

2008

PUMAGUA.

I
NFORME

F
INAL.

2008



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. ANTECEDENTES	13
2. OBJETIVO Y METAS DEL ESTUDIO	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Metas	16
3. BALANCE HIDRÁULICO	17
3.1 Sistema de distribución de agua potable	17
3.1.1 Suministro	17
3.1.2 Almacenamiento	21
3.1.3 Distribución	23
3.2 Desalojo de aguas residuales	26
3.3 Red de agua tratada	29
3.4 Sistema de monitoreo de la red de agua potable	31
3.4.1 Macromedición	31
3.4.2 Micromedición	33
3.4.3 Fugas	37
3.4.4 Sectorización y Control de Presiones	40
3.4.5 Modelación Matemática de la Red de Agua Potable	42
4. CALIDAD DEL AGUA	49
4.1 Sistema de distribución de agua potable	49
4.1.1 Suministro	49
4.1.2 Almacenamiento	52
4.1.3 Puntos de Consumo de Agua Potable	56
4.2 Calidad del Agua Residual	60
4.3 Prácticas y tecnologías actuales de tratamiento y reuso del agua tratada	63
4.3.1 Planta de tratamiento de Cerro del agua	64
4.3.2 Diagnóstico de la planta de tratamiento de Cerro del Agua por parte del Instituto de Ingeniería	69
4.3.3 Planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	79
4.3.4 Planta de tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería	83
4.3.5 Plantas Tipo BRAIN	86
5. SISTEMA DE RIEGO	93
5.1 Jardines del Instituto de Ingeniería	94
5.2 Jardín Botánico y Salón de Seminarios “Ignacio Chávez”	95
5.3 Calidad del agua de reuso para riego en la cisterna central de las islas	97
5.4 Determinación de bioaerosoles que se pueden distribuir por aspersión en el sistema de riego de aguas residuales de Ciudad Universitaria.	103

6. PROGRAMA PILOTO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS	107
6.1 Facultad de Ingeniería	108
6.2 Instituto de Ingeniería	113
6.3 Aplicación de la metodología implementada para el levantamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias	118
6.3.1 Localización y Ubicación del área de estudio.	118
6.3.2 Diagnóstico de las instalaciones hidráulicas y sanitarias.	120
6.3.3 Balance hidráulico.	126
6.3.4 Medidas de uso eficiente	131
6.3.5 Resultados y Análisis	137
6.3.6 Conclusiones y Recomendaciones	141
6.4 Comentarios sobre el plan piloto	144
7. EDIFICIO VERDE	149
7.1 Aspectos de un edificio verde	149
7.2 Perspectivas del edificio 12 del Instituto de Ingeniería	152
8. PROGRAMA DE COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN	153
8.1 Experiencias Nacionales e Internacionales	153
8.2 Diagnóstico preliminar de la problemática	158
8.3 Elaboración de encuestas.	160
8.4 Comunicación del Programa	164
8.5 Medios	164
8.6 Programa de incentivos	165
8.7 Vinculación con instancias de la UNAM	166
8.8 Grupos de enfoque	168
9. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	171
9.1 Levantamiento topográfico de puntos de control y de reunión por el método del sistema de posicionamiento global (GPS)	171
9.2 Método de trabajo	171
9.3 Equipo utilizado	172
9.4 Memoria de cálculo	173
9.5 Resultados	173
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
10.1 Balance Hidráulico	175
10.2 Calidad de agua	179
10.3 Comunicación / Participación	184

11. PROGRAMAS DE DESARROLLO 2009 – 2011	187
11.1 Programa de Macro medición	188
11.1.1 Pozos	188
11.1.2 Tanques	189
11.2 Programa de la Red de Agua Potable	189
11.2.1 Catastro	189
11.2.2 Programa de rehabilitación de la red de distribución de agua potable	189
11.2.3 Programa de detección de fugas en red príncipe	190
11.2.4 Sectorización y control de presiones	190
11.3 Programa de Micro medición	190
11.4 Programa de sustitución de muebles sanitarios	190
11.5 Programa del sistema de riego	191
11.6 Catastro de la red de drenaje	191
11.7 Programas de Calidad del Agua	192
11.7.1 Agua potable	192
11.7.2 Agua residual	193
11.7.3 Plantas de tratamiento	195
11.8 Edificio verde	195
11.9 Programa de pozos de absorción	195
11.10 Sistema de Información Geográfico	195
11.11 Programas de Comunicación/Participación	195
11.11.1 Acciones de comunicación hacia la comunidad universitaria	195
11.11.2 Brigadas del agua	196
11.11.3 Vinculación/Coordinación	196
11.11.4 Investigación/Innovación	197
11.11.5 Educación no formal	197
11.12 Programa financiero de inversión 2009-2011	197
12. PARTICIPANTES EN PUMAGUA	203
13. INFORME FINANCIERO 2008	205
14. REFERENCIAS	209

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características generales de los pozos de Ciudad Universitaria	18
Figura 2. Extracción mensual por pozo (Año 2007)	19
Figura 3. Operación de los pozos en diferentes meses del año.....	20
Figura 4. Consumo de energía en el equipo de bombeo y costos	21
Figura 5. Tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria.....	22
Figura 6. Tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria.....	24
Figura 7. Porcentaje de los diferentes materiales de la red de distribución	25
Figura 8. Porcentaje de los diámetros que comprenden la red de distribución	25
Figura 9. Plano de la red de distribución de agua potable	27
Figura 10. Estado actual de los componentes de la red de distribución	27
Figura 11. Configuración de la red de drenaje y alcantarillado	28
Figura 12. Planta de tratamiento de aguas residuales de Cerro del Agua.....	29
Figura 13. Red de distribución de aguas residuales tratadas	30
Figura 14. Medidor electromagnético.....	32
Figura 15. Sistema de medición electromagnético.....	33
Figura 16. Micromedidores de tipo volumétrico y adaptaciones en campo.....	36
Figura 17. Comportamiento del consumo en el edificio 5 del Instituto de Ingeniería	36
Figura 18. Reparación de fugas del tipo mayormente presentado en la conducción	39
Figura 19. Sectorización de una red de distribución con control de presiones y Medición de gasto....	40
Figura 20. Pantalla con datos de entrada para el programa EPANET	43
Figura 21. Simulación en EPANET sin control de presiones y con control de presiones.....	44
Figura 22. Curva de variación horaria en el edificio 5 del Instituto de Ingeniería	45
Figura 23. Variación horaria de los niveles de los tanques Alto y Bajo.....	46
Figura 24. Mapa de Isopresiones de la simulación en estado extendido con control de presiones	47
Figura 25. Parámetros fisicoquímicos evaluados en Pozo I: Cloro residual y Nitratos.....	51
Figura 26. Parámetros fisicoquímicos evaluados en Pozo II: PH, turbiedad y conductividad	51
Figura 27. Comparación de parámetros fisicoquímicos evaluados en el pozo III con los parámetros establecidos en la norma: Sólidos Disueltos Totales.	52
Figura 28. Comparación de parámetros fisicoquímicos evaluados en el tanque bajo con los parámetros establecidos en la norma: Cloro Libre Residual y N-NO3.....	55
Figura 29. Comparación de parámetros fisicoquímicos evaluados en el Tanque Bajo Establecidos en la Norma: Sólidos Disueltos Totales	55
Figura 30. Muestreo en una llave de tarja del edificio 5. Instituto de Ingeniería.....	58
Figura 31. Muestreo en filtro del edificio 5. Instituto de Ingeniería	58
Figura 32. Muestreo en la red de captación del edificio 5 del Instituto de Ingeniería	60
Figura 33. Parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua residual cruda proveniente del edificio 5 del Instituto de Ingeniería: Nitratos y PH.....	62

Figura 34. Parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua residual cruda proveniente del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería: Conductividad y Sólidos Suspendidos Totales	62
Figura 35. Planta de Tratamiento de Cerro del Agua.....	64
Figura 36. Diagrama de la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua.....	65
Figura 37. Comparación del pH durante el tren de tratamiento en la PTAR Cerro del Agua: Influentes y Efluentes.....	68
Figura 38. Comparación de la Conductividad durante el tren de tratamiento en la PTAR Cerro del Agua: Influentes y Efluentes.....	68
Figura 39 a, b, y c. Datos registrados para a) DBO, b) DQO y c) SST, en el periodo de 2001 a 2008 en la alimentación a los procesos biológicos de la planta de aguas residuales de Ciudad Universitaria	71
Figura 40 a, b, c, d y e. Histogramas de frecuencias y frecuencias relativas acumuladas para los datos de DBO, DQO y SST durante dos periodos de medición, años completos de 2001 a 2005 y de 2006 a 2008	72
Figura 41 a, b y c. Valores de la DBO que escapa de los sedimentadores correspondientes a los tres procesos biológicos de la planta de aguas residuales de Ciudad Universitaria: a) lodos activados, b) bio discos y c) filtro percolador	75
Figura 42 a y b. Histogramas de frecuencias acumuladas relativas para DBO que escapa al pulimento en filtros de arena: a) periodo 2001 – 2005 y b) periodo 2001 - 2008	76
Figura 43. Planta de Tratamiento de la facultad de Ciencias Políticas y Sociales	80
Figura 44. Diagrama de la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	80
Figura 45. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅ durante el tren de tratamiento en la PTAR de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales: Influyente y efluente	82
Figura 46. Comparación de la Demanda Química De Oxígeno durante el tren de tratamiento en la PTAR de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales: Influyente y efluente	83
Figura 47. Planta de Tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería.....	83
Figura 48. Diagrama de la Planta de Tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería	84
Figura 49. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅ durante el tren de tratamiento en la PTAR del edificio 12 del instituto de Ingeniería: Influentes y efluentes	85
Figura 50. Comparación de la Demanda Química de Oxígeno durante el tren de tratamiento en la PTAR del edificio 12 del instituto de Ingeniería: Influentes y efluentes	86
Figura 51. Vivero alto (cabaña 1).....	87
Figura 52. Parámetros fisicoquímicos evaluados en las plantas BRAIN: Sólidos Disueltos Totales.....	89
Figura 53. Parámetros fisicoquímicos evaluados en las plantas BRAIN: Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅ , Demanda Química de Oxígeno	89
Figura 54. Deficiencias en el sistema de riego actual	94
Figura 55. Diagnóstico de las áreas verdes del Instituto de Ingeniería	95
Figura 56. Distribución propuesta para implementar automatización de riego.....	96
Figura 57. Jardín Botánico y Unidad de Seminarios “Ignacio Chávez”	97
Figura 58. Localización de los aspersores en el campo central, “Las islas “(64 aspersores).....	98
Figura 59. Aspersor en las islas central y aspersores.....	98
Figura 60. Comportamiento de los SDT y SST en la cisterna central	99
Figura 61. Análisis microbiológico de la cisterna central de las Islas	100
Figura 62. Comportamiento de los SDT y SST en la zona de aspersores	101
Figura 63. Comparación de parámetros microbiológicos de cisterna.....	102

Figura 64. Monitoreo del aire en la zona de riego altura 1.40m	103
Figura 65. Monitoreo del aire en la zona de riego en el suelo.....	103
Figura 66. Equipo Andersen a 1.15m del suelo	105
Figura 67. Equipo Andersen sobre el suelo	105
Figura 68. Plano tipo.....	112
Figura 69. Levantamiento de las instalaciones del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería.....	113
Figura 70. Cantidad de muebles totales del Instituto de Ingeniería. UNAM	116
Figura 71. Localización del Instituto de Ingeniería de la UNAM en Ciudad Universitaria.....	118
Figura 72. Ubicación del Edificio 5 dentro del Instituto (En rojo) y Entrada al mismo (Derecha).....	118
Figura 73. Crucero desde donde se abastece de agua potable el edificio 5.....	119
Figura 74. Arreglo del crucero 91 y puntos a los que abastece	119
Figura 75. Sustitución del medidor del edificio 5, Medidor de 2" (Izq) y medidor de ¾" (De).....	120
Figura 76. Plano de la fachada del edificio 5 elaborado en Auto CAD.....	121
Figura 77. Plano en planta del edificio 5. En él se incluyen los puntos de consumo de agua.....	121
Figura 78. Plano de Perfil del edificio 5.....	122
Figura 79. Puntos de consumo de agua en el nivel 1 (NPT + 1.60). Edificio 5	124
Figura 80. Puntos de consumo de agua en el nivel 1 (NPT + 4.70). Edificio 5	124
Figura 81. Puntos de consumo de agua en el nivel 1 (NPT + 7.80). Edificio 5	125
Figura 82. Registros históricos de suministro de agua en el edificio 5. Periodo Junio 2006 - Diciembre 2007	126
Figura 83. Registros históricos de lecturas de suministro de agua en el edificio 5 Durante 2008	126
Figura 84. Consumo horario del edificio 5 del Instituto de Ingeniería. El hidrograma muestra una pequeña presencia de fugas.....	127
Figura 85. Medidores instalados en el edificio 5 para medir el consumo de los muebles de baño	128
Figura 86. Consumo lpf de los muebles de baño (tazas).....	129
Figura 87. Consumo lpm de los muebles de baño (llaves). Edificio 5	129
Figura 88. Fotografías de los modelos de las tazas sustituidas. Se determinó su consumo promedio en 9.7 lpf con un máximo de 15.25 lpf	132
Figura 89. Nuevos modelos instalados. Este conjunto consume en promedio 4.95 lpf.....	132
Figura 90. Comparación de consumos de los muebles sanitarios del Edificio 5	133
Figura 91. Comportamiento histórico de consumo m3/día de los baños del edificio 5.....	134
Figura 92. Pruebas realizadas a los sanitarios, a) Arrastre con aserrín, b) arrastre de bolitas de unicel, c) limpieza del tinte, d) eliminación de tiras de hule de espuma, e) eliminación de bolas de papel y tiras de hule de espuma y f) aforo y espejo de agua.....	135
Figura 93a. Balance Hidráulico del edificio 5 antes de los cambios de mueble de baño	136
Figura 93b. Consumo de agua interior del Edificio 5 después de la sustitución de muebles de baño	136
Figura 94. Tasa Interna de Retorno (Payback) de sustitución de muebles de baño (FUENTE: Water Efficiency Manual. North Carolina Department of Environmental And Natural Resources).....	140
Figura 95. Mingitorio Ecológico Falcon. No consume agua	142
Figura 96. Mingitorio Ecológico Falcon. No consume agua	142

Figura 97. Instalación (Izquierda). Mueble instalado (Derecha)	143
Figura 98. Registro del consumo de agua en el edificio 5.....	146
Figura 99. Consumo nocturno de agua en el edificio 5.....	147
Figura 100. Inversión PUMAGUA 2009 - 2011	202

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características generales de los pozos en Ciudad Universitaria	18
Tabla 2. Características generales de los taques en Ciudad Universitaria.....	22
Tabla 3. Registro del funcionamiento del pozo y tanque Vivero Alto.....	23
Tabla 4. Ubicación de las cisternas de almacenamiento de agua residual	30
Tabla 5. Caracterización de agua potable en el subsistema de suministro de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000 evaluada por un laboratorio externo certificado.....	53
Tabla 6. Calidad del agua del tanque Vivero Alto.....	56
Tabla 7. Caracterización de agua potable en el subsistema de almacenamiento de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000	57
Tabla 8. Calidad del agua de la llave y el filtro purificador del área de café del edificio 5 del Instituto de Ingeniería evaluada por un laboratorio certificado externo	59
Tabla 9. Límites máximos permisibles dependiendo del reuso	67
Tabla 10. Cisternas de almacenamiento para riego de áreas verdes con agua tratada.....	97
Tabla 11. Microorganismos de importancia médica que se puede transmitir por el riego por aspersión	105
Tabla 12. Límites según P. Boutin para partículas biológicas aerotransportables.....	106
Tabla 13. Inventario de muebles y aparatos de sanitarios de la Facultad de Ingeniería	109
Tabla 14. Condiciones de funcionamiento y conservación de muebles y aparatos.....	110
Tabla 15. Usos del agua en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería	110
Tabla 16. Sustancias usadas frecuentemente en los laboratorios de la Facultad	110
Tabla 17. Inodoros, mingitorios, fluxómetros, lavabos y llaves en el Instituto de Ingeniería.....	116
Tabla 18. Consumo en sanitarios del Edificio 12 del Instituto de Ingeniería.....	117
Tabla 19. Levantamiento de muebles de baño en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería.	124
Tabla 20. Consumos de los inodoros del Edificio 5	129
Tabla 21. Relación de muebles y aparatos sanitarios a instalar en el Edificio 5	132
Tabla 22. Muebles y aparatos instalados en el Edificio 5	132
Tabla 23. Comparación de consumos de los muebles y aparatos sanitarios del Edificio 5	134
Tabla 24. Resultados de las pruebas a los inodoros Edificio 5	138
Tabla 25. Inversión en el cambio de muebles de baño	140
Tabla 26. Análisis del desempeño de los muebles de baño.....	142
Tabla 27. Autoridades y grupos con control sobre el agua.....	155
Tabla 28. Destinatarios del Programa	156
Tabla 29. Facilitadores y colaboradores del proceso	157
Tabla 30. Composición de las entrevistas realizadas a la comunidad universitaria	158
Tabla 31. Diseño muestral para las encuestas del programa de Comunicación y participación	162
Tabla 32. Recursos económicos necesarios para ejercer durante el periodo 2009 – 2011	198
Tabla 33. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011	198

Tabla 34. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Agua Potable.....	199
Tabla 35. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para el Tratamiento de Aguas Residuales..	200
Tabla 36. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Estudios, Proyecto y Monitoreo	201
Tabla 37. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Riego.....	201
Tabla 38. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Servicios y Herramientas....	202
Tabla 39. Presupuesto ejercido durante 2008.....	205

ÍNDICE DE ANEXOS.

Calidad del Agua en el suministro

Calidad del Agua Residual y Tratada

Características del sistema de distribución

Comunicación y Participación

Dagnóstico de las instalaciones hidráulicas y sanitarias de la Facultad de Ingeniería.

Geomática

Manual de detección y control de fugas

Manual de uso eficiente del agua en la UNAM

Modelación

Muebles de baño del Instituto de Ingeniería

Reporte de fugas de la DGOyC

Riego

Visitas de campo

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. Particularmente, el encuentro facilitó la adopción del manejo de recursos hidráulicos en forma integral y multidisciplinaria tal como se ha planteado en los recientes foros internacionales. De ahí, que el objetivo general del Encuentro Universitario del Agua es el de fortalecer el intercambio de ideas, experiencias y propuestas entre los investigadores, profesores y alumnos que, junto con otros miembros de la sociedad y de los tres niveles de Gobierno, tienen interés en los aspectos relacionados con el agua. El Encuentro está diseñado también para producir orientaciones estratégicas sectoriales (del agua) que permitan hacer un uso más eficiente del recurso, y se logre un desarrollo sustentable para dar acceso equitativo al agua y los servicios asociados a todos los habitantes de nuestro país.

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 hídrico*”. 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 para el establecimiento de un programa de manejo, uso y reuso del agua, en cantidad y calidad, aplicables a todas las instalaciones universitarias.
- Determinar, el estado actual de la infraestructura de distribución de agua que se utiliza en el Campus de Ciudad Universitaria, de la calidad del agua en los puntos de consumo, de las aguas residuales que se generan en las distintas instalaciones, y de las prácticas y tecnologías actuales de uso, tratamiento y reuso.
- Impulsar, en el corto plazo, la adopción generalizada de las distintas medidas de eficiencia que derivan comúnmente de una auditoría de agua, que incluyen, entre otras: mejorar la macro y micro medición de caudales; reparar fugas; reciclar el agua en algunos procesos; mejorar el mantenimiento de infraestructura y equipamiento; instalar sanitarios de bajo consumo; cambiar prácticas operacionales; sistematizar el análisis de la calidad del agua que ingresa al sistema y de la que sale de éste; y mejorar y ampliar las hectáreas de riego con agua tratada.
- Revisar la práctica actual y formular los programas de recirculación y de reuso del agua residual tratada en la UNAM, con objeto de liberar volúmenes de agua potable para actividades que así lo requieran. Con ello una propuesta integral del manejo de las aguas residuales en general y específicamente, para uno o varios edificios en los que se puedan caracterizar sus aguas residuales.
- Realizar un Programa de Comunicación y Difusión del PUMAGUA, cuya finalidad es difundir el concepto del cuidado del agua en la UNAM como ejemplo de liderazgo de la comunidad universitaria, y posteriormente divulgar los resultados que se vayan obteniendo en el proyecto, así como plantear un programa de incentivos que estimule el ahorro del agua en las dependencias de la UNAM.
- Impulsar, dentro de la UNAM, el desarrollo de tecnologías que contribuyan a alcanzar mayores niveles de eficiencia y reuso del agua. En el desarrollo de tecnologías, probar

aquellas que vean la problemática de inundaciones y obtener el potencial de aprovechamiento del agua de lluvia, incluido el establecimiento de zonas de recarga.

- Proteger la salud de estudiantes, profesores, investigadores y trabajadores de la UNAM a través de medidas correctivas en los sistemas de agua potable y de reuso, cumpliendo las normas más estrictas para el uso y manejo del agua.
- Realizar un programa de impacto del Programa con los vecinos de Ciudad Universitaria.

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 optimizando el funcionamiento de los pozos, reduciendo las fugas tanto en la red principal como dentro de los edificios, una campaña para cambiar los muebles de baños por unos de bajo consumo, aumentar el uso del agua de reuso para riego y la concientización de los Universitarios en el manejo del agua.
- Asegurar la calidad del agua en la red de abastecimiento, a través de monitoreo de las fuentes de abastecimiento; hasta el punto de garantizar el beber el agua que llega directamente a los edificios de la UNAM.
- Garantizar un riego con agua tratada sin problemas de infecciones, aplicando las normas internacionales que garantizan el riego por aspersión. Además, se buscará duplicar el reuso del agua tratada para riego; ello a través de un proyecto de mejoramiento en las instalaciones de la planta de tratamiento que suministra al agua de reuso.
- Lograr la participación de toda la comunidad universitaria a través de múltiples acciones que se desarrollaran de acuerdo a las personas y necesidades planteadas por 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; dentro de los estudios realizados se encuentran: *(a)* levantamiento detallado en campo de todos sus componentes (pozos, tanques de almacenamiento y red de distribución), *(b)* investigación sobre las políticas de operación en el sistema de distribución de agua llevadas a cabo por la Dirección General de Obras y Conservación, *(c)* recopilación de la información referente a la red de drenaje y alcantarillado y la red de agua tratada, *(d)* un análisis de los registros históricos de las extracciones y los niveles en los tanques con la información proporcionada por la Coordinación de Conservación, esto con el objetivo de obtener el comportamiento (diario, mensual y anual) del consumo de agua en la Ciudad Universitaria. Por otra parte, después del diagnóstico, se han realizado acciones que contribuyen a mejorar el sistema de distribución, como son: *(e)* macro medición en los pozos, *(f)* micro medición en los edificios *(g)* recorridos para detección de fugas en la red principal *(h)* sectorización para control de presiones *(i)* modelación matemática del funcionamiento de la red principal de agua potable. Estos diagnósticos y acciones se describen a continuación

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: Química, Multifamiliar y Vivero Alto; los cuales son de uso exclusivos para el consumo de Ciudad Universitaria. En total, de los tres pozos se extraen como máximo 170 l/s, siendo los pozos Multifamiliar y Vivero Alto los que funcionan diariamente, y actualmente el pozo Química se mantiene como reserva. Las características de cada uno de ellos se muestran en la Tabla 1, la ubicación de los mismos se puede consultar en el Anexo “Características del Sistema de Distribución”.

Las bombas de los pozos Química y Multifamiliar son sumergibles a diferencia de la del pozo Vivero Alto que es vertical (Figura 1), 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 el Anexo “Características del Sistema de Distribución” se encuentran los registros históricos, así como las características de cada equipo de bombeo.

Tabla 1. 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

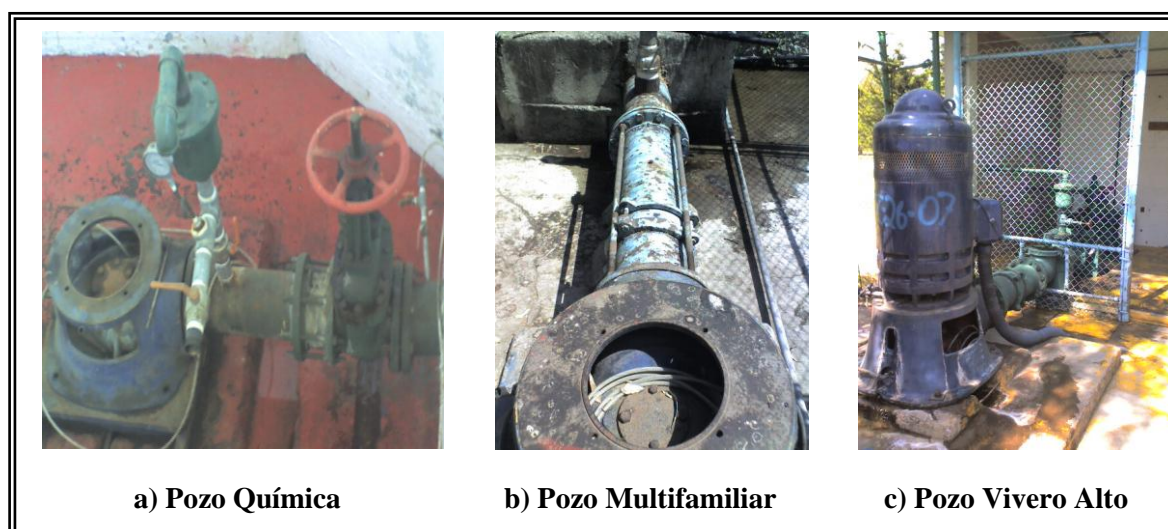


Figura 1. Bombas de los pozos en Ciudad Universitaria

En cada pozo se encuentra instalado un medidor de propela, (con número de inventario de la CONAGUA), a esta entidad se debe reportar mensualmente la extracción total por cada 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.

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.

Parte del trabajo realizado durante esta primera etapa del PUMAGUA, fue la digitalización de los registros históricos proporcionados por la Coordinación de Conservación (ya que se llevan de manera manual), esto con el objetivo de definir el suministro de agua a los tanques de almacenamiento y a la red. En el Anexo “Características del Sistema de Distribución” se pueden consultar las tablas generadas para cada pozo.

En la Figura 2 se presenta la evolución del volumen de extracción mensual para cada uno de los tres pozos de Ciudad Universitaria para el 2007; siendo la extracción total de 2,459,692 m³. Se observa un incremento de volumen de agua extraído durante los meses de agosto a diciembre (periodo de riego), así como un descenso considerable en el mes de julio (vacaciones).

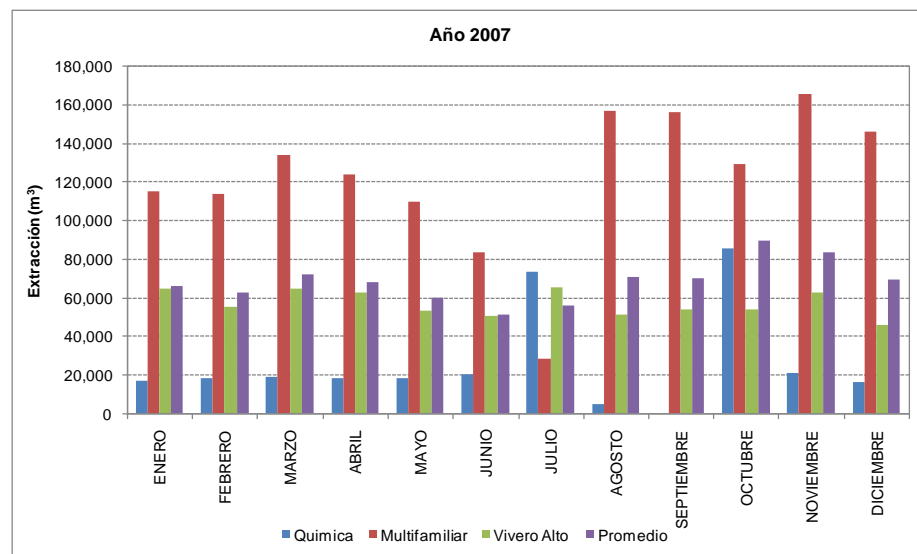


Figura 2. Extracción mensual por pozo (Año 2007)

Como se mencionó anteriormente la forma de operar los pozos no es homogénea, por lo cual se realizaron análisis estacionales aleatorios para definir el suministro, en la Figura 3 se presenta la extracción para dos meses de 2008 (marzo y julio) de los pozos Multifamiliar y Vivero Alto; observándose una modificación en la operación de los pozos debido a la instalación de un bypass en la Facultad de Química, lo que ha permitido que dicho pozo no tenga que operar todos los días y por lo tanto se pueda mantener de reserva (para cuando se da mantenimiento a algunos de los 2 pozos principales); por otro lado, las derivaciones directas a la red apoyan al sistema en la temporada de mantenimiento a los tanques de almacenamiento.

Actualmente, en promedio la extracción 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) en 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 (para evitar inactividad en éste y posible

contaminación), se envía agua al Tanque Bajo, de ahí se encuentra un sistema de rebombeo el cual manda el agua hacia el Tanque Alto; además, se tiene una derivación directa a la red. En el Anexo “Características del Sistema de Distribución” se pueden consultar el esquema de conexión entre pozos, tanques y derivaciones.

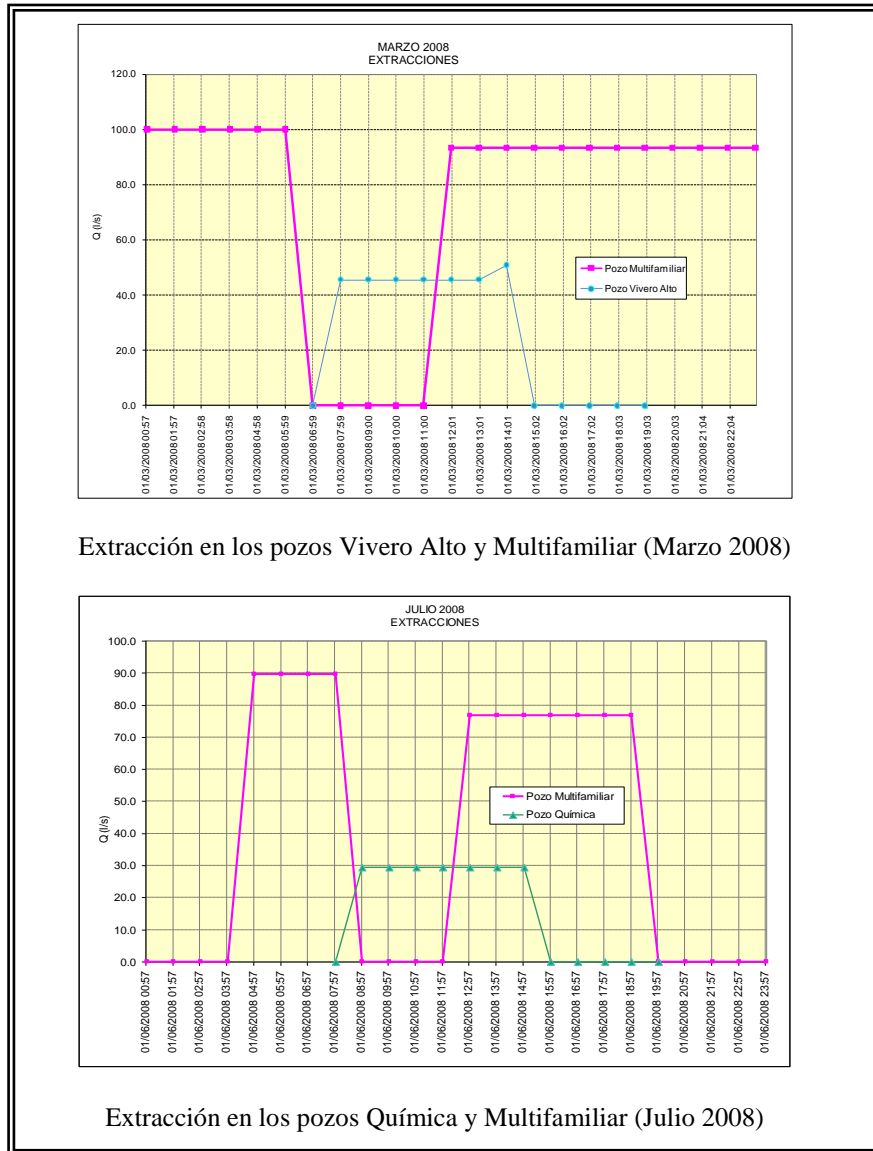


Figura 3. Operación de los pozos en diferentes meses del año

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 todos los equipos de bombeo, esto es, 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 (consultar Anexo “Características del Sistema de Distribución”).

