se riegan; por otro lado se identificaron las áreas verdes que actualmente se riegan con agua tratada.

Al estudiar el consumo de agua por el sistema de riego en C.U. podemos encontrar diversos sistemas y métodos de riego entre los diferentes operadores; existe desde el riego manual, donde los jardineros riegan con manguera y no aplican una lamina de riego uniforme, regando hasta sobresaturar el suelo; hasta el sistema de aspersión, donde el riego es escalonado y a criterio del jardinero en turno. En general, las áreas verdes se riegan de 8 AM a 2 PM aproximadamente durante 9 meses al año, esto es, del mes de enero a finales del mes de mayo (5 meses) y se interrumpe el riego cuando empieza la época de lluvias, del mes de junio a septiembre aproximadamente; posteriormente se reanuda el riego de finales de septiembre a diciembre.

Para optimizar el riego se propuso instalar un sistema automático de control (automatización), lo que permitirá tener mejoras sustanciales como el ahorro de agua y energía, también se tendrá una mayor eficiencia de riego, es decir, una lámina adecuada y homogénea en función de la vegetación y una disminución de fugas en las válvulas de acoplamiento rápido debido a que se maneja una presión constante.



Deficiencias en el sistema de riego actual

En esta primera etapa del PUMAGUA se proponen tres áreas para implementar la automatización del sistema de riego:

1. Instituto de Ingeniería
2. Jardín Botánico
3. Unidad de Seminarios Ignacio Chávez

Se contrató a empresas líderes en su ramo (Rain Bird y Tornado), especialistas en riego automatizado, para realizar el diseño, proyecto ejecutivo y supervisión de la instalación del nuevo sistema de riego.

### 5.1 Jardines del Instituto de Ingeniería

Actualmente el Instituto de Ingeniería cuenta con 1.6 Ha de áreas verdes, las cuales se riegan con agua potable, a excepción del vaso regulador; por lo tanto, los objetivos principales que se han planteado son:

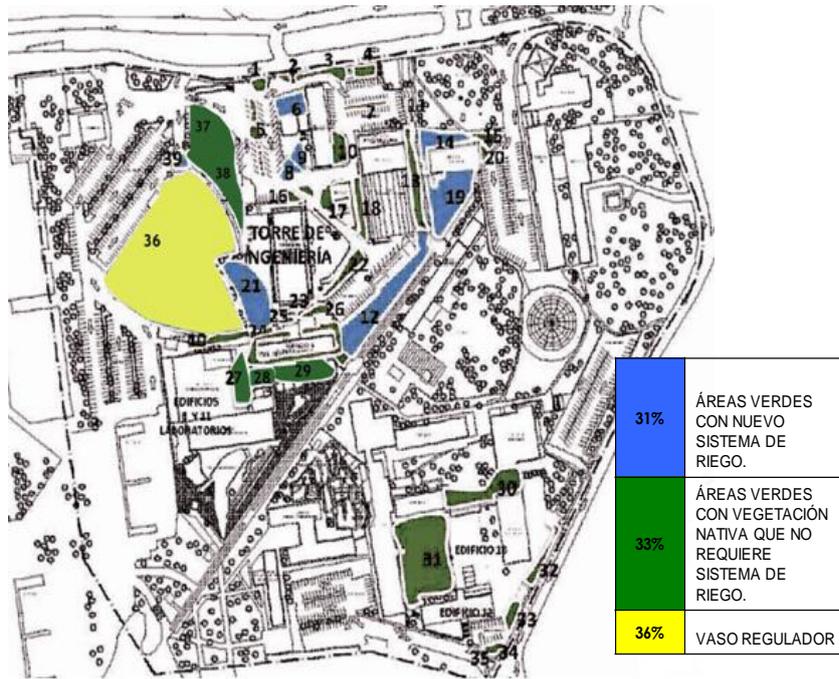
1. Reducir el consumo de agua en el riego de áreas verdes,
2. Sustituir el riego en áreas verdes con agua potable por agua tratada
3. Automatizar el sistema de riego actual

El consumo de agua en el riego está en función de la vegetación existente y del método de riego aplicado; por lo tanto, para tomar las acciones que pueden reducirlo se solicitó a Arquitectura de Paisaje, realizar un diagnóstico, de la situación actual de las áreas verdes del Instituto; además se cuenta con la asesoría de la Reserva Ecológica y el Jardín Botánico para la toma de decisiones.

Como resultado del análisis se está generado un diseño definitivo por parte de Arquitectura de Paisaje para las áreas verdes del Instituto de Ingeniería en el que se plantean varias acciones que comprenden entre otras: clareo de zonas, extracción vegetación en mal estado, cancelación de áreas verdes muy pequeñas y principalmente cambiar la paleta vegetal para el uso en jardinería por plantas del ecosistema original del pedregal que no requieren riego.

Lo anterior da como resultado la automatización del riego en el 30% de la áreas verdes, menos área de lo que en un inicio se planteó, también se sustituirá un 33% del área total de vegetación actual por vegetación nativa; esto es, apoyados en un recorrido en campo en el que se detectaron áreas que sus características y problemáticas, y aunado a lo anterior y a la propuesta del uso de vegetación nativa se determinó esa gran reducción de riego.

Tornado desarrolla el proyecto ejecutivo de lo que será la nueva red de riego, en el cual se han considerado todas las áreas para riego automatizada en aquella parte que las requiera, considerando todo el riego con agua tratada, proveniente de la planta de Tratamiento de Cerro del Agua.



Distribución propuesta para implementar automatización de riego

## 5.2 Jardín Botánico y Salón de Seminarios “Ignacio Chávez”

El Jardín Botánico de Ciudad Universitaria es uno de los lugares más enriquecidos por sus especies, es un jardín que alberga variadas colecciones naturales, y por eso, es uno de los lugares más atractivos de Ciudad Universitaria. Actualmente el Jardín Botánico se riega con agua tratada y se utilizan sistemas de riego por aspersión y riego manual con manguera. Cabe mencionar que no se sigue una lámina de riego específica. Por tal motivo, se colocará un sistema de riego automatizado, siguiendo el objetivo principal que es el ahorro de agua. Se automatizará una parte del área verde que rodea al Instituto de Biología y otro sector importante a automatizar son las orillas del camino de acceso al Jardín Botánico hasta llegar a los arboretos.

La Unidad de Seminarios “Ignacio Chávez” se caracteriza por ser un lugar utilizado para eventos especiales, tanto en las áreas verdes como en sus salones usos múltiples, por lo tanto, sería un buen foro para mostrar a la comunidad universitaria los beneficios de utilizar tecnología de punta en el sistema de riego, por lo que el objetivo es optimizar el riego y como consecuencia reducir el consumo de agua.

Tornado será la empresa encargada de diseñar el proyecto ejecutivo del sistema de automatización, apoyado por la Reserva Ecológica, Jardín Botánico. Es importante mencionar que, en algunas zonas de la Unidad de Seminarios, se complementará la propuesta con la introducción de vegetación nativa del pedregal.

### 5.3 Calidad del agua de reuso para riego en la cisterna central de las islas

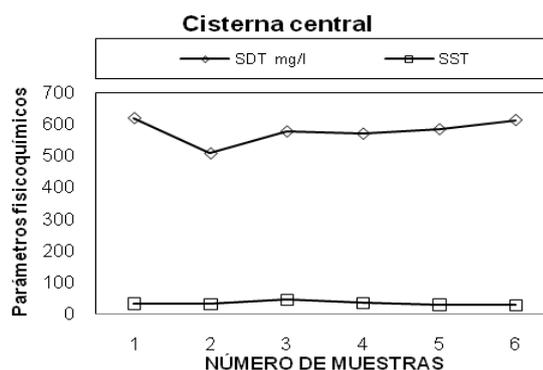
Se llevó a cabo en primera instancia un inventario de las cisternas de almacenamiento de agua tratada, así como la localización de aspersores mediante los cuales se riegan las áreas verdes de la zona conocida como las “Islas” y los aspersores utilizados para el riego de las áreas verdes en el perímetro de la Torre de Ingeniería.

Cisternas de almacenamiento para riego de áreas verdes con agua tratada.

Cisterna	Capacidad (m <sup>3</sup> )
1. Camellón de la Facultad de Química	350 + 600
2. Campus central	901
3. Consejos académicos	687
4. Estadio olímpico	85
5. Campo de béisbol	140
6. Nueva zona deportiva	248 + 650
7. Jardín botánico exterior	268
8. Unidad de seminarios	45
9. Tepozán	19
10. Estanque de los peces	377
11. Camellón de la Facultad de Veterinaria	950
12. Campos de calentamiento	326
<b>VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>5646</b>

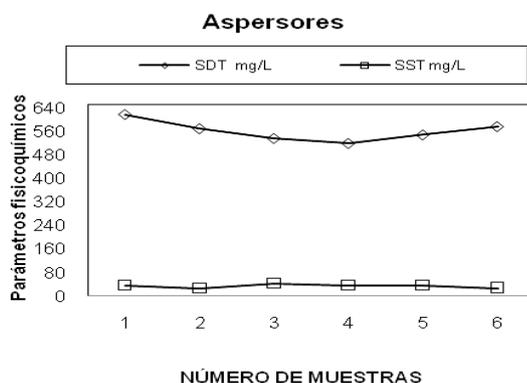
Se han realizado 6 muestreos en los que se han determinado parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos de los muestreos realizados del 20 de Noviembre al 5 de Diciembre del 2008 para Sólidos Suspendidos Totales de la Cisterna Central están por arriba (28 a 44 mg/L) y lo que marca la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se usen en servicio al público, en con la especificación de servicios al público con contacto directo cuyo valor es de 20 mg/L. Para los valores de DBO5 se observa que están por arriba (25 a 38mg/L) de lo marca la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se usen en servicio al público, específicamente el uso de servicios al público con contacto directo (20 mg/L). En la cisterna central de las Islas se realizaron análisis microbiológicos que incluyeron: coliformes fecales, coliformes totales, *Vibrio sp.* y bacterias heterotróficas, de todos ellos se realizó el recuento de microorganismos y los resultados de los últimos tres muestreos (20, 50 y 122 UFC/100 mL) indican que el parámetro de coliformes fecales cumple con lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997 para contacto directo (240 UFC/100 mL).

A partir de noviembre la cisterna se volvió a llenar de agua proveniente de la planta de tratamientos de “Cerro del Agua” y comenzó el riego de las áreas verdes. Se observa que la densidad de coliformes fecales (UFC/100mL) disminuyó notablemente; por lo tanto los últimos tres estudios realizados, cumplen con la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público únicamente para contacto indirecto. Con respecto a las bacterias heterotróficas, se mantiene un número constante de estos microorganismos y de los coliformes totales se aprecia una disminución en el último estudio realizado al igual que como ya se dijo paso con los coliformes fecales. Debido a que no se detectó al género *Vibrio sp.*, ya no se continuó con este análisis en el mes de diciembre y se concluye que el agua tratada de la cisterna central no contiene dicha bacteria.



Comportamiento de los SDT y SST en la cisterna central

Los resultados obtenidos para la zona de “Aspersores” de los muestreos realizados del 20 de Noviembre al 5 de Diciembre del 2008, uno se tiene que para Sólidos Suspendidos Totales los valores están por arriba (27 a 42 mg/L), de lo que marca la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se usen en servicio al público, específicamente uso en servicios al público con contacto directo (20 mg/L).



Comportamiento de los SDT y SST en la zona de aspersores

Para los valores de DBO5 se observa que están por arriba (27 a 38 mg/L), de lo que marca la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se usen en servicio al público, con contacto directo (20 mg/L), indicando con esto la presencia de carga orgánica elevada presente en el agua. También se realizaron análisis microbiológicos en la zona de riego, tomando las muestras de agua directamente de los aspersores; este estudio se realizó para ver si existía alguna diferencia con el agua que se encuentra en la cisterna los resultados de los últimos muestreos tanto en aspersores (210 y 40 UFC/100 mL) como en la cisterna (20, 50 y 122 UFC/100 mL) en el parámetro de coliformes fecales cumple con lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997 para contacto directo (240 UFC/100 mL).

Los trabajos que se recomienda hacer para mejorar la calidad del agua que se reusa tanto en el riego de jardines, son en primera instancia mejorar las tecnologías de tratamiento actuales. Esto mediante las evaluaciones hidráulicas y de los procesos que permitan definir la modificación y/o implementación de procesos avanzados de tratamiento, con lo cual se espera obtener tanto una buena calidad de agua como mayores volúmenes de agua tratada para reuso.

Una vez que se haya actualizado la infraestructura existente de tratamiento y se obtenga una la calidad de agua óptima para el fin requerido, en esta etapa es necesario diagnosticar e instrumentar las recomendaciones de mejoras en las plantas existentes con la finalidad de liberar agua potable que actualmente se usa en riego aumentando la cantidad de agua tratada para el riego de áreas verdes. Esta acción considerando tanto las normas oficiales establecidas en México, como las más estrictas establecidas en California USA en el uso de riego de áreas verdes. De tal manera que se elimine cualquier riesgo a la salud, lo cual deberá ser corroborado con los análisis en los aerosoles las especies de microorganismos patógenos, mediante técnicas especializadas con el muestreo con el equipo “Andersen”.

#### 5.4 Determinación de bioaerosoles que se pueden distribuir por aspersión en el sistema de riego de aguas residuales de Ciudad Universitaria.

La supervivencia y distribución de microorganismos aerobiológicos, están moduladas por la calidad del agua con la que se esté regando, así como de factores climatológicos. La principal vía de transmisión de estos patógenos es por consumo de agua contaminada, sin embargo se ha reportado que otra vía es por inhalación. Para identificar a los microorganismos que se pueden distribuir por aspersión, se hizo una revisión bibliográfica inicial y se realizó el monitoreo del aire para localizar microorganismos patógenos que se puedan dispersar en el momento del riego en la zona de las Islas.

Inicialmente se realizó un estudio exploratorio en la zona de riego se colocaron tres medios de cultivo expuestos 5min. al ambiente a dos diferentes alturas, donde únicamente llegara la brisa del agua; los medios que se emplearon fueron: Agar m FC para coliformes fecales, Agar m Endo para coliformes totales, y Agar Trypticaseína para bacterias heterotróficas.



Monitoreo del aire en la zona de riego altura 1.40m



Monitoreo del aire en la zona de riego en el suelo

Por los análisis de agua realizados anteriormente se hizo notar nuevamente que, el un número de UFC de Coliformes totales y fecales es bajo también en el ambiente, en el momento del riego. Cabe hacer mención que para la determinación de microorganismos patógenos en aerosoles es necesario utilizar técnicas muy específicas, por lo que se empleó un equipo impactador de partículas viables "Andersen" de una etapa, los medios utilizados fueron para la identificación de Coliformes fecales, totales y bacterias heterotróficas; posteriormente se aislaron las colonias para su identificación. A la fecha se realizaron tres muestreos con el Equipo Andersen a dos alturas diferentes, y por el momento solo se tiene la cuantificación de UFC/m<sup>3</sup> en aire.



Equipo Andersen altura 1.15m



Equipo Andersen sobre el suelo

El agua tratada contiene una carga microbiana baja, en cuanto a los coliformes fecales debido a esto en el aire no se detectaron, salvo en el último muestreo donde solo se desarrolló 1 UFC en el medio de cultivo. De igual forma que en la exposición de los medios de cultivo al ambiente, la mayor cantidad de carga microbiana se encuentra cerca del suelo debido a que las partículas viables, tienden a sedimentar por la acción de las fuerzas gravitacionales. Asimismo se realizó un monitoreo del aire en las islas, cuando no se estaba regando para tener un estudio comparativo. Comparando los resultados de se observa que el número de UFC/m<sup>3</sup> de aire, aumenta en la hora del riego ya que cuando no está presente el riego el número de UFC/m<sup>3</sup> es bajo. De acuerdo a la clasificación el aire en las islas, en el momento del riego no se encuentre contaminado, ya que el número de colonias fue menor de 200, solo se hace mención que cuando se está regando en la zona, aumenta el número de microorganismos en el aire



## 6. PROGRAMA PILOTO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS

Dentro del PUMAGUA se llevó a cabo la ejecución de un programa piloto sobre el diagnóstico de las instalaciones hidráulicas y sanitarias con que cuentan la Facultad de Ingeniería y el Instituto de Ingeniería. Para ello se realizaron levantamientos de las instalaciones generando un banco de datos sobre el tipo de muebles sanitarios que se utilizan y en que estado se encuentran; ello con la finalidad de crear un programa de cambio de muebles sanitarios en aquellos que haya que reponerlos o bien repararlos. El objetivo de este programa piloto es ahorrar agua dentro de los edificios hasta en un 20%, ya que es en los baños es donde se llegan a tener las mayores fugas.

Estos levantamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias que cada dependencia están en planos y cédulas que integran el banco de datos del Sistema de Información Geográfico (SIG), desarrollado por la Facultad de Ingeniería, detallando todos los componentes (llaves, fluxómetros, mingitorios, tazas, tipo de tuberías, etc.) de cada uno de los baños, en un principio del Instituto de Ingeniería y de la Facultad de Ingeniería.

### 6.1 Facultad de Ingeniería

La revisión de las condiciones de operación de los sistemas de suministro y evacuación de agua mostró la necesidad de contar con los planos actualizados de las instalaciones, lo que a su vez requirió el levantamiento detallado de la información en cada inmueble. Los inmuebles que ocupa la Facultad de Ingeniería pueden clasificarse por su uso, que puede ser: aulas, laboratorios y talleres, cubículos de profesores, auditorios, bibliotecas, oficinas administrativas, almacenes y un comedor. Se trata de 24 edificios que se agrupan en dos conjuntos: el Norte o Principal, con 7 inmuebles y el Sur o Anexo con 17.

Se observó que existen 61 sanitarios y 9 unidades aisladas consideradas como otros, que son tarjas para el personal de intendencia. De los 30 laboratorios encontrados, sólo 19 manejan agua y residuos líquidos. Todos los muebles y aparatos instalados según su ficha técnica están dentro de las normas oficiales mexicanas en materia de dispositivos de bajo consumo de agua. Sin embargo, cabe señalar que no se han llevado a cabo los aforos correspondientes para confirmar que realmente estén dentro de la norma mexicana.

Inventario de muebles y aparatos de sanitarios de la Facultad de Ingeniería

TIPO DE MUEBLE	Total
• WC con Fluxómetro	59
• Mingitorio con Fluxómetro	17
• Lavabo con Fluxómetro	43
• WC con Sensor	31
• Mingitorio con Sensor	6
• Lavabo con Sensor	54
• W.C. con Pedal	28
• Mingitorio con Pedal	14
• W.C. con Caja	7
• Mingitorio Seco	7
• Lavabo con Llaves	9
• Tarja	168
• Lavadero	3
• Regadera	5
<b>Total de muebles</b>	<b>451</b>

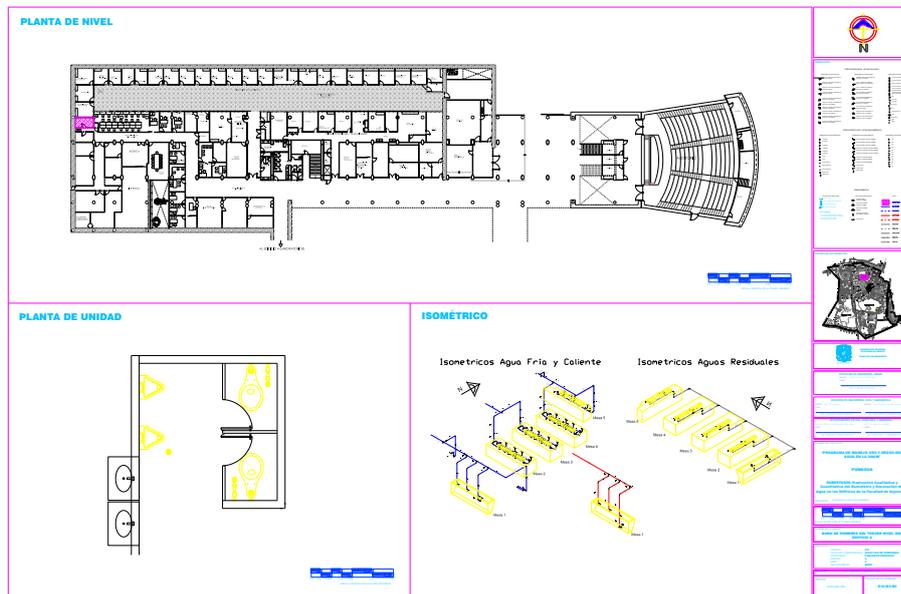
Condiciones de funcionamiento y conservación de muebles y aparatos

Condición de funcionamiento y conservación	Cantidad de muebles que lo presentan	Porcentaje
Funcionamiento correcto	321	71.18%
Sarro	2	0.44%
Fugas	67	14.86%
Oxidación	1	0.22%
Exceso de presión	5	1.11%
Falta de funcionamiento	51	11.31%
Falta de funcionamiento en el sensor	4	0.89%
	<b>451</b>	<b>100.00%</b>

Dentro del levantamiento se realizó una auditoría en los 19 laboratorios de la Facultad que usan agua y disponen residuos líquidos en la instalación de evacuación de aguas residuales del edificio. En 18 de ellos se emplean en actividades de docencia, en 14 actividades de investigación y en el 100% se ofrecen servicios al exterior de la Facultad. En 18 laboratorios se adquieren sustancias químicas para sus actividades y en 17 se manejan sustancias peligrosas (gas, aceites y solventes, entre otras). Se generan residuos líquidos que contienen sustancias químicas en 14 de los laboratorios, pero en sólo uno de ellos se dispone de presupuesto para manejo de residuos. Sólo en un laboratorio se tiene almacenamiento de agua (Laboratorio de Hidráulica). En 3 laboratorios se da un tratamiento al agua potable antes de emplearla en procesos, como es el caso del Laboratorio de Máquinas Térmicas para la operación de calderas. Por otra parte, en 6 laboratorios se agregan sustancias químicas a las aguas residuales para neutralizarlas, antes de descargarlas al sistema de evacuación del edificio.

Se generan residuos peligrosos (RP) en 15 laboratorios y sólo en 12 de los que generan RP se conoce la cantidad producida; no obstante, sólo en un caso se lleva bitácora de los RP generados cada semestre académico. Se almacenan temporalmente RP en 4 laboratorios, pero se observó que los contenedores no disponen de las etiquetas que lo señalen; en el de Metalografía se encontraron RP no identificados, que han estado almacenados durante al menos 16 años. Ninguno de los laboratorios dispone de un manual de procedimientos para el manejo de residuos peligrosos; no obstante, en 3 laboratorios de los que generan RP se separan los residuos de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas

Como ha sido mencionado, dichos laboratorios vierten directamente sus residuos líquidos en el sistema de evacuación de aguas residuales de los edificios, por lo que se están infiltrando en el subsuelo de manera intermitente residuos peligrosos. Para cada uno de las unidades encontradas durante el levantamiento de instalaciones realizadas en campo se realizó un plano que contiene la información de ubicación de la unidad, así como la distribución de los muebles, las trayectorias de las tuberías vistas en planta y a detalle en isométricos. Se tiene un total de 100 planos correspondientes a cada una de las unidades y cada una de ellas cuenta con el dibujo de la planta de nivel, dibujo de la planta de la unidad y el dibujo de isométricos, tanto de las tuberías de agua potable como de agua servida.



Plano Tipo Facultad de Ingeniería

## 6.2 Instituto de Ingeniería

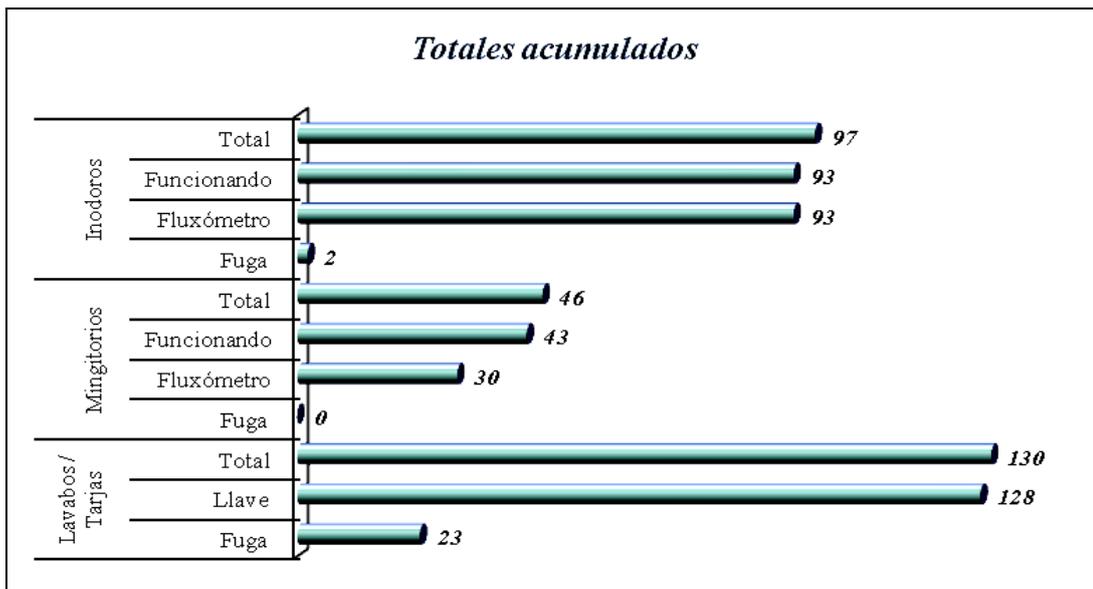
Dentro del plan maestro del instituto de Ingeniería de la UNAM se incluye la generación de los planos arquitectónicos generales de cada uno de los trece edificios que lo componen, dentro de los alcances de estos planos no se encuentra el levantamiento detallado de las instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, ni la realización de catastro de los muebles sanitarios. Por lo anterior, se inició el levantamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias mediante múltiples visitas de reconocimiento a cada uno de los baños de los edificios del Instituto de Ingeniería. Dentro de las

observaciones, es importante comentar que los edificios 1, 2, 3 y 4 son edificios viejos, por lo que no existen ductos específicos para las conducciones dentro de ellos, por lo anterior, es necesario realizar calas en diversos puntos para generar los planos. Por otro lado, ya se tienen los planos completos del Edificio 5; en la cual por ser una construcción relativamente nueva no fue necesario realizar grandes suposiciones en cuanto a detalles de conexiones.



Levantamiento de las instalaciones del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería

En relación a los muebles y aparatos sanitarios, se hizo un levantamiento detallado de la situación actual de éstos en cada uno de los edificios. Con la finalidad de tener información veraz y confiable se instalaron medidores (micro) dentro de dos de los edificios del Instituto para verificar el consumo por baño, con un registro continuo de las lecturas de dichos medidores es posible identificar posibles fugas en los muebles ó aparatos sanitarios. En lo relativo al levantamiento de los muebles y aparatos sanitarios del Instituto se llevó a término este procedimiento en los 13 edificios que lo comprenden, en la mayor parte de ellos se cubrió la totalidad de cada edificio.



Cantidad de muebles totales en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Debido a la importancia que tienen los muebles de baños en el ahorro del agua dentro de los edificios, se llevo a cabo en el mes de Mayo del 2008 la Feria del Baño, con el objetivo de realizar pruebas a sanitarios, mingitorios y llaves de lavabos y llegar a resultados que dieran las primeras recomendaciones para los cambios de muebles de baño en la UNAM. Para ello se han puesto a prueba algunos nuevos modelos ahorradores en los edificios 5 y 12 del Instituto de Ingeniería; se colocaron en aquellos edificios en los que hay medidores, esto debido a la facilidad que representa así la medición de su consumo y los efectos positivos o negativos a partir de la instalación. Se han colocado los nuevos muebles (fluxómetros, llaves, baños) con el propósito de un monitoreo constante durante un periodo de prueba para verificar su funcionalidad y eficiencia de acuerdo a su ficha técnica que se proporciona. De entre las diversas marcas disponibles en el mercado se eligieron las que cuentan con un prestigio en el mercado comercial, pero sin descuidar las normas establecidas en México.

De acuerdo a los resultados hasta ahora obtenidos, se ha llegado a las siguientes recomendaciones:

- ❖ Los fluxómetros no podrán ser graduados para diferentes presiones, y debe venir graduado desde fábrica
- ❖ En mingitorios, se deben colocar aquellos que ocupen nomás de 1.5 litros por descarga, si hay la posibilidad de colocar uno seco y se garantice la higiene (limpieza, olores y mantenimiento) será posible colocarlo. En la actualidad existen mingitorios húmedos de 0.5 lpf.
- ❖ En tazas no se debe sobrepasar de 6 litros por descarga de acuerdo a la norma oficial mexicana.
- ❖ Las llaves deben cumplir con una descarga como máximo de 2 litros por minuto, con sensor para cortar el agua si está más de un minuto abierta la llave.

### 6.3 Aplicación de la metodología implementada para el levantamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias

#### 6.3.1 Localización y Ubicación del área de estudio.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM cuenta con una comunidad de aproximadamente 800 personas que incluye: investigadores, estudiantes, técnicos académicos, personal secretarial y de servicios. Con una extensión de más de 20,000 m<sup>2</sup> entre laboratorios, cubículos, áreas comunes y auditorios, sus instalaciones ocupan 12 edificios además de varios pisos y el basamento de la torre de ingeniería.

El edificio 5 cuenta con una población de poco más de 200 personas en un área de 624 m<sup>2</sup>. Alberga en sus tres niveles a la Subdirección de Ambiental, la Coordinación de Hidráulica, de Ingeniería Ambiental, Bioprocesos Ambientales, Ingeniería de Procesos Industriales y el Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Es un edificio clasificado como usuario tipo B, esto es, un edificio dedicado a la investigación.



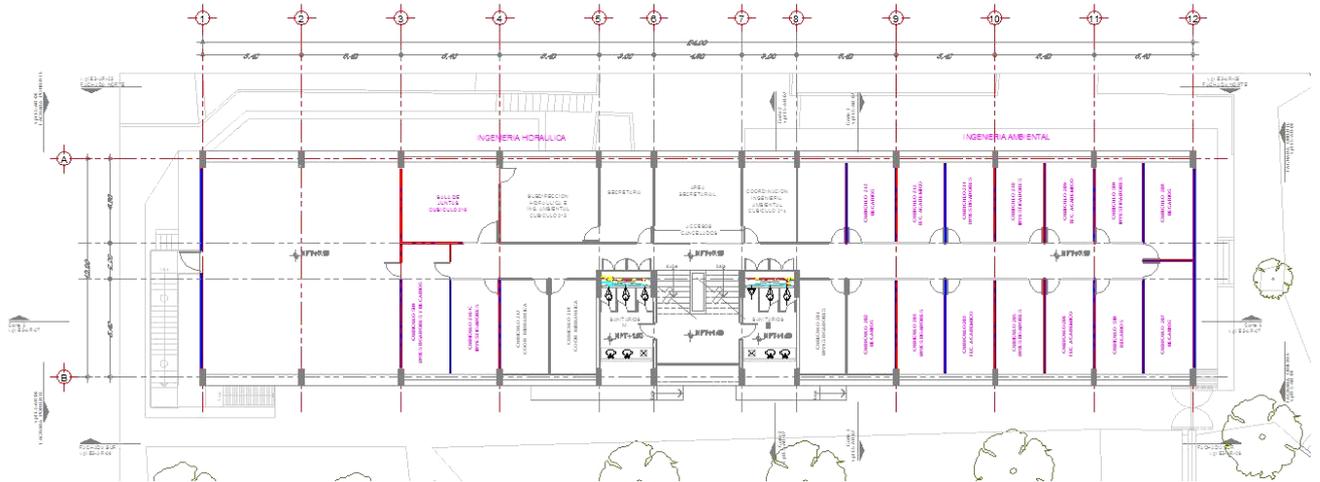
Ubicación del Edificio 5 dentro del Instituto (en rojo) y entrada al mismo (Derecha)

#### 6.3.2 Diagnóstico de las instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Con los levantamientos de campo llevados a cabo, se identificaron los componentes del sistema de agua potable del edificio en estudio, desde su punto de conexión a la Red (o toma), hasta los puntos de consumo internos. Se llevaron también levantamientos que permitieron conocer las condiciones físicas y de operación de los puntos de consumo.

La toma de agua potable del edificio que lo abastece es de 1.5" de diámetro y material cobre. Es una toma de tipo directa y no se han encontrado indicios de derivaciones sobre el ramal destinadas a riego o cualquier otra actividad. El medidor que actualmente registra el consumo de agua del edificio 5 es de 3/4" de pulgada de diámetro. Dicho medidor cuenta con un data logger que permite almacenar las lecturas de suministro de agua con una frecuencia programada de 5 minutos, las lecturas así obtenidas son luego transferidas a una computadora para su procesamiento y análisis. Las presiones en esta parte de la red de distribución fluctúan entre los 35 y 40 metros de columna de agua, en tanto que las pérdidas debidas a la reducción por la instalación del medidor sumaron un total de 2.4 metros.

Se hicieron tres planos en planta e isométrico representando cada baño por nivel con la distribución de las instalaciones hidráulicas del edificio en estudio, permitiendo identificar los puntos de consumo dentro del mismo.



Plano en planta del edificio 5. En él se incluyen los puntos de consumo de agua.

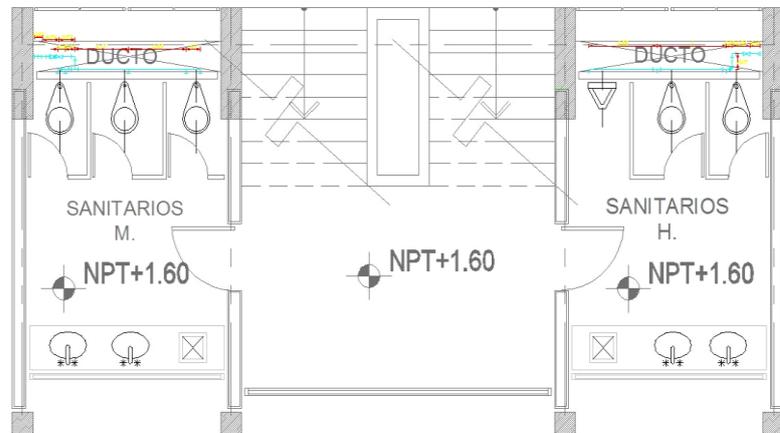
La instalación hidráulica del edificio 5 está conformada por tubería de cobre de 2” con derivaciones a 1”. La edad de la tubería corresponde a la misma que el edificio: 20 años. La tubería hidráulica se encuentra en ductos a los costados de las escaleras principales de este edificio, por lo que es fácil tener acceso a esta instalación, no así la instalación sanitaria ya que esta se encuentra oculta en la pared y en la losa por lo que se tendría que hacer una suposición de la instalación sanitaria basándose en la ubicación de los cespols, y los registros en el exterior del edificio.

Los usos que se le da al agua al interior del edificio 5 pueden agruparse en tres categorías: Sanitarios, Laboratorios y Servicios. En cuanto a los primeros, el edificio 5 cuenta con 5 baños: tres para hombres y 2 para mujeres, en dichos baños se encuentran instalados un total de 27 muebles de baño entre inodoros, mingitorios y lavabos considerados como Puntos de Consumo de Agua (PCA).

Levantamiento de muebles de baño en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería. UNAM

	Estado Físico				Tipo			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Cantiliver	A piso	Ordinario	Sí	No	Sí	No
Inodoros	12	12	0	0	12	0	0	0	12	0	12
Mingitorios	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro		
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Ordinario	Ecológico	Sí	No	Sí	No	
	3	3	0	0	0	3	0	3	1	2	
Lavabos / Ovalines	Estado Físico				Higiene			Sarro			
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No		
	12	12	0	0	12	0	0	0	12		
Llaves	Estado Físico				Tipo			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Chicote	Mezcladora	Nariz	Sí	No	Sí	No
	18	18	0	0	12	0	6	0	18	0	18
Fluxómetros para inodoro	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro		
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Electrónico	Manual	Sí	No	Sí	No	
	12	12	0	0	12	0	0	12	0	12	
Césped	Estado Físico				Material			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Cobre	AcInox	PVC	Sí	No	Sí	No
	18	18	0	0	1	15	2	0	18	0	18
Filtro purificador	Estado Físico				Higiene			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No	Sí	No
	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Tarjas / Fregaderos	Estado Físico				Higiene			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No	Sí	No
	6	6	0	0	6	0	0	0	6	0	6

Visualmente no se pudieron detectar fugas en los puntos de consumo, sin embargo, después de la colocación de medidores pudo identificarse una salida constante de agua en uno de los sanitarios, específicamente en el baño de mujeres del primer nivel; a la brevedad posible fue solucionada.



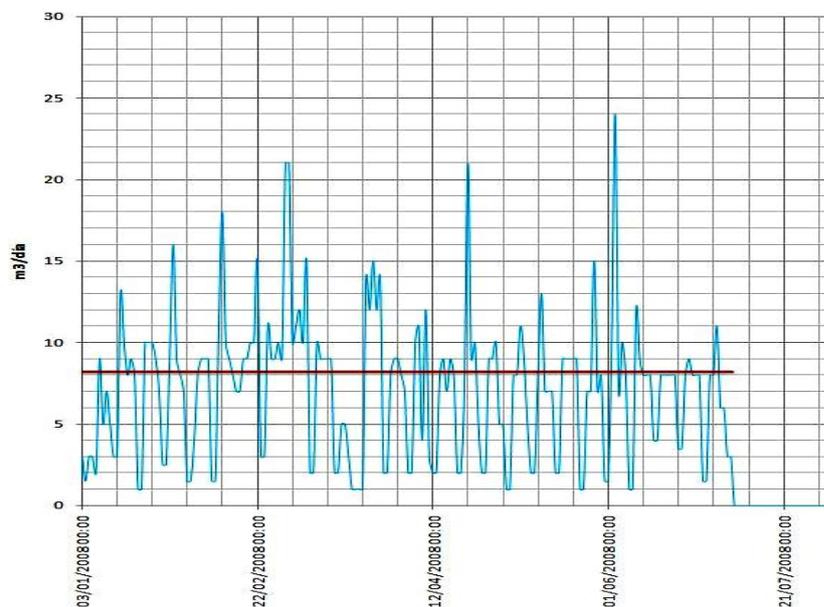
Puntos de Consumo de Agua en el Nivel 1 (NPT +1.60). Edificio 5

### 6.3.3 Balance hidráulico.

Para identificar las medidas de uso eficiente de agua y al mismo tiempo evaluar la eficiencia actual de una instalación hidráulica, es necesaria la elaboración de un balance de lo que ingresa y lo que sale de agua del edificio. La ecuación siguiente representa un balance hidráulico como la suma del consumo más las pérdidas.

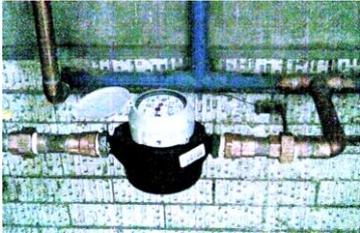
$$\text{Suministro (S)} = \text{Consumo (c)} + \text{Perdidas (P)}$$

Durante 2008, se consumieron poco más de 2980 m<sup>3</sup>, lo que representa que en promedio el suministro mensual fue de 248.5 m<sup>3</sup> de agua y de 8.20 m<sup>3</sup> de agua por día. A continuación se presentan algunos datos del hidrograma obtenido de dicha medición.



Registros históricos de lecturas de suministro de agua en el edificio5.