En la Figura 4 se muestran los costos de energía más elevados cuando los equipos funcionan en el horario de punta (de 18 a 22 h); 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 (Memoria de cálculo, Anexo “Características del Sistema de Distribución”).

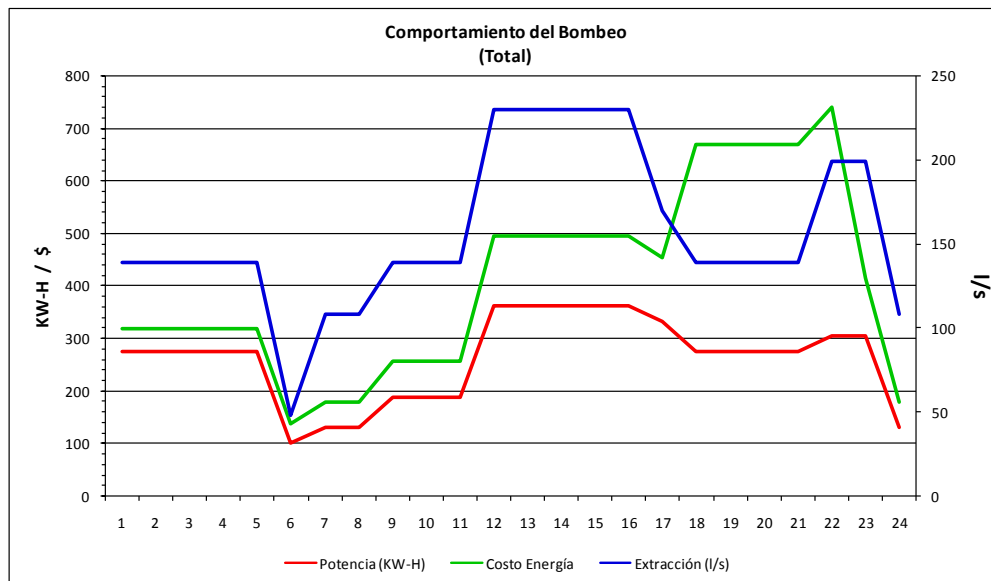


Figura 4. Consumo de energía en el equipo de bombeo y costos

El paro y arranque de los pozos se hace de manera manual y está en función de los niveles mínimos que se manejan en los tanques de almacenamiento, lo cual es criterio del operador en turno (ya que actualmente esta actividad se realiza manualmente), lo anterior implica que algunas veces si existe una disminución constante del nivel en los tanques; por ejemplo, debido a una fuga en la red principal, la operación del pozo es permanente, el operador deja funcionando las bombas sin evaluar si existe un desperfecto en el sistema de distribución de agua, además sin tener en cuenta el horario y el consumo de energía.

3.1.2 Almacenamiento

El sistema de distribución de agua potable consta de tres tanques de almacenamiento: Tanque Bajo Tanque Alto, y Tanque Vivero Alto. En total el sistema tiene una capacidad de almacenamiento de 12,000 m³, estos tanques son abastecidos por los pozos Química, Multifamiliar y Vivero Alto respectivamente, la Tabla 2 se muestra las características de los tanques y la capacidad de cada uno de ellos.

Tabla 2. Características generales de los tanques en Ciudad Universitaria

Tanque	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Capacidad (m3)
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 (mediante un equipo de rebombeo); esto cuando el pozo Multifamiliar esta en mantenimiento. 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.

En el Anexo “Características del Sistema de Distribución” se encuentra la localización de los tanques y el reporte fotográfico (ver Figura5).



Figura 5. Tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria

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 (ver Tabla 3). Con la información histórica proporcionada por la Coordinación de Conservación, que implicó la digitalización de los registros, se realizó un análisis de los niveles en los tanques para determinar su funcionamiento y a la vez la demanda que en éstos se presenta. 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.

Tabla 3. Registro del funcionamiento del pozo y tanque Vivero Alto

FECHA: MARTES 1 DE ENERO 2008							
HORA	POZO III					VIVERO ALTO	
	OPERACIÓN	LECTURA M3	DOSIFICACION KG/DIA	VOLTS	AMPERES	NIVEL METROS	COLOR RESIDUAL P.P.M.
01:00							
02:00							
03:00							
04:00							
05:00							
06:00							
07:00	/	779998	9	440	140	2.50	2.0
08:00	/	780061	9	440	140	2.50	2.0
09:00	/	780233	9	440	140	2.55	2.0
10:00	/	780405	9	440	140	2.60	2.0
11:00	/	780577	9	440	140	2.65	2.0
12:00	/	780749	9	440	140	2.70	2.0
13:00	/	780921	9	440	140	2.75	2.0
14:00	/	781093	9	440	140	2.80	2.0
15:00	/	781264	9	440	140	2.85	2.0
16:00	/	781435	9	440	140	2.90	2.0
17:00	/	781606	9	440	140	2.95	2.0
18:00	/	781632	9	440	140	3.00	2.0
19:00							

En la Figura 6 se observa la variación del nivel en el Tanque Vivero Alto (TVA) para julio de 2008, en la gráfica se presenta un abatimiento (disminución de nivel) de 50 cm durante la noche, obteniendo así un consumo nocturno para la Zona Cultural de 20.2 l/s. En el Tanque Alto (TA), cuando el nivel de agua baja de la cota 3.0 m se activa el pozo Multifamiliar lo que permite restablecer el nivel en el tanque y abastecer la demanda nocturna de la parte central de CU, que en promedio es de 38.6 l/s. En total, el gasto nocturno que se obtiene es de 58.8 l/s, el cual 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 (Figura 7), las tuberías de acero tienen 54 años de antigüedad (Anexo "Características del Sistema de Distribución", configuración de la red en función de materiales). La red está dividida en diámetros comerciales de 1, 1 ½, 2, 2 ½ pulgadas para algunas derivaciones hacia los edificios y tomas de riego, en su mayoría se cuenta para éstos con

diámetros entre 3 y 6 pulgadas; en las líneas de conducción primaria se presentan diámetros de 3 a 8 pulgadas y para las líneas de conducción, que van de los pozos a los tanques, existen diámetros 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 (Figura 8).

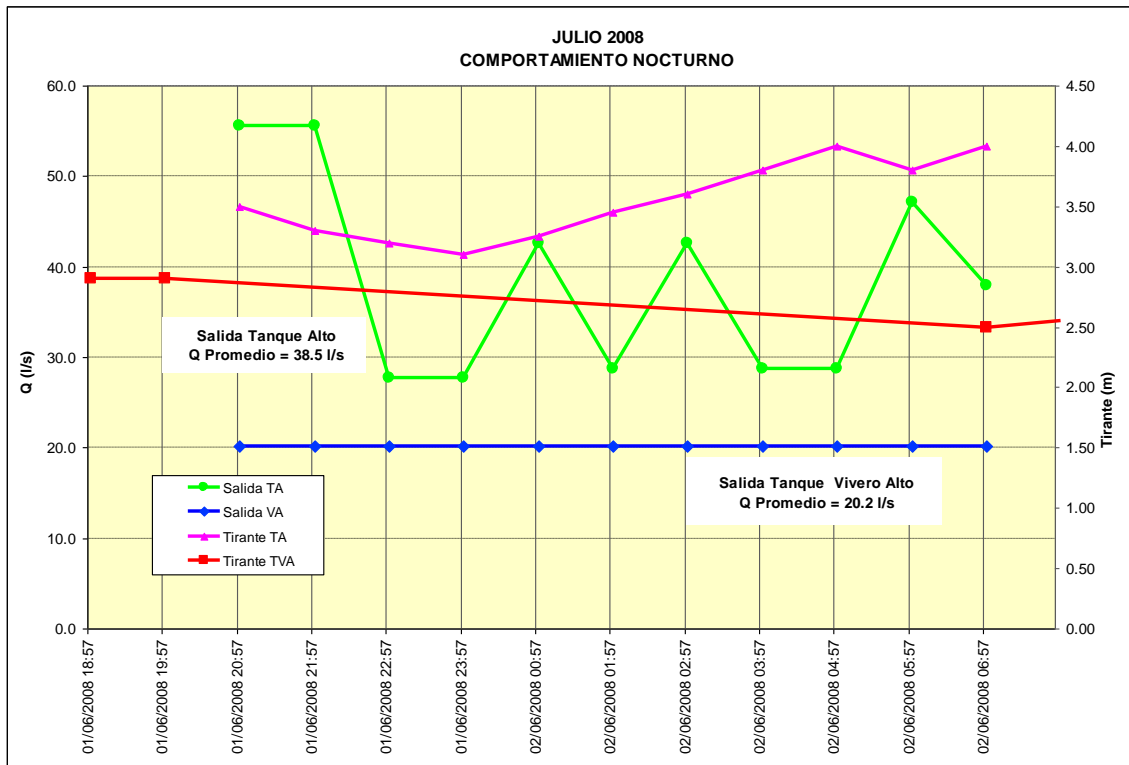


Figura 6. Tanques de almacenamiento en Ciudad Universitaria.

La población que se debe abastecer en Ciudad Universitaria es de 132,000 usuarios, los cuales se clasifican en personal académico, personal administrativo, personal docente, estudiantes y Multifamiliar de maestros (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 m³/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, consultar en el Anexo “Características del Sistema de Distribución la memoria de cálculo.

Los datos anteriores deben tomarse con reserva ya que no existe actualmente un sistema de micromedición en CU, se cuenta 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.

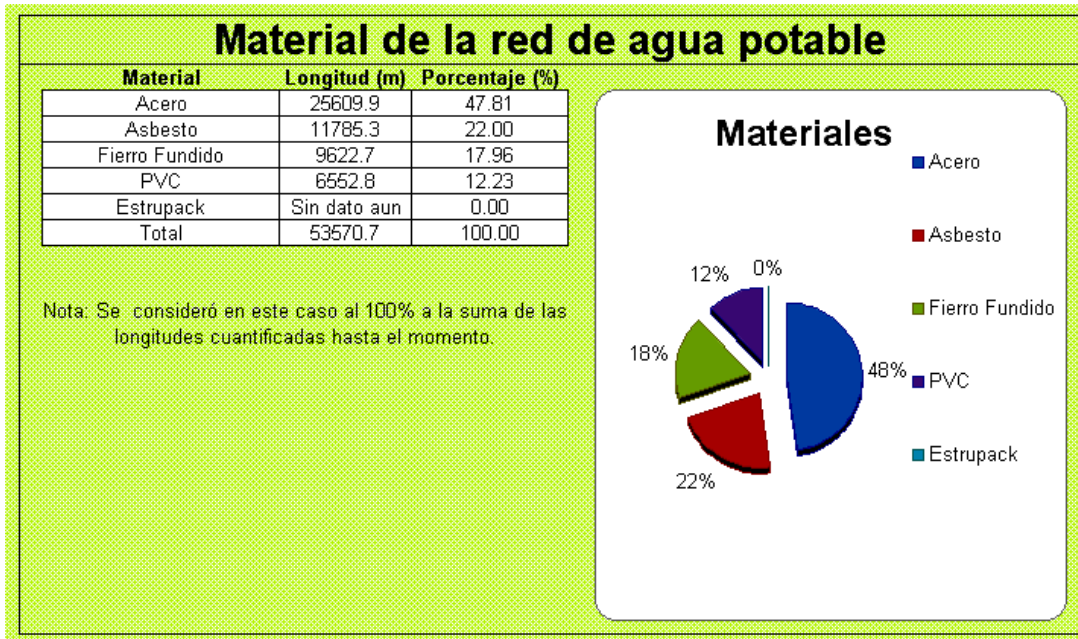


Figura 7. Porcentaje de los diferentes materiales de la red de distribución

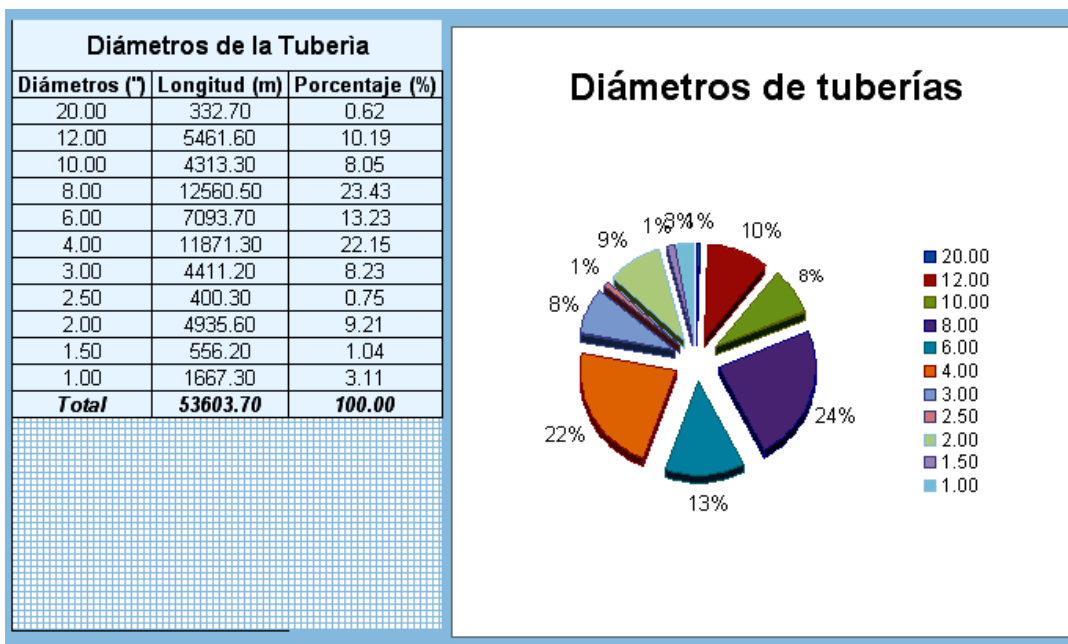


Figura 8. Porcentaje de los diámetros que comprende la red de distribución

En la Figura 9 se muestra la configuración actual de la red, la cual se tuvo que digitalizar en Auto CAD del plano original que manejan los operadores de la red; cabe mencionar, que este plano data de 1989, y aunque no siempre se hace, debe corregirse con verificaciones 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; los cuales 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.

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 (ver Figura 10). Cabe señalar que este taller cuenta con un equipo de 13 personas. En ocasiones el Taller de Conservación realiza reparaciones en red secundaria o en el interior de edificios y esto se debe a que los encargados del mantenimiento en las propias instituciones no conocen las instalaciones y registros que controlan el suministro a las mismas o bien no cuentan con el personal capacitado para llevar a cabo estas actividades.

El Taller de Conservación, actualmente, 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 (Figura 11).

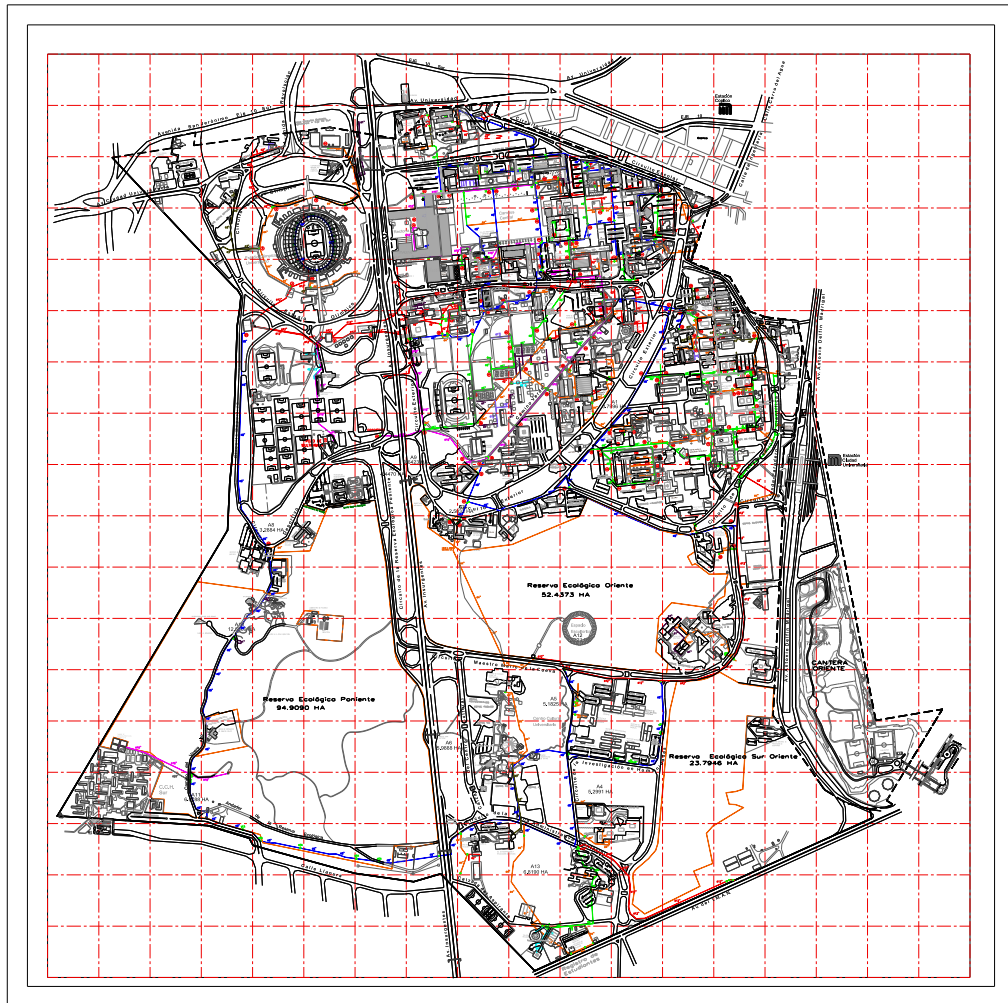


Figura 9. Plano de la red de distribución de agua potable, Ciudad Universitaria.



Figura 10. Estado actual de los componentes de la red de distribución



Figura 11. Configuración de la red de drenaje y alcantarillado

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 (Figura 12), 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.



Figura 12. Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro del Agua

La planta de tratamiento de Cerro del Agua fue diseñada para tratar 40 l/s; actualmente trabaja al 50% de su capacidad, en promedio el caudal que recibe sólo es de 18 l/s aproximadamente, el agua tratada es de uso exclusivo para el riego de áreas verdes. El caudal que no se puede tratar se vierte directamente al sistema de alcantarillado de la delegación Coyoacán. Por otro lado, la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias tiene una capacidad para tratar 7 l/s y sólo recibe 1 l/s.

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, ver Tabla 4.

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, Figura 13. El operador de esta red es la Coordinación de Conservación a través de Áreas Verdes.

Tabla 4. 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.

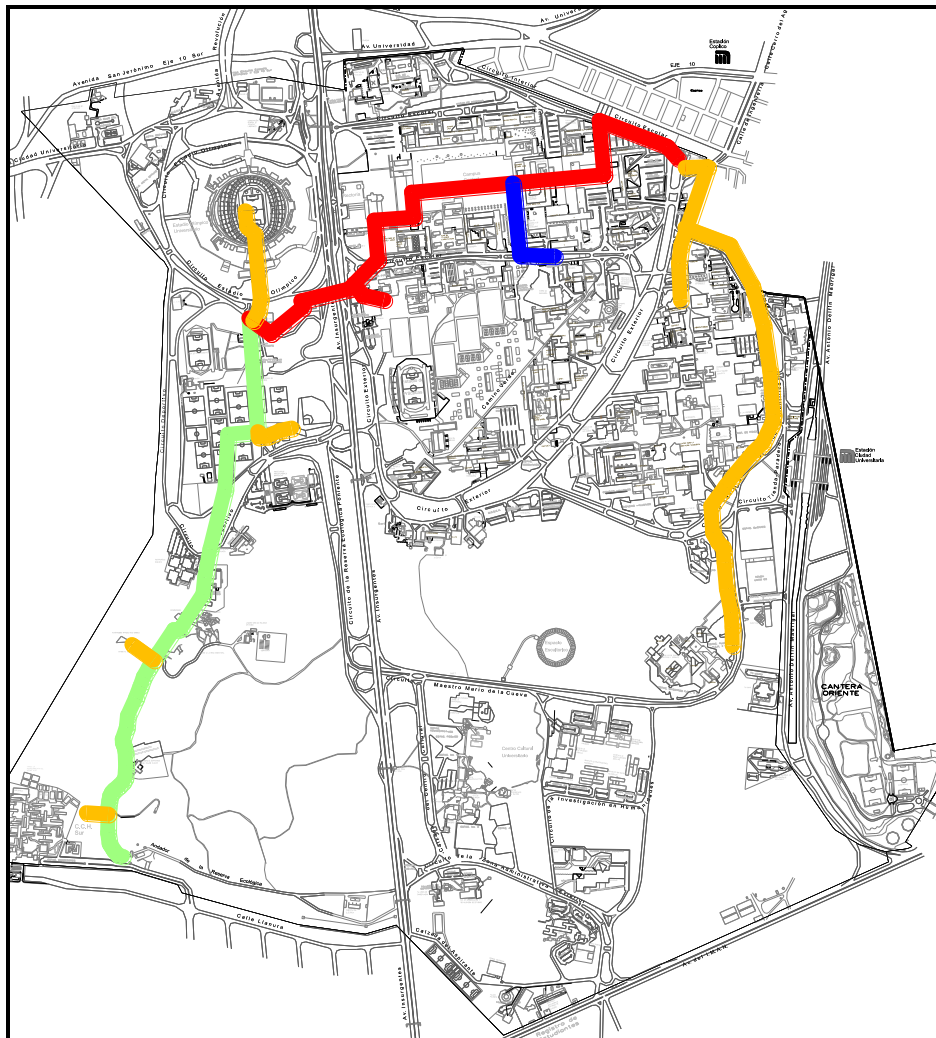


Figura 13. Red de distribución de aguas residuales tratadas

3.4 Sistema de monitoreo de la red de agua potable

3.4.1 Macromedición

El objetivo principal de este apartado es mostrar la forma de medir el volumen de agua que se extrae de los pozos, tanques y de las derivaciones que existen de las líneas de conducción a la red de distribución a través de la instalación de medidores electromagnéticos. 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. Se realizaron recorridos en los cuales se definieron los sitios para la instalación de bypass (exceptuando el pozo de Química), así como la lista de material eléctrico y de plomería necesario para cada pozo.

Como resultado de los cuatro levantamientos PUMAGUA ha elaborado los siguientes documentos, todos ellos incluidos en el Anexo “Modelación de la red de agua potable”:

- Catalogo de conceptos y su cuantificación para obra civil requerida en la instalación de los macro medidores
- Lista de materiales de plomería, eléctricos, obra civil y herrería.
- Isométricos de Instalaciones de plomería y de instalaciones eléctricas.

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. Para seleccionar los medidores nuevos se consultaron varios proveedores con sistemas de medición de diversas características y costos; finalmente se seleccionó la marca que se ajusta de mejor manera a las condiciones de Ciudad Universitaria y a los alcances del proyecto en sus diversas etapas. A continuación se describe de manera breve en qué consistirá el nuevo sistema de macromedición.

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 reditúen en el ahorro de agua y energía en el campus de Ciudad Universitaria. Es decir, desde el punto de vista de procesamiento de información los datos generados por los medidores presentan la exactitud deseada y su lectura es confiable. Adicionalmente, presentan características que permiten asegurar una larga vida útil, considerando el entorno de su instalación.

Para la macromedición se seleccionaron medidores de tipo electromagnéticos (descripción Anexo “Modelación de la red de agua potable”), para uso en líneas presurizadas de agua limpia, que incluyen la unidad de medición (hermeticidad de sumersión IP68), la unidad electrónica (elemento secundario) para la transducción de la señal, el despliegue de la señal, el despliegue del caudal y totalización de volumen y los servicios complementarios. Los medidores cuentan con la

disponibilidad de equipamiento para la futura escalación, distribuido por el mismo proveedor, Figura 14.



Figura 14. Medidor de tipo electromagnético

La unidad de medición (elemento primario) opera utilizando la ley de inducción magnética de Faraday, es tipo carrete bridado de sección definida (no se reduce el diámetro nominal) y no tiene mecanismos internos que obstaculicen el flujo y no requieren mantenimiento, por lo tanto, no se es necesario desinstalarla de la línea para su mantenimiento, además tienen lectura continua.

Con respecto a la unidad electrónica, es capaz de resistir daños comunes de intemperie y es de tipo remota (tiene un cable de longitud 15 m), puede ser programada en sitio sin requerir la utilización de computadoras personales laptop o palm top, sin embargo, cuenta con los esquemas de seguridad necesarios para que no pueda ser accedido el teclado por cualquier transeúnte, tiene comunicación RS232 y utiliza protocolo de comunicación Modbus; en el Anexo “Modelación de la red de agua potable” se indican especificaciones completas

Los medidores utilizan un sistema de telemedición con la capacidad de escalación a los siguientes sistemas de lectura automática:

- Lectura por proximidad o toque.
- Lectura de radiofrecuencia de medio alcance (hasta 200 m) por interrogación o programación.
- Lectura por radiofrecuencia de largo alcance.
- Lectura por infraestructura de telefonía WiFi.
- Lectura por red fija.

Los medidores cumplen con la norma oficial mexicana NOM-012-SCFI-1994 para la medición de agua en conductos cerrados presurizados. Cuentan con la certificación estadounidense NSF61 (aprobación de materiales utilizados en los sistemas de servicio de agua potable para la ingesta humana). Las fábricas de producción de medidores cuentan, en sus procedimientos de control de calidad, con certificación ISO-9001.

Finalmente, el sistema de lectura seleccionado es el de Badger Orion Gateway que tiene las siguientes características: cada medidor cuenta con un datalogger el cual almacena los datos y una

antena transmisora Orion, en intervalo horario cada transmisor Orion puede almacenar información hasta 2 años. La última lectura es recibida y almacenada en cada receptor Gateway, los Orion Gateway almacenan los datos de los transmisores y pueden ser recuperados cada hora con base de hasta 2000 transmisores por Gateway, en cualquier momento los datos se mantienen disponibles con sistema al paso y móvil (mediante un dispositivo HandHeld Orion); la información se concentra en una central, donde se puede procesar mediante el software Orion y obtener gráficas de consumo con diversas opciones o generar un archivo *.txt para manipular los datos de la forma requerida por el operador; Figura 15.



Figura 15. Sistema de medición electromagnético

Se recomienda, como parte fundamental para llevar a cabo el balance hidráulico, instalar todos los macromedidores. Con la finalidad de tener un control total en el suministro a la red de distribución de agua potable en Ciudad Universitaria; en esta primera etapa se están instalando 5 medidores electromagnéticos, faltando 3 en derivaciones directas a la red. Otro aspecto en el que influyen los resultados que se obtendrán con la macromedición, 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.

3.4.2 Micromedición

En cuestión de Micromedición, 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; cabe señalar que se están realizando recorridos con personal de la DGOyC para identificar las entradas a los edificios y tener el número exacto de tomas y su ubicación.

Dentro de las dificultades más recurrentes se encuentra el desconocimiento por parte de los plomeros internos y del personal de la red de agua de las acometidas a cada edificio, además de que en muchos casos un solo edificio cuenta con más de una entrada de agua potable. Por otro lado, para la selección de un medidor de agua potable para un edificio en particular, previamente se han realizado mediciones con equipo ultrasónico (ver Anexo “Modelación de la red de agua potable”) 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.

PUMAGUA ha elaborado un programa para la detección de entradas de agua para cada edificio en el que colaboran de manera conjunta la DGOyC, y en el que se plantean 4 etapas de trabajo, ver Anexo “Visitas de campo”. Hasta el momento se tiene cubierto cerca de un 95% de la primera etapa propuesta que incluye tres sectores de once planteados. Derivado de este programa se ha elaborado un plan de trabajo para la etapa 1 y se está trabajando para la elaboración de los planes de trabajo de las etapas subsecuentes. Los recorridos llevados a cabo con personal de la DGOyC y PUMAGUA abarcan los sectores I, IV y V. Ver Anexo “Visitas de campo”.

Para cada sitio se obtiene la información suficiente para la selección de un medidor que incluye:

- Isométrico de condiciones actuales del sitio donde se colocará el medidor.
- Ubicación del sitio y de los edificios que alimenta.
- Identificar los casos en los que es necesaria obra civil.
- Fotografías de las condiciones.
- Isométrico de proyecto para cada sitio de alimentación.

Al día de hoy se tienen identificados 55 puntos de instalación de micromedidores dentro los sectores inspeccionados, a ésta lista se debe agregar 6 puntos más correspondientes a instituciones que pertenecen a la Coordinación de Humanidades (ver Anexo “Visita de campo”).

Los medidores seleccionados para la Micromedición son de tipo volumétrico y funcionan bajo el mismo sistema de transmisión automática que los Macromedidores, es decir, Badger Orion Gateway; a continuación se comentan las características generales:

- La instalación no requiere tramos rectos de tubería aguas arriba y aguas abajo.
- Se pueden instalar en posición horizontal, vertical, inclinada o incluso de cabeza, hasta medidores de 50 mm (2”).
- El mantenimiento es posible en sitio, sin desmontar el cuerpo del medidor de la línea, sin requerimiento de calibración en banco de pruebas.
- Su elemento secundario o registro tiene nivel de hermeticidad con capacidad de operación en condiciones de sumersión (IP68), considerando que se instalarán en registros.
- Su sistema de lectura es del tipo automática por enlace radioeléctrico, del tipo radiofrecuencia al paso o red fija, el módulo del medidor presenta un nivel de hermeticidad del tipo sumersión. Entre el registro y el radio tendrán cables visibles susceptibles de daño por vandalismo.

- El registro puede ser desmontado del cuerpo, la transmisión entre ambos es del tipo magnética.
- El generador de pulso del registro, la señal enviada al módulo de radiofrecuencia, es del tipo electrónico.
- El error máximo de medición es menor al establecido por la norma oficial mexicana.
- Se cuenta con la asesoría técnica y la capacitación tanto teórica como en campo.