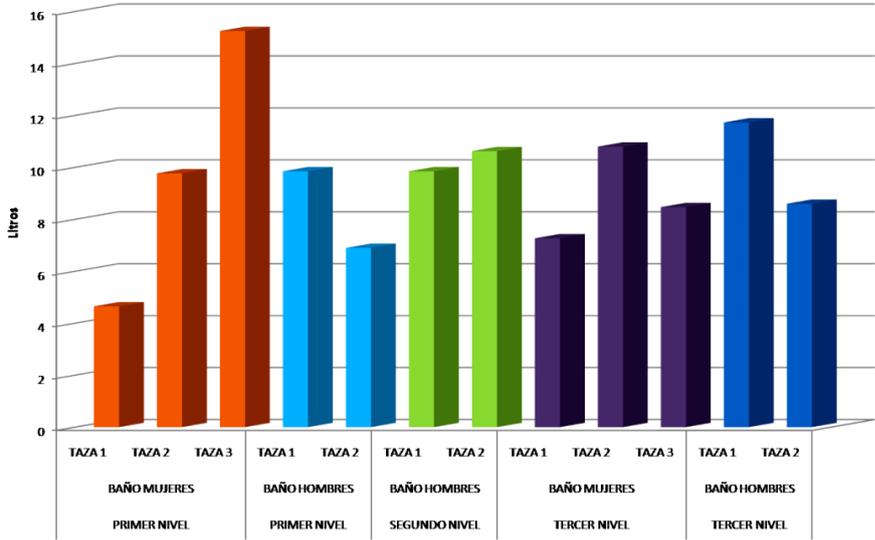
Al día de hoy, se han instalado 5 medidores en el edificio 5 lo que ha permitido cuantificar los consumos de forma individual y su comportamiento como conjunto.



Medidores Instalados en el edificio 5 para medir el consumo de los muebles de baño.

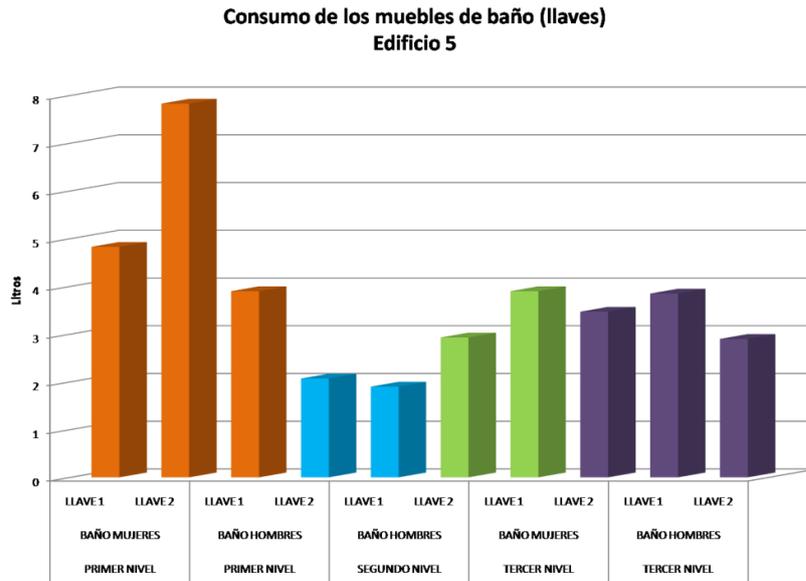
Una vez instalados los medidores (3/4") se procedió a realizar pruebas de aforo para cada mueble, como dichos medidores se instalaron en puntos en los cuales sólo era posible medir el consumo de todo el conjunto de muebles de baño. Para poder medir el consumo de cada mueble en particular se solicitó apoyo del personal de servicios del mismo edificio para cerrar por unas horas los baños en tanto se hacían las pruebas. Posteriormente, se inducía la descarga de cada mueble registrándose su consumo en el medidor. De esta manera se procedió con cada uno de los 22 muebles de baño del edificio obteniéndose los consumos de los mismos.

**Consumo de los muebles de baño (tazas)  
Edificio 5**



Consumo litros por descarga de los muebles de baño (tazas). Edificio 5.

Debido a que la mayor parte de los puntos de consumo de agua en muebles de baño excedían los 6 litros por descarga establecidos en la Norma Mexicana (Norma Oficial Mexicana NOM-001-EDIF-1994, Especificaciones y métodos de prueba para inodoros, Norma Oficial Mexicana NOM- 000-SCFI-1995. Especificaciones y métodos de prueba para el funcionamiento y uso de fluxómetros y Norma Oficial Mexicana NOM-066-SCFI-1994, Especificaciones y Métodos de prueba para regaderas empleadas en el aseo personal) y de analizar los consumos unitarios de los muebles que se tenía originalmente en el edificio, se formuló una sustitución de muebles y aparatos buscando aminorar el gasto total de agua del edificio, apoyados en la variedad de productos que ofrecen las empresas líderes en el ramo, cumpliendo con las normas mexicanas.

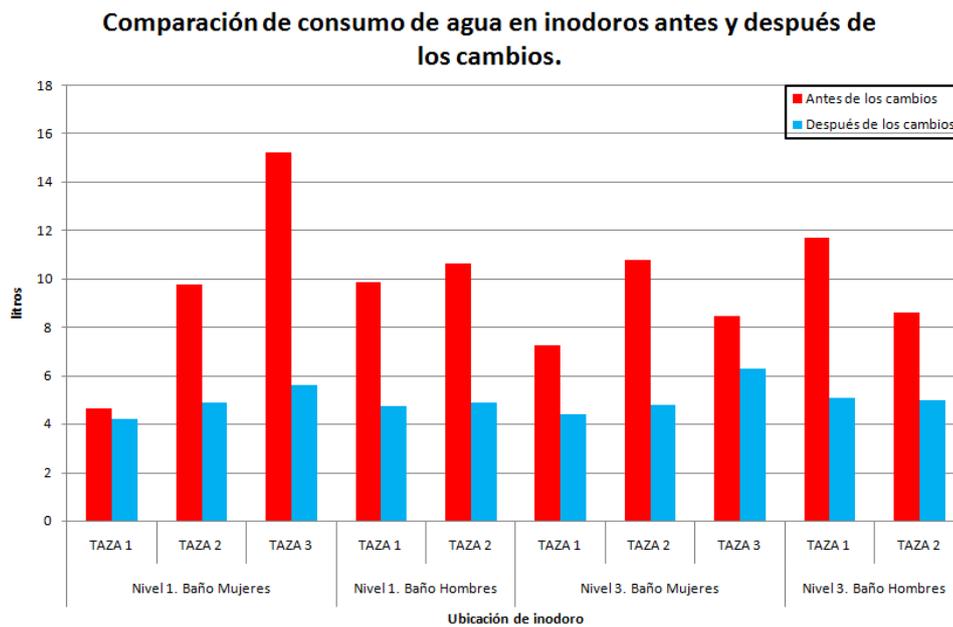


Consumo litros por minutos de los muebles de baño (llaves). Edificio 5.

### 6.3.4 Medidas de uso eficiente

El Programa de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM busca el uso eficiente del recurso a través de acciones que promueven el ahorro e implementación de estrategias que logren disminuir el consumo y pérdidas de agua en la red. Parte de las estrategias ha sido la ejecución de un programa piloto de uso eficiente de agua en el edificio 5 del Instituto de Ingeniería. El programa inició en Enero de 2008 con la evaluación del sistema del edificio que permitiera identificar las medidas más oportunas en ahorro de agua, iniciándose, a partir del 17 de noviembre de ese mismo año su implementación. Desde entonces, se han cambiado diversos muebles y aparatos sanitarios teniéndose un registro constante y detallado de su operación y funcionamiento.

Por una parte se han logrado resultados favorables en cuanto a la disminución del suministro, por otro lado los resultados en relación con la eficiencia de los equipos no han mostrado los beneficios esperados. A continuación se muestra una gráfica comparativa entre los consumos de los baños que fueron colocados.



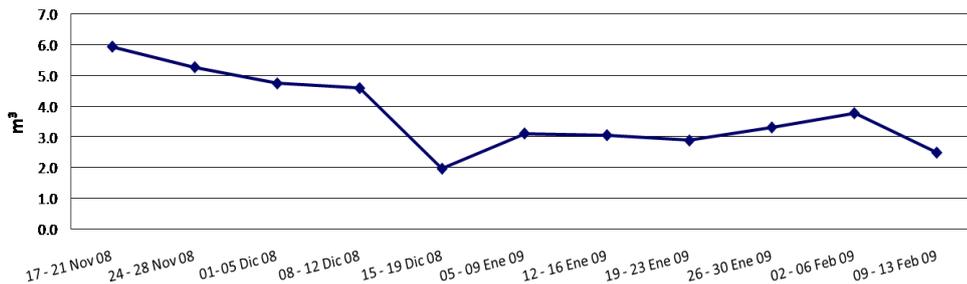
Comparación de consumos de los muebles sanitarios del Edificio 5

Comparación de consumos de los muebles y aparatos sanitarios del Edificio 5

Ubicación		Consumo		Ahorro
		Antes	Después	
		lpf / lpm	lpf / lpm	
N 1 B M (Piso 1. Baños Mujeres)	TAZA 1	4.65	4.2	9.68%
	TAZA 2	9.77	4.9	49.85%
	TAZA 3	15.25	5.6	63.28%
N 1 B H (Piso 1. Baños Hombres)	TAZA 1	9.85	4.75	51.78%
N 2 B H (Piso 2. Baños Hombres)	TAZA 2	10.625	4.9	53.88%
N 3 B M (Piso 3. Baños Mujeres)	TAZA 1	7.27	4.4	39.48%
	TAZA 2	10.8	4.8	55.56%
	TAZA 3	8.47	6.3	25.62%
	LLAVE 1	3.9	3.4	12.82%
	LLAVE 2	3.47	2	42.36%
N 3 B H (Piso 3. Baño Hombres)	TAZA 1	11.73	5.1	56.52%
	TAZA 2	8.6	5	41.86%
	LLAVE 1	3.85	2.1	45.45%

De la tabla se observan ahorros de hasta 60% en el consumo de agua por descarga del mueble, con esto, el consumo de agua en el edificio ha tenido una sensible disminución en el consumo desde los inicios del programa de cambio de muebles de baño, lográndose una disminución de hasta 30% en el suministro. Los registros históricos del consumo total de los baños del edificio 5 se muestran en la gráfica siguiente.

Comportamiento del consumo Edificio 5



Comportamiento históricos del consumo m³/día de los baños del Edificio 5

A pesar de los logros en la disminución del consumo, los usuarios manifiestan descontento con el funcionamiento. Es importante mencionar que los primeros cambios de muebles no fueron bien recibidos por los usuarios, esto debido a que algunos aparatos llegaron mal calibrados desde fábrica y problemas durante las maniobras de instalación, todas las dudas fueron atendidas y aún se tienen algunas sugerencias que son tomadas en cuenta para próximas instalaciones. Por lo anterior se realizaron diversas pruebas basadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario – Especificaciones y Métodos de prueba. Las pruebas consisten básicamente en la capacidad del mueble para eliminar residuos y garantizar el intercambio de agua con un buen sello hidráulico que impida el retorno de olores y gases. Se prueban con esponjas, papel higiénico, esferas de plástico, aserrín, tinte (azul de metileno) y en algunos casos cilindros hechos de pasta de soya.

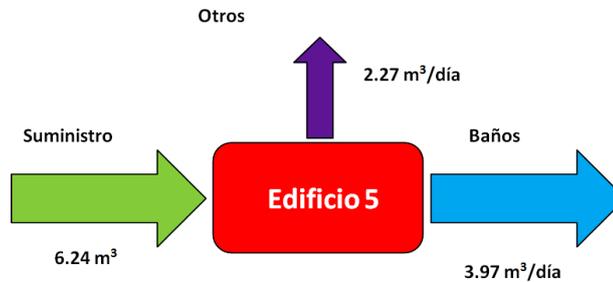
6.3.5 Resultados y Análisis

De acuerdo con los aforos hechos a los muebles de baño, la estimación de consumos de agua en los puntos de extracción, ha sido posible elaborar un inventario de los usos de agua antes y después de implementar las medidas de uso eficiente. Antes de realizar los cambios de muebles de baño en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería, entraban en promedio 8.21 m³/día, para el consumo en baños se utilizaba el 72.35% del agua que ingresaba y el resto se gastaba en el laboratorio de ambiente, servicios y fugas.



Balance Hidráulico del Edificio 5 antes de los cambios de mueble de baño.

Los cambios en el patrón de consumo se han notado sensibles con el cambio de muebles de baño. Los porcentajes de usos de agua dentro del edificio se modificaron muy poco, ya que están directamente relacionados con la disminución en el consumo de los baños. Después de las acciones en los baños del Edificio 5, ahora se consumen en promedio 6.24 m³/día, en baños se utiliza el 63.62% y el resto en el laboratorio, servicios y fugas. De acuerdo a las últimas mediciones que se han realizado con el medidor en continuo y su data logger instalado a la entrada del Edificio 5, se estima un gasto promedio nocturno de 0.12 m³/día, los cuales se pueden relacionar con fugas dentro del edificio.



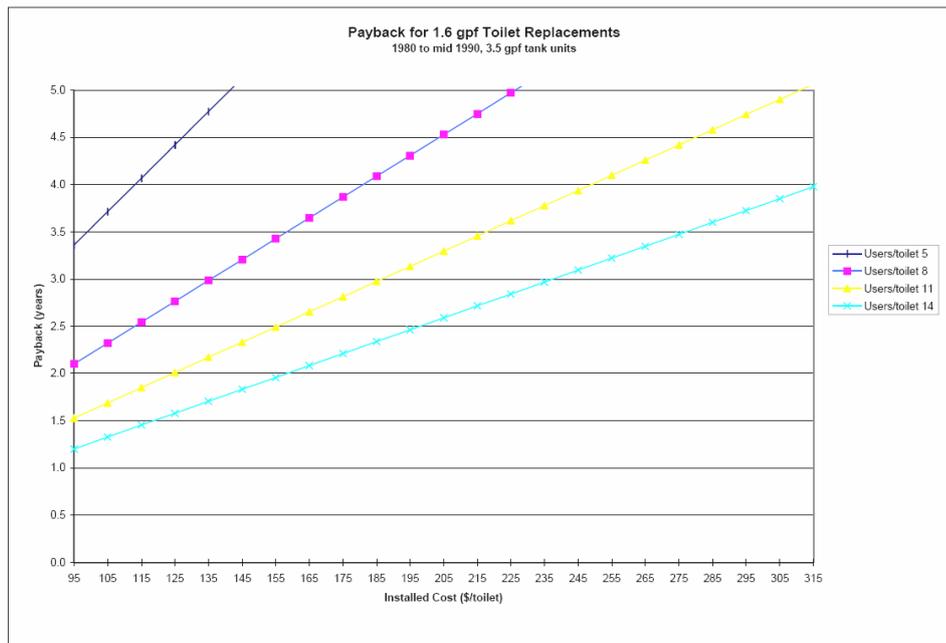
Consumo de Agua al interior del Edificio 5 después de la sustitución de muebles de baño.

Los costos que trajo consigo la aplicación de la metodología de un programa de uso eficiente de agua: instalación de medidores, sustitución de muebles de baño, accesorios, pruebas a los muebles, etc., ascienden a \$112,663.12/100 MN

Inversión en el cambio de muebles de baño.

Concepto	Importe (I.V.A. Incluido)
Baño Mujeres 1er piso	\$ 19,041.79
Baño Mujeres 3er piso	\$ 25,901.45
Baño Hombres 1er piso	\$ 15,904.56
Baño Hombres 2do piso	\$ 22,010.89
Baño Hombres 3er piso	\$ 29,804.44
<b>Total</b>	<b>\$ 112,663.12</b>

En total se cambiaron 6 inodoros de 6 a 4.8 lpf, 3 mingitorios, 12 fluxómetros y 4 llaves, es decir, 25 cambios. El costo promedio de instalación de cada uno de ellos es de \$4507.00 pesos ó \$300.50 dólares. Suponiendo un uso constante de parte de los 225 usuarios del edificio en cada uno de los 15 muebles de baño; por tanto, considerando que cada una de éstas 15 personas le dan uso al menos una vez por día. Si se toma el costo de instalación de los muebles de baño con el número de usuarios por mueble, dicha relación permite estimar una Tasa Interna de Retorno (TIR) [FUENTE: Water Efficiency Manual. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources], esto es, el número de años necesarios para recuperar una inversión. De acuerdo a los datos que se han obtenido de 15 usuarios por mueble y la curva TIR propuesta por Water Efficiency Manual, en color azul claro (cian) corresponden a 14 usuarios por mueble, que sería la que se ajustara mejor a nuestro caso, y considerando el costo de instalación de los muebles, la Tasa Interna de Retorno correspondiente es de 3.5 años. La vida útil de un mueble de baño bajo condiciones de operación y mantenimiento adecuadas es de máximo 10 años., según especificaciones de las empresas.



Tasa interna de Retorno (Payback) de sustitución de muebles de baño. [FUENTE: Water Efficiency Manual. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources]

De acuerdo con nuestras estimaciones, en estos dos meses que ha durado los trabajos de sustitución de muebles de baño, se han ahorrado un total de 120 m<sup>3</sup> o 120 000 litros, es decir, cada litro ahorrado costó en promedio \$0.94 pesos, es decir \$940.00 pesos por m<sup>3</sup>.

En la Universidad de Sydney, Australia (University of Sidney. WATER SAVINGS ACTION PLAN. 2006 – 2010.), el costo de implementación de un programa de Inodoros fue de \$8,280 dólares australianos equivalentes en pesos mexicanos a \$78,660.00, proyecto que se llevó a cabo en 7 meses. El costo que no es posible valorar es aquel a la experiencia que se va desarrollando con este tipo de estudios, y seguramente conforme la práctica en este tipo de trabajos se vaya incrementando, los costos de un programa de uso eficiente de agua disminuirán.

### 6.3.6 Conclusiones y Recomendaciones

En general, los cambios han sido satisfactorios en cuanto a la reducción del consumo de agua, pero algunos aparatos pierden la calibración de origen y arrojan menor cantidad de agua que la necesaria por lo que se requieren en ocasiones más de una descarga. El problema principal para esto puede deberse a las variaciones en la presión en esta parte de la red, que va desde 3 hasta los 4.5 kg/cm<sup>2</sup>. Evidentemente debemos encontrar aparatos que puedan lidiar con estas variaciones o tomar las medidas necesarias para aminorar el problema.

A pesar del descontento de los usuarios en relación con las modificaciones a los baños la mayoría de ellos apoya las medidas, propone y exige otros aspectos de carácter ambiental, como el uso de agua residual en las tazas y el hecho de arrojar el papel sanitario al excusado; pero que en la medida de lo posible tomamos muy en cuenta como una manera de involucrarlos en el programa.

Por otra parte es oportuno mencionar el funcionamiento de los mingitorios secos. El modelo Falcón, ecológico no consume agua. Esta modalidad es de un gran impacto social y ecológico, representa un ahorro importante en el consumo de agua pero también implica una concentración mayor en el agua residual. Representa también un conflicto con el personal de limpieza ya que requiere de un trato diferente porque la limpieza convencional arroja agua al mueble y en este caso no es recomendable, el gel se disuelve fácilmente con el agua y se pierden entonces las propiedades de “sello” que este proporciona.

Por tal motivo, se seleccionó para prueba el mingitorio Sloan 0.5 lpf y un fluxómetro de la misma marca. Este es un innovador conjunto que ha tenido un desempeño aplaudible, el consumo de agua es el adecuado para evitar malos olores y retirar la suciedad del mueble, evidentemente ayuda a evitar los problemas de incrustaciones en la tubería y las dificultades con el personal de mantenimiento. Muy recomendable.

En cuanto a llaves, se eligió probar Sloan sensor. Los usuarios han recibido con agrado el modelo de sensor porque se piensa más práctico.

PUMAGUA busca desarrollar e implementar nuevos programas de uso eficiente de agua en otras instituciones universitarias; seguros estamos que la experiencia obtenida a nivel piloto en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería se podrá extrapolar con éxito en demás dependencias universitarias. Todo cambio es un reto que mide la seriedad de nuestras intenciones.

## 6.4 Comentarios sobre el plan piloto

Para que un proyecto de ingeniería, ya sea de construcción y/o de diseño, tenga éxito debe ser incluyente, es decir, debe garantizar la participación activa de todos los actores que sean beneficiados por el proyecto, a su vez las soluciones que se propongan deben tomarse en consenso; debido a lo anterior, durante el mes de MAYO de 2008 se realizó la Feria del Baño en las instalaciones de la Torre de Ingeniería, el objetivo de este evento fue dar a conocer a la comunidad de Ciudad Universitaria el programa PUMAGUA, así como los diversos tipos de muebles (baños, llaves, mingitorios) disponibles en el mercado que permiten un ahorro del agua.

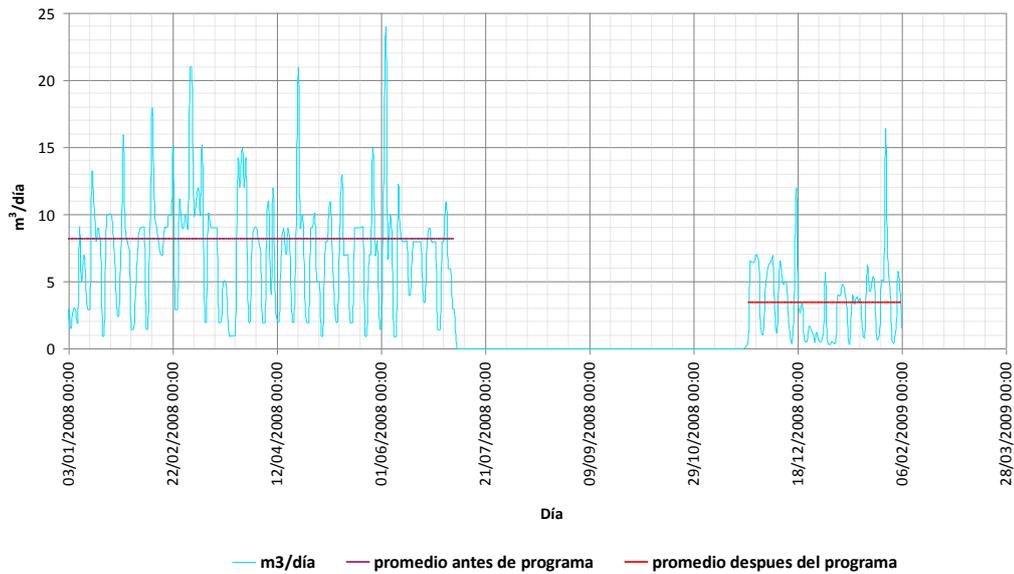
Después de ver los resultados de la Feria del Baño, se pensó que era importante conocer el estado que guardaban los muebles de baños en las dependencias universitarias. De ahí que se escogieran la Facultad de Ingeniería y el Instituto de Ingeniería y con este motivo llevar a cabo un levantamiento de sus instalaciones en los baños, la cual se resume a continuación.

<i>TIPO DE MUEBLE</i>	<i>INSTITUTO DE INGENIERÍA</i>	<i>FACULTAD DE INGENIERÍA</i>
INODORO DE FLUXÓMETRO MANUAL	78	87
INODORO DE FLUXÓMETRO ELECTRÓNICO	15	31
INODORO DE CAJA	4	7
MINGITORIO CON FLUXÓMETRO MANUAL	27	31
MINGITORIO CON FLUXÓMETRO ELECTRÓNICO	3	6
MINGITORIO SECO	16	7
LAVABOS CON LLAVE DE SENSOR	2	54
LAVABOS CON LLAVE DE PUSH	2	0
LAVABOS CON LLAVE MEZCLADORA	7	43
LAVABOS CON LLAVE DE CHICOTE	95	9
TARJAS CON LLAVE MEZCLADORA	7	168
TARJAS CON LLAVE DE NARIZ	19	0
LAVADERO CON LLAVE DE NARIZ	0	3
REGADERAS	4	5
<b>TOTAL DE MUEBLES</b>	<b>279</b>	<b>451</b>

<i>CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PORCENTAJE</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<b>FUNCIONAMIENTO CORRECTO</b>	<b>226</b>	<b>81.00%</b>	<b>325</b>	<b>72.06%</b>
<b>FUGAS</b>	<b>43</b>	<b>15.41%</b>	<b>67</b>	<b>14.86%</b>
<b>MAL FUNCIONAMIENTO</b>	<b>7</b>	<b>2.51%</b>	<b>55</b>	<b>12.20%</b>
<b>MAL FUNCIONAMIENTO EN EL SENSOR</b>	<b>5</b>	<b>1.79%</b>	<b>4</b>	<b>0.89%</b>

Con la información generada en relación al estado físico de las instalaciones se tomaron decisiones que han repercutido en cambios importantes en el consumo de agua y la percepción de los usuarios. Los trabajos requeridos para cambio de muebles de baños en el Instituto reingeniería, específicamente en el Edificio 5, han sido realizados en distintas fechas y de manera progresiva para monitorear las variaciones presentes que cada mueble requiere. Por lo anterior se muestra los consumos totales en el Edificio 5 antes de instalar muebles ahorradores y después de realizar el cambio, el ahorro se ve reflejado “sutilmente” ya que en comparación es del 30% en promedio.

## Suministro de Agua al Edificio 5. Instituto de Ingeniería. UNAM. 2008 y 2009



Registro del consumo de agua en el Edificio 5

Se ha observado con las pruebas realizadas de muebles sanitarios de la marca American Standard para las tazas y fluxómetros que trabajan a 4.8 lpf, efectivamente reducen el consumo de agua pero su funcionamiento está sujeto a las condiciones de presión en el sitio, por lo que no garantiza el buen funcionamiento.

Con respecto a los mingitorios se ha comprobado que los secos no son adecuados porque requieren ciertas características y circunstancias que actualmente no se tienen en el Instituto. Favorablemente se ha observado que el mingitorio húmedo de Sloan con descarga de 0.5 lpf funciona satisfactoriamente, pues además de tener un consumo mínimo, la descarga es suficiente para mantener limpio el mueble y libre de malos olores. De igual manera se perciben buenos resultados sobre las llaves de sensor, las cuales tienen un dispositivo que impide el goteo bajo altas presiones.

En general es importante comentar que son necesarias pruebas más específicas sobre el funcionamiento de los muebles sanitarios, las cuales impliquen un análisis más detallado bajo diferentes condiciones de presión y gasto entre otras, ya en un laboratorio; pues en Ciudad Universitaria la mayoría de los edificios funcionan con la presión directa de la red y sólo algunos tienen condiciones constantes mediante sistemas hidroneumáticos. Complementaria a esta acción es la aplicación de una encuesta a todos los usuarios con el objetivo de evaluar su percepción sobre los muebles ahorradores instalados.



## 7. EDIFICIO VERDE

### 7.1 Aspectos de un edificio verde

En el manejo integral del agua residual tratada se propuso la implementación de un edificio verde, que a saber por su definición es un edificio en el que se consideran aspectos como el ahorro energético y de agua, la calidad del aire, iluminación interior natural, reciclaje de materiales, selección de desechos y la reducción de costos de operación. Dichos aspectos están diseñados para reducir el impacto global del entorno construido sobre el medio ambiente natural y la salud humana, para ello se debe realizar ciertos procesos para separación, control y Reducing waste, pollution and reducción de residuos, contaminación y la degradación del medio ambiente.

Dentro de los objetivos planteados dentro del programa integral de manejo, uso y reuso del agua en cantidad y calidad en la UNAM se ha planteado la implantación de un edificio verde. En el Instituto de Ingeniería se cuenta con un edificio que fue construido con ésta perspectiva y tiene la infraestructura necesaria para ésta finalidad.

En el ámbito mundial existen cuatro sistemas de clasificación considerados como los más importantes para la construcción verde:

1. BREEAM.- Método de Evaluación Medioambiental del Organismo de Investigación de la Construcción.
2. GREEN GLOBES
3. GREEN STAR
4. LEED®.- Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible.

Estos sistemas de clasificación requieren varios niveles de conocimiento del diseño sostenible especializado para ser utilizados con eficiencia. Un breve resumen de la información proporcionada por cada sistema de clasificación:

1. *BREEAM (Reino Unido)* Método para la Investigación de Evaluación Medioambiental de Edificios. Creado por el BRE, un organismo gubernamental, es considerado como el sistema pionero en evaluación, siendo además el más utilizado en países europeos.

2. *Green Globes™ US* se adaptó a partir de Green Globes Canadá en 2004 y es el sistema más reciente considerado en esta revisión. Actualmente, la versión de USA no está disponible para todos los tipos de proyecto; sin embargo, Green Globes™ US está desarrollando herramientas de aplicación que se dirigen a las grandes remodelaciones, obras de construcción de los inquilinos y a la operación y mantenimiento.

3. *GREEN STAR Green Star* es un amplio, nacional, voluntarios de calificación ambiental que el sistema evalúa el diseño ambiental y los logros de los edificios. Este sistema Green Star was developed for the property industry in ordha sido desarrollado para la industria de bienes

4. *LEED®: (Liderazgo en Energía y Diseño Medioambiental) Green Building Rating System®* fue creado en USA por el USGBC y es actualmente el sistema más popular a nivel mundial y más utilizado (Canadá, India y Chile, entre otros). El 2006, sólo en Estados Unidos se certificaron 60 millones de m<sup>2</sup> lo que confirma como su implementación se ha triplicado en estos últimos 2 años. La certificación se otorga en cuatro categorías: Certificado, Plata, Oro y Platino

Se está llevando a cabo el análisis de los cuatro sistemas de clasificación para definir el más adecuado y que se ajuste a las condiciones existentes en el edificio 12 del Instituto de Ingeniería, de tal manera que se realicen las adecuaciones pertinentes para que funcione realmente como un edificio verde .

### 7.2 Perspectivas del edificio 12 del Instituto de Ingeniería

Actualmente se está evaluando la factibilidad técnica de realizar las adecuaciones necesarias en el edificio 12 del Instituto de Ingeniería para que funcione íntegramente como un edificio verde. De tal manera que se implementen prácticas de diseño y construcción que disminuyan en gran medida o eliminen el impacto negativo sobre el medio ambiente y sus ocupantes.

Para tal efecto se llevó a cabo la búsqueda de información bibliográfica nacional e internacional, así como la inspección física y recopilación de información en aspectos de la infraestructura con que cuenta el edificio 12 del Instituto de Ingeniería. Al momento se sabe que cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y tiene la infraestructura de construcción para el reciclaje del agua tratada.

Sin embargo, deben llevarse a cabo las acciones pertinentes para optimizar diferentes aspectos: el ahorro de energía mediante la implementación del uso de energías renovables o alternativas, instalación de muebles de baño de bajo consumo de agua potable, programas de reducción y gestión de residuos sólidos, utilizar materiales con menor impacto ambiental, así como la plantación de especies vegetales en sus jardines que no requieran de riego frecuente

## 8. PROGRAMA DE COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN

El Programa de Comunicación/Participación se ha concebido como un sistema dinámico y flexible, consta de cuatro bloques principales, conectados unos con otros. En primera instancia, se necesita hacer un diagnóstico de la situación, que permita saber en dónde se está para que después poder evaluar si se han logrado cambios positivos y también para determinar las necesidades de comunicación. Por otro lado, en PUMAGUA se considera, que el éxito del programa depende de que las dependencias universitarias se apropien de él, asuman sus responsabilidades, asignando personal y presupuesto; así como los universitarios también participen activamente. Además, existe un área de innovación/investigación, la cual recopilará las ideas de innovación tecnológica, así como los proyectos de investigación en torno al uso del agua en nuestra casa de estudios. Este proceso será continuo, con el fin de obtener un sistema, como se decía, flexible, dinámico y efectivo.

### 8.1 Experiencias

Un estudio que resultó de gran utilidad para concebir el programa fue el Programa de Conservación de Agua de la Universidad de Stanford. En 7 años este programa ha logrado una disminución de 15% en el consumo de agua, mediante diferentes medidas, tales como las auditorías de agua, el cambio de muebles sanitarios, nuevos diseños de la vegetación del campus, y un programa de comunicación. Para medir la efectividad, se determinó cuántos litros se estaban ahorrando en la universidad gracias a él y también se evaluó la relación beneficio/costo. Resultó que la relación beneficio/costo era mayor a 1 y que el programa ha logrado que se ahorren aproximadamente 26,000 litros diarios de agua.

También fue de gran ayuda el Programa de la Universidad de Sidney (2006), principalmente porque hacen una clasificación de las dependencias universitarias con base en su consumo de agua, resultando los principales consumidores los laboratorios, las instalaciones deportivas y las residencias. Se realizó un esfuerzo por clasificar a las dependencias de CU con base en la presencia de laboratorios y considerando a las áreas deportivas como grandes usuarios de agua.

Por otro lado, se llevó a cabo una búsqueda de documentos con recomendaciones específicas para realizar un programa de comunicación efectivo. Se encontraron dos que fueron de gran utilidad: Aplicando herramientas de comunicación para el desarrollo sostenible (OECD, 1999) y Lineamientos para desarrollar y evaluar esfuerzos de comunicación (2002), de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Universidad de Wisconsin. Ambos enfatizan la necesidad de identificar los conocimientos, actitudes y prácticas de la comunidad a la cual se destina el programa lo cual proporcionará información sobre los tipos de campañas requeridas, pues se encontrarán diversos sectores, de acuerdo con su edad, sexo, posición socio-económica, actividad laboral, etc., que necesitan medios y contenidos específicos.

Los grupos, de acuerdo con el papel que juegan en la problemática ambiental, se pueden clasificar de la siguiente manera: (1) a quienes se destina el programa, es decir, de aquellos que se espera un cambio de conocimientos, actitudes y conductas; (2) quienes tienen control sobre el recurso, lo que significa, las autoridades a quienes es necesario sensibilizar y que conviene tener como aliados para que los esfuerzos de comunicación sean exitosos; (3) quienes colaboran o facilitan el proceso, es decir, las dependencias universitarias, asociaciones civiles, empresas, etc. que pueden ayudar a acceder a los destinatarios del programa.

Autoridades y grupos con control sobre el agua

Autoridades universitarias	Autoridades universitarias	Otras autoridades
Rector	Director	Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC)
Secretario General	Secretario Administrativo	Dirección General de Actividades Deportivas y
Secretario Administrativo	Jefe de Servicios Generales	
	Intendente	

Destinatarios del Programa

<b>Comunidad universitaria</b>		<b>Trabajadores universitarios</b>	<b>Usuarios externos con actividades económicas dentro de la UNAM</b>	<b>Incidentales</b>
Usuarios regulares	Usuarios mayores	Jardineros	Lavacoches	Habitantes del multifamiliar
Estudiantes	Estudiantes en laboratorios	Intendentes	Empleados de cafeterías y comedores	Visitantes
	Deportistas	Taller de agua potable		
Académicos	Académicos en laboratorios	Taller de desazolve	Vendedores informales	
	Académicos deportistas			
Administrativos	Administrativos en laboratorios			
	Administrativos deportistas			
Personal de limpieza	Personal de limpieza deportistas			

Facilitadores y colaboradores del proceso

<b>Autoridades universitarias</b>	<b>Dependencias Universitarias</b>	<b>Empresas externas</b>
Secretario General (facilitar el proceso de contacto con directores y secretarios administrativos)	Universum (desarrollo de programa de difusión)	Proveedores
	Dirección General de Comunicación Social (instrumentación del programa de difusión)	Empresa de encuestas de opinión
	Facultad de Ingeniería	
	Dirección General de Obras y Conservación	
	Facultad de Química (coordinación con Programa de Manejo de Residuos Peligrosos para difusión conjunta)	
	Dirección General de Orientación y Servicios Educativos (instrumentación del Programa a través de servicios sociales)	
	Dirección General de Servicios Escolares (instrumentación del Programa a través de los secretarios de servicios escolares para involucrar a los estudiantes)	

## 8.2 Diagnóstico preliminar de la problemática

La revisión de los estudios que se han realizados en la UNAM y en otras universidades dio un panorama general de la problemática del agua en CU y de las percepciones y conductas de los usuarios del recurso, pero se piensa que era también necesario realizar una exploración de campo, que funcionara como insumo para posteriormente construir una herramienta formal para identificar los conocimientos, actitudes y prácticas (C-A-P) de los destinatarios del programa. Debido a ello, se dio la necesidad de platicar con personas de distintos sectores para conocer su percepción del problema. A través de entrevistas abiertas semi-estructuradas a 37 personas, uno de los hallazgos de estas conversaciones fue que los lavacoches son muy accesibles en cuanto se dan cuenta de que PUMAGUA no es una amenaza para ellos. Por otro lado, se encontró que los usuarios se refieren de inmediato al desperdicio de agua en los baños, sin mencionar el riego de áreas verdes. También se expresó de manera reiterada que no se tienen instancias a quienes reportar las fugas y que cuando se logra reportarlas, la reparación es muy tardada. Asimismo, se mencionó repetidamente la falta de higiene de los estudiantes en los baños, lo cual, conlleva a un mayor uso de agua. Otro tema que surgió fue el desperdicio de agua en laboratorios, sobre todo, durante el lavado de material, así como la contaminación del agua también en los laboratorios por el desecho de materia orgánica y productos químicos.

La mayoría de los entrevistados señaló los carteles como un buen medio de difusión, aunque varios sugieren que se busquen maneras novedosas de transmitir la información.

### 8.3 Elaboración de encuestas.

Para conocer el problema que se está abordando, su respuesta emocional hacia éste (actitud) y sus prácticas (para el caso, las conductas en torno al uso del agua). Así, las encuestas para identificar conocimientos, actitudes y prácticas (C-A-P) son fundamentales para realizar un programa de comunicación. Si se centran en los objetivos finales de PUMAGUA, el mayor interés es promover conductas de manejo eficiente del agua, para lo cual es necesario influir en los conocimientos y en las actitudes que las determinan. Las encuestas de C-A-P se utilizan con frecuencia en estudios de salud, de mercado, entre muchos otros.

Para realizar la encuesta, lo primero que se hizo fue una clasificación del público objetivo. Una vez que identificados los grupos, se definió el diseño muestral. También, de acuerdo con la exploración en campo, se decidió qué tipo de entrevista se requería. Después, se definió el método para realizar la encuesta.

Diseño muestral para las encuestas del Programa de Comunicación/Participación

Sector	Número de entrevistas	Herramienta
Estudiantes	800	Cuestionario
Administrativos		
Laboratorista	72	Cuestionario
Admvos	90	Cuestionario
DGOyC		
Jardineros		Entrevistas a profundidad
Operarios		Entrevistas a profundidad
Intendentes	80	Cuestionario y entrevistas a profundidad
Personal Limpieza	160	Cuestionario
Académicos		
Académicos docentes		Cuestionario
Académicos investigación		Cuestionario
Lavacoche	1	Grupo de enfoque
Edificio	25	Cuestionario
Visitantes	100	Cuestionario
Total	1536	

Cada cuestionario aborda los siguientes aspectos: *Sección A:* Identificación del entrevistado, *Sección B:* Disponibilidad de agua, *Sección C:* Conocimientos, *Sección D:* Percepciones y actitudes, *Sección E:* Conductas, *Sección F:* Medios, *Sección G:* Conductas específicas

Se prevé que las encuestas permitirán tener una perspectiva general de las C-A-P de los usuarios del agua en la CU, es decir, qué tanto conocen sobre la problemática en torno al recurso, cuál es su actitud frente a este problema, qué conductas positivas y negativas llevan a cabo, qué tan dispuestos están a participar con acciones para mejorar el uso del agua y también cuáles son sus sugerencias para llevar a cabo la campaña de comunicación. Se identificarán a los grupos participativos, conocedores, dispuestos y también a los grupos renuentes, que no conocen el problema o que tienen una actitud adversa y eso permitirá diseñar estrategias de comunicación particulares a cada uno de estos grupos. Al lograr definir el perfil de los grupos dispuestos a colaborar con PUMAGUA, se formarán las brigadas (green teams) para llevar a cabo acciones que ayuden a mejorar el uso del agua en el campus.

### 8.4 Comunicación del Programa

Para definir las estrategias, se basó en parte en el concepto mismo de la comunicación ambiental, no es un proceso unidireccional en el que alguien decide el contenido y los mensajes adecuados, sino un proceso bidireccional que permite al público objetivo entender los factores ambientales clave, así como sus interrelaciones para poder actuar de una manera adecuada. En el caso de PUMAGUA, dos de sus componentes (Balance hidráulico y Calidad del agua) se refieren, sobre todo, al área técnica, es decir, al mejoramiento de infraestructura (tubería, sanitarios, reparación de fugas, planta de tratamiento, etc.). Estas dos áreas son fundamentales para mejorar el uso del agua en el campus. Sin

embargo, si los usuarios del agua desconocen no sólo las acciones que PUMAGUA lleva a cabo, sino la problemática del recurso en nuestra Universidad, es poco probable que colaboren con la realización de dichas acciones, así como con el mantenimiento de la nueva infraestructura. Por otro lado, una parte importante del manejo adecuado del recurso tiene que ver directamente con las conductas de los usuarios (riego de áreas verdes, uso adecuado e higiene de sanitarios, reporte y reparación de fugas), por lo cual es indispensable establecer una estrategia de comunicación con dichos usuarios para promover conductas positivas.