Los medidores cumplen con el certificado de cumplimiento de la norma NOM-12-SCFI-1994, cumplen con los rangos de operación establecidos en el estándar ANSI/AWWA C700 ó ANSI/AWWA C710 según sea el caso y con ANSI/AWWA C707 referente al registro del medidor, consultar especificaciones en Anexo “Modelación de la red de agua potable”.

La Figura 16 muestra el tipo de medidores a instalar, por norma todos tienen carátula y aquellos de diámetro menor a 1 pulgada son de cuerpo plástico. Para aquellos puntos en donde los registros sean muy profundos y sea difícil la lectura existe la posibilidad de instalar el módulo transmisor de manera independiente al cuerpo del medidor; por lo anterior, se iniciarán las pruebas de transmisión de información para determinar cuántos módulos transmisores serán independientes de los medidores y ubicar el número de concentradores (Gateway) necesarios para tener una cobertura total en Ciudad Universitaria.

En esta etapa también es importante la participación y apoyo de la DGSCA (Dirección General de Sistemas de Cómputo Académico) ya que para conectar entre sí a los concentradores se debe tener acceso a un nodo de red en aquellos edificios en donde sea necesario ubicarlos y así finalmente poder mandar la información al puesto central.

Además de que al instalar un medidor en cada uno de los edificios de CU se obtiene la información detallada sobre el consumo horario diario, este sistema tiene un mecanismo de detección de fugas ya que el transmisor captura y transmite una notificación de fugas cuando ha medido un consumo por 24 horas y ésta se apaga automáticamente cuando se interrumpe el consumo por una hora; aunado a lo anterior, existe ahora otro mecanismo que se puede implementar que detecta fugas mediante el ruido característico que se pueda generar por la presencia de éstas, dentro del edificio.

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 17 se muestra la gráfica generada mediante el procesamiento de los datos almacenados con el Software de extracción y visualización.

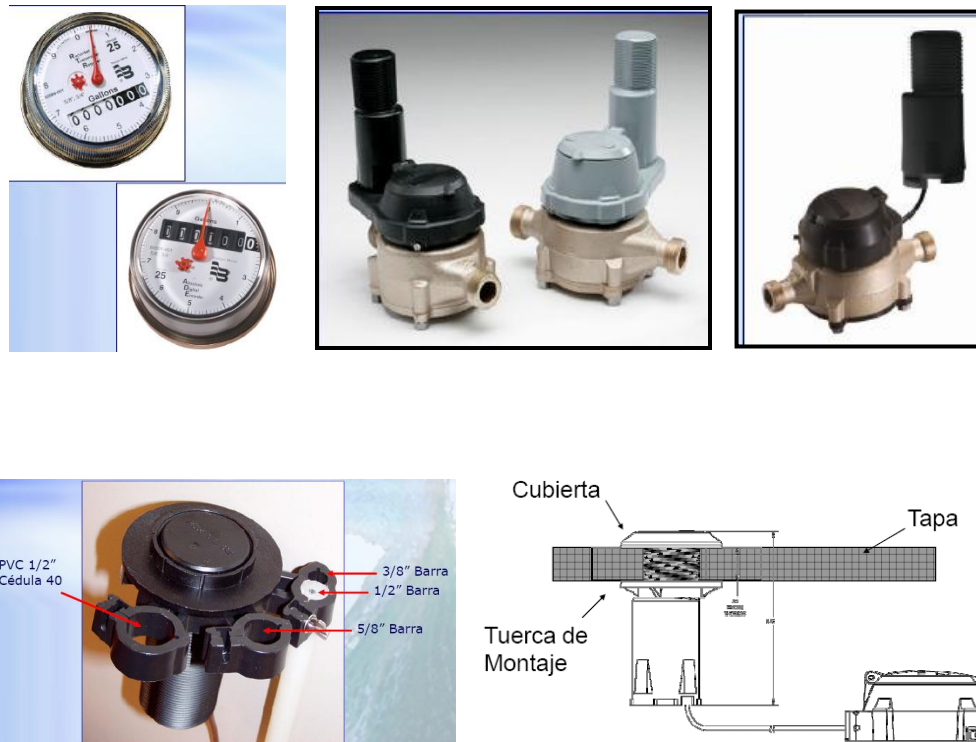


Figura 16. Micromedidores de tipo volumétrico y adaptaciones en campo

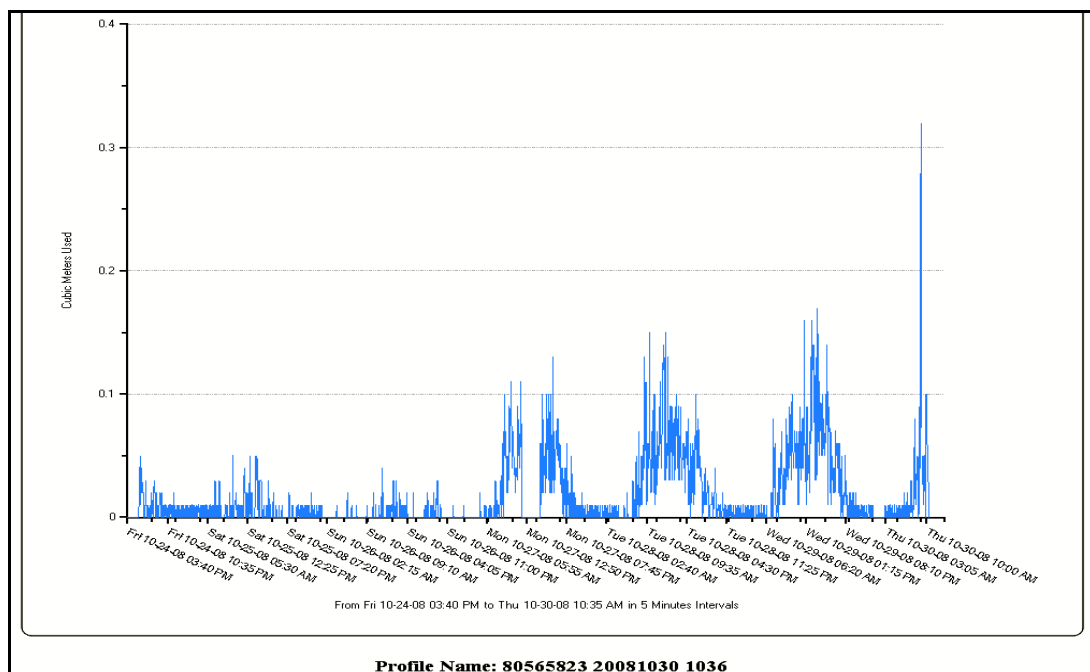


Figura 17. Comportamiento del consumo en Edificio 5 del Instituto de Ingeniería

En la Figura 17 se puede observar como bajan los consumos considerablemente durante la noche en los días de semana y los fines de semana se tienen registros de consumo bajo; con lo cual, con este tipo de medidores será posible llevar un registro de caudales bien monitoreados en todos los puntos de demanda en la red (incluyendo el riego), permitiendo mediante el balance hidráulico determinar las fugas en la red principal y dentro de los edificios, es decir, las fugas totales. Por lo anterior, se está ajustando el plan de instalación de los medidores que en esta etapa se podrá en marcha.

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; por lo que para cada tipo de reparación se elaboró un informe. 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.(Ver Anexo "Visitas de campo")

El procedimiento que sigue el Taller de Agua Potable para la detección y reparación de fugas se describe de manera general a continuación, partiendo del hecho que la Coordinación de Conservación tomó nota de una queja:

1. Reporte por parte de usuarios de alguna dependencia de falla o falta del servicio o de transeúntes si la fuga se ha manifestado en la superficie.
2. Visita del personal de la DGOC al sitio para la verificación del problema.
3. Control de la fuga, en caso de conocer su alimentación.
4. Búsqueda mediante objetos metálicos que se ponen en contacto con la tubería con el objetivo de escuchar el correr del agua y detectar alguna irregularidad.
5. Localización mediante excavaciones en el sitio supuesto de la fuga
6. Reparación de la fuga o inhabilitación de la línea de conducción una vez descubierta y controlada.

Es importante mencionar que el equipo de detección es la misma herramienta que utilizan para la reparación, esto es, desarmadores, barretas, picos, palas, etc. Por lo anterior, el método 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. Se hace una excavación en el sitio del manifiesto y se repara la fuga de inmediato o se inhabilita el tramo hasta su reparación. 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. Sin

embargo, existen problemas no evidentes que pueden pasar desapercibidos por los encargados de dichos recorridos, Figura 18.

Por otro lado, se ha elaborado en base a datos proporcionados por la DGOyC un estudio histórico para los años 2007 y 2008 sobre la incidencia de fugas en la red de Agua Potable basadas en los reportes que hacen las dependencias, ver Anexo "Reporte de Fugas". Teniendo que, para el año 2007 un reporte de 236 fugas, de las que, en un 70% se presentan en los sectores I, IV y V, de acuerdo a la sectorización antes descrita; 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. Además, en lo que es tubería plástica rígida, el material constantemente se fractura. La picadura de los tubos de acero es consecuencia también de éste fenómeno.

2. Mala calidad de materiales

Generalmente, al instalar elementos de mala calidad, éstos no soportan los efectos propios de la red. También es común que las reparaciones no tengan una buena fijación y acelera el deterioro del elemento, lo cual lleva a la falla.

3. Excedencia de la vida útil del material

La edad de las instalaciones de la red principal son de mínimo 20 años y, tan sólo en la zona llamada "Casco viejo", sobrepasa los 50 años. La vida útil de la tubería de acero es de entre 30 y 40 años, para la de fierro fundido está entre 50 y 100 años, para tuberías de concreto 20. Considerando estos datos, es evidente que la Red en general ya no presenta la eficiencia esperada y es lógico pensar que en ella, bajo las condiciones a las que durante los 54 años que lleva instalada, es altamente probable que se tenga un gran número de fugas, tal como lo muestran las estadísticas. (Anexo "Reporte de Fugas")

4. Corrosión, oxidación y otros efectos del ambiente

Estos efectos del ambiente a la tubería surgen por la exposición al sol, a la humedad externa, al viento, cambios de temperatura, entre otros. Una parte de las instalaciones de alimentación a los edificios, es decir, diámetros no mayores a 4", están expuestos al ambiente; así mismo, algunos tramos de Red Principal. Los registros de la Red principal están expuestos a condiciones de humedad, cambios de temperatura y 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; sin embargo, la situación en la que se encuentran las terminales donde se acopla la válvula permite que cualquier impacto simple sea capaz de romper la tubería del punto de la conexión y así, provocar el disparo o caída de la válvula, contribuyendo al gran número de fugas de éste origen. (Anexo "Reporte de Fugas")



Figura 18. Reparación de fugas del tipo mayormente presentado en la conducción

6. Asentamientos del terreno

Los asentamientos del terreno afectan principalmente a las tuberías rígidas, las cuales, a consecuencia de ésta acción del suelo, sufren fisuras y fracturas. Usualmente sucede en sitios donde las construcciones son relativamente recientes, en las que el terreno no está totalmente confinado y tiene acomodos naturales.

7. Actos de vandalismo

Como ya se ha mencionado anteriormente, este tipo de actividades, más frecuentes en temporada vacacional, se dan en gran número durante todo el año y son en conjunto una tarea constante para los trabajadores de la Red de Agua Potable. (Anexo "Reporte de Fugas")

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 (ver Anexo "Manual para detección de fugas"); así como también, en la compra de equipo especializado para detección de fugas.

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 se encuentra Mejoras Energéticas México, que hizo la demostración de algunos de los equipos que comercializa, así como la verificación de sitios marcados por la empresa como posibles puntos con fuga, localizando y posteriormente detectando una fuerte fuga al sur de Ciudad Universitaria; otra empresa que localizó una fuga de manera acertada fue Gutterman . En el Anexo "Manual para detección de fugas" se presenta una comparación entre los equipos probados en campo, sustentando la selección del equipo adecuado para el personal del Taller de la red de Agua.

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 (Figura 19).

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 de la ciudad mucho mejor.

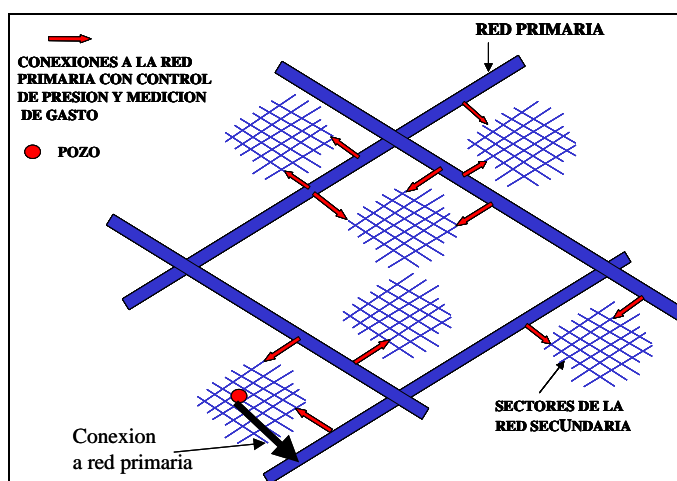


Figura 19. Sectorización de una red de abastecimiento con control de presiones y medición de gasto

Las razones de la necesidad de este proyecto de sectorización se explican a continuación:

Se puede demostrar que en una red extensa y muy deteriorada es indispensable instalar un control de presiones (Ciudad Universitaria presenta hasta 70 m.c.a en la zona oriente), naturalmente con una sectorización de la red, para que las demás medidas que se tomen para reducir las fugas y mejorar el suministro sean eficaces. Si no se controlan las presiones, todo lo demás que se haga resulta muy ineficiente o incluso inútil.

Las acciones paralelas se refieren a:

- Programas de reparación de fugas y de sustitución de infraestructura.
- Ahorros de agua por parte de los usuarios motivados por cualquier causa (aumento de tarifas, campañas de uso cuidadoso, etc.)
- Nuevos suministros.

La causa de lo anterior se encuentra en la alta sensibilidad de las fugas a las presiones, de tal manera que, por ejemplo, cuando se reparan las tuberías de una zona, las presiones aumentan ligeramente en el resto de la red y el agua ahorrada en esa zona se pierde en las zonas que todavía no han sido reparadas. Lo mismo se puede decir con los ahorros de consumo 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.

Para ejecutar dicha acción se están realizando las actividades siguientes:

1. Inspección en campo de los sectores propuestos, los cuales están delimitados por 17 válvulas de seccionamiento, esto es, verificación de aquellas válvulas y cruceros existentes de acuerdo con el plano oficial de la red que se está manejando.
2. En aquellos casos en donde no existe alguna válvula de seccionamiento requerida, se ha realizado el levantamiento de las condiciones físicas y las obras civiles que se requerirán para la instalación de las mismas.
3. Se identificaron en el plano aquellos puntos donde se pretende instalar cada válvula reguladora de presión. Se está realizando el levantamiento en campo de estos puntos estratégicos verificando que exista el crucero indicado en el plano (3 ubicaciones diferentes) y por otro lado, validando el punto en función de las condiciones físicas para la instalación de la válvula reguladora de presión.

Una vez terminados los recorridos de verificación y validación de las válvulas de seccionamiento y de las ubicaciones de los puntos de instalación de las VRP, se deben realizar las pruebas en campo de confirmación de cada sector. Para lo anterior se deben ejecutar las siguientes actividades:

- a) Se debe aislar cada sector, esto es, cerrar todas las válvulas de seccionamiento y comprobar que no existe suministro de agua por algún punto desconocido por los operadores de la red debido a tuberías que no estén indicadas en el plano.
- b) Se deben hacer pruebas de presión cero, para evitar el que se purgue la tubería. En caso de ser necesario el vaciado de la tubería por no poder medir las presiones, el llenado deberá ser gradual para no dañar las tuberías del sector.
- c) Una vez verificado cada sector, se debe instalar un medidor portátil ultrasónico en el punto donde se propone instalar la VRP, al menos tres días consecutivos. Si no se tienen las condiciones para instalar el medidor ultrasónico se tendrá que generar mediante calas, modificación del registro o construcción del mismo.

- d) Con los curvas de consumo obtenidos con el medidor ultrasónico, se diseñará la VRP para cada sector, atendiendo a las características específicas de cada sitio.

Al día de hoy se han verificado 12 puntos (válvulas de seccionamiento) de los cuales sólo dos no cumplen con la existencia de válvulas de seccionamiento (crucero 65 y 19) y otros donde no se ha podido tener acceso por las condiciones físicas de los registros (crucero 43). Consultar los levantamientos en el Anexo “Modelación de la red 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.

EPANET es un modelo hidráulico capaz de predecir parámetros tales como la presión, las pérdidas de carga, los niveles en los tanques, curvas de balance de caudales producidos contra los consumidos, comportamiento de la demanda, mapas de isolíneas de presión, la velocidad, y caudal en distintos nodos de la red.

Para la simulación de la situación actual de la red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria se tomó como base la información concentrada en el capítulo 3.1 de este informe, donde se describe todos los componentes del sistema así como el análisis histórico de los registros de cada uno de ellos y las políticas actuales de operación, por ejemplo ver Figura 20.

Para llevar a cabo la simulación fue necesario hacer las siguientes suposiciones, las cuales pueden consultarse más detalladamente en el Anexo “Características del Sistema de Distribución”:

- La población por cada edificio, para una misma dependencia, se distribuyó de manera proporcional y en función de la población total, tomada de datos oficiales de la Web UNAM, al 2007;
- Se infirió la población en el caso del personal administrativo para cada dependencia y a su vez para cada edificio;
- Los consumos por tipo de población se basaron en el manual de CNA y se modificaron para Ciudad Universitaria;
- Se consideró un nodo de consumo en cada edificio de cada dependencia;
- Se aplicó la misma curva de variación horaria a todos los edificios;
- A reserva de medir, las fugas consideradas se basaron en los datos aproximados de consumo en tanques y pozos;
- La topografía utilizada se obtuvo de los datos generales del D.F.

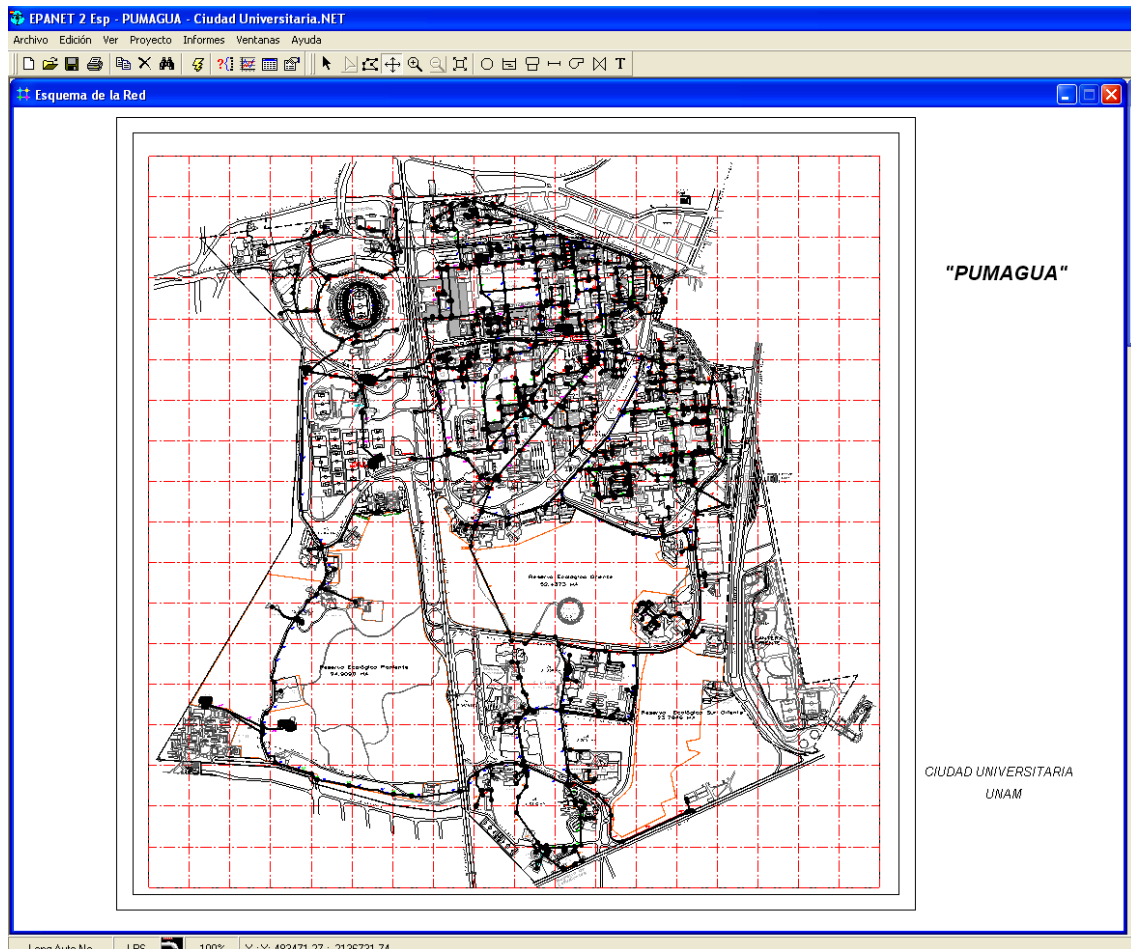


Figura 20. Pantalla con datos de entrada para el programa EPANET

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.

La Figura 21 muestra el 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.

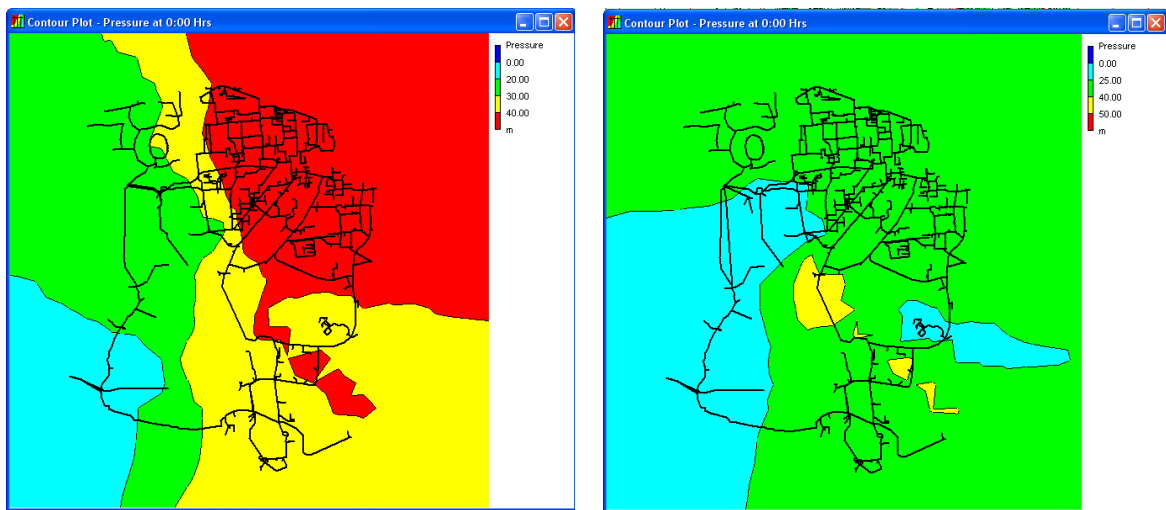


Figura 21. Simulación en EPANET sin control de presiones y con control de presiones

Para el modelo en Flujo no Permanente o Periodo Extendido, se utilizó una variación temporal de caudales suministrados y demandados, así como las condiciones operativas de la red y de los niveles en los tanques de regularización. Este caso considera un funcionamiento de los elementos de la red más cercano a la realidad. Las consideraciones iniciales, en la simulación estática, con respecto a la población, consumo por tipo de población, nodos por edificio y la distribución de la población y consumos por dependencia son las mismas. De igual manera para fugas y riego. A continuación se comentan las observaciones que se aplicaron para la simulación dinámica.

Se utilizó una curva de variación horaria para establecer el consumo horario en los nodos de la red. En una primera etapa o simulación, se utilizó la misma curva para todas las dependencias y con información detallada del tipo de población. Dicha curva se obtuvo mediante el registro continuo (cada 5 min) del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería para diferentes días en actividades normales, Figura 22.

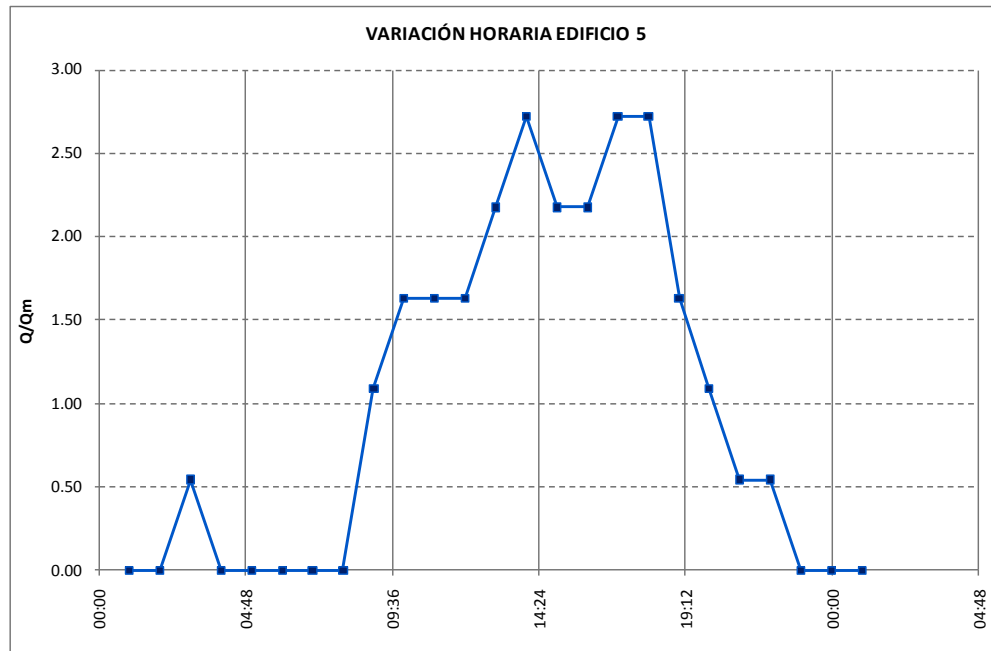


Figura 22. Curva de variación horaria en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería

Es importante aclarar que se están realizando auditorías de consumo de agua potable en ciertos puntos de Ciudad Universitaria con la finalidad de obtener para diferentes tipos de dependencias una curva de demanda horaria y aplicarla así a las diferentes dependencias (nodos de demanda). Se seleccionaron edificios que en función del tipo de actividad y usuarios nos oriente sobre el comportamiento de los consumos, por ejemplo, Facultades, Edificios Administrativos, Institutos, Bibliotecas, etc.

Con respecto al funcionamiento horario de los pozos se consideró un promedio para cada uno de ellos, incluyendo el rebombeo. Por tanto, el pozo Química funciona esporádicamente en promedio 5 horas, el pozo Multifamiliar funciona en promedio 12 horas al igual que el pozo Vivero Alto. El paro y arranque de las bombas depende del nivel mínimo que establece el operador, es importante notar que generalmente operan durante las horas puntas de energía. También se consideró una variación de los niveles en los tanques que va relacionada directamente con la variación horaria del consumo en los edificios de Ciudad Universitaria y que a su vez es determinante para los operadores a cargo de los pozos, Figura 23.

En la Figura 24 se observa el comportamiento de las presiones durante el día, observando que para las horas de bajo consumo las presiones alcanzan hasta los 70 m y de manera contraria, para horas de máximo consumo las presiones bajan hasta los 15 m

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.

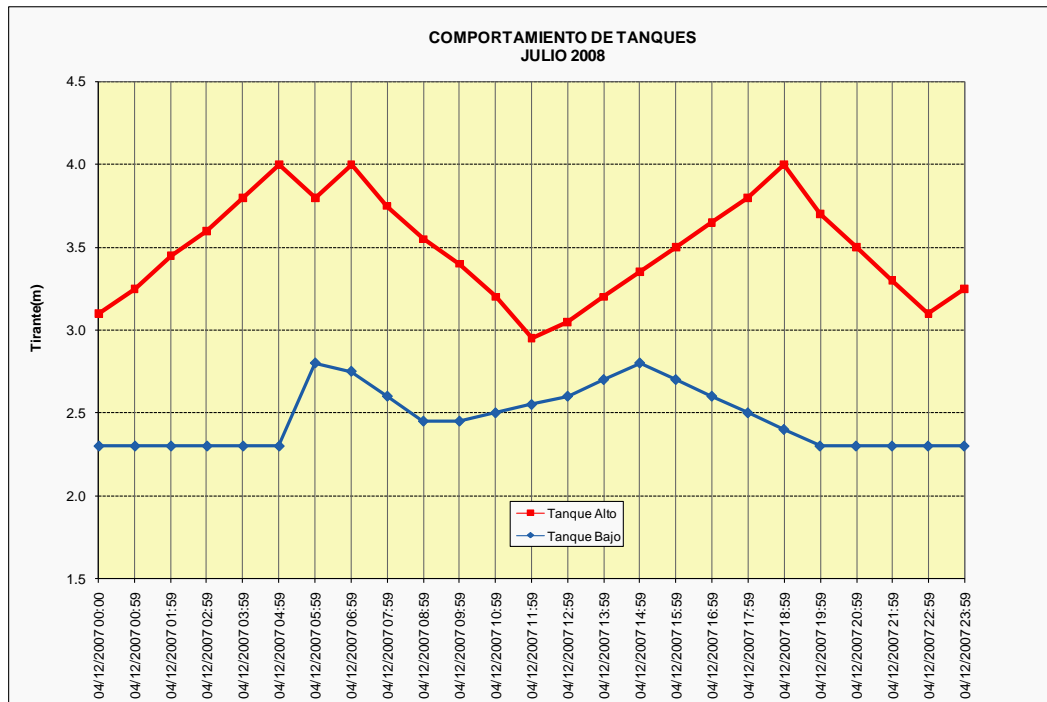


Figura 23. Variación horaria de los niveles en los tanques Alto y Bajo

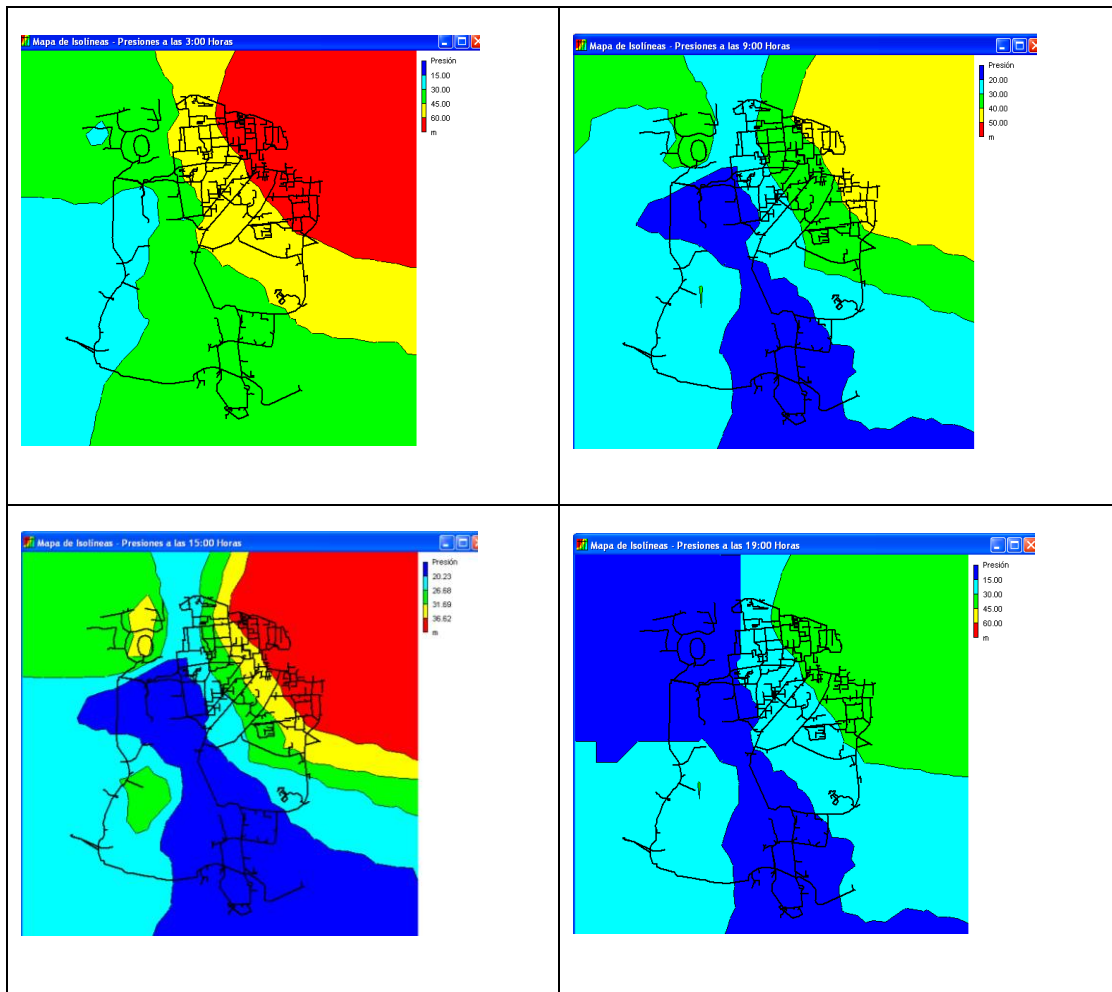


Figura 24. Mapa de isopresiones de la simulación en estado extendido con control de presiones

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.