### 8.5 Medios

Como se mencionó anteriormente, a partir de los resultados de las encuestas se puede definir el contenido y los medios adecuados para los diferentes sectores de nuestra población objetivo. Sin embargo, de acuerdo con la exploración, se prevé la utilización de los siguientes medios: *A.* carteles en los baños de cada dependencia, *B.* carteles en la entrada de los edificios señalando el consumo de agua, *C.* videos, que describan la infraestructura hidráulica de CU, *D.* Cápsulas informativas de televisión y radio que informen a los universitarios la existencia de PUMAGUA, *E.* Artículos en la Gaceta Universitaria, *F.* Artículos en los periódicos, *G.* Sesiones interactivas con el personal académico, administrativo y estudiantil de CU, *H.* Talleres de capacitación con los trabajadores de la DGOyC, con los intendentes y personal de limpieza, *I.* Recorridos guiados por las instalaciones hidráulicas de CU, *J.* Página de Internet con secciones sobre el manejo del agua en CU, *K.* Liga a páginas de dependencias universitarias con secciones sobre las acciones más recientes de PUMAGUA y una liga a la página de PUMAGUA

### 8.6 Programa de incentivos

Por otro lado, se está seguro que la disponibilidad a colaborar con los objetivos de PUMAGUA aumentará en cuanto logremos instrumentar un programa de incentivos, en el cual se “premiará” a las dependencias por consumir menos agua. Una vez que el Programa haya colocado medidores en todos los edificios de CU, cada dependencia estará al tanto de su consumo mensual. Basándonos en una clasificación de las dependencias según sus necesidades, para ello se puede establecer un sistema de cuotas, a partir de un volumen mínimo ahorrado. Se contará con un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el cual aparecerá el consumo mensual de todas las dependencias y, de esa manera, podremos hacer comparaciones entre ellas. Asimismo, se establecerá un reconocimiento anual de la UNAM a las instituciones más ahorradoras, la cual se dará a conocer a toda la comunidad universitaria. Cabe mencionar que este sistema de incentivos tendrá que ser desarrollado con la Administración Central porque tiene que ver con asignaciones de presupuesto.

### 8.7 Vinculación con instancias de la UNAM

El éxito del Programa de Comunicación/Participación depende del trabajo que realizado a tres niveles: El primero tiene que ver con la conformación de un equipo de trabajo incluyente. Otro de los tres niveles es el de los destinatarios del programa, y el otro, igualmente importante, son las autoridades que controlan el recurso.

Conforme se vayan estableciendo compromisos con las dependencias, se irán difundiendo a través de la Gaceta y de otros medios informativos, como una manera de dar un reconocimiento a las mismas y de exhortar a las demás dependencias a unirse al PUMAGUA.

### 8.8 Grupos de enfoque

Queremos que la comunidad universitaria participe de manera activa, con acciones prácticas. Para ello se promoverá la creación de brigadas del agua, inspiradas en los “green teams”, los cuales son simplemente grupos de estudiantes, académicos o administrativos (o una combinación de ellos) que trabajan juntos en algún asunto ambiental. se están identificando las acciones concretas que estos equipos pueden llevar a cabo, como hacer recorridos por los baños de sus dependencias, hacer un registro de fugas y reportarlo periódicamente; hacer recorridos por los jardines de CU para documentar las actividades de riego y platicar con los jardineros para hacerles sugerencias; hablar con sus compañeros para sugerirle acciones de ahorro de agua en la universidad y en casa; registrar los residuos que se arrojan por el drenaje y organizar pláticas para exhortar a los universitarios a no verter sustancias contaminantes; organizar eventos recreativos (conciertos, concursos, actividades deportivas) en donde se promueva el buen uso del agua.

## 9. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La Facultad de Ingeniería, en el área de Geomática, está llevando a cabo el levantamiento topográfico de puntos de control y de puntos de reunión por el método del sistema de posicionamiento global (GPS).

### 9.1 Levantamiento topográfico de puntos de control y de reunión por el método del sistema de posicionamiento global (GPS)

En esta primera etapa, la Facultad de Ingeniería es la responsable de la programación y ejecución del SIG, una vez terminada esta etapa, la Facultad entregará al Instituto de Ingeniería la base de datos y los archivos correspondientes; ya que la actualización permanente correrá por cuenta de la Dirección General de Obras y Conservación. El éxito del SIG radica en su permanente actualización, por lo tanto esta es una tarea a la que siempre debe asignarse recursos y personas.

En primera instancia se localizaron los puntos de control terrestre para Ciudad Universitaria y de puntos de reunión en la Facultad de Ingeniería, mediante un posicionamiento GPS, método diferencial, con dos receptores de doble frecuencia, para garantizar un error medio cuadrático de  $3\text{mm}+0.5\text{ppm}$  de la línea base. La georeferenciación del levantamiento se hizo mediante la liga al vértice DICYG es cual también esta ligado a la Red Geodésica Nacional Activa de INEGI.

Posteriormente se pasó al cálculo de posicionamiento GPS de precisión, en coordenadas U.T.M. y GEOGRÁFICAS, con liga a la Red Geodésica Nacional Activa de INEGI. Estas Coordenadas se transformaron a Coordenadas Ortogonales (topográficas), mismas que se utilizaron para calcular y representar el levantamiento topográfico. El levantamiento, consistió en localizar los puntos de control terrestre y los puntos de reunión en la Facultad de Ingeniería. En lo que corresponde al Cálculo y Dibujo Topográfico (planimetría) está en Coordenadas Ortogonales mediante procedimiento electrónico. Con el objeto de estandarizar los planos resultantes del levantamiento, plano a la escala 1:5,000.

### 9.2 Resultados

- a) El posicionamiento GPS diferencial de precisión de puntos de control y de puntos de reunión, alcanzó una calidad definida por la desviación estándar de la coordenada Este de 0.001 metros y en su coordenada Norte de 0.001 metros, resultados altamente satisfactorios en virtud de que estos son menores a la tolerancia para este tipo de posicionamiento que es de  $3\text{mm}+0.5\text{ppm}$  de Línea Base.
- b) Transformación de coordenadas Geodesicas a Topográficas por medio del programa "geo2top".
- c) Lista de Coordenadas Geodesicas, UTM y Topográficas.
- d) Dibujo de la posición de los puntos de control en color azul y de los puntos de reunión.
- e) Levantamiento de Punto de Control para el apoyo terrestre es de puntos levantados es de 70 de los contemplados que eran 100 tanto en Campo como en Gabinete.
- f) Levantamiento de Puntos de Reunión en la Facultad de Ingeniería es de 100% tanto en Campo como en Gabinete, en el campus se encontraron 35 de los cuales se levantaron 20.



## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 Balance Hidráulico

De acuerdo al informe presentado en lo correspondiente al Balance Hidráulico, en esta primera etapa, la cual implicó un diagnóstico de la situación actual del sistema de distribución de agua potable y acciones en la medición de caudales como ahorro de agua en los muebles de baños, se derivan los siguientes puntos a comentar.

En lo referente a los pozos es importante establecer unas políticas de operación homogéneas entre los turnos que los operan, esto encaminado, por un lado a aumentar la eficiencia del sistema de bombeo y por otro lado, el de optimizar el uso de la energía eléctrica ya que éste no es un aspecto que se considere en el paro y arranque del equipo; es necesario, implantar un sistema automatizado que permita medir el consumo de energía en los pozos. En los tanques es necesario implementar medidores electrónicos de niveles con almacenamiento de datos y transmisión automática, ya que actualmente el sistema de lectura es manual y de los datos analizados se encontraron algunas incongruencias, siendo no muy eficiente y poco confiable.

Con respecto a la red de abastecimiento hay varias aspectos que requieren de atención inmediata: referente a la información disponible e histórica es de vital importancia el implementar un sistema de almacenamiento electrónico confiable y que esté disponible para el personal que opera la red, es decir, es indispensable el tener los planos de la red primaria actualizados en paralelo con el Taller de Agua (operador) y las diversas dependencias que se encuentran en la Ciudad Universitaria (usuarios). Por otro lado, con la información disponible de la configuración de la red se han realizado algunos levantamientos que indican en su mayoría que las trayectorias de las líneas y los registros no concuerdan con la realidad, por lo anterior, es importante realizar un catastro de la red principal como de las red secundaria, ya que de ésta última no se tienen planos.

Una vez implementado el sistema de medición automática de los pozos, tanques y edificios de Ciudad Universitaria, es importante justificar la eliminación de las derivaciones que existen sobre las líneas de conducción de los pozos a los tanques que inyectan directo a la red, ya que esto genera un deterioro a la red principal y en el interior de los edificios. Para ello se requiere terminar de instalar los 5 macro medidores ubicados en los pozos y en el Tanque Bajo, además de adquirir tres medidores restantes que se ubicaran en derivaciones directas a la red existentes en las líneas de conducción de los pozos hacia los tanques, lo anterior permitirá completar el balance del sistema de suministro.

En esta primera etapa del PUMAGUA se ejecuta un programa de detección de fugas en Ciudad Universitaria, se ha dado seguimiento a los métodos de detección y reparación de las mismas: Por lo anterior, se recomienda la implementación de un programa más eficiente para la detección y reparación de las fugas, apoyado con tecnología de punta que existe en el mercado, la cual, en esta primera etapa se está probando en campo y en compañía de personal de la Dirección de Obras del Taller de Agua. Aunado a lo anterior está la rehabilitación de tuberías, y en su caso trazo de nuevas líneas de conducción, es una urgencia por las condiciones en que se encuentran ciertos sectores; que en ocasiones por el tipo de material o edad de la tubería se dificulta la localización de las fugas.

Por otra parte, también, es necesario realizar un catastro de la red de alcantarillado, pues como se ha comentado, los planos con los que se cuenta son muy antiguos y están incompletos, pues algunas zonas, sobre todo, de la zona cultural vierten sus residuos directo a grietas.

Por otro lado, con respecto a la modelación matemática, es importante actualizar los planos con los que se hizo el diagnóstico así como también los datos de consumos en los edificios y pozos una vez implementada la macro y micro medición. De los resultados obtenidos de la primera modelación se ha sugerido la instalación de 3 válvulas reguladoras de presión para las cuales es necesario realizar el seccionamiento en campo y medir los gastos en los tres sectores propuestos y definir su comportamiento para finalmente dimensionar las válvulas reguladoras de presión.

Para iniciar la medición en los edificios es necesario iniciar con la instalación de los primeros 110 micro medidores; iniciando en leas dependencias piloto y aquellas que ya se ha tenido contacto y están en disposición de iniciar con el programa; por otro lado, es indispensable iniciar con las pruebas de transmisión y recepción de información, así como definir los concentradores y el puesto central de recepción de información.

En el área de riego es necesario que Arquitectura del Paisaje entregue el proyecto ejecutivo de los jardines del Instituto de Ingeniería, el cual implica la introducción de vegetación nativa, así como también de las áreas de riego que no se van a regar. Tornado entregará el diseño de automatización de riego en las áreas piloto. Estas acciones implican una capacitación al personal de áreas verdes en cuanto al mantenimiento de la nueva vegetación y la operación del nuevo sistema de riego.

Como resultado del diagnóstico de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, tanto en el Instituto como Facultad de Ingeniería, las cuales se pueden ver en la tabla siguiente, se observa que en promedio se tiene un 15% de fuga visible en los muebles de baños; cabe señalar que no en todos los baños ha sido posible el aforar y conocer el gasto que se está perdiendo. Por otro lado, también es considerable el porcentaje de los aparatos en mal funcionamiento. Es por ello que, se llegaron a las siguientes recomendaciones: es urgente que cada entidad que conforma el campus de Ciudad Universitaria cuente con la información básica de sus instalaciones, la cual debe estar disponible y contar con los lineamientos que por norma se establecen; como pueden ser sus plano de instalaciones hidrosanitarias de cada edificio y de forma digital, un banco de información de los muebles de baños con que cuentan y su caudal que gastan. Lo anterior, con la finalidad de tener el control sobre el abastecimiento de agua potable y la evacuación de las aguas residuales para realizar un balance de cada edificio y determinar las fugas que puedan existir como también determinar la disponibilidad de reusar el agua como medida de ahorro, entre otros.

<i>TIPO DE MUEBLE</i>	<i>INSTITUTO DE INGENIERÍA</i>	<i>FACULTAD DE INGENIERÍA</i>
INODORO DE FLUXÓMETRO MANUAL	78	87
INODORO DE FLUXÓMETRO ELECTRÓNICO	15	31
INODORO DE CAJA	4	7
MINGITORIO CON FLUXÓMETRO MANUAL	27	31
MINGITORIO CON FLUXÓMETRO ELECTRÓNICO	3	6
MINGITORIO SECO	16	7
LAVABOS CON LLAVE DE SENSOR	2	54
LAVABOS CON LLAVE DE PUSH	2	0
LAVABOS CON LLAVE MEZCLADORA	7	43
LAVABOS CON LLAVE DE CHICOTE	95	9
TARJAS CON LLAVE MEZCLADORA	7	168
TARJAS CON LLAVE DE NARIZ	19	0
LAVADERO CON LLAVE DE NARIZ	0	3
REGADERAS	4	5
<b>TOTAL DE MUEBLES</b>	<b>279</b>	<b>451</b>

<i>CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PORCENTAJE</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<b>FUNCIONAMIENTO CORRECTO</b>	<b>226</b>	<b>81.00%</b>	<b>325</b>	<b>72.06%</b>
<b>FUGAS</b>	<b>43</b>	<b>15.41%</b>	<b>67</b>	<b>14.86%</b>
<b>MAL FUNCIONAMIENTO</b>	<b>7</b>	<b>2.51%</b>	<b>55</b>	<b>12.20%</b>
<b>MAL FUNCIONAMIENTO EN EL SENSOR</b>	<b>5</b>	<b>1.79%</b>	<b>4</b>	<b>0.89%</b>

Lo anterior va de la mano con la implementación del programa de cambio de muebles sanitarios pues si bien es uno de las metas del PUMAGUA el reducir el consumo en un 30%, por lo que parte del programa es el hacer pruebas con diversas marcas existentes en el mercado, cumpliendo con las normas mexicanas. Dentro de las medidas que muestran una mayor recurrencia en este tipo de programas se encuentran:

- ❖ Mejorar el mantenimiento para reemplazar equipos viejos y obsoletos.
- ❖ Técnicas de eficiencia para el Agua de uso doméstico: sanitarios de bajo flujo, mingitorios, aireadores, duchas de bajo flujo, etc.

- ❖ Reducir los tiempos de riego de los jardines.
- ❖ Ajuste de equipos.
- ❖ Reparación de fugas.
- ❖ Reciclar aguas de proceso.

Las prácticas de uso eficiente se ubican en dos categorías:

- a) Prácticas de Ingeniería: basadas en modificaciones en tuberías, accesorios o procedimientos de operación en el aprovechamiento de Agua.
- b) Prácticas de Conducta o comportamiento: basadas en el cambio de hábitos en el uso del Agua por parte de los usuarios.

La implementación de las medidas es tal vez la etapa más complicada y costosa del programa, sobre todo en las prácticas de conducta. La evaluación de las medidas puede hacerse a través de indicadores o de comparaciones de consumo antes y después de la implementación de las medidas recomendadas. Sin embargo, son de las acciones que más ahorros de agua y energía traen, por una parte, al emplear menos agua al interior de los edificios se emplean menos los equipos que son necesarios para llevarla a los puntos de consumo.

## 10.2 Calidad de agua

Actualmente la calidad del agua potable de los subsistemas de suministro (pozos), almacenamiento (tanques) y puntos de consumo directo (llaves y filtros) en Ciudad Universitaria es de buena calidad, ya que cumple con lo establecido en la NOM-127-SSA1-2000. Sin embargo, la eficiencia de los sistemas de desinfección que se aplican actualmente no es el más adecuado y por ello se debe llevar a cabo un cambio de sistema de desinfección garantizando en todo momento la potabilización; además de llevar un seguimiento periódico en el monitoreo de la calidad del agua para consumo, mediante la colocación de equipos que permitan el monitoreo en línea de agua potable.

Es importante mencionar que en el subsistema de suministro (pozos), el parámetro de nitratos se encuentra cercano al límite máximo permisible que marca la normatividad por lo que debe darse seguimiento estricto a éste parámetro ya que es un indicador de contaminación por escurrimientos de agua residual. Así mismo es recomendable que el parámetro de cloro libre residual sea vigilado periódicamente en el subsistema de almacenamiento (tanques), ya que a pesar de que la mayoría de las mediciones se encontraron dentro de los límites permisibles que establece la NOM-127-SSA1-2000. Hubo registro de 0.01 mg/L como valor mínimo y otro de 1.66 mg/L como valor máximo; y la norma establece un intervalo de 0.2-1.50 mg/L.

El sistema de desinfección que actualmente se aplica para el agua potable que se suministra en Ciudad Universitaria, se hace mediante cloración a base de cloro gas e hipoclorito de sodio, sistemas de alto riesgo. Es de suma importancia, que se sustituya el actual sistema de desinfección por la aplicación del ozono seguido de cloración, de tal manera que se asegure la calidad del agua de consumo.

El agua residual analizada en el edificio 5 del Instituto de Ingeniería presentó valores muy altos propios de un agua residual sin tratar, los parámetros de DBO5, SST, Nitrógeno Total, así como grasas y aceites, se encuentra arriba de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-002-SEMARNAT-1996, así mismo la concentración de coliformes fecales, presenta valores muy altos; esto se debe a las descargas provenientes del laboratorio. Los diferentes contaminantes degradan la calidad de agua haciéndola inútil para su uso posterior. La minimización del ingreso de residuos peligrosos a las plantas de tratamiento, generados por los laboratorios de algunas dependencias en Ciudad Universitaria (como, metales pesados), es algo clave para reducir los efectos tóxicos de los efluentes en las planta, muchos de los cuales no pueden ser eliminados a través de procesos convencionales de tratamiento.

Sobre la planta de tratamiento de “Cerro del agua”, los últimos resultados indican que el agua generada no cumple con lo establecido en la legislación, dado que el parámetro de DBO5 (mg/L) no cumplen con una calidad de agua necesaria para el reuso en servicios al público con contacto directo ni para servicios al público con contacto indirecto u ocasional. En el caso de los Coliformes Fecales, los resultados indican que se cumple con la calidad del agua que se reuse en servicios al público con contacto ocasional pero no se cumple para el reuso con contacto directo. Por otra parte, se observó que la planta no opera a su capacidad de diseño (40 L/s), ya que actualmente opera de 18 a 22 L/s. De aquí la necesidad de evaluar los procesos operativos de la planta de tratamiento de “Cerro del agua”. Para tal fin, se formó un grupo de expertos investigadores de la Coordinación de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería, los cuales tienen como metas, llevar a cabo el diagnóstico de las instalaciones y procesos del actual sistema de tratamiento; considerar posibles modificaciones a la obra civil existente y la posible aplicación de nuevas tecnologías que consideren las características de las aguas residuales actualmente. Con ello se busca garantizar que la producción actual de 18 L/s sea susceptible de aumentarse a un intervalo entre 30 y 35 L/s si se mejora la infraestructura de los procesos.

Las conclusiones preliminares del grupo de expertos, sobre la planta de tratamiento de “Cerro del agua”, obtenidas a partir de un análisis riguroso de los datos proporcionados por el laboratorio de la planta de aguas residuales de Cerro del Agua fueron que, la presente década se puede clasificar en dos etapas, con respecto a la concentración de materia orgánica alimentada a la planta, donde se observó que la DBO se ha duplicado y la DQO ha aumentado 1.5 veces, en el periodo de 2006 a 2008 con respecto al periodo 2001-2005. Como resultado del incremento drástico en la materia orgánica contenida en el agua residual alimentada a la planta y la demanda creciente de agua residual tratada para reuso en riego de áreas verdes, se concluyó que:

- Los sistemas de biopelícula (biodisco y filtro rociador) trabajan a su máxima capacidad con respecto a un tratamiento secundario, con menor restricción en la calidad del efluente. Sin embargo, para cumplir con la calidad requerida para reuso en riego con contacto directo, es recomendable determinar los caudales actuales con que deben trabajar los sistemas de biodiscos y filtro rociador.
- El sistema de lodos activados trabaja sobrecargado, incluso como tratamiento secundario para una calidad menos exigente que la requerida en este caso. Se deberá determinar el caudal a tratar con base en los requerimientos para C. U. y bajo las consideraciones técnicas de: seleccionar un nuevo sistema de aireación que no constituya una limitante para transferencia de oxígeno en el medio líquido; determinar la máxima concentración de biomasa que puede alcanzarse en el volumen del tanque de aireación existente; evaluar la capacidad del actual sedimentador secundario para separar una mayor producción diaria de lodos activados o, en su caso, seleccionar un sistema mejorado para la separación de la biomasa.