Se realizó la inspección física y selección de los puntos de muestreo de agua potable, tanto en el subsistema de suministro, el subsistema de almacenamiento, así como en puntos de consumo directo.

4.1.1 Suministro

El subsistema de suministro que abastece de agua potable al Campus Universitario depende básicamente de 3 pozos profundos:

El pozo de Química (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”), se localiza en la Facultad de Química. Tiene una profundidad de 132 metros, la potencia de su bomba es de 125 HP y proporciona un gasto de 31 L/s. Su antigüedad data de 1952.

El pozo del Multifamiliar (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”) se localiza en el interior de la explanada de lo que anteriormente funcionaba como planta incineradora de basura. Tiene una profundidad de 193 metros y la potencia de su bomba es de 250 HP, proporcionando un gasto de 91 L/s. Su antigüedad data de los años 60’s.

El pozo del Vivero Alto (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”), está ubicado en el Vivero Alto. Tiene una profundidad de 157 metros y la potencia de su bomba es de 250 HP, proporcionando un gasto de 48 L/s. Su antigüedad también es de los años 60’s. Pero, en 1983 hubo la necesidad de reubicarlo.

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" (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”). 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” (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”).

Los parámetros evaluados para determinar la calidad del agua potable, se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería como se describe en el Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”. 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 ($^{\circ}$ 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 (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”); todos ellos útiles para elaborar un diagnóstico del estado actual del agua potable.

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, ya que el Instituto de Ingeniería no cuenta con la infraestructura suficiente para analizar todos los parámetros que se incluyen en la NOM-SSA-127-2000.

Se envió al laboratorio certificado una muestra de cada pozo y se determinaron los siguientes parámetros: Cloro residual libre (mg/L), pH (en unidades de pH), Turbiedad (UTN), Sólidos disueltos totales (mg/L), Sulfatos (mg/L), Nitratos (mg/L), Nitritos (mg/L), Nitrógeno amoniacal (mg/L), Surfactantes (mg/L), Cloruros (mg/L), Dureza total (mg/L), Fenoles (mg/L), Hierro (mg/L), Fluoruros (mg/L), Hidrocarburos aromáticos (microgramos/L), Benceno (μ g/L), Etilbenceno (μ g/L), Tolueno (μ g/L), Xileno (μ g/L), Coliformes totales (UFC/100 mL), Coliformes fecales (UFC/100 mL), Plaguicidas (microgramos/L), Aldrín (μ g/L) y dieldrín (μ g/L), Clordano (μ g/L), DDT(μ g/L), Gamma-HCH (lindano) (μ g/L), Hexaclorobenceno (μ g/L), Heptacloro (μ g/L), Metoxicloro (μ g/L), 2,4 D (μ g/L), Trihalometanos totales (μ g/L), Yodo residual libre (mg/L), Aluminio (mg/L), Arsénico (mg/L), Bario (mg/L), Cadmio (mg/L), Cianuros (mg/L), Zinc (mg/L), Manganeso (mg/L), Mercurio (mg/L), Plomo (mg/L), Sodio (mg/L), Cobre (mg/L), Cromo total (mg/L), Color (Pt-Co), Olor y sabor, Radiactividad beta global, Radiactividad alfa global.

Algunos de los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad del agua para el subsistema de suministro (pozos) de Ciudad Universitaria se representan en las Figuras 25, 26 y 27 (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”).

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. En este

aspecto es deseable considerar, en las siguientes investigaciones, el identificar las características del sitio como tipo de suelo y las posibles infiltraciones de agua residual a fin de controlarlas.

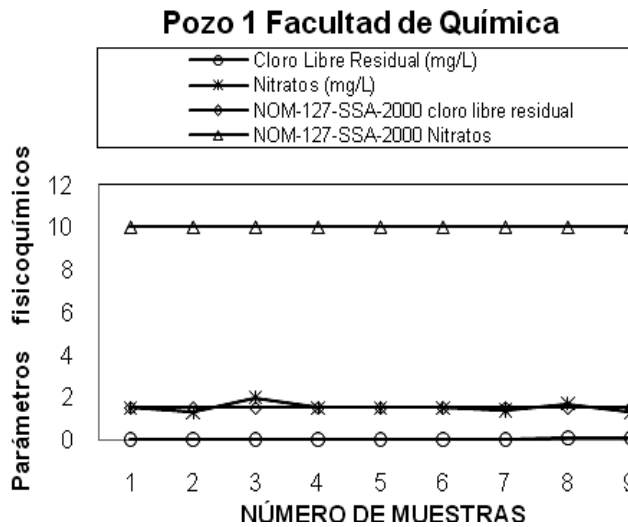


Figura 25. Parámetros fisicoquímicos evaluados en el pozo 1: Cloro libre residual y nitratos.

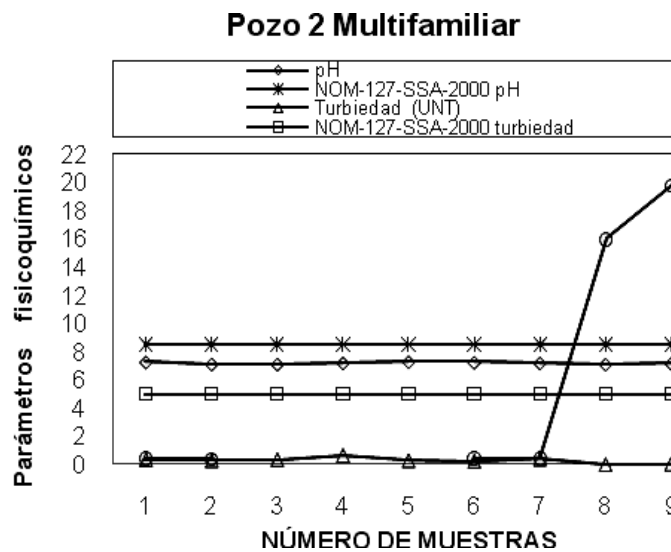


Figura 26. Parámetros fisicoquímicos evaluados en el pozo 1: pH, turbiedad y conductividad.

Adicionalmente a los análisis continuos realizados en el Instituto de Ingeniería, se enviaron muestras de cada uno de los pozos a un laboratorio certificado, con la finalidad de tener una evaluación que cumplieran con el total de los parámetros establecidos en la NOM-127-SSA1-2000, la cual se refiere a los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización en agua para uso y consumo humano (ver Tabla 5).

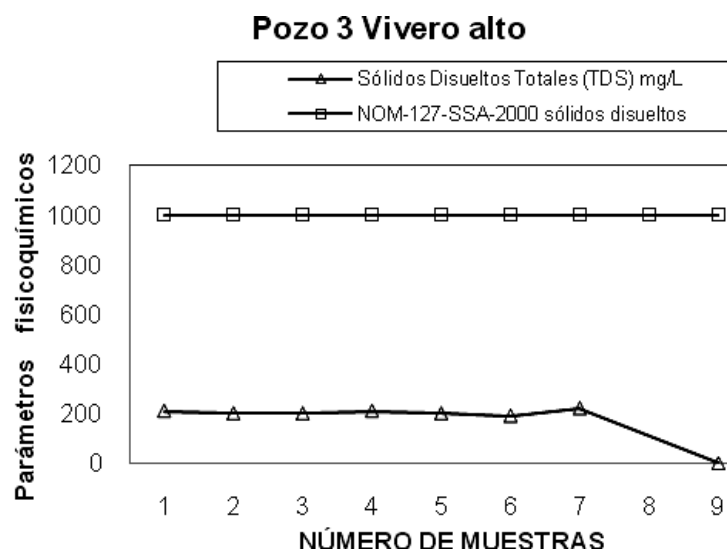


Figura 27. Comparación de parámetros fisicoquímicos evaluados en el pozo 3 con los parámetros establecidos en la norma: Sólidos Disueltos Totales.

Es de esperarse que el agua potable, incluyendo la de los pozos contenga por lo menos bajas cantidades de algunos contaminantes. Sin embargo, la presencia de contaminantes en bajas concentraciones no necesariamente indica que el agua represente un peligro para la salud. Este es el caso de los pozos del subsistema de suministro en Ciudad Universitaria, ya que tanto los resultados de los monitoreos realizados por el Instituto de Ingeniería como del laboratorio certificado demuestran que la calidad del agua es muy buena, y cumple con lo establecido por la legislación mexicana. No obstante, es necesario tener especial cuidado en el parámetro de nitratos para el pozo del Vivero alto por encontrarse cercano al límite.

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 (Tabla 5) y la norma establece un intervalo de 0.2-1.50 mg/L. Al respecto es importante realizar un diagnóstico detallado del suministro de cloro.

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.

Tanque Bajo (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”), es la estación de bombeo localizada al sur del Estadio Olímpico Universitario. Cuenta con una capacidad de 2,000 m³.

Tabla 5. Caracterización de agua potable en el subsistema de suministro de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000, evaluada por un laboratorio externo certificado.

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE PERMISIBLE	POZO 1	POZO 2	POZO 3
Aluminio	mg/L	0,20	<0,15	<0,15	<0,15
Arsénico (Nota 2)	mg/L	0,05	0,0020	0,0016	0,0018
Bario	mg/L	0,70	<0,15	<0,15	<0,15
Cadmio	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cianuros (como CN-)	mg/L	0,07	<0,02	<0,02	<0,02
Cloro residual libre	mg/L	0,2-1,50	<0,06	<0,06	<0,06
Cloruros (como Cl-)	mg/L	250,00	74	45	49
Cobre	mg/L	2,00	<0,01	<0,01	<0,01
Cromo total	mg/L	0,05	<0,02	<0,02	<0,02
Dureza total (como CaCO ₃)	mg/L	500,00	112	130	107
Fenoles o compuestos fenólicos	mg/L	0,3	<0,001	<0,001	<0,001
Fierro	mg/L	0,30	<0,015	<0,015	<0,015
Fluoruros (como F-)	mg/L	1,50	0,42	0,16	0,68
Hidrocarburos aromáticos.	µg/L				
Benceno	µg/L	10,00	<0,10	<0,10	<0,10
Etilbenceno	µg/L	300,00	<0,10	<0,10	<0,10
Tolueno	µg/L	700,00	<0,01	<0,01	<0,10
Xileno (tres isómeros)	µg/L	500,00	<0,20	<0,20	<0,10
Manganeso	mg/L	0,15	<0,01	<0,01	<0,01
Mercurio	mg/L	0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Nitratos (como N)	mg/L	10,00	0,45	1,12	2,50
Nitritos (como N)	mg/L	1,00	0,002	0,002	0,002
Nitrógeno amoniacal (como N)	mg/L	0,50	0,32	0,49	0,32
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH		6,5-8,5	7,00	7,08	6,97
Plaguicidas en microgramos/L:					
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	µg/L	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Clordano (total de isómeros)	µg/L	0,20	<0,10	<0,10	<0,10
DDT (total de isómeros)	µg/L	1,00	<0,5	<0,5	<0,5
Gamma-HCH (lindano)	µg/L	2,00	<1,00	<1,00	<1,00
Hexaclorobenceno	µg/L	1,00	<0,5	<0,5	<0,5
Heptacloro y epóxido de heptacloro	µg/L	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
Metoxicloro	µg/L	20,00	<10,00	<10,00	<10,00
2,4 – D	µg/L	30,00	<10,00	<10,00	<10,00
Plomo	mg/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005
Sodio	mg/L	200,00	35,53	19,89	24,82
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000,00	299	303	287
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/L	400,00	6	27	25
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,50	<0,01	<0,01	<0,01
Trihalometanos totales	mg/L	0,20	<0,10	<0,10	<0,10
Yodo residual libre	mg/L	0,2-0,5	<0,02	<0,02	<0,02
Zinc	mg/L	5,00	<0,01	<0,01	<0,01

Tanque Alto (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”), se ubica al lado suroeste del Estadio Olímpico Universitario. Tiene una capacidad de almacenamiento de 4,000 m³. Este tanque tiene a su vez la función de regulación del sistema de distribución.

Tanque del Vivero Alto (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”), se encuentran ubicados en el extremo suroeste de la Ciudad Universitaria, en la colindancia con el CCH Sur. Tienen una capacidad global de almacenamiento de 6,000 m³.

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, (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”).

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, en el cual se determinaron los siguientes parámetros: Cloro residual libre (mg/L), pH (en unidades de pH), Turbiedad (UTN), Sólidos disueltos totales (mg/L), Sulfatos (mg/L), Nitratos (mg/L), Nitritos (mg/L), Nitrógeno amoniacal (mg/L), Surfactantes (mg/L), Cloruros (mg/L), Dureza total (mg/L), Fenoles (mg/L), Hierro (mg/L), Fluoruros (mg/L), Hidrocarburos aromáticos (microgramos/L), Benceno (µg/L), Etilbenceno (µg/L), Tolueno (µg/L), Xileno (µg/L), Coliformes totales (UFC/100 mL), Coliformes fecales (UFC/100 mL), Plaguicidas (microgramos/L), Aldrín (µg/L) y dieldrín (µg/L), Clordano (µg/L), DDT(µg/L), Gamma-HCH (lindano) (µg/L), Hexaclorobenceno (µg/L), Heptacloro (µg/L), Metoxicloro (µg/L), 2,4 D (µg/L), Trihalometanos totales (µg/L), Yodo residual libre (mg/L), Aluminio (mg/L), Arsénico (mg/L), Bario (mg/L), Cadmio (mg/L), Cianuros (mg/L), Zinc (mg/L), Manganeso (mg/L), Mercurio (mg/L), Plomo (mg/L), Sodio (mg/L), Cobre (mg/L), Cromo total (mg/L), Color (Pt-Co), Olor y sabor, Radiactividad beta global, Radiactividad alfa global.

Algunas de las evaluaciones de la calidad del agua en el subsistema de almacenamiento, específicamente Tanque Bajo se pueden observar en las Figuras 28 y 29 y Tanque del Vivero Alto Tabla 6 (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”).

Adicionalmente a los análisis continuos realizados en el Instituto de Ingeniería, se enviaron muestras a un laboratorio certificado, con la finalidad de tener una evaluación que cumpliera con el total de los parámetros establecidos en la NOM-127-SSA1-2000, ver Tabla 7 (Anexo “Calidad del Agua en el Suministro”).

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 (medición única Tabla 6) y la norma establece un intervalo de 0.2-1.50 mg/L. En el caso del tanque del vivero alto, sólo se hizo una medición y 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 mejorar ó sustituir el sistema.

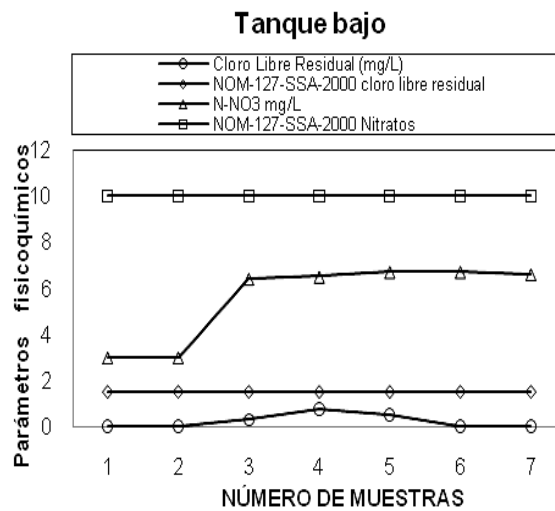


Figura 28. Comparación de parámetros fisicoquímicos evaluados en el tanque bajo con los parámetros establecidos en la norma: Cloro Libre Residual y N-NO3

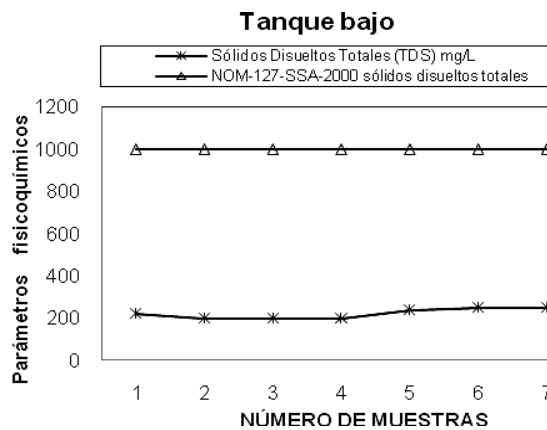


Figura 29. Comparación de parámetros fisicoquímicos evaluados en el tanque bajo con los parámetros establecidos en la norma: Sólidos Disueltos Totales.

Tabla 6. Calidad del agua del tanque Vivero Alto.

Parámetro	Unidades	MUESTREO
		1
pH		7.23
Temperatura	° C	18.2
Turbiedad	UNT	0.28
Conductividad	mS/cm	0.39
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	2.7
Cloro Libre Residual	mg/L	1.66
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	200
N-NH ₃	mg/L	<0.03
Surfactantes	mg/L	
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.00E+00
Coliformes Totales	UFC/100mL	0.00E+00
Bacterias Heterotróficas	UFC/100mL	0.00E+00

4.1.3 Puntos de Consumo de Agua Potable

En el caso de los puntos de consumo directo, se llevó a cabo la revisión de las tomas de agua potable del Instituto de Ingeniería y se llevó a cabo una revisión de las tomas en las que se encuentran instalados filtros purificadores, esto con la finalidad de tener un punto más específico de consumo, ya que es en los filtros purificadores donde se llenan los garrafones para consumo directo.

De dicha 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 (Figuras 30 y 31) 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.

Tabla 7. Caracterización de agua potable en el subsistema de almacenamiento de acuerdo con la NOM-127-SSA1-2000.

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



Figura 30. Muestreo en llave de tarja edificio 5 Instituto de Ingeniería



Figura 31. Muestreo en filtro edificio 5 Instituto de Ingeniería

Así también se llevó a cabo un muestreo adicional por el laboratorio certificado: Cloro residual libre (mg/L), pH (en unidades de pH), Turbiedad (UTN), Sólidos disueltos totales (mg/L), Sulfatos (mg/L), Nitratos (mg/L), Nitritos (mg/L), Nitrógeno amoniacal (mg/L), Surfactantes (mg/L), Cloruros (mg/L), Dureza total (mg/L), Fenoles (mg/L), Hierro (mg/L), Fluoruros (mg/L), Hidrocarburos aromáticos (microgramos/L), Benceno ($\mu\text{g/L}$), Etilbenceno ($\mu\text{g/L}$), Tolueno ($\mu\text{g/L}$), Xileno ($\mu\text{g/L}$), Coliformes totales (UFC/100 mL), Coliformes fecales (UFC/100 mL), Plaguicidas (microgramos/L), Aldrín ($\mu\text{g/L}$) y dieldrín ($\mu\text{g/L}$), Clordano ($\mu\text{g/L}$), DDT($\mu\text{g/L}$), Gamma-HCH (lindano) ($\mu\text{g/L}$), Hexaclorobenceno ($\mu\text{g/L}$), Heptacloro ($\mu\text{g/L}$), Metoxicloro ($\mu\text{g/L}$), 2,4 D ($\mu\text{g/L}$), Trihalometanos totales ($\mu\text{g/L}$), Yodo residual libre (mg/L), Aluminio (mg/L), Arsénico (mg/L), Bario (mg/L), Cadmio (mg/L), Cianuros (mg/L), Zinc (mg/L), Manganeso (mg/L), Mercurio (mg/L), Plomo (mg/L), Sodio (mg/L), Cobre (mg/L), Cromo total (mg/L), Color (Pt-Co), Olor y sabor, Radiactividad beta global, Radiactividad alfa global.

Los resultados fueron complementados y corroborados por un laboratorio certificado (Tabla 8), dicho laboratorio efectuó un muestreo en los puntos de consumo seleccionados en el edificio 5, esto con la finalidad de cubrir la totalidad de los parámetros críticos que rebasaran o se acercaran a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la normatividad mexicana para agua potable. Sin embargo cabe aclarar que un número representativo de muestreos para que los resultados del laboratorio certificado sean concluyentes al respecto son cinco, por lo que son necesarios otros cuatro muestreos. Los resultados del laboratorio certificado indican que ninguno de los parámetros que se incluyen en la NOM-127-SSA1-2000 evaluados, rebasan los límites establecidos.

Tabla 8. Calidad del agua de la llave y el filtro purificador del área de café del edificio 5 del Instituto de Ingeniería, evaluada por un laboratorio certificado externo.

Característica	Unidades	Limite permisible	Filtro	Llave
Aluminio	mg/L	0,20	<0.15	<0.15
Arsénico (Nota 2)	mg/L	0,05	0.0008	0.0007
Bario	mg/L	0,70	<0.15	<0.15
Cadmio	mg/L	0,005	<0.005	<0.005
Cianuros (como CN-)	mg/L	0,07	<0.02	<0.02
Cloro residual libre	mg/L	0,2-1,50	0.80	0.80
Cloruros (como Cl-)	mg/L	250,00	46	46
Cobre	mg/L	2,00	0.03	<0.01
Color	Pt-Co	20	0	0
Cromo total	mg/L	0,05	<0.02	<0.02
Dureza total (como CaCO3)	mg/L	500,00	125	143
Fenoles o compuestos fenólicos	mg/L	0,3	<0.001	<0.001
Fierro	mg/L	0,30	<0.015	<0.015
Fluoruros (como F-)	mg/L	1,50	0.550	0.442
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:				
Benceno	µg/L	10,00	<0.10	<0.10
Etilbenceno	µg/L	300,00	<0.10	<0.10
Tolueno	µg/L	700,00	<0.10	<0.01
Xileno (tres isómeros)	µg/L	500,00	<0.20	<0.20
Manganeso	mg/L	0,15	<0.01	<0.01
Mercurio	mg/L	0,001	<0.0005	<0.0005
Nitratos (como N)	mg/L	10,00	8.73	9.64
Nitritos (como N)	mg/L	1,00	<0.001	<0.001
Nitrógeno amoniacal (como N)	mg/L	0,50	<0.06	<0.06
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	Unidades	6,5-8,5	6.79	6.7
Plaguicidas en microgramos/l:				
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	µg/L	0,03	<0.02	<0.02
Clordano (total de isómeros)	µg/L	0,20	<0.10	<0.10
DDT (total de isómeros)	µg/L	1,00	<0.5	<0.5
Gamma-HCH (lindano)	µg/L	2,00	<1.0	<1.0
Hexaclorobenceno	µg/L	1,00	<0.5	<0.5
Heptacloro y epóxido de heptacloro	µg/L	0,03	<0.02	<0.02
Metoxicloro	µg/L	20,00	<10.00	<10.0
2,4 - D	µg/L	30,00	<10.00	<10.0
Plomo	mg/L	0,01	<0.005	<0.005
Sodio	mg/L	200,00	33.87	33.87
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000,00	323	327
Sulfatos (como SO4=)	mg/L	400,00	18	17
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	0,50	0.32	<0.01
Trihalometanos totales	mg/L	0,20	<0.10	<0.10
Turbiedad	UTN	5	0.215	0.151
Yodo residual libre	mg/L	0,2-0,5	<0.02	<0.02
Zinc	mg/L	5,00	<0.01	<0.01
Coliformes Fecales	NMP/100ml	Ausencia	<1.1	<1.1
Coliformes Totales	NMP/100ml	Aucencia	<1.1	<1.1
Cuenta estándar	UFC/100ml	----	0	1.5 x 10
Olor	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro
Sabor	Insaboro	Insaboro	Insaboro	Insaboro

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, ver Figura 32 (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”), en la cual se capta agua de los servicios generales, 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 correspondientes (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”).



Figura 32. 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 parta 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 (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”) .

Los parámetros que se evaluaron en el laboratorio externo fueron: temperatura, pH, Materia flotante, DBO5, fósforo total, grasas y aceites, N-Nitratos, N-Nitritos, nitrógeno total Kjeldahl, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, coliformes fecales, huevos de helminto, arsénico, cadmio, cianuros , cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc.

En las Figuras 33 y 34 se pueden observar algunos de los resultados de la calidad del agua residual que se genera en el edificio 5 (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada). 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, aunque cabe hacer mención que el laboratorio certificado sólo realizó un muestreo y los valores pueden variar dependiendo de las actividades que se tengan en el laboratorio y de la afluencia de personas al edificio.

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 (9.9×10^7 UFC/100 mL), que corresponde a un agua residual municipal sin tratar (en México este tipo de agua incluye doméstica mezclada con industrial), 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.

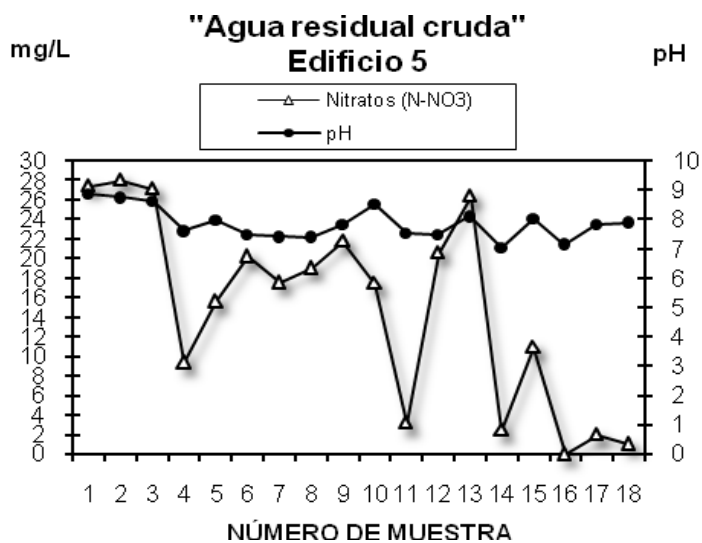


Figura 33. Parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua residual cruda proveniente del edificio 5 del Instituto de Ingeniería: Nitratos y pH

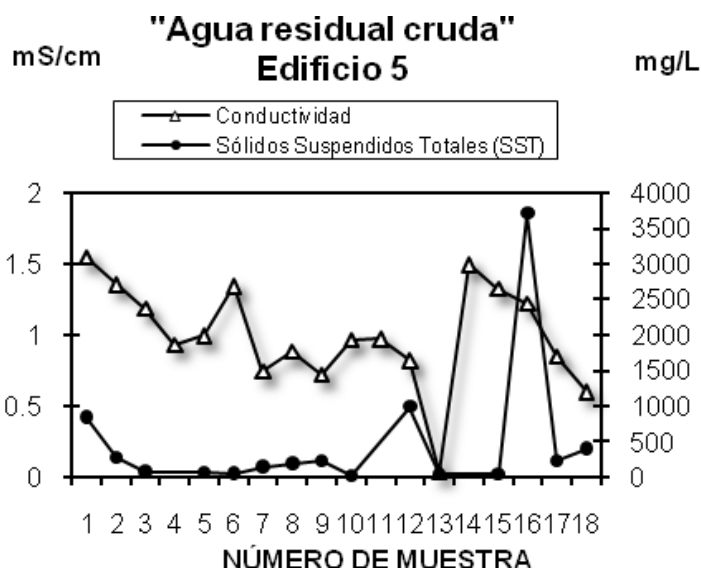


Figura 34. Parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua residual cruda proveniente del edificio 5 del Instituto de Ingeniería: Conductividad y Sólidos Suspendedos Totales

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 de agua residual 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: llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines. 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, ya sea por barreras físicas o personal de vigilancia: riego de jardines y camellones en autopistas, camellones en avenidas, fuentes de ornato, campos de golf, abastecimiento de hidrantes de sistemas contra incendio, lagos artificiales no recreativos, barreras hidráulicas de seguridad y panteones. 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).

Cabe hacer mención que determinar la calidad del agua en los procesos de una planta de tratamiento permite definir con que eficiencia está operando la planta, pero no es posible detectar cómo funciona. Por lo que es necesario llevar a cabo un estudio integral de diagnóstico hidráulico y de calidad del agua para que sea posible la detección de fallas en los procesos y diagnosticar posibles mejoras.

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), las cuales se definen como plantas de tratamiento prefabricadas (de tipo paquete) para saneamiento y reuso de aguas residuales. Además de la inspección física de las mismas, así como la selección de aquellas que se encuentran en operación y la medición del gasto. Se llevaron a cabo 9 muestreos tanto en el influente como en el efluente, en las tres plantas de tratamiento. Está en proceso el monitoreo de las planta tipo 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 Suspendedos 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, 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, Figuras 35 y 36 (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”).

Descripción.

La planta fue diseñada para tratar 40 L/s (3,456 m³/día), sin embargo está operando a una capacidad de 18-20 L/s.

Captación de aguas.

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 %.



Figura 35. Planta de Tratamiento de Cerro del Agua.