Queda pendiente el integrar una propuesta de un sistema mejorado que cumpla de forma segura con las normas para reuso en servicios públicos, con contacto indirecto u ocasional, de riego de jardines y camellones de Ciudad Universitaria, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-001-SEMARNAT-1996.

El agua generada en la planta de tratamiento de “Facultad de Ciencias Políticas y sociales” no cumple con una calidad de agua necesaria para el reuso en servicios al público con contacto directo ni para servicios al público con contacto indirecto u ocasional ya que los valores obtenidos en las mediciones de DBO5 y SST son mayores a lo que establece la NOM-003-SEMARNAT-1997. La planta de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales tampoco opera a la capacidad de diseño que es de 7.5 L/s, ya que se determinó que opera entre 1 y 1.9 L/s. Por lo que se requiere asignar infraestructura humana y de recursos económicos para mantener la planta en condiciones óptimas de operación, ya que no hay un responsable de la planta ni existe un historial de calidad del agua. Así también es recomendable que una vez asignada infraestructura (humana y económica) se lleve a cabo un seguimiento tanto de operación como de calidad del agua.

Los resultados obtenidos de la “planta de tratamiento del Edificio 12 del Instituto de Ingeniería” manifiestan que los valores DBO5, SST y Coliformes Fecales, superan los límites máximos permisibles en la NOM-003-SEMARNAT-1997, por lo que no cumple con normatividad para el reuso en servicios al público tanto con contacto directo como para contacto indirecto u ocasional. La planta del Instituto de Ingeniería opera a una capacidad del 50% respecto a su capacidad de diseño.

El análisis realizado para las planta tipo BRAIN indicó que todas las plantas cumplen parcialmente con los parámetros medidos, por lo que ninguna de las plantas cumple totalmente con los requerimiento para reuso en servicios al público (riego de parques y jardines), tanto para contacto directo como para contacto indirecto u ocasional (NOM-003-SEMARNAT-1997). Debido a que el agua tratada que se obtiene de las plantas BRAIN, se usa para la recarga del acuífero se debe cumplir con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, en referencia a la determinación de Coliformes Fecales, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Los resultados indican que solo cuatro plantas cumplen con este parámetro, ya que el límite máximo permisible corresponde a 1,000 UFC/100mL para el promedio mensual. Así también, una vez asignados los recursos tanto humanos como económicos, se debe realizar un estudio integral de diagnóstico hidráulico y de calidad del agua al mismo tiempo, mediante el cual se puedan detectar problemas de funcionamiento en los procesos.

En lo que corresponde al riego, se llegan a las conclusiones y recomendaciones siguientes. Los análisis para el agua tratada de la cisterna central que se usa para el riego de áreas verdes está en proceso; y en los resultados preliminares se determinó que tanto el parámetro de DBO5 como de SST están por arriba de lo establece la NOM-003-SEMARNAT-1997, que se refiere a los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se usen en servicio al público, específicamente el uso de servicios al público con contacto directo (20 mg/L). Se detectó que la densidad de bacterias: coliformes fecales, coliformes totales y bacterias heterotróficas es relativamente alta en los primeros tres muestreos, por lo que no se cumplía con lo establecido en la NOM-003-SEMARNAT-1997 para servicios al público únicamente para contacto indirecto. Esta acción considera tanto las

normas oficiales establecidas en México, como las más estrictas establecidas en California USA en el uso de riego de áreas verdes. De tal manera que se elimine cualquier riesgo a la salud, lo cual deberá ser corroborado no sólo con el recuento de microorganismos indicadores como coliformes y bacterias heterotróficas sino también con la identificación de especies de microorganismos patógenos mediante técnicas especializadas.

Sobre el Edificio Verde, las obras que se identificaron que se pueden llevar a cabo para que este edificio ya construido pueda aspirar a una probable certificación por parte de SEMARNAT son: Mejoramiento del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con la norma NOM 003-SEMARNAT 1997 que establece el límite permisible de calidad de agua para su reuso, en los servicios sanitarios ó en riego. En este punto ya se están implementando mejoras al sistema de tratamiento. Instalar un programa de separación de residuos en el edificio, implementar un programa de ahorro de energía. Evaluar la factibilidad de captación de lluvia para su reuso en recarga del acuífero, evitando que se incorpore al drenaje.

### 10.3 Comunicación / Participación

A partir de la revisión de los estudios realizados sobre el agua en la CU y de las entrevistas a profundidad, se puede concluir lo siguiente:

- La comunidad universitaria tiende a pensar que el manejo del agua en CU es inadecuado.
- Existe una percepción generalizada sobre el desperdicio de agua en los baños, principalmente.
- En las facultades, escuelas e institutos con laboratorios el desperdicio de agua parece ser más severo.
- La falta de higiene es un problema recurrente en los sanitarios, la cual conduce a un mayor consumo de agua. Cabe mencionarse que este problema es más severo en facultades y escuelas que en institutos.
- La población universitaria reporta con escasa frecuencia las fugas, probablemente por el desconocimiento general sobre a quién se deben de reportar.
- Se tiene una percepción extensiva de que las fugas no son reparadas con prontitud.
- Las autoridades universitarias muestran una disponibilidad notoria a colaborar con PUMAGUA.
- Las autoridades manifiestan repetidamente los problemas de robo de material por parte de los trabajadores y la destrucción de muebles sanitarios por parte de los usuarios.
- Aunque con frecuencia se señala a los lavacoches como grandes usuarios de agua, se detectó que su consumo diario no es significativo y dada su aparente accesibilidad.

Por otro lado, a través del acercamiento a diversas instancias universitarias, se ha llegado a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Existen diversos Programas y actividades en la UNAM con los que sería conveniente que PUMAGUA colaborara, tal como el Programa de Manejo de Residuos Sólidos. En el caso particular de la Facultad de Ingeniería, es imperativo que se adhiera al Programa, dado el casi inexistente manejo de residuos que realiza.
- También es conveniente llegar a un acuerdo con la Dirección General de Servicios Médicos para contar con su información sobre los análisis de calidad de agua y para coordinar los análisis de calidad del agua y no repetir funciones.
- A pesar de que apenas se inició el acercamiento con algunas dependencias universitarias para asignar funciones a los diversos cargos administrativos con respecto al uso adecuado del agua, dada la disposición mostrada por el personal en cuestión, creemos que este proceso puede contribuir notablemente a que las dependencias asuman su responsabilidad y mejoren el uso del agua.
- Se considera que es recomendable generar, en conjunto con Rectoría, un programa de incentivos, para premiar, mediante asignación de presupuesto o de otros beneficios, las buenas prácticas con respecto al agua llevadas a cabo por las dependencias.



## 11. PROGRAMAS DE DESARROLLO 2009 - 2011

Después del diagnóstico en las diferentes áreas en que el programa ha estado trabajando a lo largo de este año, es posible hacer recomendaciones para mejorar el uso y manejo del agua, así como plantear los programas, estudios e investigaciones que se deben hacerse para llegar a las metas propuestas por PUMAGUA en los próximos tres años (2009 – 2011). Las propuestas son relacionadas con las tres áreas, Balance Hidráulico, Calidad del Agua y Comunicación / Participación, son de acuerdo a las necesidades que se han visto a partir del diagnóstico y acciones que se realizaron en este año. A continuación se presentan estas propuestas de proyectos.

### 11.1 Programa de Macro medición

Con el objetivo de tener un control tanto en el suministro como en el consumo en Ciudad Universitaria, es necesario implementar al 100% el sistema de medición; lo cual proporcionará información concreta y real sobre las fugas existentes en el sistema. Con la medición será posible hacer homogénea la operación del sistema de distribución estableciendo nuevas políticas de operación aumentando la eficiencia de todos los elementos que integran el sistema, es decir, dichas políticas deben ir encaminadas al ahorro en el consumo del agua y energía.

#### 11.1.1 Pozos

Es necesario revisar la eficiencia de los pozos, ya que extraer el agua suficiente o requerida del acuífero no necesariamente es una adecuada gestión. Para optimizar la extracción del agua, es importante establecer un programa de medición de niveles reales a través de un sistema automatizado de monitoreo. Un aspecto de suma importancia es el medir el consumo de energía eléctrica de los pozos, actualmente no se cuenta con un registro histórico para determinar la eficiencia, la cual disminuye con el paso del tiempo. Por otro lado, es necesario establecer un programa de políticas de operación de los pozos (paro y arranque) que eviten el horario de punta ya que es cuando se elevan los costos de energía. Lo anterior va en comunión con los niveles mínimos establecidos en los tanques y la capacidad de éstos para abastecer la demanda de Ciudad Universitaria. Finalmente, es de suma importancia continuar con el programa de instalación del sistema de macro medición con la transmisión automática de lectura para tener un control sobre el suministro total al sistema de distribución.

#### 11.1.2 Tanques

Es importante implementar un sistema de lectura y transmisión automático de los niveles en los tanques de almacenamiento, cómo se mencionó anteriormente el sistema actual de toma de lectura es manual y en varias ocasiones presentan errores de apreciación, lo que genera cierta incertidumbre en los análisis de diagnóstico. El instalar sensores de nivel en los tanques permitirá determinar la demanda del sistema de distribución y la capacidad de reserva cuando alguno de los pozos está en mantenimiento, así como también, se podrá inferir si existe alguna fuga dentro del tanque o en red principal. Otro aspecto de gran importancia, es el de hacer las maniobras de plomería necesarias para asegurarnos que todas las extracciones vayan directo a los tanques de almacenamiento y por consiguiente se alimente al sistema de distribución por gravedad.

### 11.2 Programa de la Red de Agua Potable

Por el envejecimiento de la red de agua potable en Ciudad Universitaria, en donde existe tubería con más de 20 años de antigüedad, se requiere de un programa de rehabilitación con la finalidad de mejorar el sistema, ahorro de agua por las fugas existentes y la regulación de presiones en la red. Para ello se requiere de contar con la información actualizada y verificada en campo, pues es de suma importancia para la base de datos del SIG.

#### 11.2.1 Catastro

Es apremiante realizar el catastro de la red, ya que existen incongruencias del plano con que se cuenta y la realidad en campo; con los recorridos de identificación de tomas se han detectado errores en las trayectorias, en la ubicación de cruceros, válvulas de seccionamiento, líneas marcadas para agua potable, las de reuso y derivaciones a construcciones nuevas; aunado a lo anterior también existen diferencias en los diámetros y tipo de material en algunos tuberías. Además, es de suma importancia que la información este verificada y georeferenciada para poderla introducir al SIG.

### **11.2.2 Programa de rehabilitación de la red de distribución de agua potable**

Con los recorridos realizados a la red de distribución con personal de la DGOyC y con el historial del reporte de fugas, es posible establecer el programa de rehabilitación de tuberías que es necesario reemplazar. Esta actividad debe ir apoyada y de manera paralela al proyecto de sectorizar y regular las presiones. Dentro de la rehabilitación, está la sustitución de válvulas que presentan fugas o que están rotas e impiden maniobras. El programa de rehabilitación de tuberías, comenzaría por la zona central, es decir, en las zonas con mayor recurrencia de fugas.

### **11.2.3 Programa de detección de fugas en red principal**

Es de suma importancia el implementar un programa de detección de fugas apoyado por la adquisición de equipo especializado para detección de fugas como geófonos, correladores múltiples, detectores de tuberías de diversos tipos de materiales, investigación sobre materiales resistentes a la zona del pedregal, equipos desarrollados propios para la zona del pedregal, entre otros.

### **11.2.4 Sectorización y control de presiones**

Como resultado de la modelación en EPANET y de acuerdo a los datos obtenidos en campo, una de las características importantes en el comportamiento de la red de distribución es el rango de presiones que se presentan la cual es hasta de 70 mca, por lo anterior es necesario establecer un programa de regulación de presiones a través de instalar válvulas reguladoras de presión delimitando tres sectores principales en el sistema de distribución.

## **11.3 Programa de Micro medición**

Para hablar de eficiencia en la red de distribución es imperativo iniciar el programa de instalación del sistema de micro medición con la colocación de medidores en las tomas de los edificios. Al realizar el balance entre suministro y consumo total (consumo de riego y usuarios) se podrá conocer aquellos edificios o usuarios cuyo consumo está dentro de la norma, así como de las instituciones o usuarios cuyo consumo debe optimizarse. Para ello se requiere de la instalación de un medidor en cada una de las tomas que alimenta a los edificios de Ciudad Universitaria. Los medidores deberán contar con el sistema de transmisión de información con la finalidad de poder concentrar la información en puntos estratégicos para su análisis e ir informando a la comunidad universitaria del consumo de agua que puede tener cada una de las dependencias universitarias. De ahí que se premie o se castigue a aquellas instituciones que ahorren o desperdicien el agua dentro de sus edificios.

## **11.4 Programa de sustitución de muebles sanitarios**

Como una medida para disminuir el consumo de agua en Ciudad Universitaria se debe implementar al 100% el programa de sustitución de muebles sanitarios, el cual, deberá estar justificado con las pruebas en condiciones reales y de laboratorio en aquellos muebles que existen en el mercado y que cumplan con la Norma Oficial Mexicana y con las condiciones de funcionamiento y bajo consumo que marca la especificación de cada uno. Para llevar a cabo este programa, es necesario que cada dependencia cuente con la información necesaria, como mínimo los planos de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, y un levantamiento del estado que guardan los muebles de baños instalados en sus edificios. Cabe señalar, que las sugerencias para las sustituciones de los muebles de baños no serán los mismos para institutos que para facultades o bien centros culturales, en cada caso se verá los muebles adecuados a las necesidades Todo debidamente comprobado y sustentado; de tal forma, que se pueda llegar a generar una lista de muebles y accesorios que la Universidad pueda adquirir sin problemas y que estén dentro de las normas y especificaciones que busca PUMAGUA en materia de ahorro de agua dentro de las instalaciones universitarias. De esta forma ya cada dependencia podrá adquirir lo que crea que les lo más conveniente, pero ya con una guía de compra.

## **11.5 Programa del sistema de riego**

Para optimizar el riego una de las acciones que se debe llevar a cabo en la automatización del sistema de riego, empezando por aquellas áreas verdes que utilizan agua tratada y agua potable, lo cual implica mejorar las políticas de operación actuales: aplicar una lámina de riego homogénea y adecuada a la vegetación, entre otras. Por otro lado, es importante complementar esta acción con la sustitución de vegetación introducida por vegetación nativa del Pedregal, la cual consume un mínimo de agua. En paralelo se tendría que trabajar con el mejoramiento de las plantas

de tratamiento para contar con esos caudales de agua tratada y reusarlos en los jardines, cumpliendo con las normas necesarias que se requieren para ese uso.

También se requiere promover programas de difusión entre el personal administrativo que se dedique al riego de áreas verdes, con la finalidad de que se lleve a cabo un mayor control del uso del agua tratada y evitar periodos prolongados de tiempo rieguen el riego.

Debido a que en Ciudad Universitaria hay zonas con riego por aspersión, es necesario implementar un programa de monitoreo periódico de los aerosoles que se generan con los aspersores utilizados para el riego de áreas verdes, con la finalidad de asegurar que la calidad microbiológica del agua tratada no represente un riesgo a la salud de la población.

## **11.6 Catastro de la red de drenaje**

De acuerdo a la información disponible de la red de drenaje y alcantarillado en Ciudad Universitaria es imprescindible realizar un levantamiento a detalle de la red de drenaje con la finalidad de actualizar y completar la información. Lo anterior reforzará las acciones que se deberán seguir (conexión a una nueva red drenaje) sobre todo en aquellas instituciones que tienen una inyección, de sus aguas residuales sin tratar, directas al subsuelo y que pueden tener un impacto negativo al acuífero.

Es urgente implementar un sistema de medición en los dos colectores principales de Ciudad Universitaria que vierten sus aguas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales así como también se debe medir el caudal que aporta la Colonia Copilco el Alto. Se deben hacer las recomendaciones del equipo adecuado para darle mantenimiento de limpieza y desazolve al sistema, actualmente no se cuenta. En su caso, debe exigirse a las dependencias, implementar prácticas de minimización de residuos peligrosos, mediante el confinamiento de los mismos a través de las instancias correspondientes.

## **11.7 Programas de Calidad del Agua**

### **11.7.1 Agua potable**

1. Sustitución de los sistemas de desinfección por la aplicación del ozono seguido de cloración; el actual proceso de desinfección en los tres pozos del subsistema de abastecimiento y en los 2 tanques de suministro es en base de aplicación de cloro gas y con hipoclorito de sodio.
2. Dimensionar los equipos de desinfección realizando estudios de calidad microbiológica en esta segunda etapa en colaboración con la Dra. Marisa Mazari del Instituto de Ecología, así como pruebas de tratabilidad en laboratorio. Estos incluyen la detección de patógenos seleccionados de bacterias, virus y protozoarios que aseguren la salud de la población universitaria. Los aspectos químicos más relevantes son: la determinación de trihalometanos en el Instituto de Ingeniería por su importancia en la normatividad, ya que son subproductos carcinogénicos y las mejoras en las características organolépticas del agua de consumo, específicamente el sabor a cloro.
3. Implementar tecnología de punta para evaluar la calidad del agua en tiempo real, mediante la colocación de equipos que permitan el monitoreo en línea a la salida de los tanques de suministro hacia la red de distribución, considerando el nuevo sistema de desinfección con ozono y cloración. El monitoreo continuo de la calidad del agua que entra a la red de distribución, permitirá asegurar la total inactivación de microorganismos patógenos tales como: virus, *Cryptosporidium* y *Campylobacter pylori*, así como la aplicación de dosis correctas desinfectantes y la detección oportuna de posible contaminación fisicoquímica.

### **11.7.2 Agua residual**

1. Diseñar prácticas de minimización del vertido de sustancias consideradas como residuos peligrosos al drenaje y por ende a las plantas de tratamiento, cuya finalidad es asegurar que los sistemas de tratamiento que se aplican en las diferentes plantas de Ciudad Universitaria, sean eficientes para tratar el agua residual que llega a sus influentes.
2. Elaborar una bitácora de control por dependencia, apoyada con programa de muestreo de los parámetros de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en puntos clave y accesibles de la red de drenaje, dichas acciones serán asesoradas por el I de I y ejecutadas por cada dependencia. Esta acción permitiría detectar el vertido de sustancias que elevan las características de carga

orgánica del agua a tratar y responsabilizar a quien corresponda, para que se evite su vertido y que no se afecte la eficiencia en las plantas de tratamiento y en general del programa de reuso de agua residual tratada.

3. Se requiere de un programa de reuso de agua residual. Conociendo las condiciones actuales tanto de la infraestructura existente de tratamiento como de la calidad de agua que se obtiene, en esta etapa es necesario diagnosticar e instrumentar las recomendaciones de mejoras en las plantas existentes.

### **11.7.3 Plantas de tratamiento**

#### **PLANTA DE TRATAMIENTO DE CERRO DEL AGUA.**

Implementar adecuaciones a los procesos biológicos resultantes del estudio de diagnóstico que el grupo asesor del Instituto de Ingeniería proponga, a fin de que aumente la capacidad de tratamiento en función del incremento de carga orgánica que se detectó en esta primera etapa, así como probar de procesos de tratamiento terciario (filtros de membrana) y desinfección con UV/ozono + cloro. Esta acción permitirá incrementar la capacidad de tratamiento de la planta, así como la eficiencia en el tratamiento. Las adecuaciones y mejoras se verán reflejadas en contar con mayor volumen de agua tratada (un gasto de hasta 35 L/s) lo que tendrá como consecuencia disminuir el gasto de agua potable en el riego de áreas verdes. Además de asegurar la salud de la comunidad universitaria que hace uso de jardines en el campus, mediante el cumplimiento de la legislación mexicana, NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SEMARNAT-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, específicamente en el rubro de contacto directo como lo es el riego de jardines por aspersión.

#### **PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES.**

Implementar acciones de diagnóstico hidráulico y evaluaciones periódicas de la eficiencia de tratamiento, mediante el análisis de parámetros de calidad, para ello es necesario diagnosticar, reestructurar y/o cambiar los sistemas de tratamiento en la planta y que las autoridades universitarias asignen infraestructura humana y económica. Lo que permitirá por una parte, que haya un responsable directo que lleve un control estricto del funcionamiento de la planta, así como que se le dé el mantenimiento adecuado a la misma. Dentro de las mejoras y/o cambios en el sistema, se considera la evaluación y adecuación de sistemas de microfiltración y ultrafiltración, los cuales se dimensionaran una vez realizadas las pruebas de tratabilidad in situ.

#### **PLANTA DE TRATAMIENTO DEL EDIFICIO 12 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA.**

Continuar con las adecuaciones que se realizaron al tren de tratamiento tales como: 1) incrementar el tiempo de retención, esto para que el tiempo de contacto entre el agua residual y las bacterias fuera mayor y lograr una mayor remoción de materia orgánica; 2) aumentar la oxigenación mediante la adición de una línea directa de un compresor hacia el tanque de lodos activados, asegurando que el metabolismo de las bacterias permita la degradación de los contaminantes; 3) agregar una trampa contra olores para evitar que se emanen éstos hacia los edificios cercanos. Queda por colocar mamparas para evitar la salida de los lodos en el proceso. Las acciones permitirán, incrementar la eficiencia del sistema y contar con el volumen suficiente de agua tratada necesaria para su reuso en sanitarios del edificio 12 del Instituto de Ingeniería y riego de sus jardines, con la calidad suficiente que cumpla con la NOM-003-SEMARNAT-1997, específicamente en el rubro de contacto directo.

#### **PLANTAS TIPO BIO-REACTOR ANAEROBIO INTEGRADO (BRAIN).**

Instalar un programa de rehabilitación, seguimiento y evaluación del impacto en la calidad del agua de abastecimiento por las descargas directas en las áreas verdes de los efluentes de las plantas BRAIN que operan en la zona cultural y que de manera natural se descargan en el suelo y se infiltran en el acuífero. Es recomendable vigilar el cumplimiento del proyecto de norma el PROY-NOM-015-CONAGUA-2007 (edición, julio 2008), cuyo objetivo es aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial.

### **11.8 Edificio verde**

Llevar a cabo las acciones conducentes que permitan contar con un edificio verde, entre las que se consideran: implementar el uso de energías alternativas para el ahorro de energía, instalar muebles de baño de bajo consumo de

agua, implementar programas de reducción, separación y disposición de residuos sólidos, implementar programas para el uso de materiales con menor impacto ambiental, y cambiar las especies vegetales en jardines colindantes por especies que no requieran de riego frecuente. Estas acciones darán la pauta para que la UNAM de un claro ejemplo de cuidado del medio ambiente a nivel nacional y promover la conversión de edificios ya construidos a edificios verdes y/o ecológicos en el campus universitario.

### **11.9 Programa de pozos de absorción**

Implementar pozos de absorción con la finalidad de evaluar la factibilidad de captación de agua de lluvia para su reuso en recarga del acuífero, evitando que se incorpore al drenaje. Para asegurar que la calidad del agua de lluvia sea la idónea para este fin, es necesario llevar a cabo análisis de calidad del agua y definir si cumple con el PROY-NOM-015-CONAGUA-2007 (edición, julio 2008).

### **11.10 Sistema de Información Geográfico**

Terminar el Sistema de Información Geográfico que está desarrollando la Facultad de Ingeniería. Crear las bases de datos necesarios para actualizar los planos e información referente al agua de todas las dependencias universitarias. Para ello se requiere que se lleven a cabo los programas antes mencionados; ya que de ahí se obtendrá la información necesaria y confiable que todo universitario podrá consultar.

### **11.11 Programas de Comunicación/Participación**

#### **11.11.1 Acciones de comunicación hacia la comunidad universitaria**

En el mes de enero y febrero se aplicara la encuesta a la comunidad universitaria sobre sus percepciones, actitudes conductas y propuestas con respecto al manejo del agua en CU. Procesaremos los datos y daremos a conocer los resultados, a través de medios impresos y digitales, a la comunidad universitaria. De acuerdo con los resultados mencionados, se diseñarán los contenidos específicos y se seleccionarán los canales adecuados para cada tipo de usuario. De manera puntual, para las dependencias de CU en donde el Área de Calidad del Agua de PUMAGUA haya detectado que el agua de los grifos es potable, se diseñarán carteles para exhortar a la población a consumirla, en sustitución de las botellas de agua que significan un elevado costo para los usuarios y un incremento de la contaminación por residuos sólidos. Asimismo, se diseñarán carteles para colocar en los sanitarios de CU, con el fin de invitar a los usuarios a hacer un buen uso de ellos, incluyendo aspectos de higiene.

#### **11.11.2 Brigadas del agua**

Se involucrarán a varios grupos de la materia de Recursos Naturales, que se imparte en el sexto semestre de la Carrera de Biología, para que su trabajo semestral lo realicen con nosotros. A cada equipo de alumnos se le asignará una dependencia de CU para que realicen una auditoría del agua en ella, es decir, que analicen el manejo del agua en sanitarios, laboratorios y jardines, entrevisten a la población para conocer sus conductas, así como sus propuestas y necesidades para lograr un manejo más eficiente. La comparación permitirá detectar las características que distinguen a los edificios con menor consumo de agua (tipo de muebles sanitarios, de actividades y de equipo de laboratorio, conductas de los usuarios).

#### **11.11.3 Vinculación/Coordinación**

Se continua con el proceso de acercamiento y de distribución de funciones con respecto al manejo del agua por parte de las autoridades de cada dependencia: directores, secretarios técnicos, académicos y administrativos, jefes de servicio y vigilantes. Con cada institución se negociará dichas funciones; las dependencias designarán una persona que funja como enlace con PUMAGUA y estableceremos un mecanismo permanente de comunicación, por medio de reuniones periódicas, y también mediante registros escritos de las acciones y problemas que cada dependencia lleva a cabo, así como de los problemas que enfrentan.

#### **11.11.4 Investigación/Innovación**

Se convocarán a los directores y a los Secretarios Académicos de las dependencias a informarnos sobre las investigaciones que actualmente desarrollan los investigadores de las mismas en torno al uso manejo del agua, desde diferentes enfoques (tecnológicos, ambientales, sociales, jurídicos, etc.), de tal manera que tengamos un acervo de

dicha información y la difundamos entre los universitarios, con el fin de invitar a estudiantes y académicos a acercarse al tema del agua.

**11.11.5 Educación no formal**

Las brigadas del agua serán otra parte importante de la educación no formal de PUMAGUA. Mientras que sus miembros apoyen para realizar acciones útiles para el Programa, también estarán siendo capacitados en aspectos técnicos del agua, así como en aspectos de comunicación ambiental. Este tipo de iniciativas es útil para motivar a los participantes a trabajar profesionalmente en un futuro sobre el manejo eficiente del agua. Además, como parte de la formación de recursos humanos, son fundamentales los talleres de capacitación que se llevarán a cabo con personal de la DGOyC (jardineros, operadores de la red hidráulica, etc.) sobre temas específicos que, a través de las entrevistas a profundidad que se realicen con ellos, se identificará como prioritarios para la conservación de la infraestructura hidráulico y para el ahorro de agua.

**11.12 Programa financiero de inversión 2009-2011**

Los programas antes descritos se requieren para poder alcanzar las metas planteadas por PUMAGUA para los próximos tres años (2009-2011), y para ello es necesario contar con los recursos económicos necesarios para ejecutar e implementar los proyectos planteados en este informe. Los recursos económicos estimados que se requieren ascienden a \$150,000,000.00 (ciento cincuenta millones de pesos 00/100 MN). La forma en que se ha planeado ejercerlos se muestra a continuación.

Recursos económicos necesarios para ejercer durante el periodo 2009 - 2011

<b><i>Flujo total 2009 - 2011</i></b>	
<b>Concepto</b>	<b>TOTAL</b>
Agua Potable	\$43,573,231.55
Tratamiento de Aguas Residuales	\$37,966,102.44
Programa PUMAGUA, Planes maestros y Estudios de Investigación	\$43,400,000.00
Riego	\$20,060,666.01
Servicios y Herramienta Mayor	\$5,000,000.00
<b>Inversión total</b>	<b>\$150,000,000.00</b>

La Tabla siguiente detalla el flujo de efectivo necesario durante el periodo 2009 – 2011 para cada concepto.

Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011

<b>Flujo total 2009 - 2011</b>				
<b>Concepto</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total por concepto</b>
Agua Potable	\$19,499,705.40	\$12,709,077.48	\$11,364,448.66	\$43,573,231.55
Tratamiento de Aguas Residuales	\$11,238,333.78	\$11,840,913.66	\$14,886,855.00	\$37,966,102.44
Programa PUMAGUA, Planes maestros y Estudios de Investigación	\$18,500,000.00	\$12,500,000.00	\$12,400,000.00	\$43,400,000.00
Riego	\$4,573,566.01	\$8,243,550.00	\$7,243,550.00	\$20,060,666.01
Servicios y Herramientas	\$1,630,000.00	\$1,630,000.00	\$1,740,000.00	\$5,000,000.00
<b>Inversión total por año</b>	<b>\$55,441,605.19</b>	<b>\$46,923,541.14</b>	<b>\$47,634,853.67</b>	<b>\$150,000,000.00</b>

## Resumen Ejecutivo PUMAGUA 2008

Las siguientes tablas identifican las acciones con sus respectivos montos involucrados en cada concepto.

Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Agua Potable.

<b>Flujo Agua Potable 2009 - 2011</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
<b><u>MACRO MEDICIÓN</u></b>				
Rehabilitación de pozos	\$628,150.67	\$674,057.73	\$674,057.73	\$1,976,266.13
Estación de bombeo	\$726,504.98	\$726,500.00	\$726,500.00	\$2,179,504.98
Líneas de conducción nuevas	\$772,913.16	\$1,940,576.53	\$1,940,493.36	\$4,653,983.05
Rehabilitación de la tubería de la red de distribución	\$4,678,292.46	\$4,638,396.47	\$5,138,396.47	\$14,455,085.39
Manómetros digitales	\$543,429.67			\$543,429.67
Dataloger de presión	\$127,705.53			\$127,705.53
Transmisor de presión	\$111,404.19			\$111,404.19
Tanques de regulación	\$1,017,892.68	\$618,001.11	\$618,001.11	\$2,253,894.89
Equipos para detección de fugas	\$1,500,000.00			\$1,500,000.00
Medidores de niveles Pozos	\$113,087.85			\$113,087.85
Equipos de medición en continuo a la salida de los tanques	\$617,000.00	\$617,000.00	\$617,000.00	\$1,851,000.00
Medidores de niveles en Tanques	\$180,823.14			\$180,823.14
<b><i>SUBTOTAL</i></b>	<b><i>\$11,017,204.33</i></b>	<b><i>\$9,214,531.84</i></b>	<b><i>\$9,714,448.66</i></b>	<b><i>\$29,946,184.84</i></b>
<b><u>MICRO MEDICIÓN</u></b>				
Tomas a edificios	\$825,053.89	\$1,844,545.65		\$2,669,599.54
Catastro de la red de distribución	\$2,000,000.00			\$2,000,000.00
Medidor ultrasónico	\$465,684.89			\$465,684.89
Medidores en los edificios	\$774,060.66			\$774,060.66
Equipos de almacenamiento de datos	\$517,701.63			\$517,701.63
<b><i>SUBTOTAL</i></b>	<b><i>\$4,582,501.07</i></b>	<b><i>\$1,844,545.65</i></b>		<b><i>\$6,427,046.72</i></b>
<b><u>CALIDAD DE AGUA POTABLE</u></b>				
Equipo de Ozono y Dióxido de cloro	\$3,300,000.00			\$3,300,000.00
Cloración	\$600,000.00	\$600,000.00	\$600,000.00	\$1,800,000.00
Mantenimiento a equipos de Ozono y Dióxido de carbono		\$1,050,000.00	\$1,050,000.00	\$2,100,000.00
<b><i>SUBTOTAL</i></b>	<b><i>\$3,900,000.00</i></b>	<b><i>\$1,650,000.00</i></b>	<b><i>\$1,650,000.00</i></b>	<b><i>\$7,200,000.00</i></b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$19,499,705.40</b>	<b>\$12,709,077.48</b>	<b>\$11,364,448.66</b>	<b>\$43,573,231.55</b>

Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para el Tratamiento de Aguas Residuales.

<b>Flujo Tratamiento de Aguas Residual 2009 - 2011</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
<b><u>MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CERRO DEL AGUA</u></b>				
Proyecto Ejecutivo	\$1,000,000.00			\$1,000,000.00
Obra Civil	\$1,500,000.00			\$1,500,000.00
Equipo para mejoramiento	\$1,000,000.00			\$1,000,000.00
Medidor para la entrada a la PTAR CU	\$343,772.90			\$343,772.90
Medidor para la salida de la PTAR CU	\$314,493.74			\$314,493.74
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$4,158,266.64</b>			<b>\$4,158,266.64</b>
<b><u>MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO</u></b>				
			\$5,445,276.00	\$5,445,276.00
<b><u>TRATAMIENTO TERCIARIO PARA AGUA DE REUSO</u></b>				
Proyecto Ejecutivo	\$1,500,000.00			\$1,500,000.00
Obra Civil	\$4,125,350.14			\$4,125,350.14
Equipo para proceso terciario	\$800,000.00			\$800,000.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$6,425,350.14</b>			<b>\$6,425,350.14</b>
<b><u>INSUMOS PARA MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA</u></b>				
	\$654,717.00	\$1,025,000.00	\$1,025,000.00	\$2,704,717.00
<b><u>MANTENIMIENTO PLANTAS DE TRATAMIENTO TIPO BRAIN</u></b>				
		\$1,520,000.00		\$1,520,000.00
<b><u>REHABILITACIÓN DE LA RED DE DRENAJE</u></b>				
Descargas de los edificios		\$3,170,016.95	\$3,170,016.95	\$6,340,033.90
Atarjeas, Subcolectores y pozos de visita		\$4,308,802.62	\$2,379,960.76	\$6,688,763.38
Colectores		\$1,817,094.09	\$1,817,094.24	\$3,634,188.33
Emisores			\$1,049,507.05	\$1,049,507.05
<b>SUBTOTAL</b>		<b>\$9,295,913.66</b>	<b>\$8,416,579.00</b>	<b>\$17,712,492.66</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$11,238,333.78</b>	<b>\$11,840,913.66</b>	<b>\$14,886,855.00</b>	<b>\$37,966,102.44</b>

## Resumen Ejecutivo PUMAGUA 2008

Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Estudios, proyecto y monitoreo.

<b>Flujo Estudios y Proyectos 2009 - 2011</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
Apoyo a los estudios para el desarrollo del programa <b>PUMAGUA</b>	\$5,000,000.00	\$2,500,000.00	\$2,500,000.00	\$10,000,000.00
Estudios, planes maestros e investigación PUMAGUA	\$2,800,000.00			\$2,800,000.00
Estudios y planes maestros para tratamientos de aguas	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00	\$4,500,000.00
Estudios y planes maestros para automatización de riego	\$1,800,000.00	\$1,500,000.00	\$1,400,000.00	\$4,700,000.00
Estudios y planes maestros para monitoreo del acuífero	\$1,400,000.00			\$1,400,000.00
Programa de cambio de muebles de baño	\$4,000,000.00	\$2,500,000.00	\$2,500,000.00	\$9,000,000.00
Comunicación y participación	\$2,000,000.00	\$2,000,000.00	\$2,000,000.00	\$6,000,000.00
Estudios y planes maestros para agua de lluvia		\$2,500,000.00	\$2,500,000.00	\$5,000,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$18,500,000.00</b>	<b>\$12,500,000.00</b>	<b>\$12,400,000.00</b>	<b>\$43,400,000.00</b>

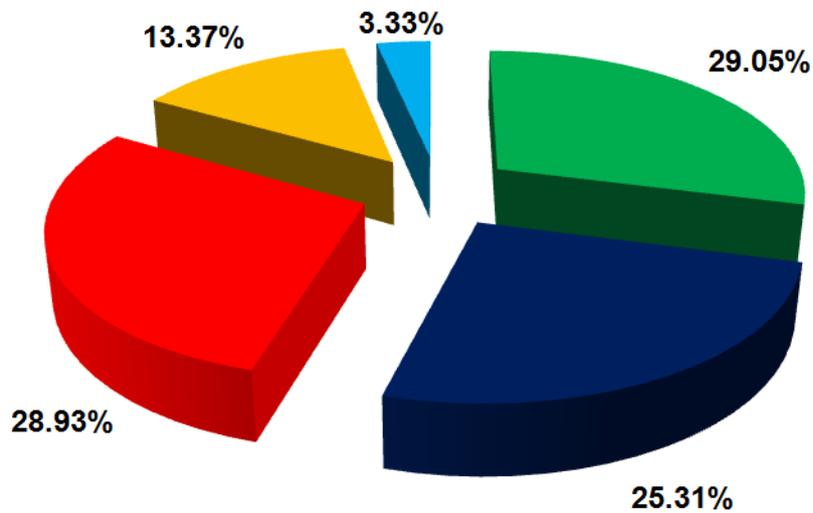
Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Riego.

<b>Flujo Riego 2009 - 2011</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
<b><u>INSTALACIÓN RED DE RIEGO</u></b>				
Ampliación de la red de riego	\$1,073,566.01			\$1,073,566.01
Equipo de medición y registro de la información	\$1,000,000.00			\$1,000,000.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$2,075,575.01</b>			<b>\$2,075,566.01</b>
<b><u>REHABILITACIÓN DE LA RED DE RIEGO</u></b>				
Automatización de la Red de Riego	\$2,500,000.00			\$2,500,000.00
Líneas de conducción		\$2,636,781.64	\$2,636,781.64	\$5,273,563.28
Cisternas		\$2,874,424.60	\$2,874,424.60	\$5,748,849.21
Tomas		\$1,732,343.76	\$1,732,343.76	\$3,464,687.51
Equipo e instalación para riego		\$1,000,000.00		\$1,000,000.00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$2,500,000.00</b>	<b>\$8,243,550.00</b>	<b>\$7,243,550.00</b>	<b>\$17,987,100.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$9,149,141.02</b>	<b>\$8,243,550.00</b>	<b>\$7,243,550.00</b>	<b>\$24,636,241.02</b>

Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Servicios y Herramientas.

<b>Flujo Servicios y Herramientas 2009 - 2011</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Total</b>
Retroexcavadora	\$556,650.25	\$556,650.25	\$103,448.28	\$1,216,748.77
Camioneta	\$333,990.15	\$333,990.15	\$62,068.97	\$730,049.26
Equipo cortador de tubería	\$111,330.05	\$111,330.05	\$20,689.66	\$243,349.75
Herramientas menores	\$83,497.54	\$83,497.54	\$15,517.24	\$182,512.32
Planta de soldar	\$22,266.01	\$22,266.01	\$4,137.93	\$48,669.95
Equipo detector de gases venenosos	\$22,266.01	\$22,266.01	\$4,137.93	\$48,669.95
Equipo de Cómputo	\$500,000.00	\$500,000.00	\$500,000.00	\$1,500,000.00
Rehabilitación de Talleres			\$1,030,000.00	\$1,030,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$1,630,000.00</b>	<b>\$1,630,000.00</b>	<b>\$1,740,000.00</b>	<b>\$5,000,000.00</b>

Inversión PUMAGUA 2009 - 2011 de \$150,000,000.00



- Agua Potable \$43,573,231.55
- Tratamiento de Aguas Residuales \$37,966,102.44
- Programa PUMAGUA. Estudios, y planes maestros \$43,400,000.00
- Riego \$20,060,666.01
- Servicios y Herramienta Mayor \$5,000,000.00



## 12. PARTICIPANTES EN PUMAGUA.

El trabajo llevado a cabo durante este año no hubiera sido posible sin la participación de un excelente grupo de personas de la Facultad e Instituto de Ingeniería quienes, con su colaboración y empeño, están permitiendo vislumbrar un mejor uso del Agua en la UNAM.