1. Colectores (3)
2. Cárcamo de bombeo de agua cruda
3. Tubería de alimentación
4. Canal de entrada
5. Tanque desarenador
6. Medidores Parshall (3)
7. Tanque de aeración
8. Caja partidora
9. Discos biológicos rotatorios
10. Cárcamo de bombeo
11. Filtro biológico
12. Sedimentadores secundarios (3)
13. Cárcamo de lodos
14. Filtros de arena (6)
15. Tanque de contacto de cloro
16. Dosificador de cloro
17. Tanque de gas cloro
18. Cárcamo de aguas de lavado y pluviales
19. Cuarto de control
20. Laboratorios
21. Oficinas
22. Subestación eléctrica
23. Tubería de alimentación a cisternas
24. Drenaje municipal

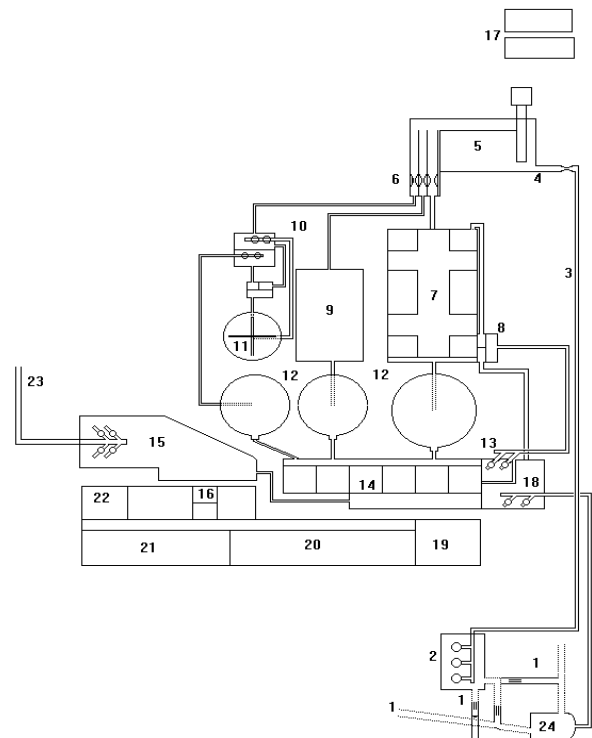


Figura 36. Diagrama de la Planta de Tratamiento de Cerro del Agua.

La planta de tratamiento de cerro del Agua está compuesta por:

Pre tratamiento.

Consiste en eliminar los sólidos orgánicos e inorgánicos pesados y de gran tamaño con el fin de facilitar los procesos subsecuentes del tratamiento, para ello, la planta cuenta con dos sistemas, en el primera, el agua pasa a través de rejillas metálicas, que separan los residuos sólidos de gran tamaño (botes, plásticos, papeles, etc.), la limpieza de estas rejillas se realiza manualmente.

La segunda etapa es el desarenador, donde se separan las arenas, gravillas y en general, los sólidos que son considerablemente más pesados que el agua por medio de sedimentación.

Medidores de flujo.

La medición de gastos se efectúa con canales Parshall, los cuales tienen una contracción o garganta que produce una elevación del nivel en función del caudal de agua que pasa a través de él. En la Planta se tienen tres medidores de éste tipo, y están colocados en paralelo para permitir la distribución de flujo a los tres procesos biológicos de tratamiento.

Tratamiento secundario

SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Es un proceso biológico aerobio con biomasa suspendida, y cuya función es la de eliminar la materia orgánica disuelta en el agua residual por la acción de microorganismos (biomasa), los cuales degradan a la materia orgánica y la convierten en materiales que es más fácilmente separable. El sistema es del tipo completamente mezclado y con aireación mecánica sumergida.

El agua residual alimenta al tanque de aireación, en el cual se tienen a los microorganismos, los cuales forman flóculos con la materia orgánica, recibiendo el nombre de lodos activados y es donde ocurre la biodegradación. El suministro de oxígeno suficiente para la degradación de la materia orgánica por los microorganismos se realiza a través de un sistema de aireadores sumergidos. Por el otro extremo del tanque sale la corriente de agua que arrastra a los lodos activados, los cuales son separados en el sedimentador secundario, los lodos tienen mayor densidad que el agua y se acumulan en la parte inferior del sedimentador secundario, el agua clarificada se derrama por la parte superior y se envía a la siguiente etapa de tratamiento. Los lodos son extraídos y conducidos por la parte inferior hacia el cárcamo de recirculación de lodos y de ahí son bombeados, ya sea al tanque de aireación o a purga.

SISTEMA DE DISCOS BIOLÓGICOS ROTATORIOS

Este sistema, al igual que el de lodos activados, sirve para eliminar la materia orgánica del agua residual por medio de microorganismos de metabolismo aerobio. Consiste de una serie de discos de material plástico (poliestireno de alta densidad) parcialmente sumergidos en un tanque al que llega el agua residual; sobre la superficie de éstos se encuentran adheridos los microorganismos que efectúan la biodegradación. Los discos se encuentran girando, de tal forma que los microorganismos se ponen en contacto con la materia orgánica y se favorece la oxigenación. El exceso de biomasa (lodos) se desprende de los discos y se incorpora al flujo de agua, y se separa de ésta en el sedimentador secundario, el cual funciona de manera similar al de lodos activados, con la diferencia de que en este sistema los lodos son desechados sin recircularse.

FILTRO ROCIADOR

La función de este sistema también es la de eliminar la materia orgánica disuelta del agua residual por acción de microorganismos predominantemente aerobios. El agua residual llega al cárcamo de alimentación del filtro y se bombea hacia un rociador instalado en la parte superior del biofiltro. El biofiltro se encuentra empacado de un material plástico y sobre la superficie de éste se encuentran adheridos los microorganismos. El agua se escurre sobre la superficie del empaque y se pone en contacto con los microorganismos, de tal forma que al escurrirse hasta la parte inferior, los microorganismos ya degradaron la materia orgánica. El agua sale de la torre y llega a la caja partidora, en la que se divide la corriente en dos: una parte se envía al primer cárcamo para recircularla y depurar la calidad; la otra parte se envía al cárcamo que alimenta al sedimentador, donde se bombea el agua al clarificador secundario y cuya función es la misma que en los otros procesos anteriores, separar la biomasa del agua tratada.

*Tratamiento terciario***FILTROS DE ARENA**

Se tienen instalados seis filtros rápidos de arena, cuya finalidad es la eliminación de partículas suspendidas en el agua tratada. El agua, al salir de los sedimentadores secundarios se une en una sola corriente y se envía a filtración. Los filtros consisten en dos cámaras, las cuales funcionan con el principio de vasos comunicantes; en la parte inferior de la primera cámara se tiene un falso fondo, sobre el cual se encuentra una capa de grava que sirve de soporte al medio filtrante (arena). Se inunda la primera cámara, forzando el paso del agua a través del filtro mediante una diferencia de nivel con respecto a la segunda cámara, las partículas suspendidas se retienen sobre la arena.

DESINFECCIÓN

Casi la totalidad del agua filtrada se envía directamente al cárcamo de agua tratada; mientras que una pequeña cantidad es bombeada hacia un dosificador de cloro, donde se prepara una solución lo suficientemente concentrada para que al unirse con la corriente principal se diluya, obteniéndose una concentración adecuada para efectuar la desinfección de la totalidad del agua tratada. Esto con el fin de no correr riesgos de infección por el manejo del agua tratada. Desde este mismo tanque se bombea el agua hacia las cisternas donde es consumida.

En las Figuras 37 y 38 se muestran algunos de los resultados obtenidos para la evaluación de la calidad del agua en las diferentes etapas de tratamiento (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”). Se determinaron parámetros fisicoquímicos para realizar una caracterización completa y evaluar el funcionamiento de la planta. No obstante la norma con la que debe cumplir el efluente de la planta de tratamiento es la 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 (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”); cuyos límites máximos permisibles dependiendo del reuso se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Límites máximos permisibles dependiendo del reuso

PROMEDIO MENSUAL					
TIPOS DE REUSO	Coliformes fecales NMP/100 mL	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y Aceites mg/L	DBO5 mg/L	SST mg/L
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	< 1	15	20	20
SERVICIOS AL PUBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	< 5	15	30	30

"Cerro del agua" Comparación del pH

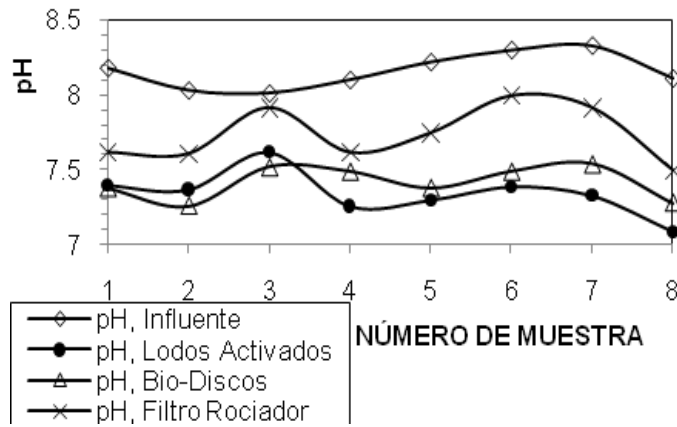


Figura 37. Comparación del pH durante el tren de tratamiento en la PTAR Cerro del agua: influentes y efluentes

"Cerro del agua" Comparación de la Conductividad (CND)

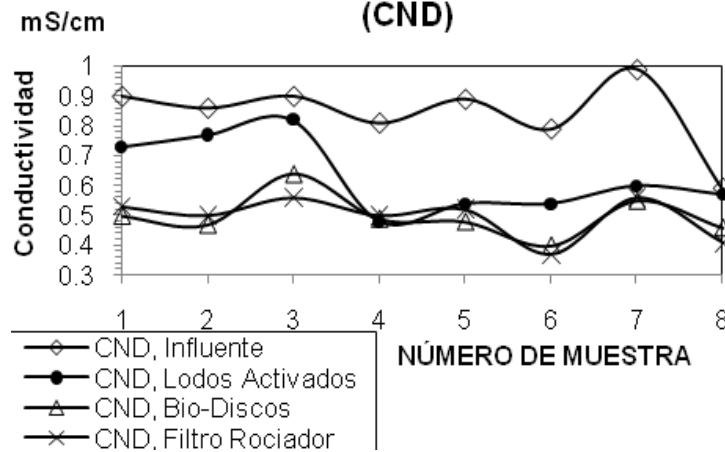


Figura 38. Comparación de la Conductividad durante el tren de tratamiento en la PTAR Cerro del agua: influentes y efluentes

El *reuso en servicios al público con contacto directo*, es aquel que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reusos: llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines.

El *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, ya sea por barreras físicas o personal de vigilancia. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reusos: riego de jardines y camellones en autopistas, camellones en avenidas, fuentes de ornato, campos de golf, abastecimiento de

hidrantes de sistemas contra incendio, lagos artificiales no recreativos, barreras hidráulicas de seguridad y panteones.

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 DBO5 (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 (1×10^1 a 1×10^3 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 (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”) 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. Es conveniente mencionar que se siguen haciendo análisis en el Instituto de Ingeniería y se está haciendo la recopilación de información de los análisis de se hacen directamente en la planta. Por otra parte, se observó que la planta no opera a su capacidad de diseño (40 l/s), ya que actualmente opera entre 18 y 20 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.

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 40 L/s en la planta para tratamiento de aguas residuales Cerro del Agua de Ciudad Universitaria.

La metodología propuesta es:

- Recopilación de antecedentes históricos (tesis, bitácoras, etc.)
- Elaboración de un diagnóstico preliminar de los procesos que componen sistema de tratamiento, con base en resultados históricos y en el proyecto PUMAGUA, que permita proponer acciones generales de rehabilitación.
- Caracterización y medición de caudales, en los tres colectores de aguas residuales que alimentan a la planta de tratamiento de CU, para garantizar las obras a realizar.
- Determinación y descripción de procesos y componentes requeridos, modificados o nuevos, para producir un caudal promedio de 40 L/s.

- Propuesta de un sistema que cumpla con 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.

Resultados obtenidos

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Se logró reunir un total de 19 tesis relacionadas con la caracterización o el tratamiento de las aguas residuales de Ciudad Universitaria, que datan desde 1969 a la fecha.

ANÁLISIS DE LOS DATOS PROPORCIONADOS (2001-2008) POR EL LABORATORIO DE LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DE CIUDAD UNIVERSITARIA, UNAM

La planta de aguas residuales Cerro del Agua de Ciudad Universitaria es alimentada con la mezcla de las descargas de tres colectores: *a)* Copilco el Alto, *b)* Zona Antigua de C.U. y *c)* zona de Institutos de C. U. Después de un sistema de rejillas y mediante un sistema de bombeo, el agua es conducida hacia un pretratamiento (desarenador). A su salida, el agua pretratada entra a un canal que es controlado por tres compuertas y sus respectivos medidores de caudal, desde donde se divide el gasto de agua residual hacia los tres procesos biológicos existentes: lodos activados, discos biológicos rotatorios y filtro percolador. Los efluentes tratados biológicamente y clarificados en sus respectivos sedimentadores secundarios, se juntan de nuevo para alimentar a los seis filtros con cama de arena. Por último, el agua filtrada es sometida a una desinfección con cloro para su conducción por bombeo hacia las cisternas de almacenamiento, desde donde será reutilizada en el riego de áreas verdes.

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, ver Figura 59 (Anexo “Calidad de agua residual y tratada”), 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. La Figura 59 b del anexo de agua residual tratada sobre la demanda química de oxígeno (DQO) contiene información sobre un aumento más radical en la composición de material orgánico viable de ser oxidado por un compuesto químico oxidante (dicromato de potasio) a una alta temperatura y otras condiciones estandarizadas. 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, ver Figura 39).

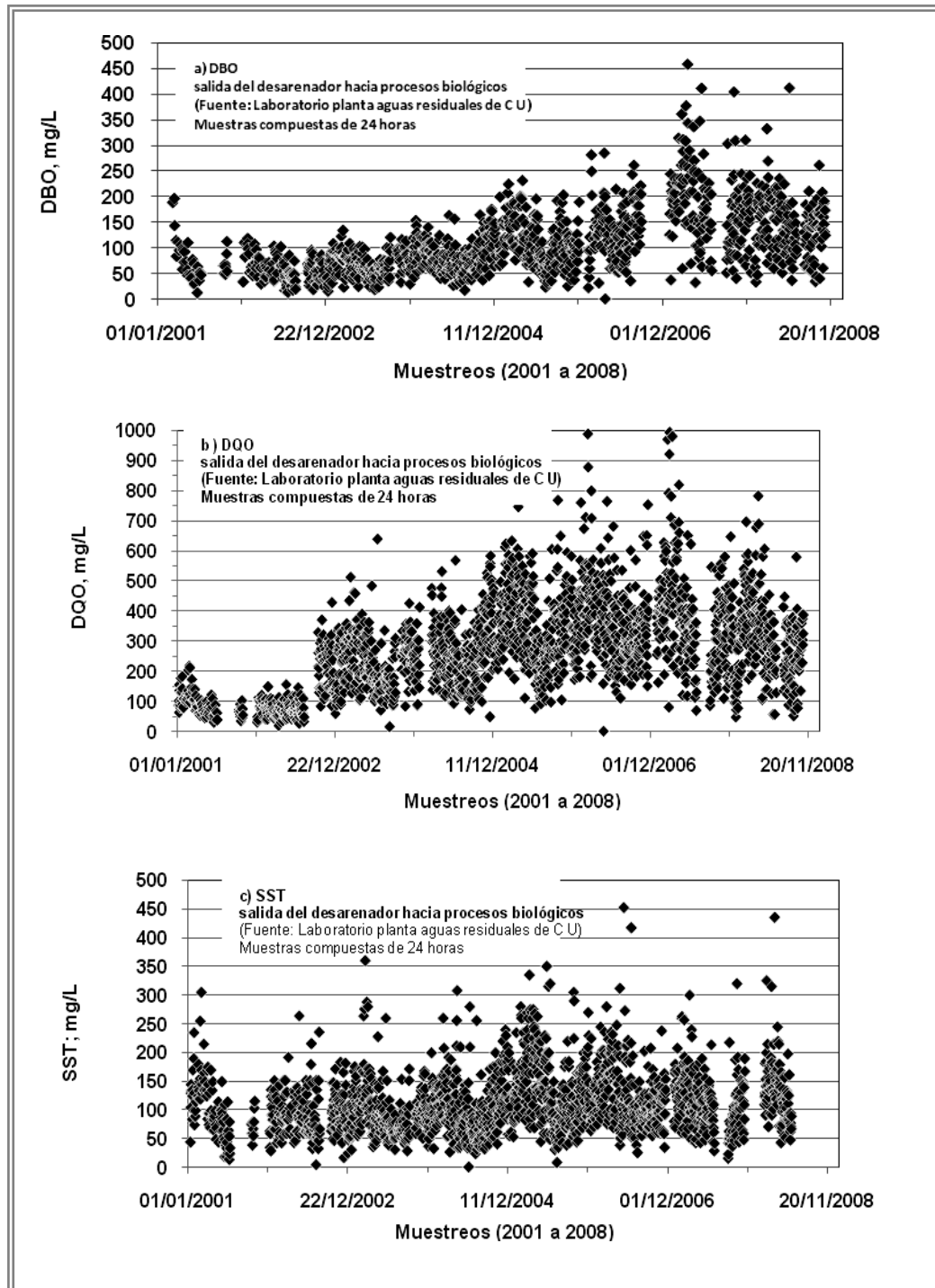


Figura 39. a, b, y c. Datos registrados para a) DBO, b) DQO y c) SST, en el periodo de 2001 a 2008, en la alimentación a los procesos biológicos de la planta de aguas residuales de Ciudad Universitaria.

Al graficar los histogramas de frecuencias y frecuencias acumuladas para valores de DBO y DQO que se midieron durante los periodos que comprenden los años de 1° de enero de 2001 a 31 de diciembre de 2005 y 1° de enero de 2006 a 31 de diciembre de 2008, Figura 40 a, b, c d y e (Anexo “Calidad de agua residual y tratada”), se obtiene que:

1. En el primer periodo la DBO y DQO tenían promedios de 80 y 240 mg/L, respectivamente. Además de que, en 84 de cada 100 días dichos valores eran menores de 120 y 375 mg/L, respectivamente, (Figura 40 a y b).
2. En cambio, en el periodo más reciente, 2006 a 2008, los promedios son de 150 mgDBO/L y 350 mgDQO/L y, en 84 de cada 100 días estos valores son iguales o menores que 220 y 500 mg/L, respectivamente. Es decir, la DBO se ha duplicado y la DQO ha aumentado 1.5 veces con respecto al periodo 2001-2005, (Figura 40 d y e).
3. Los sólidos suspendidos totales que se alimentan con al agua cruda aumentaron ligeramente, el promedio aumentó de 110 a 125 mgSST/L. El 84% del tiempo los SST eran iguales o menores que 170 mgSST/L, y de 2006 a 2008 son iguales o menores que 185 mgSST/L, (Figura 40 c y f).

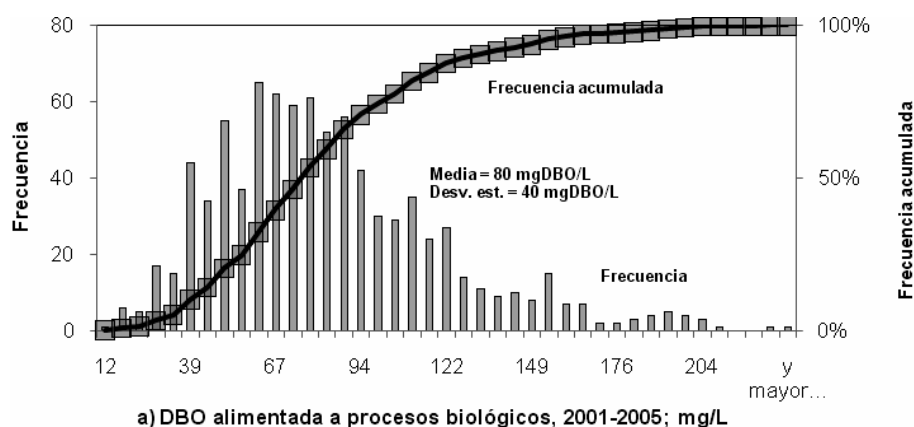


Figura 40.0 a. Histogramas de frecuencias y frecuencias relativas acumuladas para los datos de DBO durante dos periodos de medición, años completos de 2001 a 2005 y de 2006 a 2008.

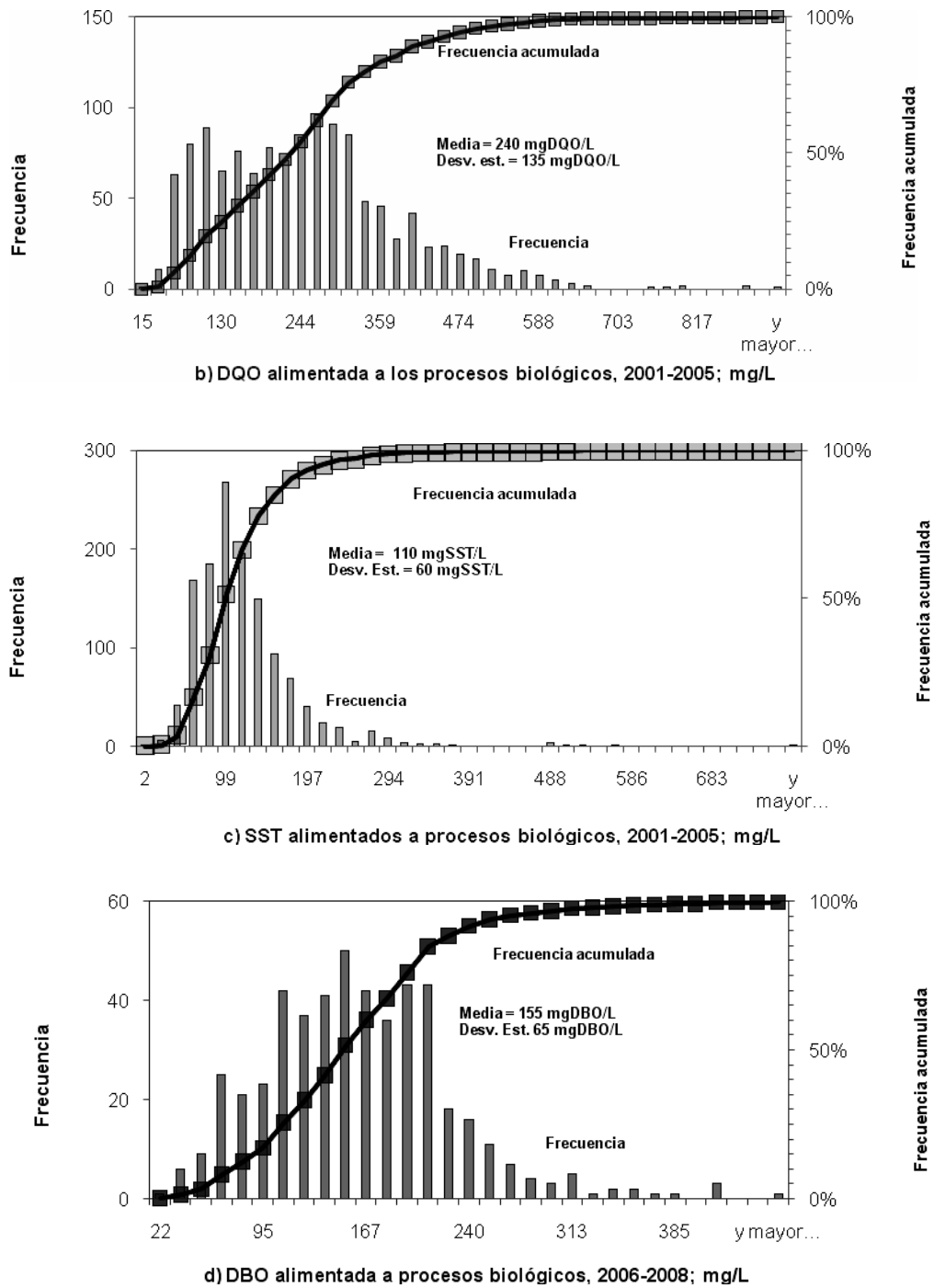
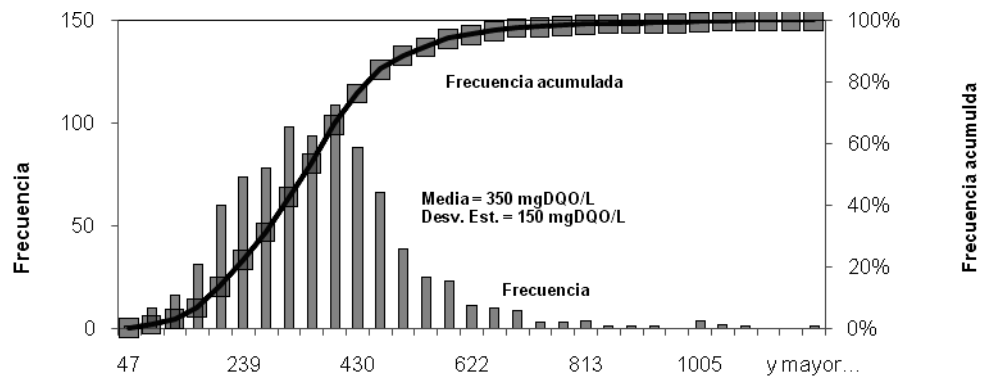
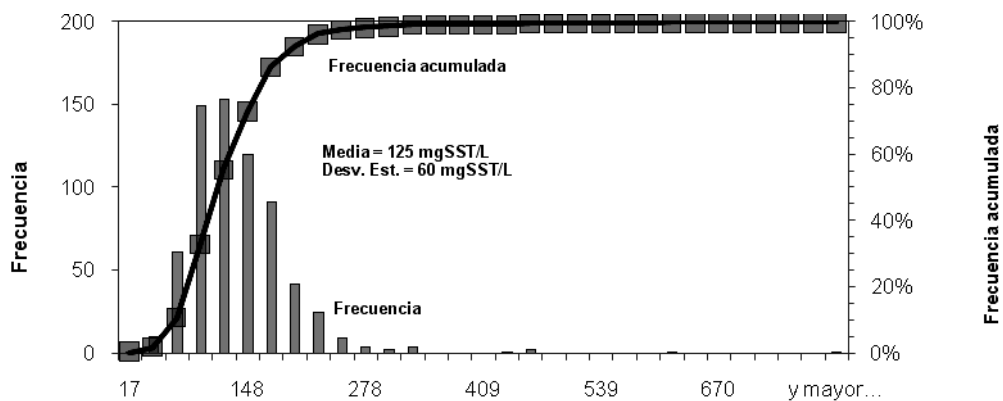


Figura 40.0 b, c, d. Histogramas de frecuencias y frecuencias relativas acumuladas para los datos de DBO, DQO y SST durante dos periodos de medición, años completos de 2001 a 2005 y de 2006 a 2008.



e) DQO alimentada a procesos biológicos, 2006-2008; mg/L



f) SST alimentados a procesos biológicos, 2006-2008; mg/L

Figura 40.0 e y f. Histogramas de frecuencias y frecuencias relativas acumuladas para los datos de DQO y SST durante dos periodos de medición, años completos de 2001 a 2005 y de 2006 a 2008.

En la Figura 41 a, b y c del anexo de agua residual tratada, 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.

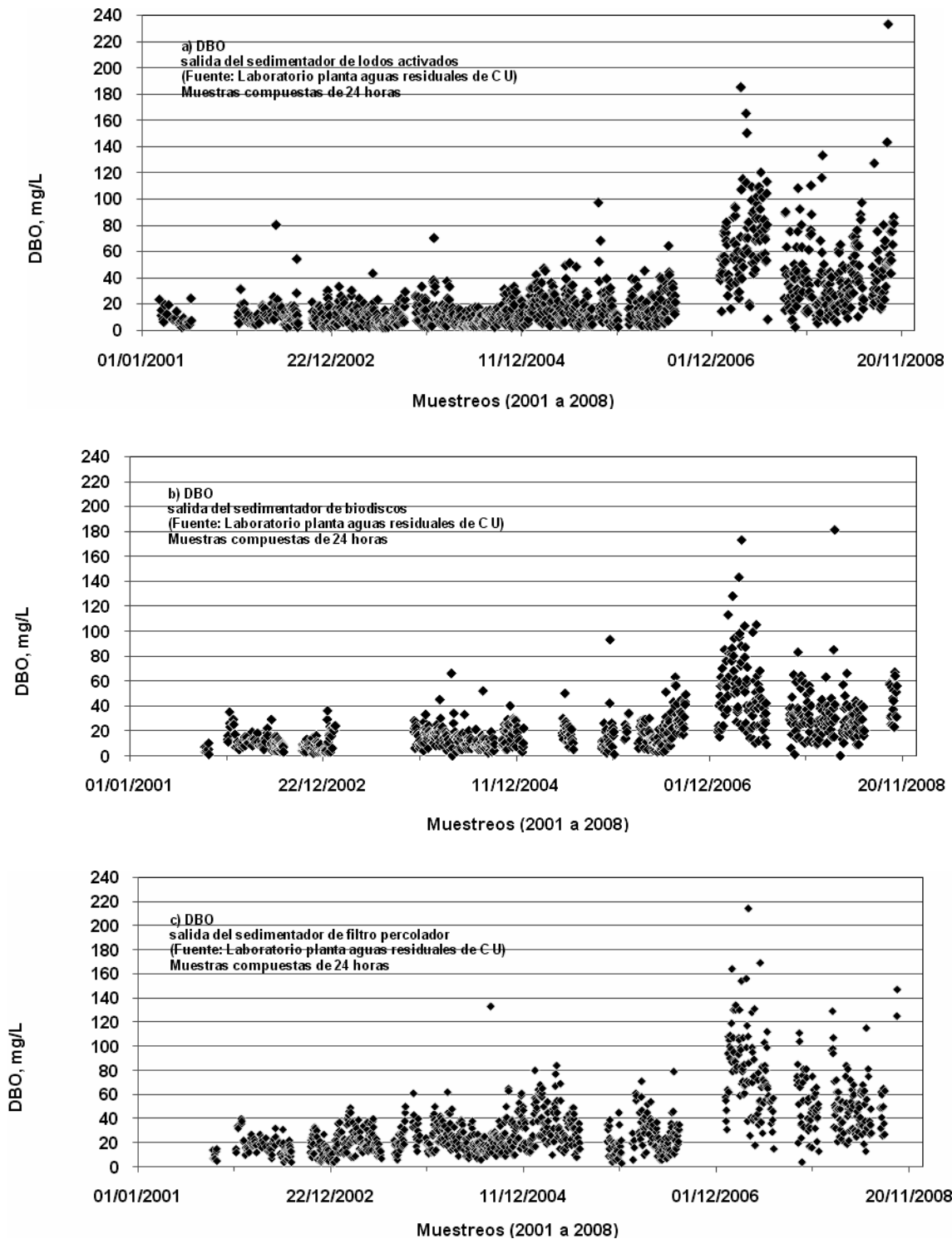


Figura 41.0 a, b y c. Valores de la DBO que escapa de los sedimentadores correspondientes a los tres procesos biológicos de la planta de aguas residuales de Ciudad Universitaria: a) lodos activados, b) biodiscos y, c) filtro percolador.

En el histograma de frecuencias acumuladas de la Figura 42 a y b del anexo de agua residual tratada 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, Figura 42 b.

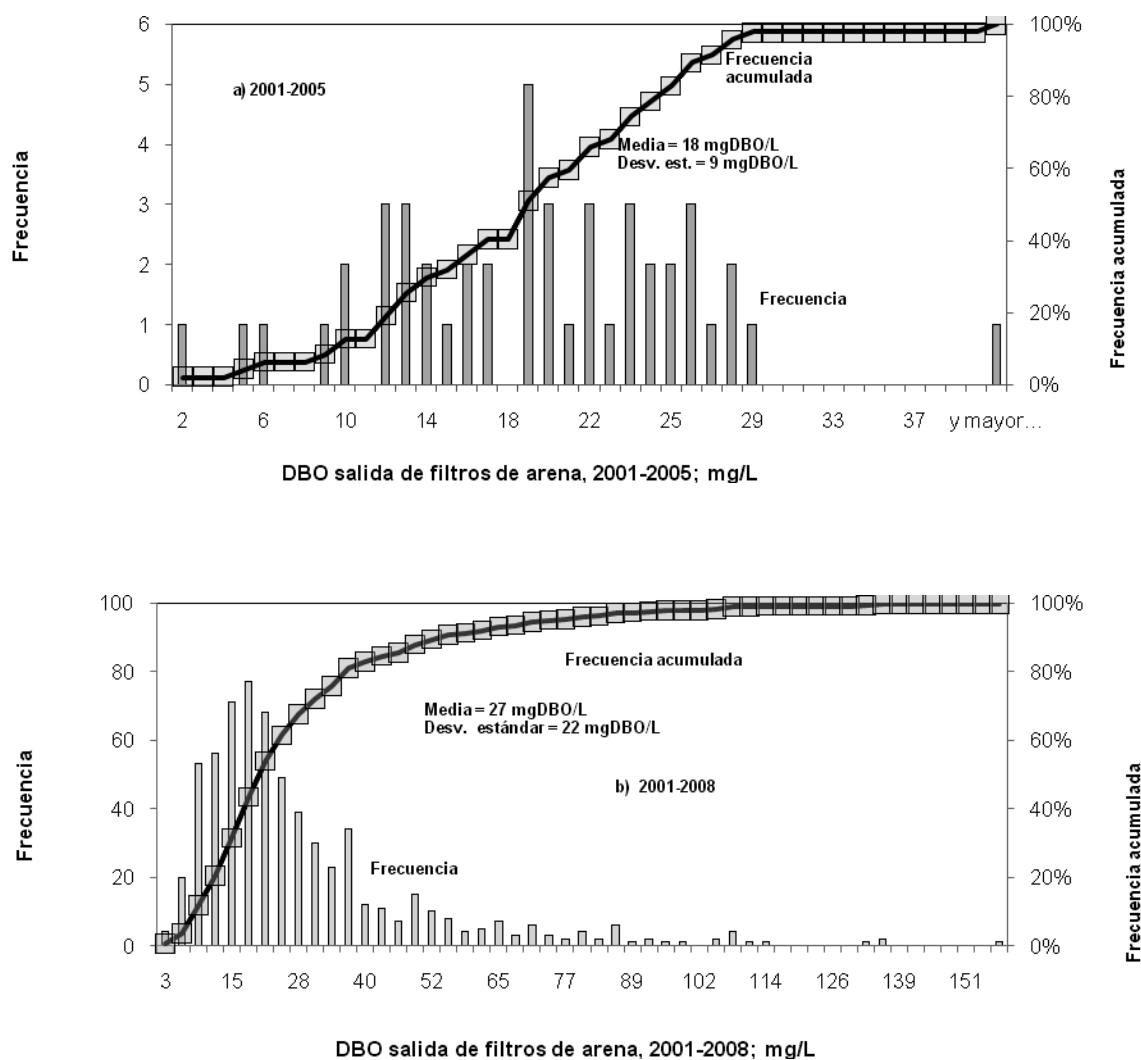


Figura 42.0 a y b. Histogramas de frecuencias acumuladas relativas para DBO que escapa al pulimento en filtros de arena: a) periodo 2001-2005 y, b) periodo 2001-2008.

Evaluación

A continuación los avances en la evaluación de la capacidad de los procesos biológicos instalados. Cabe destacar que el grupo se reunió la primera semana de diciembre en un taller de discusión técnica, que permitió ahondar más en la revisión de los procesos y en la propuesta de nuevas alternativas, con objeto de concluir el diagnóstico y avalar así los resultados. El proyecto deberá incluir los requerimientos necesarios en que se basen las distintas opciones que permitirían incrementar el caudal a 40 L/s.

La planta de C.U. se compone de tres procesos biológicos, en paralelo, para remoción de contaminantes: biodiscos, filtros rociadores y lodos activados.

Los discos biológicos rotatorios o biodiscos (ver Anexo “Calidad de agua residual y tratada”) presentan como una de sus principales ventajas con respecto al sistema de lodos activados, una considerable disminución en los costos de operación y mantenimiento. Las condiciones biológicas en el tanque del biodisco, que funciona como un sistema completamente mezclado, favorecen la floculación de la materia orgánica en suspensión contenida en el agua residual. Los sólidos en suspensión del agua residual cruda y los sólidos producto del desprendimiento de biomasa que se desarrolla sobre la superficie de los biodiscos, fluyen fuera del reactor con el efluente para ser removidos en el sedimentador secundario.

El sistema más utilizado para plantas pequeñas es el de densidad de área estándar, esto se debe a que un tanque con solamente un sistema de biodiscos se pueden dividir en tres etapas con base en el área superficial (comúnmente: 50-25-25%). En el caso de CU se tienen en tres compartimientos completamente mezclados los discos cuyas sumas de áreas son: 4590 m², 2081 m² y 2081 m² (Autrotrol corporation, 1981). El diámetro de los discos es de 3.60 m. Que a su vez está instalado en un eje de 8.4 m de longitud, con 7.6 m (25 pies) ocupados por los discos. Se trata de un sistema estándar en que se recibe una mayor DBO soluble sin garantizar la nitrificación.

El parámetro básico que rige el proceso biológico es la carga orgánica, definida como la tasa de alimentación del sustrato a la masa unitaria de microorganismos. En el caso de Biodiscos, en vez de masa de microorganismos presentes en la biopelícula que se adhiere a las placas plásticas, se utiliza la unidad de área expuesta. Anteriormente la mayoría de los fabricantes especificaba una carga orgánica máxima de 19.5 g DBOsoluble/m²·d. Por encima de esta carga orgánica se tiene que la transferencia de oxígeno es una limitante. Sin embargo, actualmente se recomienda limitar la carga orgánica máxima, aplicada en cualquiera etapa de un sistema de biodiscos con ejes de 8.2 m, a un máximo entre 12 y 15 g DBOdisuelta/m²·d, o el doble para DBO total. Bajo estas condiciones se espera sólo remover material orgánico carbonos y alcanzar una DBOdisuelta efluente menor que 15 mg/l.

La carga orgánica aplicada con respecto al sistema debe limitarse, de forma conservadora para tratamiento secundario sin nitrificación, a un medio de 24 g DBOtotal/m²·d. Es decir a 12 g DBOtotal/m²·d para que la carga orgánica aplicada en la primera etapa sea el máximo de 24 g DBOtotal/m²·d

Para $12 \text{ g DBO}_{\text{total}}/\text{m}^2\cdot\text{d}$, $200 \text{ mg DBO}_{\text{total}}/\text{L}$ y 8752 m^2 , se tiene que el caudal debe limitarse a $525 \text{ m}^3/\text{d}$ (6 L/s). Valor prácticamente igual al que actualmente se trata en el biodisco de la planta de C.U. Si se disminuye el caudal tratado por debajo de 6 L/s se podría reducir la carga orgánica aplicada en busca de mejor calidad del efluente tratado.

La función de filtros rociadores consiste básicamente en aplicar un caudal controlado de agua residual previamente sedimentada a un lecho filtrante, natural o artificial, el cual, se cubre con una capa biológica predominantemente aerobia, capaz de remover la materia orgánica soluble y coloidal de las aguas a tratar. Cuando se usan filtros rociadores en el tratamiento de aguas residuales domésticas, éstos usualmente son precedidos de un clarificador primario, colocándose posteriormente un clarificador final o secundario. En principio el proceso de filtros rociadores tiene la biomasa adherida a un medio de soporte fijo. Así, no se requiere la recirculación de biomasa sedimentada.

El efluente del sedimentador primario es aplicado al medio del filtro con la percolación del flujo. La superficie del medio rápidamente es cubierta con una sustancia viscosa, como gelatina, la sustancia viscosa contiene entre otros muchos microorganismos a bacterias. Esta biopelícula remueve compuestos orgánicos solubles y suspendidos por adsorción y asimilación. Para el metabolismo aerobio, el oxígeno es suministrado por circulación de aire natural o forzado a través de los espacios vacíos en el medio filtrante.

La cantidad de biomasa producida está controlada por la cantidad de sustrato orgánico disponible. La cantidad de biomasa aumenta en la superficie del medio cuando la carga orgánica y la concentración se incrementan hasta que se alcanza un espesor efectivo máximo. Este espesor máximo es controlado por factores físicos que incluyen la carga hidráulica, tipo de medio de soporte, tipo de materia orgánica, cantidad de nutrientes esenciales, temperatura y naturaleza del crecimiento biológico. Durante la operación del filtro rociador una parte de la película biológica se desprende, periódica y continuamente.

La recirculación del efluente del filtro rociador (ver Anexo “Calidad de agua residual y tratada”) es un herramienta operacional conveniente que ha sido utilizada para mejorar la eficiencia del filtro en muchas aplicaciones. El incremento del gasto total mejora la distribución y reduce la posibilidad de que la biopelícula se seque parcialmente.

El filtro percolador de la planta de CU consiste de un tanque cilíndrico de 3.06 m de diámetro interior y altura empacada de 5.90 m . El filtro está empacado con módulos plásticos de $60 \times 60 \times 120 \text{ cm}$ con una superficie específica de $140 \text{ m}^2/\text{m}^3$. El empaque posee un diseño de hoja acanalada de interconexión que permite una mayor redistribución de aire y agua residual (Hidalgo Pacheco, 1989). La marca comercial es Bio Dek B 19060 de Munrters, Co, con una relación de espacios vacíos de 95% (Avila Ocampo, 1987).

Al considerar que la carga orgánica para filtros rociadores es la tasa de alimentación de sustrato por unidad de volumen, se tiene que para tratamiento secundario (sin nitrificación completa) cuando se busca producir efluentes con DBO entre 15 y 30 mg/L la carga orgánica en la mayoría de los casos prácticos está entre 0.3 y $1.0 \text{ kg DBO}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ (Metcalf, 2003).

Entonces, un caudal adecuado para 200 mg DBO_{total}/L que se alimentan a un volumen empacado es de 43 m³, estaría comprendido entre 64.5 m³/d (0.75 L/s) y 215 (2.5 L/s).

Por lo tanto si el sistema se opera a 5.8 L/s es porque se han hecho ajustes durante la operación para aprovechar el hecho de que es un medio de empaque con mayor área superficial que el utilizado sólo para remoción de materia orgánica carbonosa, y por tanto tiene mayores riesgos de taponamiento ante aguas concentradas. Sin embargo, se sacrifica cantidad por calidad de agua.

El proceso de lodos activados implica la aeración del agua residual y el mantenimiento de un cultivo microbiológico suspendido, por recirculación de lodos sedimentados.

Si se considera que la carga orgánica aplicada en lodos activados, es con respecto a los sólidos suspendidos volátiles en el reactor, para las condiciones de operación de 600 mgSSV/L, 200 mgDBO/L y caudal de 10 L/s, en un volumen de 468 m³, se tiene una carga orgánica de 0.6 kgDBO/kgSSV-d, muy por encima de las recomendaciones para una calidad de agua para reuso en riego de áreas verdes con contacto directo. Cabe aclarar que los sistemas de difusión de aire son una limitante, una vez que la concentración de oxígeno molecular en el medio líquido no sobrepasa de 0.5 mg/L. Valor deficiente.

En el caso de que la aireación (ver Anexo “Calidad de agua residual y tratada”) no sea una limitante, y que los SSV alcanzaran una concentración de 2500 mgSSV/L, al despejar el caudal permisible para una carga orgánica para tratamiento secundario, de 0.33 kgDBO/kgSSV-d, en que la DBO puede ser hasta de 30 mg/L, se tiene un valor de 1930 m³/d (22 L/s). El tiempo de residencia hidráulica (V/Q) sería de 5.8 h.

Si se aplica una carga orgánica menor (0.16 kgDBO/kg SSV-d) para asegurar la calidad del agua para el reuso en riego por aspersores, el caudal se reduciría a la mitad de 22 L/s.

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.

Descripción

Esta planta de tratamiento se terminó de construir en 1999 y fue diseñada para tratar 7.5 l/s, provenientes de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, la Tienda UNAM, el Instituto de Investigaciones Antropológicas, la Filmoteca y TV UNAM, ver Figuras 43 y 44 (ver Anexo

“Calidad del Agua Residual y Tratada”). Debido a la falta de infraestructura para conducir agua residual hasta esta planta, actualmente está operando entre 1 - 1.9 l/s.



Figura 43 Planta de Tratamiento de la facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

Pre tratamiento

Las aguas residuales llegan a través de tres colectores a un primer cárcamo, denominado como de Captación. Este tanque cuenta con un arenero y una rejilla de cribado grueso. Posteriormente, el agua es bombeada a una rejilla de cribado fino. La función del pretratamiento es separar los sólidos gruesos y las arenas, esto con el fin de no afectar a los siguientes procesos.

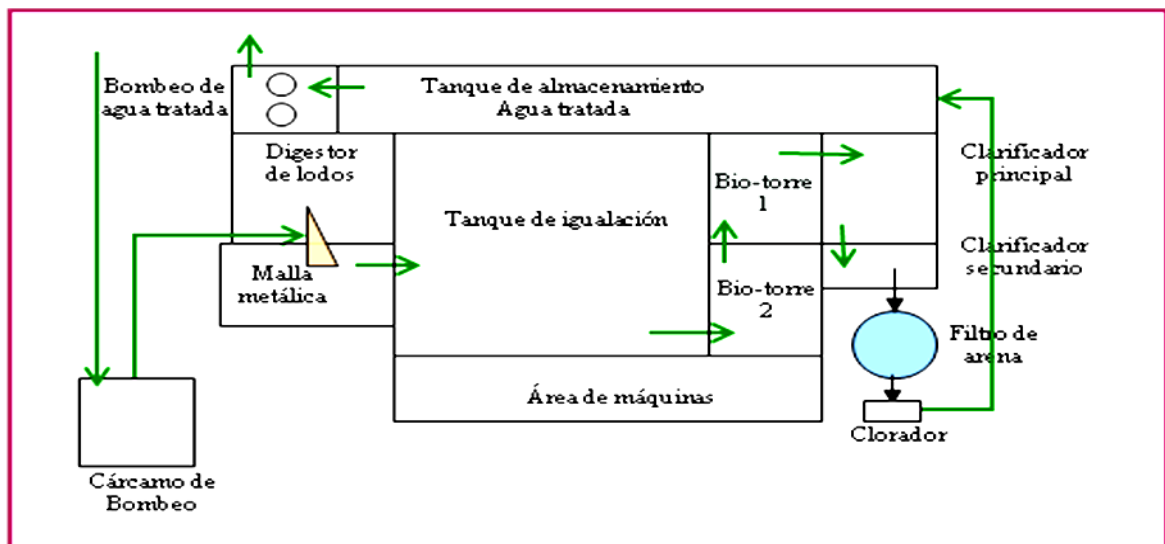


Figura 44. Diagrama de la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales

Igualación

Después de la rejilla de cribado fino, 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. Este tanque cuenta con dos bombas sumergibles y una tubería de retorno para regular el gasto que se suministra.

Tratamiento secundario**REACTORES BIOLÓGICOS**

La parte medular de esta planta son los reactores biológicos, los cuales son del tipo de biopelícula suspendida aerobia. Se tienen dos torres empacadas con un medio sintético y conectado en serie. La aireación se lleva cabo por medio de difusores de burbuja gruesa localizados en el fondo del tanque. En estos reactores se tienen microorganismos adheridos al medio y se encargan de transformar la materia orgánica disuelta en el agua en partículas que sean más fácilmente separables, a través del metabolismo de los mismos.

SEDIMENTADOR SECUNDARIO

El efluente de los reactores biológicos se conduce hasta el sedimentador secundario, en el cual se separan los lodos biológicos del agua tratada. Este sedimentador es de placas paralelas (lamelas), las cuales favorecen la separación de los sólidos. Los lodos son extraídos desde el fondo por medio de una bomba sumergible y conducidos hasta el digestor. El efluente es enviado al tanque de alimentación del filtro de arena.

Tratamiento terciario**FILTRO DE ARENA**

La función del filtro de arena es separar del agua tratada los sólidos suspendidos de ella. Para esto, el agua se hace pasar a través de un lecho de arena. El filtro es del tipo a presión y para su funcionamiento requiere de una bomba auxiliar que genere la carga necesaria para vencer la caída de presión del filtro y de una válvula que dirija el caudal desde y hacia las diferentes partes del filtro en sus fases de operación.

DESINFECCIÓN

La desinfección se lleva a cabo en la línea de descarga del filtro de arena, en la cual se dosifica una solución de hipoclorito de sodio mediante una bomba peristáltica.

CISTERNA DE ALMACENAMIENTO

Una vez tratada el agua, ésta se conduce hasta un tanque donde se almacena y desde el cual se maneja para su aprovechamiento.

DIGESTOR DE LODOS

El digestor instalado es del tipo aerobio, en el cual se confinan los lodos biológicos el tiempo suficiente para efectuar su estabilización. La aireación se lleva a cabo mediante difusores de aire de burbuja gruesa desde el fondo del tanque. Una vez digeridos los lodos, se bombean al tanque de acondicionamiento para su posterior deshidratación.

ACONDICIONADOR DE LODOS

En este tanque, los lodos digeridos se preparan para su deshidratación, este acondicionamiento se logra mediante la aplicación de algún reactivo que permita la agregación de los lodos y facilitar su filtración, para este caso se emplea hidróxido de calcio.

FILTRO PRENSA

El filtro prensa es el equipo con en cual se deshidratan los lodos para su posterior manejo y disposición.

En las figuras 45 y 46 se muestran algunos de los resultados obtenidos del análisis físico-químico del agua residual en sus diferentes etapas de tratamiento, provenientes de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales (ver Anexo "Calidad del Agua Residual y Tratada"). Se determinaron parámetros fisicoquímicos para realizar una caracterización completa y evaluar el funcionamiento de la planta. La norma con la que debe cumplir el efluente de la planta de tratamiento es la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SEMARNAT-1997.

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.

La planta de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales tampoco opera a la capacidad de diseño que es de 7.5 /s, ya que se determinó que opera entre 1 y 1.9 l/s.

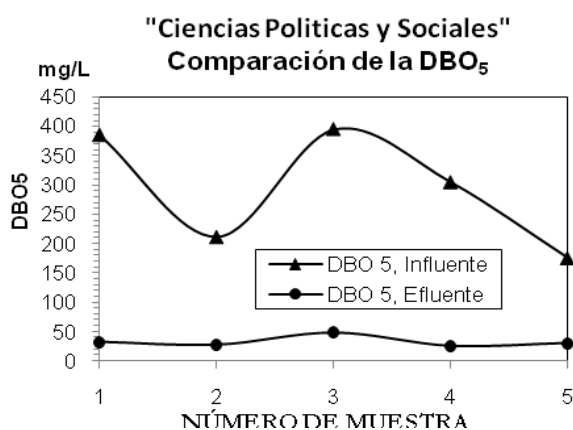


Figura 45. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno₅ durante el tren de tratamiento en la PTAR de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales: influente y efluente

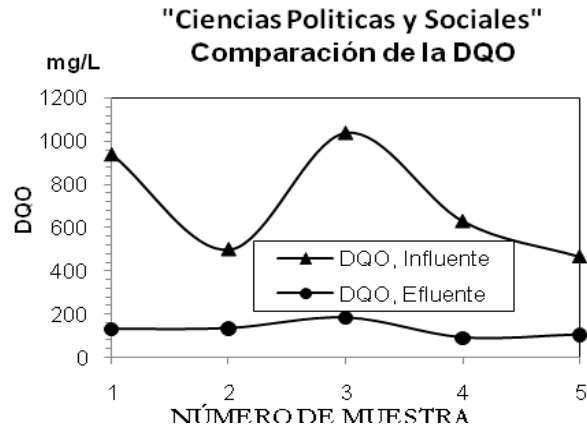


Figura 46. Comparación de la Demanda Química De Oxígeno durante el tren de tratamiento en la PTAR de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales: influente y efluente

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.

Descripción

Esta planta de tratamiento se terminó de construir en 2007 y fue diseñada para tratar 0.05 L/s (3 m³/d), provenientes de los edificios 12 y 18 del Instituto de Ingeniería, ver Figuras 47 y 48 (ver Anexo "Calidad del Agua Residual y Tratada").

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.



Figura 47. Planta de Tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería

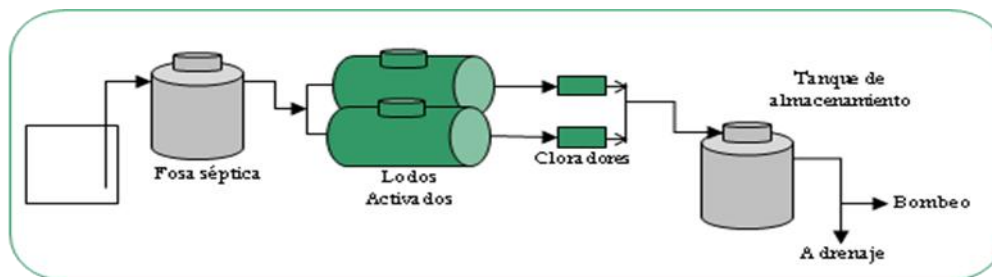


Figura 48. Diagrama de la Planta de Tratamiento del edificio 12 del Instituto de Ingeniería.

Tratamiento primario

Cárcamo de bombeo.

Las aguas residuales son captadas en el cárcamo de bombeo, llegan a través de tres colectores a un cárcamo de bombeo, dos colectores provienen del edificio 12 y un tercer colector viene del edificio 18, el cárcamo cuenta con una bomba sumergible que bombea el agua hacia la fosa séptica.

FOSA SÉPTICA

El agua llega a la fosa séptica donde además de regular las cargas hidráulica y orgánica también se dosifica la alimenta a los tanques contenedores de los lodos activados. La fosa cuenta con una bomba sumergible, con la cual abastece a los tanques de lodos.

Tratamiento secundario

SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.

Es un proceso biológico aerobio con biomasa suspendida, y cuya función es la de eliminar la materia orgánica disuelta en el agua residual por la acción de microorganismos (biomasa), los cuales degradan a la materia orgánica y la convierten en materiales que es más fácilmente separable.

Tratamiento terciario

FILTRO DE ARENA

La función del filtro de arena es separar del agua tratada los sólidos suspendidos de ella. Para esto, el agua se hace pasar a través de un lecho de arena. El filtro es del tipo a presión y para su funcionamiento requiere de una bomba auxiliar que genere la carga necesaria para vencer la caída de presión del filtro y de una válvula que dirija el caudal desde y hacia las diferentes partes del filtro en sus fases de operación.

DESINFECCIÓN

La desinfección se lleva a cabo en la línea de descarga, en la cual se dosifica una cantidad de cloro mediante un dosificador.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El sistema de almacenamiento consta de 2 Tanques de plástico con una capacidad de 5000L cada uno, el agua es guiada hasta estos dispositivos donde se almacena y posteriormente es bombeada a los tanques de almacenamiento del edificio 12, los cuales abastecen la demanda de agua en sanitarios.

En las Figuras 49 y 50 se muestran algunos de los resultados obtenidos de 35 muestreos realizados desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”). 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.

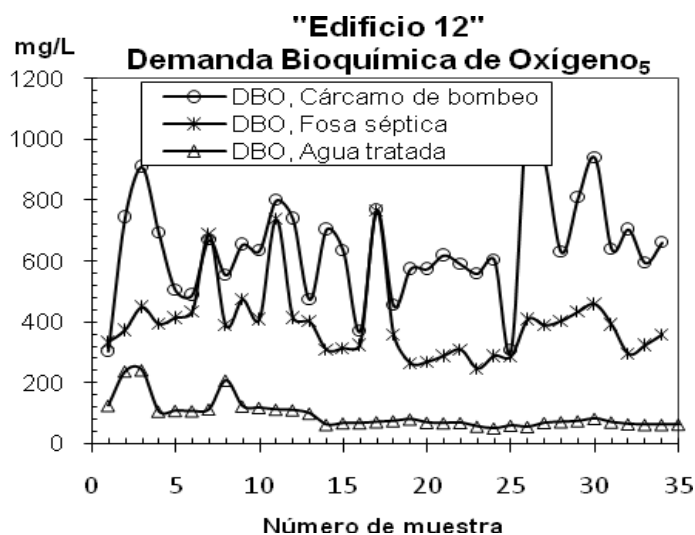


Figura 49. Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno₅ durante el tren de tratamiento en la PTAR del edificio 12 del Instituto de Ingeniería: influentes y efluente

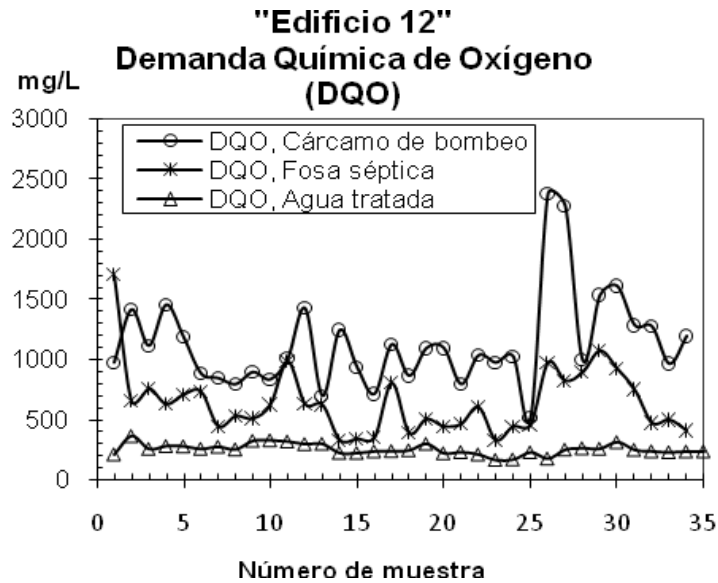


Figura 50. Comparación de la Demanda Química de Oxígeno durante el tren de tratamiento en la PTAR del edificio 12 del instituto de Ingeniería: influentes y efluente

Es necesario mencionar que durante los muestreos, los responsables de la operación de la planta, también estuvieron realizando ajustes en los procesos y actualmente se siguen adecuando, por lo que se siguen haciendo monitoreos para evaluar el funcionamiento de la planta conforme se van haciendo los ajustes. Como ya se menciona, la planta del Instituto de Ingeniería opera a una capacidad del 50% respecto a su capacidad de diseño. 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 (ver Anexo "Calidad del Agua Residual y Tratada").

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, sus características geológicas (pedregal de roca basáltica), hacen muy difícil y costoso la introducción de redes de drenaje.

Su instalación es expedita, no emplea equipo y funciona con microorganismos que se desarrollan en forma natural dentro del reactor, de tal suerte que no requiere de insumos, lo cual simplifica su operación y reduce su mantenimiento a la extracción temporal de los lodos, mismos que se digieren plenamente y que son fácilmente de acondicionar para su disposición final, acorde con lo que establecen las normas ecológicas.

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, un ejemplo de ellas se pueden ver en las Figuras 51 (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”).



Figura 51. Viviero alto (cabaña 1)

De acuerdo con las bases de licitación del proyecto, la compañía ganadora del concurso presentó una propuesta técnica que en el diagrama de flujo de proceso incluye:

- ❖ Tratamiento primario: por medio de rejillas para la separación de sólidos gruesos, Mampara de separación de grasas y aceites,
- ❖ Tratamiento secundario: que incluye fosa séptica, registro de distribución y biorreactor anaerobio (flujo ascendente), cárcamo de agua tratada y la disposición de ésta a grieta.

Esto es en el caso de instalaciones con flujo de diseño de 5 m³/d. Por otra parte, las instalaciones de 10 y 15 m³/d cuentan también con un postratamiento.

- ❖ Postratamiento: este consiste en una cámara de contacto de cloro y un filtro de arena, ambos posteriores al biorreactor anaerobio. El biorreactor anaerobio es básicamente un reactor de tipo lecho de lodos de flujo ascendente, que consiste de una cámara de digestión inferior, y una zona empacada en la parte media y alta, la cual proporciona un arreglo de sedimentador de alta tasa (placas paralelas) y un soporte para la adhesión de biopelícula.

Se llevó a cabo la inspección física de las plantas BRAIN. Posteriormente se llevó a cabo el inventario de dichas plantas (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”) y se registró la ubicación, el caudal de diseño y el área. 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: 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. 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. La planta del Viviero alto (cabaña 1) solo funciona en eventos especiales, por lo que los días del muestreo no tuvo actividad. Finalmente, en la planta ubicada en la Unión De Universidades de América Latina (UDUAL), no se encontró agua en la cámara de agua tratada.

En las Figuras 52 y 53 se muestran algunos de los resultados de los análisis tanto fisicoquímicos como microbiológicos de las 15 plantas en las que se llevaron a cabo 7 muestreos y actualmente se encuentra en proceso el monitoreo (Anexo “Calidad del Agua Residual y 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. Los datos anteriores muestran que un número mínimo de plantas BRAIN están cumpliendo con lo que establece la normatividad en éste sentido.

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.

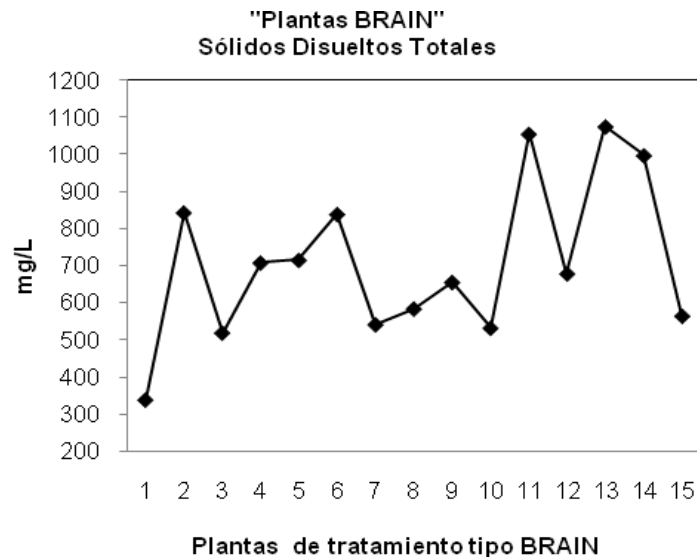


Figura 52. Parámetros fisicoquímicos evaluados en las plantas BRAIN: Sólidos Disueltos Totales

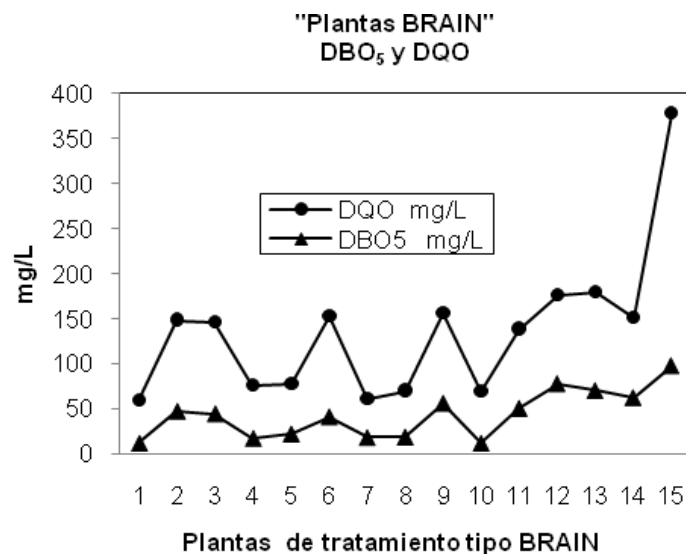


Figura 53. Parámetros fisicoquímicos evaluados en las plantas BRAIN: Demanda Bioquímica de Oxígeno5 y Demanda Química de Oxígeno

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).