Por parte del Instituto de Ingeniería.

**Dr. Fernando J. González Villarreal.**

*Investigador y jefe de proyecto*

**Dr. Rafael Val Segura.**

*Coordinador ejecutivo de PUMAGUA.*

**M en I. Edith Vega Serratos.**

*Responsable del área de Balance Hidráulico.*

José Daniel Rocha Guzmán  
Víctor Alberto Parra Eguializ  
Ubaldo Labra Cruz  
Maricela Ojeda Ramírez  
Eslí Hirepan Hernández Rivera  
Antonio Nicolás Gómez Arteaga  
Lizeth De La Rosa Guevara  
Fernando Reyes Soto  
Carlos Marmolejo Castro  
José Luis Alanís Legaspi

**Dra. Maria Teresa Orta Ledesma**

*Investigadora. Responsable de Calidad.*

M. en C. Isaura Yáñez Noguez,  
Dra. María Neftalí Rojas Valencia,  
Q. F. B. Beatriz Ríos Soriano,  
Dr. Oscar González Barceló,  
Erick Iván García Santiago,  
María Guadalupe Corona García,  
Claudia Silva Sandoval,  
María de los Ángeles Alvarado Hernández,  
Julio César González Noguez,  
Abraham Cruz Hernández,  
Ariadna Cecilia Cruz Quiroz,  
César Sandoval Hernández,

**M en C. Cecilia Lartigue Baca**

*Responsable del área de Comunicación y Participación.*

Por parte de la Facultad de Ingeniería

**Ing. Agustín Correa.**

*Coordinador de Proyectos de la DICyG*

**Ing. Roberto Carlos de la Cruz Sánchez**

**Ing. Mario Guevara Salazar**

**Ing. Cristian Emmanuel González Reyes**

**Ing. Ernesto Acosta Ortiz**

**Ing. Gerardo Medina Espinoza**

**Ing. Marisol Escalante Mora**

**Ing. Dulce María Cisneros Peralta**

**Ing. Claudia Elisa Sánchez Navarro**



## 13. INFORME FINANCIERO 2008

El Consejo Universitario de la UNAM y la Administración Central, otorgaron al “Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM” la cantidad de \$5,000,000.00 (cinco millones de pesos 00/100) para realizar las actividades descritas en este informe durante este año 2008. Por mandato del propio Consejo, el Instituto de Ingeniería fue designado como responsable de supervisar y realizar las actividades, así como de ejercer el gasto del presupuesto asignado en la compra de materiales, pago de estudios para ahorro de agua, equipo con tecnología de punta y pago de servicios.

En la tabla que a continuación se muestra, están reflejados todos los gastos que se realizaron durante 2008 para poder llevar a cabo los trabajos.

. Presupuesto ejercido durante 2008.

## PROYECTO PUMAGUA

## PRESUPUESTO

## DESGLOSE ACTUALIZADO DEL PRESUPUESTO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO PUMA AGUA

(INSTITUTO DE INGENIERIA)

SALDOS

<b>PRESUPUESTO OTORGADO</b>		<b>5,000,000.00</b>	<b>5,000,000.00</b>
<b>PRESUPUESTO F. I.</b>		<b>958,000.00</b>	<b>4,042,000.00</b>
<b>Honorarios</b>	Ing. Sanitaria, Ambiental, Geomática	272,500.00	
<b>Becarios</b>	Ing. Sanitaria, Ambiental, Geomática	387,000.00	
<b>Apoyo Administrativo</b>		10,000.00	
<b>Servicios</b>	Vuelo fotogramétrico	188,370.00	
<b>Sistema Digital Fotogramétrico</b>	Geomática	55,579.50	
<b>Equipo de cómputo</b>	Ambiental	42,014.37	
<b>Material de laboratorio</b>		8,447.76	
<b>TRANSFERENCIA DGOC</b>		<b>\$1,200,000.00</b>	<b>2,842,000.00</b>
<b>Medidores Equipo</b>	Equipo	1,134,213.42	
<b>Mano de obra Talleres Centrales</b>	Tiempo Extra	520,000.00	

<b>No especificado</b>			454,213.42	
<b>RETIRO DEL PROYECTO</b>	<b>Recurso financiado por I.I.</b>		<b>593,615.33</b>	<b>2,248,384.67</b>
<b>HONORARIOS</b>				
<b>FUNCIÓN</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>Contratación para apoyo durante el desarrollo del proyecto</b>	Mónica González	HONORARIOS	119,999.94	<b>2,128,384.73</b>
	Mario Ojeda	HONORARIOS	89,999.94	<b>2,038,384.79</b>
	Mario Ojeda	HONORARIOS	30,000.06	<b>2,008,384.73</b>
	Cecilia Lartigue	HONORARIOS	40,537.50	<b>1,967,847.23</b>
	Edith Vega	HONORARIOS	65,670.75	<b>1,902,176.48</b>
<b>VIÁTICOS PARA EL PERSONAL</b>				
<b>FUNCION</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DIAS</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>Congreso en Cartagena Colombia</b>	Rafael Val	6	15,047.36	<b>1,887,129.12</b>
<b>GASTOS POR REUNIONES DE TRABAJO</b>				
<b>FUNCIÓN</b>	<b>LUGAR</b>		<b>TOTAL</b>	
<b>Comidas Rafael</b>	Toluca	F-09788	841.00	<b>1,886,288.12</b>
<b>Ricardo Muñoz Zurita</b>	AZUL Y ORO	F-7107	784.25	<b>1,885,503.87</b>
<b>SERVICIO DE MANT. INSTALACIONES</b>				
<b>FUNCIÓN</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>Instalaciones Sanitarias</b>	Víctor Márquez F	F-049	14,904.00	<b>1,870,599.87</b>
	Víctor Márquez F	F-041	3,089.42	<b>1,867,510.45</b>
	TORNADO	F-806	44,123.20	<b>1,823,387.25</b>
	VICTOR FRANCO FB	S/F	50,942.30	<b>1,772,444.95</b>
<b>OTROS SERVICIOS COMERCIALES</b>				
<b>FUNCIÓN</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>Servicio de salas de la Torre, estudios de riego, copias y engargolados, estudio de encuestas y gasto a reserva de comprobar</b>	IDECA	5467	27,933.50	<b>1,744,511.45</b>
	Torre de Ingeniería		170.00	<b>1,744,341.45</b>
	Proyecto, Evaluación	F-0195	20,700.00	<b>1,723,641.45</b>

<b>Rafael Val Segura, IDECA</b>	García Del Valle		3,224.20	<b>1,720,417.25</b>
	García Del Valle		1,966.50	<b>1,718,450.75</b>
	Torre de Ingeniería		170.00	<b>1,718,280.75</b>
	TORNADO	F-0831	111,668.45	<b>1,606,612.30</b>
	MERCAEI	F-617	86,250.00	<b>1,520,362.30</b>
	GR RAFAEL		1,500.00	<b>1,518,862.30</b>
	VICTOR FRANCO		3,357.50	<b>1,515,504.80</b>
	<b>SERVICIO DE MANT. INSTALACIONES</b>			
<b>FUNCIÓN</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>	
Trípticos, folletos, carteles y videos	Edith Vega	F-108007104031	178.00	<b>1,515,326.80</b>
	Cervantes Filoteo J	F-0442	133.40	<b>1,515,193.40</b>
<b>BECAS</b>				
<b>FUNCION</b>	<b>ALUMNOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>	
Becas de Licenciatura	BALDEMAR M.A.	106,250.00	106,250.00	<b>1,408,943.40</b>
<b>ART. MATERIALES Y UTILES DIVERSOS</b>				
<b>FUNCION</b>	<b>PROVEEDOR</b>		<b>TOTAL</b>	
Papelería, software, reactivos para la calidad del agua, gasto a reserva de comprobar Rafael Val Segura	TERESA ORTA	VARIAS	95,864.34	<b>1,313,079.06</b>
	PAPELERIA Y DIVERSOS	VARIAS	7,936.60	<b>1,305,142.46</b>
	CECILIA	554860-125067	9,789.03	<b>1,295,353.43</b>
	CECILIA TRAMITE	Filtros	13,238.40	<b>1,282,115.03</b>
	GR RAFAEL		4,500.00	<b>1,277,615.03</b>
	VICTOR FRANCO FB	S/F	10,561.91	<b>1,267,053.12</b>
	<b>EQUIPO INSTRUMENTAL</b>			
<b>FUNCION</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>	
Equipo de Riego	VICTOR FRANCO FB	S/F	28,495.79	<b>1,238,557.33</b>
gastos a reserva de comprobar de	GR RAFAEL		9,000.00	<b>1,229,557.33</b>
Rafael Val Segura y Víctor Franco	VICTOR FRANCO GR	S/F	100,000.00	<b>1,129,557.33</b>
				<b>1,129,557.33</b>
<b>Equipo de Computo</b>				

FUNCION	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
Monitores Marca Dell	LUFAC	F-6391	31,222.50	<b>1,098,334.83</b>
<b>EQUIPO INSTRUMENTAL</b>				
FUNCION	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
6" Magnetoflow Primo Rem	BADGER METER	F-4334	35,325.45	<b>1,063,009.38</b>
Medidores	BADGER METER	F-4310	180,032.73	<b>882,976.65</b>
Humyflo, S.A. de C.V.	HUMYFLO	F-1617	158,111.20	<b>724,865.45</b>
Teresa Orta Rack (sensor)			214,413.36	<b>510,452.09</b>
Teresa Orta Rack (MONTAJE)			214,490.64	<b>295,961.45</b>
<b>EQUIPO DE COMPUTO</b>				
FUNCION	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
Equipo de computo	LUFAC	F-6391	66,343.50	<b>229,617.95</b>
<b>TORNADO 2o. ESTUDIO DE RIEGO</b>				
TORNADO 1er. ESTUDIO DE RIEGO	TORNADO	F-0833	102,567.38	<b>15,382.12</b>
MERCAEI ESTUDIO DE RIEGO			86,250.00	<b>-70,867.88</b>
VICTOR M. MARQUEZ FLORES	MARSA CONSTRUCCIONES	F-054	16,399.00	<b>-87,266.88</b>
<b>SALDO POR EJERCER</b>				<b>-87,266.88</b>

## 14. REFERENCIAS

1. **Acosta** Ortiz, Ernesto, et. Identificación de accesorios y piezas especiales en instalaciones hidráulicas y sanitarias de los edificios de la Facultad de Ingeniería. UNAM: 2008.
2. **Aguirre** Carbajal, Jesús. (1986). Tratamiento y reuso de las aguas residuales de ciudad universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
3. **Ahorro** y uso eficiente del Agua, Centro Nacional de Producción más Limpia.
4. **Ajzen**, I. & Fishbein, M.(1980). Understanding the attitudes and predicting social behavior. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc
5. **Alvarado** Hernández, Benjamín. (2002). Aplicación del sistema de información geográfica en la planta de tratamiento núm. 3 y su construcción en Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
6. **Antonio** Capella Vizcaíno. EL PROBLEMA DE LAS FUGAS DE AGUA.
7. **APHA** (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Analysis. American Public Health Association. AWWA and WPCF. Washington D. C. USA.
8. **API** 20 E. Ficha técnica. (1997). Sistema de identificación para Enterobacteriaceae y otros bacilos gram negativos. bioMerierux. Pág. 17-21
9. **Arias** Dávila, José. (1989). Modificaciones a la operación del biofiltro de la planta de tratamiento de aguas residuales de C.U. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
10. **Ávila** Martínez, Gustavo. (1988). Estudio de la filtración de los efluentes secundarios de la planta de tratamiento de aguas residuales de C.U. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
11. **Ávila** Ocampo, Luis. (1987). Evaluación y optimización del sistema filtro percolador de la planta de tratamiento de aguas residuales de C.U. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
12. **Castro** Gutiérrez, Francisco. (1985). Estudio de los protozoos en un sistema de biodiscos en la planta de tratamiento de aguas residuales de Copilco C.U. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
13. **Cervantes** Gutiérrez, Virginia, et. Manejo del Agua en CU. Facultad de Ciencia de la UNAM. 2007.
14. **Ciudad** de Toronto. Water efficiency program. En: [www.toronto.ca/watereff/washer/index.htm](http://www.toronto.ca/watereff/washer/index.htm)
15. **Coloquio** – taller sobre medición y auditorías de Agua, IMTA. México: 2008.
16. **Conducting** a household water audit, Maryland Department of Environmental Water Supply Program. United States. 2006
17. **Constantino** Blanco, Onésimo. (1969). Proyecto de la planta de tratamiento de aguas negras para la Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
18. **Denver** Water. Commercial, industrial & institutional incentive program. En: [www.denverwater.org](http://www.denverwater.org)
19. **Environmental** Education Training and Partnership (2002) Checklist tools for developing and evaluating communication tools/efforts. EETAP. Universidad de Wisconsin.
20. **Gerardi**, M. H. and Mel C. Zimmerman. (2005). Wastewater Pathogens. Wastewater Microbiology Series. Ed. Wiley Interscience. pp. 111-117.
21. **Godínez** Mora Tovar, Sergio. (1994). Programa de seguridad e higiene para la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
22. **Gómez** Quiroz, Enrique Mario. (1976). Estudio y análisis de las aguas negras de Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.

23. **González Urbana**, Laura Isela. (1998). Elaboración de composta a partir de material vegetal y lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas de Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
24. **Guerrero**, T, Rives, R., Rodríguez, A, Saldívar, Y (2006) Manejo del agua en CU. Facultad de Ciencias. UNAM.
25. **Guzmán Ríos**, Blas Enrique. (1995). Análisis del comportamiento del sistema de lodos activos de la planta de tratamientos de aguas residuales de la Ciudad Universitaria. Tesis de Maestría. UNAM, México D. F.
26. **Ingeniería** de aguas residuales/Reutilización de las aguas residuales. Colección de libros de texto de contenido libre, de wikilibros. (2008). Disponible en World Wide Web: [http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_aguas\\_residuales/Reutilizaci%C3%B3n\\_de\\_las\\_aguas\\_residuales#4.1.\\_Riego\\_por\\_aspersi.C3.B3n.2C](http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Reutilizaci%C3%B3n_de_las_aguas_residuales#4.1._Riego_por_aspersi.C3.B3n.2C)
27. **Junta** de Gobierno para el abastecimiento de Agua y saneamiento en el principado de Asturias. Plan de mejora de la eficiencia en el uso de Agua en el ámbito institucional. España, Mayo 2006.
28. **Kentucky** Environment Education Council (2005) The 2004 survey on Kentuckians' environmental knowledge, attitudes and behaviors
29. **Kunkel**, George. Unaccounted for no more Water audit software assesses water loss, American Water Works Associations. United States, May 2006.
30. **Leyva** Campos, Velia A. (1998). Aspectos de Ingeniería civil en plantas de tratamiento de agua residual. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, UNAM, México D.F.
31. **List** Mendoza, Antonio. (1999). Planta de tratamiento de aguas negras para la Ciudad Universitaria. Tesis de Maestría. UNAM, México D. F.
32. **López** López, Alberto. (1997). Evaluación de la digestión aerobia para la estabilización de los lodos de exceso de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad universitaria. Tesis de Maestría. UNAM, México D. F.
33. **Mantillas** Morales, Gabriela. (1987). Análisis del diseño y la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
34. **Manual** para hacer Auditorías de Agua en inmuebles federales, IMTA. México: 1995.
35. **Manual** de Macro medición, Comisión Nacional Del Agua, México: 1997.
36. **Manual** de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Comisión Nacional del Agua. 2007.
37. **Metcalf** and Eddy. (1991). Wastewater Engineering Treatment. Disposal and Reuse. 3ª. Edition. McGraw-Hill. U.S.A.
38. **Morán** L. E y Lazo, Y. A. (2008). Disponible en World Wide Web: Tuberculosis [http://bvs.sld.cu/revistas/est/vol38\\_1\\_01/est05101.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/est/vol38_1_01/est05101.htm). Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana.
39. **Moreno** Rodríguez, Gloria. (1985). Análisis de protozoarios en un sistema de biodiscos empleado en la planta de tratamientos de C.U. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
40. **New South Wales Government** (2007) Greenhome water project. Reporte Final. Australian Conservation Foundation
41. **NMX-AA-003-1980**. Que establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales. DOF, 25 de marzo de 1980.

42. **NMX-AA-102-1987.** Que describe un método para la detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* presuntiva, método de filtración de membrana. DOF, 6 de noviembre de 1992.
43. **NOM-001-SEMARNAT-1996.** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. DOF, 06 de enero de 1997.
44. **NOM-002-SEMARNAT-1997.** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. DOF, 17 de julio de 1998.
45. **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, 12 de noviembre de 1993.
46. **NOM-127-SSA1-1994.** Salud ambiental, agua para uso y consume humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. DOF 18 de enero de 1996.
47. **Ochoa** Alejo Leonel H y Víctor J. Bourguett Ortiz. INTRODUCCIÓN A LA REDUCCIÓN INTEGRAL DE PÉRDIDAS DE AGUA POTABLE. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
48. **OECD** (1999). Applying communication tools toward sustainable development. OECD publications. Paris, Francia.
49. **Pérez Quiroz, Antonio.** (2000). Puesta en operación de una planta de tratamiento de aguas residuales en Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
50. **Roelens, Verstraelen, Van Egmond y Temmerman** (2006) A knowledge, attitudes, and practice survey among obstetrician-gynaecologists on intimate partner violence in Flanders, Belgium. BMC Public Health 2006, 6:238
51. **Sánchez Morales, Víctor Manuel.** (1988). Evaluación del sistema electromecánico de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
52. **Schopper** (1993) Sexual Behaviours relevant to HIV transmission in a rural African Population: how much can a KAP survey tell us. Social Science and Medicine 37:3: 401-12 South Florida Water Management District. Water saving incentives program. En: [https://my.sfwmd.gov/portal/page?\\_pageid=1874,4164497,1874\\_4166538&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](https://my.sfwmd.gov/portal/page?_pageid=1874,4164497,1874_4166538&_dad=portal&_schema=PORTAL)
53. **SIHASA.** Expediente: Sectorización. Presentación. Archivo: ATA Concepto: Fecha: 29/Diciembre/03
54. **Solano Zamora, Arnoldo.** (1969). Diseño de una planta de tratamiento de las aguas negras de la Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura.
55. **Soto Koehler, Juan Jorge.** (1983). Procesos de tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la planta de C.U. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
56. **TESIS:** Localización de tomas no registradas en la red de distribución de agua potable mediante tecnologías de radar de penetración de suelos y sistema acústico de correlación. Presentada por Alejandro Núñez Priego y Daniel Abraham González Orellana Dirigida por Ing. Rodolfo Peters Lammel. Versión 1.2.
57. **Universidad** de Sidney. Every drop counts. En: [www.uga.edu/aboutUGA/watertips.html](http://www.uga.edu/aboutUGA/watertips.html).
58. **Universidad** de Stanford (2003) Water conservation, reuse and recycling master plan. En: [http://facilities.stanford.edu/conservation/FINALStanfordConservation\\_Recommended\\_Plan10\\_16\\_033.pdf](http://facilities.stanford.edu/conservation/FINALStanfordConservation_Recommended_Plan10_16_033.pdf)
59. **Villa Orozco, Jorge.** (2000). Estudios preliminares para la localización de planta de tratamiento de aguas residuales en la zona de los GEOS en Ciudad Universitaria. Tesis licenciatura. UNAM, México D. F.
60. **Water** Conservation, Reuse and recycling master plan. Standford University. United States: October 2003.

61. **Water** Efficiency Manual for commercial, industrial and Institutional facilities, North Carolina Department of Environmental and Resources. United States, 2007.
62. **Water** loss Manual, Texas Water Development Board. United States, May 2005.
63. **Water** Savings Action Plan 2006 - 2010, The University of Sidney. Camperdown and Darlington Campuses.
64. [www.awwa.org](http://www.awwa.org).
65. [www.nacobre.com](http://www.nacobre.com)
66. [www.sloan.com.mx/](http://www.sloan.com.mx/)
67. [www.americanstandard.com.mx/](http://www.americanstandard.com.mx/)
68. [www.jenser.com.mx/page1.aspx](http://www.jenser.com.mx/page1.aspx)
69. [www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-ahorradores.htm](http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-ahorradores.htm)