Los resultados obtenidos de Sólidos Suspendidos Totales muestran que las plantas Caseta de vigilancia estadio olímpico (19.16 mg/L), Gimnasio (20.5 mg/L), Mesa vibradora (28.8 mg/L), Caseta de cloración (20.66 mg/L), Caseta de vigilancia av. Insurgentes (27mg/L), Dirección de teatro y danza (30.5 mg/L), Av. Imán (34.8 mg/L); están dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el PROY-NOM-015-CONAGUA-2007.

Para los surfactantes las plantas de Sala Netzahualcóyotl, Caseta de vigilancia del Metro Universidad, Posgrado de odontología Norte y Sur, y la del Comedor anexo de Ingeniería son las que tienen los resultados más altos (intervalo de 10 a 17.2 mg/L) en comparación de las demás plantas (2 a 9.85 mg/L).

Para los análisis microbiológicos se ha llevado a cabo la cuantificación de microorganismos coliformes como lo indica la norma NMX-AA-102-SCFI-2006 CALIDAD DEL AGUA – DETECCIÓN Y ENUMERACIÓN DE ORGANISMOS COLIFORMES, ORGANISMOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y Escherichia coli PRESUNTIVA – MÉTODO DE FILTRACIÓN EN MEMBRANA; se siguió la misma metodología para la determinación de bacterias heterotróficas (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”).

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 las primeras cuatro plantas cumplen con este parámetro (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”):

- ❖ Mesa vibradora
- ❖ Caseta de vigilancia de Av. Insurgentes
- ❖ Dirección de Teatro y Danza
- ❖ 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 subsecuentes

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 exigencia de agua para el mantenimiento de estas áreas verdes, depende de los siguientes factores:

- El tipo de vegetación que contienen
- El sistema de riego implementado
- La forma en que se riegan los jardines del Campus Universitario

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 (Anexo "Riego").

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 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.

Además de las políticas actuales de riego, existen ciertas deficiencias en el diseño actual de la red de riego, esto es, existen aspersores que están mal ubicados y cuando se instalaron no se consideró el crecimiento de las áreas verdes o la construcción de nuevos edificios; también existe en muchos casos un traslape de radios de acción, lo que genera una inadecuada administración del agua, independientemente de que sea potable o tratada (ver Figura 54).

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.



Figura 54. 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 (ver planos en el Anexo "Riego"); 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 la Facultad de Arquitectura, a través de Arquitectura de Paisaje, realizar un diagnóstico, Figura 55, de la situación actual de las áreas verdes del Instituto (Anexo "Riego"); además se cuenta con la asesoría de la Reserva Ecológica y el Jardín Botánico para la toma de decisiones.



Figura 55. Diagnóstico de las áreas verdes del Instituto de Ingeniería

Como resultado del análisis se ha generado un Proyecto de diseño definitivo de la Arquitectura de Paisaje para las áreas verdes del Instituto de Ingeniería (ver Anexo "Riego") en el que se plantean varias acciones que comprenden entre otras: clareo de zonas, extracción de 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 las 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 muestran que no son factibles para riego, ya que son espacios poco extensos y actualmente no tienen válvulas de suministro de agua por lo que se riegan con manguera, y aunado a lo anterior y a la propuesta del uso de vegetación nativa se determinó esa gran reducción de riego, ver Figura 56.

Actualmente Tornado está trabajando en el proyecto ejecutivo de lo que será la nueva red de riego, en el cual se han considerado todas las áreas verdes y en coordinación con Arquitectura del Paisaje se tendrá la propuesta final de los jardines del Instituto y su red de riego automatizada en aquellas partes que las requiera. En el Anexo "Riego" se muestra el sistema de automatización que Tornado propone, al cual considera todo el riego con agua tratada, proveniente de la planta de Tratamiento de Cerro del Agua.

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, Figura 57.

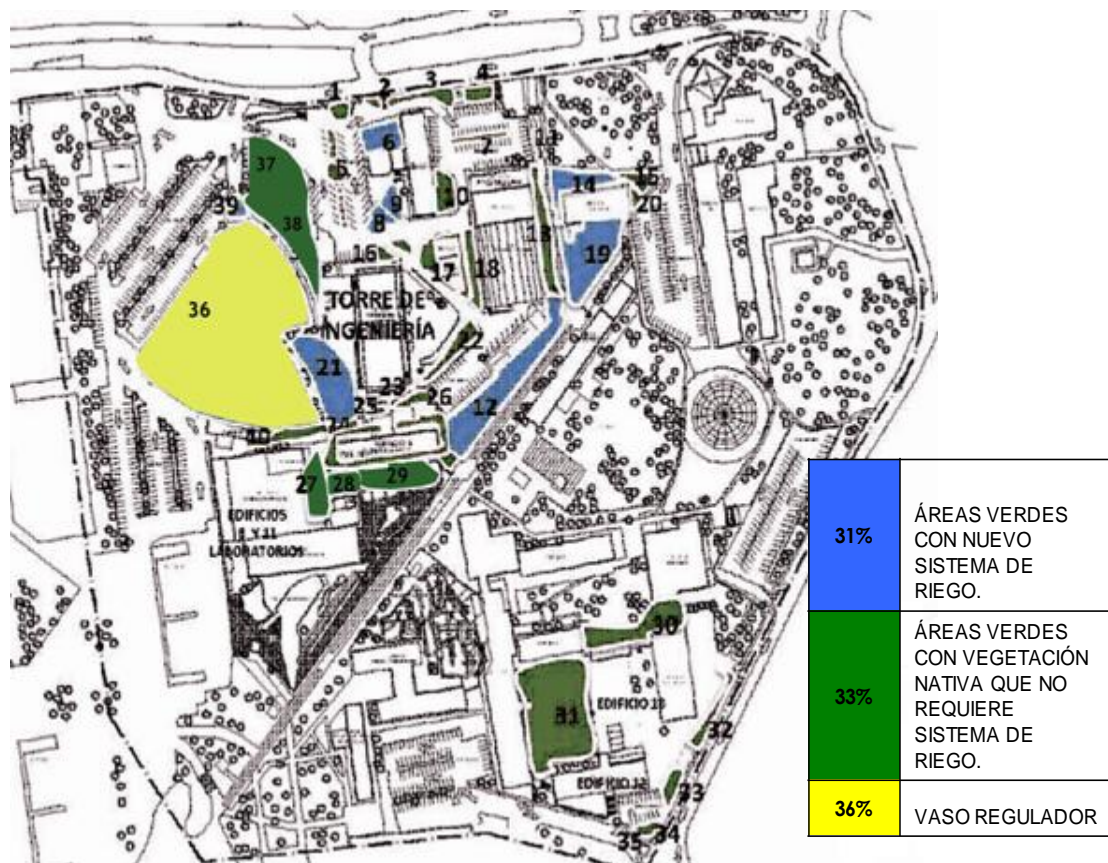


Figura 56. Distribución propuesta para implementar automatización de riego

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 (Anexo "Riego")

Es importante comentar que en esta área no se pudo sustituir la vegetación existente por vegetación nativa por lo que existen especificaciones que indican la lámina de riego adecuada, lo cual debe ser fundamental para el diseño de la red de riego.

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 y posiblemente la Arquitectura de Paisaje. El objetivo sería optimizar el riego y como consecuencia reducir el consumo de agua.

Actualmente se tiene la propuesta inicial del sistema de riego en ambas entidades (Anexo "Riego"), donde finalmente la empresa será la encargada de diseñar el proyecto ejecutivo del sistema de automatización, apoyado por la Reserva Ecológica, Jardín Botánico y Arquitectura del paisaje. Es importante mencionar que, en algunas zonas de la Unidad de Seminarios, se complementará la propuesta con la introducción de vegetación nativa del pedregal.



Figura 57. Jardín Botánico y Unidad de Seminarios "Ignacio Chávez"

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 (ver Tabla 10), así como la localización de aspersores mediante los cuales se riegan las áreas verdes de la zona conocida como las "Islas" (ver figura 58 y 59) y los aspersores utilizados para el riego de las áreas verdes en el perímetro de la Torre de Ingeniería.

Tabla 10. Cisternas de almacenamiento para riego de áreas verdes con agua tratada.

Cisterna	Capacidad (m ³)
1. Camellón de la Facultad de Química	350 + 600
2. Campus central	901
3. Consejos académicos	687
4. Estadio olímpico	85
5. Campo de beisbol	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
VOLUMEN TOTAL DE ALMACENAMIENTO	5646



Figura 58. Localización de los aspersores en el campo central, "Las islas" (64 aspersores)



Figura 59. Aspersor en las islas central y aspersores

Se encuentran en proceso los monitoreos para determinar la calidad del agua tanto en cisternas como en aspersores. Por el momento se eligió una cisterna y un aspersor como representativos. Se han realizado 6 muestreos en los que se han determinado parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales incluyeron las siguientes determinaciones realizadas en el Instituto de Ingeniería: gasto (L/s) Sólidos Suspendedos Totales SST (mg/L), Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/L), Carbón Orgánico Total COT

(mg/L), Susrfactantes (mg/L), pH, Temperatura (°C), Conductividad (ms/cm), Coliformes Totales(UFC/100mL), Coliformes Fecales (UFC/100mL) y bacterias heterotróficas (UFC/100mL) (ver anexo de metodologías).

Los resultados obtenidos de los muestreos realizados del 20 de Noviembre al 5 de Diciembre del 2008 para Sólidos Suspendedos Totales de la Cisterna Central están por arriba (28 a 44 mg/L), como se muestra en uno de los resultados de la Figura 60 (ver Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”); 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. Como la NOM-003-SEMARNAT-1997 no establece límites para los valores obtenidos de pH y temperatura, se consideraron los límites reportados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, para pH (5 a 10 unidades) y temperatura (40°C). Observándose que los resultados de pH van de 6.87 a 7.47 y de temperatura son de 12.2 a 16.7°C quedando dentro de lo establecido por la norma. 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 que se observan en la Figura 61 (Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”), 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).

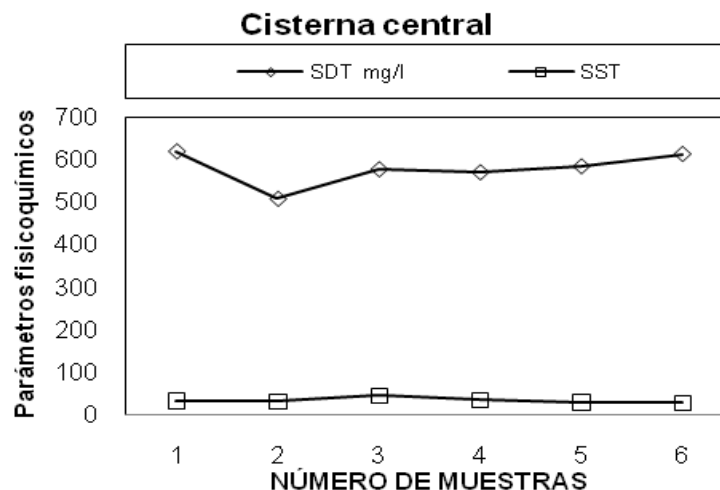


Figura 60. Comportamiento de los SDT y SST en la cisterna central

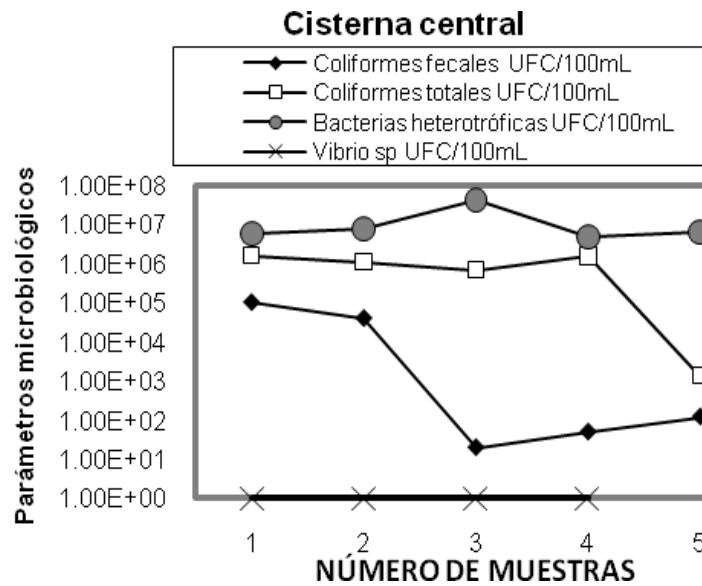


Figura 61. Análisis microbiológico de la cisterna central de las Islas

Se realizaron análisis preliminares en el mes de agosto, cabe señalar que durante ese mes el agua estaba estancada y no se estaba utilizando para el riego por aspersión debido a la temporada de lluvias y durante esa temporada no es necesario regar; los resultados de este análisis se realizaron como análisis previos a los estudios que se están realizando en éste momento, con el fin de tener una idea del ambiente microbiológico del lugar.

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) disminuyo 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 detecto 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.

Los resultados obtenidos para la zona de “Aspersores” de los muestreos realizados del 20 de Noviembre al 5 de Diciembre del 2008 se pueden ver en el Anexo “Calidad del Agua Residual y Tratada”, uno de los resultados se muestra en la Figura 62. Para Sólidos Suspendedos 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).

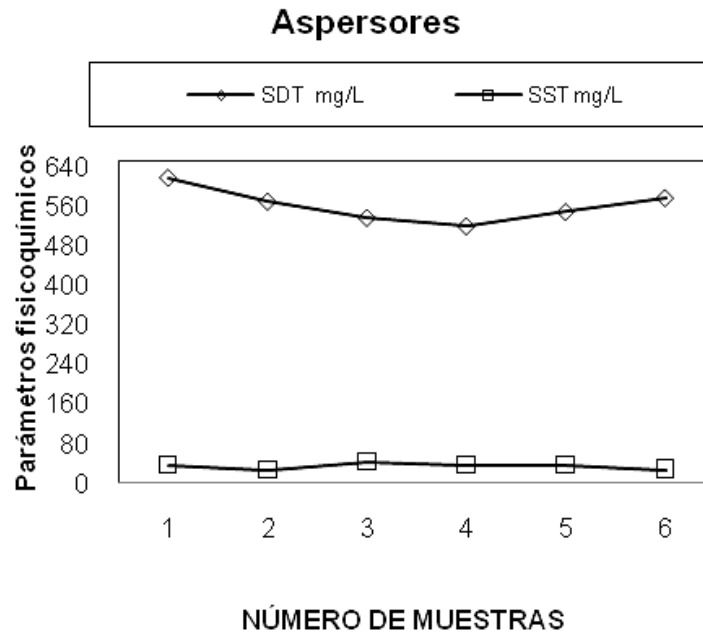


Figura 62. Comportamiento de los SDT y SST en la zona de aspersores

La NOM-003-SEMARNAT-1997 no establece límites para los valores obtenidos de pH y temperatura, por lo que se consideraron los límites reportados en la NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, para pH (5 a 10 unidades) y temperatura (40°C). Observándose que los resultados de pH van de 7.03 a 7.75 y de temperatura son de 11.3 a 17.1 °C y se encuentran dentro de lo establecido por esta norma. 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. Para los surfactantes en ninguna norma se establece un máximo permisible, no obstante los datos obtenidos muestran que han ido disminuyendo sus concentraciones 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. La Figura 63 muestra claramente que 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).

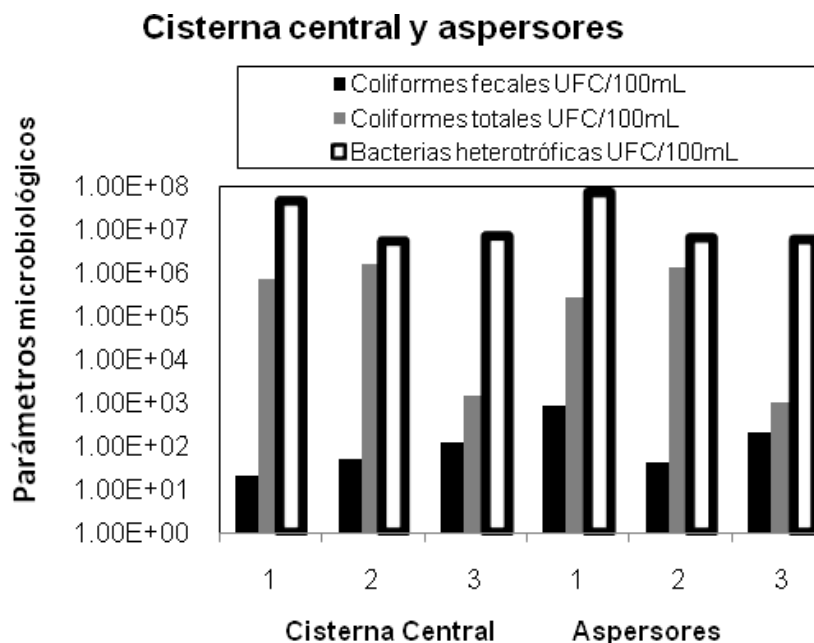


Figura 63. Comparación de parámetros microbiológicos de cisterna

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.

Así también, es necesario instalar un programa de rehabilitación, seguimiento y evaluación del impacto ambiental de las plantas BRAIN instaladas en la zona cultural y que se utilizan para reuso de agua residual tratada en la recarga del acuífero.

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, ver figura 64 y 65 (Anexo “Calidad del agua residual tratada”), 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.



Figura 64. Monitoreo del aire en la zona de riego altura 1.40m



Figura 65. Monitoreo del aire en la zona de riego en el suelo

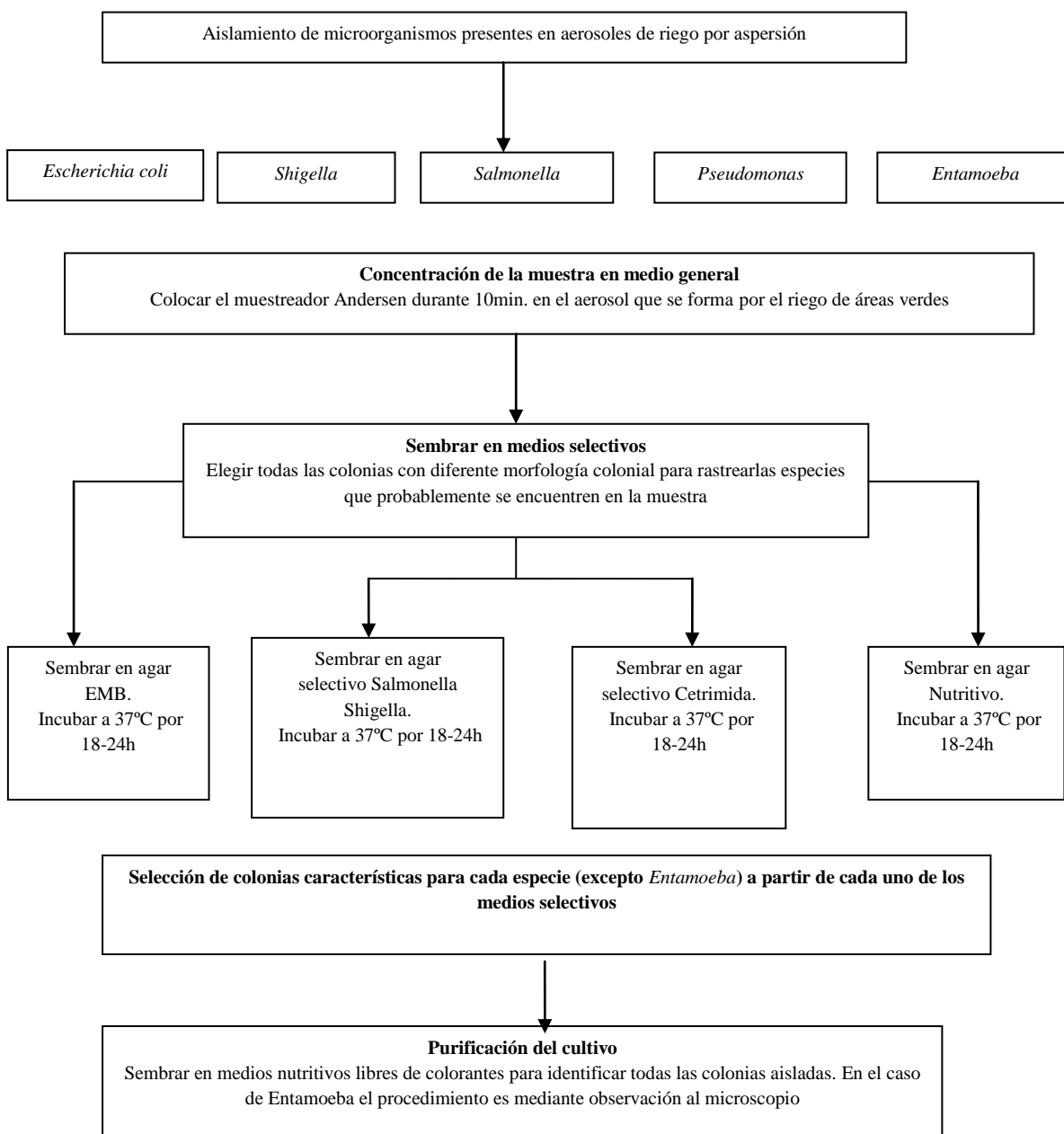
De este análisis únicamente se obtuvo la densidad de bacterias en UFC sin considerar en que volumen de muestra (Anexo “Calidad del agua residual tratada”) y se observó que las cajas contenían diferente morfología colonial, que indican la presencia de diferentes tipos de bacterias que hay en el ambiente en el momento del riego.

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, con el cual se realiza el muestreo succionando un

flujo de aire a través de una placa perforada con 400 orificios, las partículas viables que puedan ser transportadas por el aire, se depositan en el equipo que contiene un medio de cultivo, los medios utilizados fueron para la identificación de Coliformes fecales, totales y bacterias heterotróficas; posteriormente se aislaran las colonias para su identificación, en el siguiente diagrama se presenta la metodología a utilizarse para éste fin.

Metodología general para la determinación de microorganismos patógenos en aerosoles del agua de riego.



El detalle de la técnica se puede consultar en el Anexo “Calidad del agua residual tratada”.

En la Tabla 11 (Anexo “Calidad del agua residual tratada”), se muestra una lista de microorganismos de importancia médica y que se pueden transmitir por el riego por aspersión, en dicha tabla también se especifica la enfermedad que ocasionan y el medio de cultivo apropiado para cada especie.

Tabla 11. Microorganismos de importancia médica que se pueden transmitir por el riego por aspersión

Microorganismo	Enfermedad	Medio de Cultivo
Aerobacter (<i>Enterobacter aerogenes</i>)	Infecciones urinarias	EMB, Tergitol 7 (selectivo)
<i>Bacillus</i>	<i>B. anthracis</i> produce el ántrax humano y animal	Agar Sangre
	<i>B. cereus</i> produce intoxicación alimentaria	Agar Sangre
<i>Escherichia coli</i>	Diarrea	EMB, Tergitol 7 (selectivo)
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i> produce cuadros neumónicos	EMB, Tergitol 7 (selectivo)
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosis	Lowenstein-Jensen (base)
<i>Proteus</i>	Infecciones urinarias	EMB
<i>Pseudomonas</i>	Infecciones del tracto urinario, del tracto respiratorio y septicemia	Agar cetrimida
<i>Salmonella</i>	Fiebre tifoidea y gastroenteritis	SS y Verde brillante
<i>Shigella</i>	Disenteria bacilar	SS
<i>Staphylococcus</i>	Acné, forúnculos, neumonia, meningitis y artritis.	Agar Sangre

A la fecha se realizaron tres muestreos con el Equipo Andersen a dos alturas diferentes, Figuras 66 y 67 (Anexo “Calidad del agua residual tratada”) y por el momento solo se tiene la cuantificación de UFC/m³ en aire ver Tabla 11; cabe señalar que se está trabajando en la identificación de las bacterias.



Figura 66. Equipo Andersen altura 1.15m



Figura 67. Equipo Andersen sobre el suelo

NOTA: Debido a que el flujo de aire se mantiene constante durante el muestreo, el volumen de aire es igual al tiempo de exposición en minutos. De esta manera el número total de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) se divide entre el tiempo de muestreo y los resultados se expresan en unidades formadoras de colonias por metro cúbico.

En el primer muestreo, se colocó al equipo a una distancia cercana al aspersor, incluso en el tiempo de exposición, el equipo se impregno con un poco de agua con la que se estaba regando por aspersión, como es sabido el agua ya trae cierta carga microbiana, por eso se observan resultados altos en comparación de los otros que se hicieron más alejados. Para los siguientes monitoreos se colocó el equipo Andersen a una distancia a donde solo llegará la brisa del agua ya que las personas que pasen por el lugar, en el momento del riego, están en contacto con esta y no directamente con el agua. Como se mencionó anteriormente 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 desarrollo 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/m³ de aire, aumenta en la hora del riego ya que cuando no está presente el riego el número de UFC/m³ es bajo.

Por el momento no existe una norma con límites permisibles para microorganismos en el aire, los resultados que se han obtenido se comparan con el sistema de clasificación de contaminación microbiana propuesta por Boutin en 1987. Como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Límites según P. Boutin para partículas biológicas aerotransportables.

UFC/m ³	CLASIFICACIÓN
0-200	No contaminado
201-800	Ligeramente contaminado
801-2500	Contaminado
2501-8000	Muy contaminado
Más de 8000	Fuertemente contaminado

De acuerdo a la clasificación el aire en las islas, en el momento del riego no se encuentro 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. Para ello se desarrolló una metodología para evaluar el estado en que se encuentran sus instalaciones hidráulicas y sanitarias en cada dependencia de la UNAM, así como las recomendaciones para realizar la sustitución de los muebles de baños que no cumplan con las normas mexicanas. Esta metodología se muestra en este capítulo con la finalidad de proporcionar a las distintas dependencias universitarias las herramientas y maneras de elaborar e implementar su programa de uso eficiente de agua que redunde en ahorros significativos del vital líquido.

Estos levantamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias que cada dependencia realizo en sus edificios y lo plasmo en planos y cédulas, quedarán integradas en el Sistema de Información Geográfico (SIG) , en el cual se detallarán 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.

En la medida que esta información esté organizada se podrán tomar las decisiones adecuadas por las personas que participes del proyecto, este SIG permanentemente se actualizará. Toda la información de los componentes de los baños (por ejemplo marca, modelo, año, estado, tipo de tuberías, consumo, etc.) es almacenada en una base de datos, acompañado por un levantamiento fotográfico. Cuando un baño es cambiado la base de datos se actualiza, dejando como referencia los datos anteriores, de tal manera que pueda realizarse las comparaciones pertinentes.

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 para su adecuado funcionamiento. 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. Esta primera versión servirá como muestra del SIG general que se pretende elaborar para todos los baños de la UNAM. Es importante aclarar que en las siguientes

etapas de PUMAGUA dentro del SIG, además de toda la información referente a las instalaciones hidráulicas y sanitarias se integrarán todos los elementos que integran el sistema de distribución de agua potable y alcantarillado.

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.

El levantamiento exhaustivo de las instalaciones permitió identificar, además de los sanitarios, todos los laboratorios y talleres donde se usa y descarga agua, los cuales fueron ubicados en los planos, y posteriormente sujetos a un proceso de auditoría del agua, con el fin de efectuar entrevistas personales con los responsables de dichos establecimientos, y una revisión sistemática de sus instalaciones y actividades, todo ello con el propósito de conocer las características de sus residuos líquidos que pudieran causar impacto adverso a los sistemas de evacuación y tratamiento de aguas residuales y al ambiente.

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. En la Tabla 13 se muestra el resultado del inventario de muebles y aparatos instalados en la Facultad de Ingeniería y en la Tabla 14 se resumen las condiciones de funcionamiento y conservación. 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 aforos para confirmar que realmente estén dentro de la norma mexicana.

Para cada sanitario se elaboró una ficha técnica que muestra de manera resumida la información sobre ubicación e identificación de la unidad, tipo de muebles y aparatos, su cantidad y marcas, desviaciones con respecto al funcionamiento considerado normal, estado de conservación, dibujos en planta e isométrico de las tuberías de suministro y evacuación de agua y fotografías obtenidas con cámara digital en caso de deficiencias observadas durante el levantamiento. Las fichas técnicas tienen una señal de alerta que de acuerdo a un color especificado identifica los sanitarios que requieren en uno o más de los muebles y aparatos o en sus tuberías, una intervención urgente correctiva, urgente preventiva o no urgente preventiva. Se considera que el manejo y actualización sistemáticos de las fichas técnicas por la entidad responsable del mantenimiento prevendría o corregiría las desviaciones con respecto al funcionamiento normal de muebles y aparatos, ya sea por fugas o exceso de agua en cada uso por presiones inadecuadas. Por otra parte, del análisis de las fichas técnicas se determinó la relación entre el tipo y marca de los muebles y su funcionamiento, lo que permitirá emprender un programa de sustitución para

instalar muebles y aparatos cuyas especificaciones de fabricación hayan mostrado el mejor desempeño en cuanto al uso del agua.

Tabla 13. Inventario de muebles y aparatos de sanitarios de la Facultad de Ingeniería

• TIPO DE MUEBLE	Total
• W.C con Fluxómetro	59
• Mingitorio con Fluxómetro	17
• Lavabo con Fluxómetro	43
• W.C 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
• Total de muebles	451

También se elaboraron los planos de las instalaciones de suministro de agua a los edificios a partir de la red exterior, lo cual permitió identificar los medidores de flujo volumétrico instalados y determinar los puntos de las líneas de alimentación en los que es necesario instalar otros, así como sus especificaciones y requerimientos de plomería. Actualmente se tienen instalados 6 medidores, 3 en el conjunto Norte y 3 en el conjunto Sur. Se requiere la instalación de 15 medidores adicionales. Una vez que se disponga de la totalidad de los medidores, se efectuará una campaña permanente de aforo con el fin de conocer la demanda de agua a lo largo del año, lo que permitirá monitorear las instalaciones con el fin de detectar oportunamente la aparición de fugas.

Tabla 14. 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%
	451	100.00%

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. Para cada laboratorio se elaboró una ficha técnica que contiene el croquis de distribución de los espacios especificando las áreas de trabajo, almacén y cubículos; dibujo en planta de instalaciones hidráulicas y sanitarias e isométricos. 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. La Tabla 15 muestra los usos del agua en los laboratorios de la Facultad. 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.

Tabla 15. Usos del agua en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería

USOS DEL AGUA	LABORATORIOS	PORCENTAJE
Actividades de docencia e investigación	9	47.4
Sanitarios en el interior del laboratorio	7	36.8
Enfriamiento	4	21.1
Proceso	3	15.79
Limpieza	9	47.4

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. La Tabla 16 presenta el listado de sustancias usadas frecuentemente en los laboratorios de la Facultad, algunas de las cuales podrían estar presentes en los residuos líquidos.

Tabla 16. Sustancias usadas frecuentemente en los laboratorios de la Facultad

Sustancia	Cantidad de laboratorios que la reportaron	Sustancia	Cantidad de laboratorios que la reportaron	Sustancia	Cantidad de laboratorios que la reportaron
Aceite		Acido acético		Dicromato de potasio	
Ácido sulfúrico	12	Ácido acético	3	Diésel	
Ácido clorhídrico	11	glacial	3	EDTA	2
Thiner	9	Ácido nítrico	3	Gas Acetileno	2
Alcohol etílico	9	Cloroformo	3	Gas Argón	2
Hidróxido de sodio	7	Cloruro de calcio	3	Gas bióxido de carbono	2
Agua oxigenada	7	Cloruro de potasio	3	Hexametrafosfato de sodio	2
Fenolftaleína	5	Gas Lp	3	Hidróxido de amonio	2
Acetona	5	Gasolina	3	Nitrato de plata	2
Anaranjado de metilo	4	Permanganato de potasio	3	Petróleo diáfano	2
Carbonato de calcio	4	Sulfato de sodio	3	Polímeros	2
Cloruro férrico	4	Acetato de sodio	2	Sulfato de cobre	2
Glicerina	4	Aguarrás	2	Sulfato níqueloso	2
Hipoclorito de sodio	4	Amoniaco	2	Tolueno	2
Sulfato de aluminio	4	Bicarbonato de sodio	2		
Yoduro de potasio	4	Carbonato de sodio	2		
		Cloruro de estaño			

En relación al levantamiento de albañales de los edificios, en conjunto con el levantamiento topográfico, permitió la elaboración de los planos actualizados que muestran el trazo de atarjeas y colectores, incluyendo longitud de tramos, pendiente y diámetro; ubicación de registros y pozos de visita, incluyendo las cotas de brocal y plantilla. Además, se observó el estado de conservación de todos los elementos y se identificaron puntos con problemas de azolve o taponamiento. Los albañales de los edificios del Conjunto Norte o Principal drenan hacia el colector localizado en el límite norte del conjunto (entre la parte posterior de los laboratorios y Las Islas). Dicho colector de concreto tiene un diámetro de 60 cm y pendiente de 26 milésimas. El sitio de vertido de estas aguas residuales es la Planta de Tratamiento de CU localizada en la avenida Cerro del Agua. Se observó que el laboratorio de Fluidos de Perforación, ubicado en el segundo piso del edificio C del Conjunto Principal, vierte al drenaje suspensiones concentradas a base de bentonita, que están produciendo el azolve en bajantes y albañales, lo que impide el funcionamiento adecuado de las trampas de grasas del propio laboratorio.

Las aguas residuales del Conjunto Sur se manejan de varias formas. Los albañales de los edificios de la División de Ciencias Básicas drenan hacia un colector de concreto de 30 cm de diámetro y 10 milésimas de pendiente, ubicado al norponiente (siguiendo el trazo del antiguo Camino Verde). El sitio de vertido de estas aguas residuales también es la Planta de Tratamiento de CU. Sin embargo, los albañales de los edificios de construcción reciente, como son la Biblioteca Enzo Levi, los edificios de la Secretaría de Posgrado e Investigación y el edificio de la División de Ingenierías Civil y Geomática, vierten en tanques sépticos, en el mejor de los casos, o en pozos negros, por lo que las aguas residuales se infiltran directamente a través de las grietas de la roca basáltica. En estos edificios se tienen establecidos los laboratorios de Mecánica de Suelos, Ingeniería Ambiental, Electromecánica, Petrolera y Termofluidos, además de los sanitarios existentes. Como ha sido mencionado en el apartado anterior, 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. El esquema de los planos realizados se muestra en la Figura 68 el detalle del levantamiento de la Facultad de Ingeniería, se puede ver en el Anexo Diagnóstico de Instalaciones de la Facultad de Ingeniería

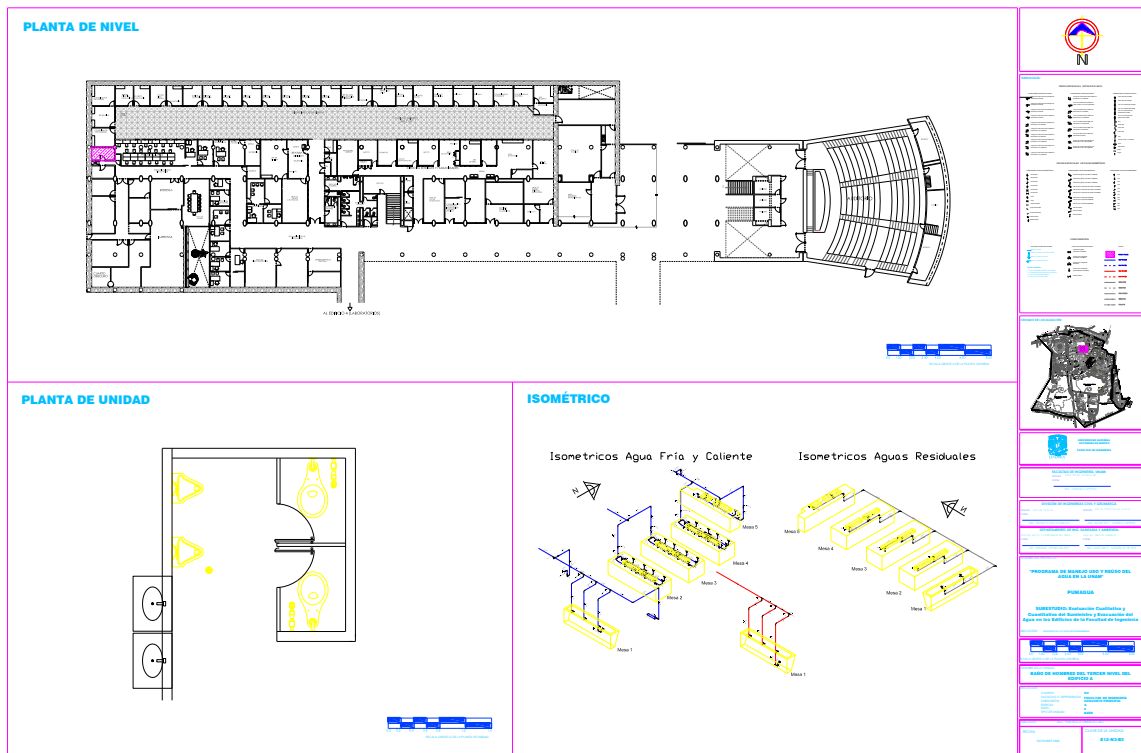


Figura 68. Plano Tipo

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 encontraba 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, Figura 69. 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.



Figura 69. Levantamiento de las instalaciones del Edificio 5 del Instituto de Ingeniería

Con respecto a los planos de exteriores, en lo que corresponde al Instituto de Ingeniería, se tiene un levantamiento de los registros en las áreas exteriores a los edificios, donde se indica si son de drenaje, fibra óptica, agua potable, etc. Es necesario hacer un levantamiento de las trayectorias y direcciones del flujo del drenaje para generar planos confiables.

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 los edificios para verificar el consumo por baño y por mueble, con un registro continuo de las lecturas de dichos medidores para de esta manera identificar posibles fugas o aforar los muebles y aparatos sanitarios para comparar sus gastos reales con los reportados por los catálogos de venta de los fabricantes. A continuación se presenta una breve descripción de los trabajos realizados con el objetivo de proponer cambios físicos sustentados en la información colectada.

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; el edificio 13, Torre de Ingeniería, presenta una situación extraordinaria ya que solamente el basamento, primero y segundo niveles forman parte del II-UNAM por lo que únicamente esos datos fueron obtenidos. Las tablas siguientes resumen lo identificado en lo que a mingitorios, inodoros, fluxómetros, lavabos y llaves se refiere, ver Tabla 17 y Figura 70.

En tablas anexas se muestra toda la información recabada en los levantamientos, tanto de forma condensada por cantidades y por marcas, como por cuadros específicos de cada edificio. (Anexo Muebles de baño del Instituto de Ingeniería). Para obtener el consumo de los sanitarios, se instalaron 12 medidores, 7 de ellos en el Edificio 12 y el resto en el Edificio 5; de estos últimos, 4 son de reciente instalación. En la Tabla 18 se presenta algunos de los registros, aclarando que en el Edificio 5 no hay datos de ningún mingitorio ya que son Ecológicos (secos), en el Anexo Muebles de baño del Instituto de Ingeniería se muestran los aforos de cada mueble y por cada edificio.

Desde su instalación y en la medida de lo posible se han tomado las lecturas del consumo indicado por cada medidor en el lugar correspondiente; con esta información se han hallado algunas anomalías como es el caso del medidor del baño de mujeres del edificio 12 (E12PBBM1T2) que de la noche a la mañana aparece un cambio en la lectura que no es normal, lo que indica que hay una falla considerable en el sistema de abasto de agua para esta toma, al indagar con el personal nocturno identifican al baño como uno de los que “se activa solo”. Otro caso interesante sucedió en el edificio 5, planta baja, uno de los inodoros en el sanitario de mujeres tenía una fuga de magnitudes considerables (1.4 l/min) y se tardó alrededor de 3 días en darle solución una vez identificado. En el Anexo Muebles de baño del Instituto de Ingeniería se pueden consultar las lecturas de los medidores mencionados.

Debido a la importancia que tienen los muebles de baños en el ahorro del agua dentro de los edificios, se llevó 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.

Tabla 17. Inodoros, mingitorios, fluxómetros, lavabos y llaves en el Instituto de Ingeniería

Inodoros	Estado Físico				Tipo			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Cantiliver	A piso	Ordinario	Sí	No	Sí	No
	97	96	1	0	36	57	4	2	95	2	95

Mingitorios	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Ordinario	Ecológico	Sí	No	Sí	No
	46	43	2	1	30	16	0	46	16	30

Fluxómetros para inodoro	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Electrónico	Manual	Sí	No	Sí	No
	93	93	0	0	78	15	2	92	0	94

Fluxómetros para mingitorio	30	29	1	0	27	3	0	30	0	30
--------------------------------	----	----	---	---	----	---	---	----	---	----

Lavabos Ovalines	Estado Físico				Higiene			Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No
	106	106	0	0	104	2	0	16	90

Llaves	Estado Físico				Tipo			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Chicote	Mezcadora	Naríz	Sí	No	Sí	No
	128	126	0	2	99	10	19	23	105	6	122

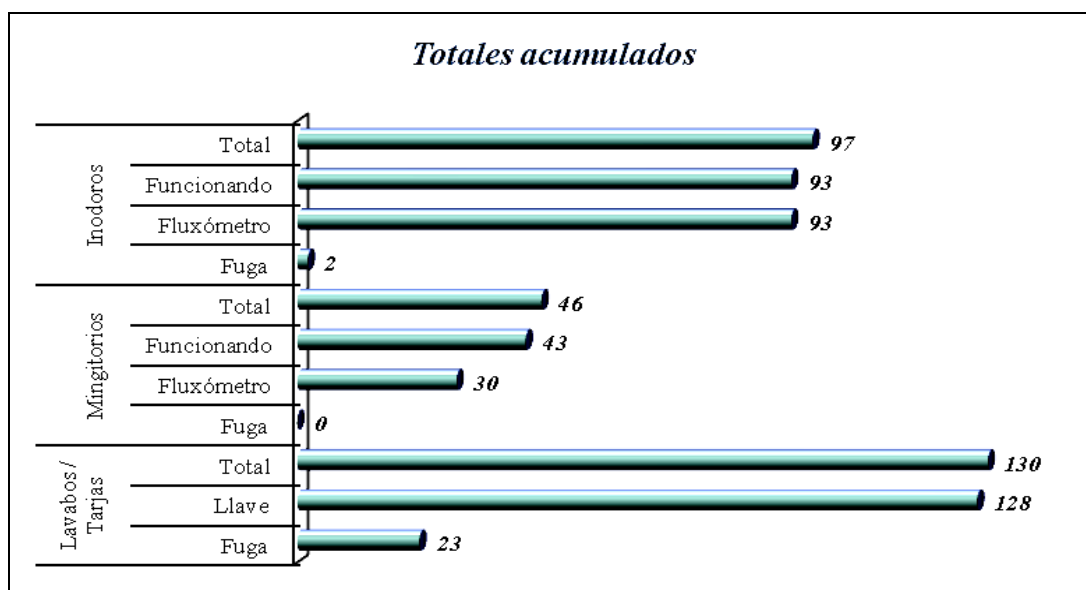


Figura 70. Cantidad de muebles totales del II-UNAM.

Tabla 18. Consumo en sanitarios del Edificio 12 del Instituto de Ingeniería

Fecha	BAÑO DE HOMBRES					
	MED1 E12 MINGITORIO IDEAL STANDARD		MED2 E12 MINGITORIO SLOAN		MED3 E12 TASA SLOAN	
	Lectura (m ³)	Consumo (l/d)	Lectura (m ³)	Consumo (l/d)	Lectura (m ³)	Consumo (l/d)
17/11/2008	2.732	-	0.5468	-	6.8314	-
18/11/2008	2.8135	81.5000	0.5642	17.4000	6.9135	82.1000
19/11/2008	2.8928	79.3000	0.5811	16.9000	7.0195	106.0000
20/11/2008	3.0187	125.9000	0.6020	20.9000	7.0987	79.2000
21/11/2008	3.1251	106.4000	0.6267	24.7000	7.2448	146.1000
24/11/2008	3.2146	89.5000	0.6356	8.9000	7.9563	711.5000
Promedio		96.5200		17.7600		103.3500
Consumo unitario (lpd)		2.62		0.46		3.96
Usos aproximados		37		39		26

Fecha	BAÑO DE MUJERES							
	MED4 E12 TASA IDEAL STANDARD		MED5 E12 TASA IDEAL STANDARD		MED6 E12 TASA IDEAL STANDARD		MED7 E12 LLAVE DE CHICOTE	
	Lectura (m ³)	Consumo (l/d)	Lectura (m ³)	Consumo (l/d)	Lectura (m ³)	Consumo (l/d)	Lectura (m ³)	Consumo (l/d)
17/11/2008	4.1835	-	28.9960	-	3.5964	-	0.1183	-
18/11/2008	4.2587	75.2000	30.2187	1222.7000	3.6647	68.3000	0.1209	2.6000
19/11/2008	4.3311	72.4000	31.2310	1012.3000	3.7322	67.5000	0.1236	2.7000
20/11/2008	4.4528	121.7000	31.4158	184.8000	3.8678	135.6000	0.1260	2.4000
21/11/2008	4.6130	160.2000	31.5313	115.5000	3.9584	90.6000	0.1294	3.4000
24/11/2008	4.6597	46.7000	31.5830	51.7000	4.0219	63.5000	0.1294	0.0000
Promedio		95.2400		517.4000		85.1000		2.7750
Consumo unitario (lpd)		6.56		25		7.26		6.56
Usos aproximados		15		21		12		0.42

En la Tabla 18 se puede observar el ahorro de agua que hay en los mingitorios del edificio 12 del Instituto de Ingeniería. El tradicional de Ideal Standard consume al día 96.52 litros en comparación al nuevo modelo de Sloan que solo requiere de 17.76 litros por día, con 38 usos en promedio los dos. Sin embargo, este mingitorio Sloan es de los llamados húmedos, que en comparación con los mingitorios secos de Ideal Standard es necesaria el agua; pero de acuerdo a lo observado en campo, resulto más práctico e higiénico contar con un mingitorio Sloan de 0.5 lpf. En lo que corresponde a las tazas, se observa un gran consumo de agua en los baños de mujeres en comparación a la taza Sloan instalada en el baño de hombres. Estas mediciones fueron aforadas en cada mueble de baño con un medidor de caudales que está instalado permanentemente en las instalaciones hidráulicas que abastecen a dicho mueble.

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

- ❖ Los fluxómetros no podrán ser graduados para diferentes presiones, deben trabajar de acuerdo a lo que su ficha técnica marque sin la necesidad de calibrar la presión del aparato; por ello no debe contar con la posibilidad de ajuste y debe venir graduado desde fábrica
- ❖ En mingitorios, se deben colocar aquellos que ocupen hasta 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 caso contrario se recomienda uno húmedo. 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. En el caso de las tazas con servicio de 4.8 litros por descarga, se podrán colocar cuando se garantiza que no existen problemas en el momento de desalojar los residuos y en se quedan en las tuberías sanitarias. .
- ❖ 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.

En el Anexo Muebles de baño del Instituto de Ingeniería se muestran los cambios propuestos de manera detallada para el Edificio 5.

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 es el centro de investigación más productivo del país en diversas áreas de la ingeniería. Es una comunidad de aproximadamente 800 personas que incluye: investigadores, estudiantes de ingeniería quienes realizan trabajos de tesis de licenciatura, maestría y doctorado, técnicos académicos, personal secretarial y de servicios. Con una extensión de más de 20,000 metros cuadrados entre laboratorios, cubículos, áreas comunes y auditorios, como

parte de Ciudad Universitaria, en Coyoacán, sus instalaciones ocupan 12 edificios además de varios pisos y el basamento de la torre de ingeniería (Figura 71).



Figura 71. Localización del Instituto de Ingeniería de la UNAM en Ciudad Universitaria.

Particularmente, el Edificio 5 se ubica al Sur de la Torre de Ingeniería y a un costado de la Nave de pruebas del mismo Instituto (Ver figura 72).

Descripción general del edificio.

El edificio 5 cuenta con una población de poco más de 200 personas en un área de 624 m². 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.



Figura 72. Ubicación del Edificio 5 dentro del Instituto (en rojo) y entrada al mismo (Derecha)

6.3.2 Diagnóstico de las instalaciones hidráulicas y sanitarias.

Elementos del sistema de distribución.

Con los levantamientos de campo llevados a cabo, se identificaron los componentes del sistema de agua potable del edificio en estudio, identificando 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. Esto último también permitió conocer a grosso modo el uso que se le da al agua. A continuación se describen brevemente los componentes del sistema.

TOMA O CONEXIÓN A LA RED.

La toma de agua potable del edificio se encuentra dentro del crucero 91, teniéndose que la tubería 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. Las figuras 3 y 4 muestran el crucero 91 y su correspondiente arreglo, Figura 73 y 74.



Figura 73. Crucero desde donde se abastece de agua potable el edificio 5.

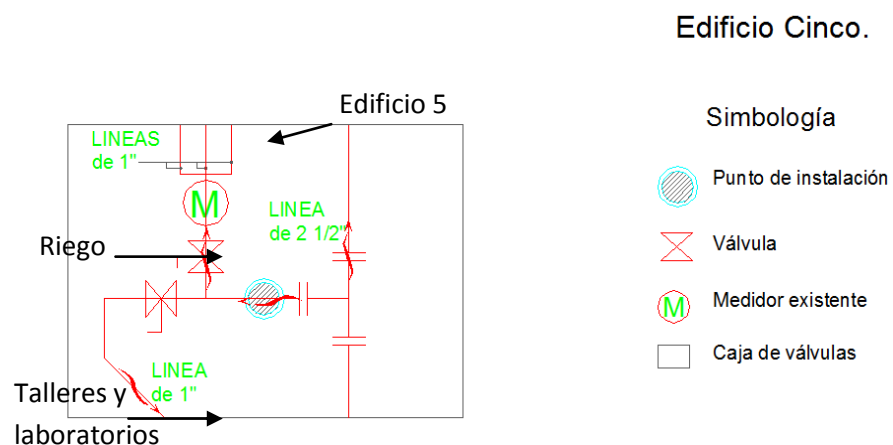


Figura 74. Arreglo del crucero 91 y puntos a los que abastece.

De este mismo cruce se alimentan los talleres de carpintería, los laboratorios de oleaje y la Nave de pruebas, además, existe una toma de 1" destinada a riego de áreas verdes que es independiente del ramal que abastece al edificio 5.

MEDIDOR.

El medidor que actualmente registra el consumo de agua del edificio 5 es de $\frac{3}{4}$ " 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. Este tipo de medidores puede incluso transmitir las lecturas a un repetidor y éste, a su vez, a una antena para su posterior recepción en un centro de control o de mando especialmente diseñado para esto. Anteriormente, se encontraba instalado en este mismo sitio un caudalímetro de 2" de diámetro. Los criterios para la selección y sustitución del medidor fueron las presiones disponibles en esta parte de la red (35 – 40 mca) así como el gasto de agua a medir, este último determinado luego de realizar mediciones de suministro con un equipo ultrasónico durante un periodo de 24 horas en continuo. (Ver Figura 75).



Figura 75. Sustitución del medidor del edificio 5. Medidor de 2" (Izquierda) y medidor de $\frac{3}{4}$ " (Derecha).

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 instalación del medidor sumaron un total de 2.4 metros. Por otro lado, el gasto máximo estimado para el edificio 5 fue de 1.097 lps, por lo que, de acuerdo a los campos de medición proporcionados por el propio fabricante, un medidor de $\frac{3}{4}$ " de pulgada resulta adecuado para este edificio bajo las condiciones ya mencionadas.

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

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. Las figuras 76, 77 y 78 muestran los planos elaborados en computadora luego de los levantamientos realizados.

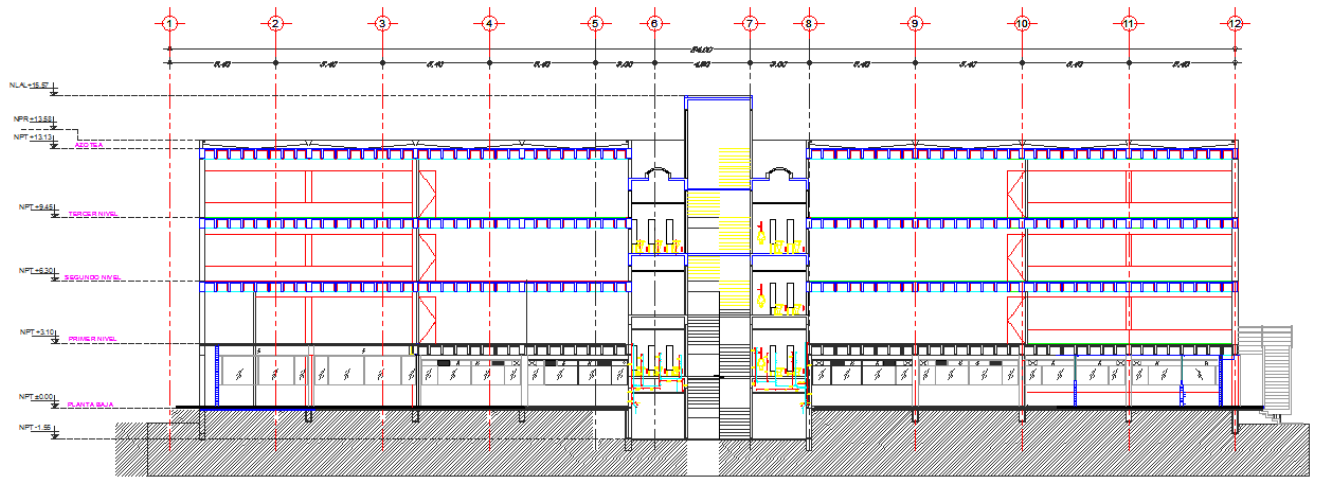


Figura 76. Plano de la fachada del edificio 5 elaborado en Auto CAD.

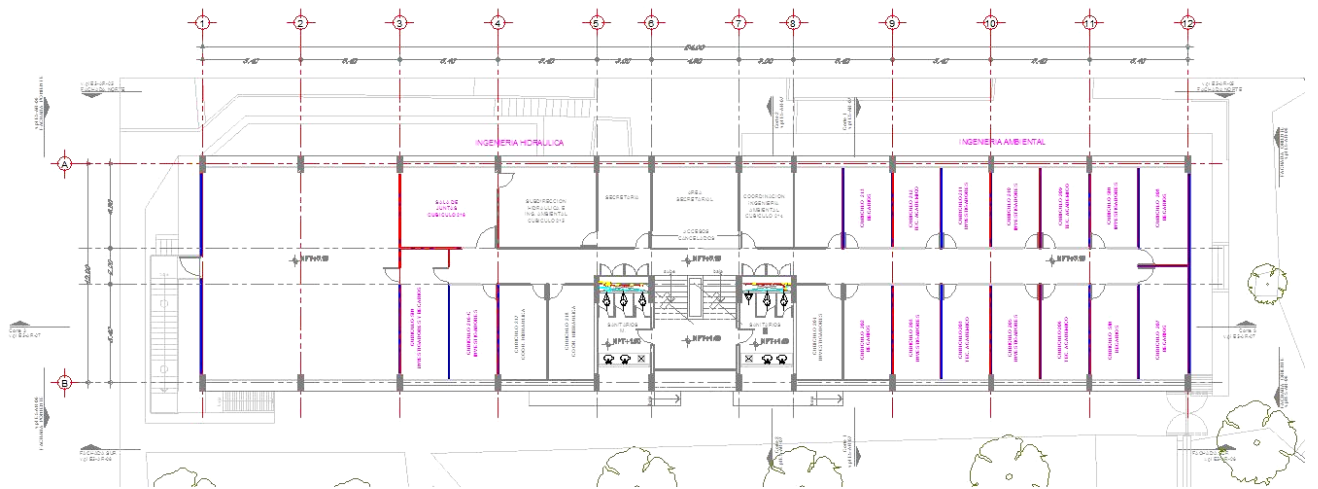


Figura 77. Plano en planta del edificio 5. En él se incluyen los puntos de consumo de agua.

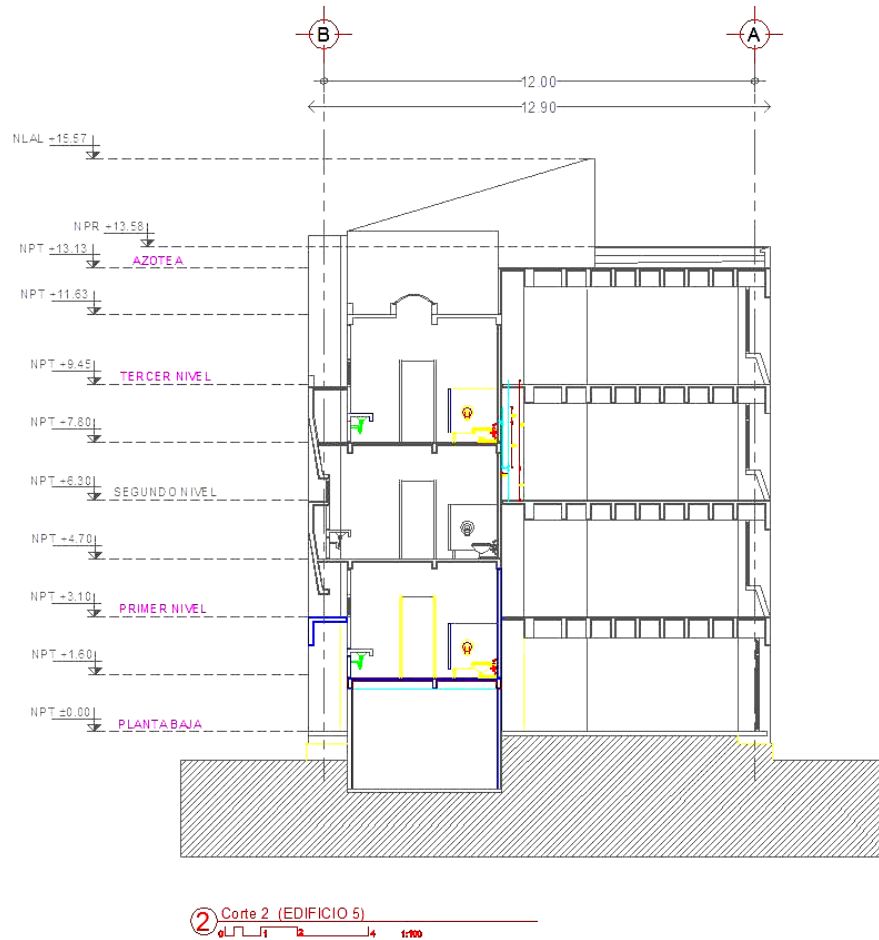


Figura 78. Perfil del edificio 5.

La instalación hidráulica del edificio 5 está conformada por tubería de cobre de 2” con derivaciones a 1”. Las derivaciones internas son todas ellas soldadas y pintadas en su mayoría de color azul. La edad de la tubería corresponde a la misma que el edificio: 20 años. No se percibieron presencia de fugas ni daños en la misma, lo que supone excelentes condiciones de operación de la instalación. 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.

PUNTOS DE CONSUMO E INVENTARIO DE USOS DE AGUA.

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). La tabla 1 muestra la cantidad de muebles de baño instalados en el edificio 5, así como sus características físicas y de operación. El uso del agua en laboratorios se debe

principalmente al Laboratorio de Ambiental que se localiza en la Planta Baja, el uso correspondiente a servicios incluye el agua destinada al servicio de cafetería y de limpieza.

Los mingitorios anteriormente colocados (3) en el edificio eran de tipo ecológico y por lo tanto no consumían agua. Actualmente sólo se cuenta con un mingitorio instalado de este tipo; no obstante más adelante se comentarán las principales ventajas y desventajas de este tipo de muebles.

Tabla 19. 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
	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro		
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Ordinario	Ecológico	Sí	No	Sí	No	
Mingitorios	3	3	0	0	0	3	0	3	1	2	
	Estado Físico				Higiene			Sarro			
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No		
Lavabos / Ovalines	12	12	0	0	12	0	0	0	12		
	Estado Físico				Tipo			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Chicote	Mezcladora	Naríz	Sí	No	Sí	No
Llaves	18	18	0	0	12	0	6	0	18	0	18
	Estado Físico				Tipo		Fugas		Sarro		
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Electrónico	Manual	Sí	No	Sí	No	
Fluxómetros para inodoro	12	12	0	0	12	0	0	12	0	12	
	Estado Físico				Material			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Cobre	AcInox	PVC	Sí	No	Sí	No
Césped	18	18	0	0	1	15	2	0	18	0	18
	Estado Físico				Higiene			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No	Sí	No
Filtro purificador	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
	Estado Físico				Higiene			Fugas		Sarro	
	Total	Funcionando	Reparación	Sustitución	Buena	Regular	Mala	Sí	No	Sí	No
Tarjas / Fregaderos	6	6	0	0	6	0	0	0	6	0	6

Los datos de la tabla 19 sugieren que las condiciones físicas y de operación de los muebles de baño del edificio 5 pueden considerarse como aceptables. Ninguno de los inodoros presenta fuga ni estampa de sarro. Sólo un mingitorio reporta esta característica, mientras que en el caso de los lavabos no se observa mal aspecto derivado de la falta de limpieza en los mismos. Los demás accesorios que conforman los puntos de consumo presentan condiciones similares.

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.

De los 27 muebles de baño identificados, dos llaves están para el uso de los servicios de cafetería, de los 25 muebles probables de monitoreo, tres mingitorios son secos, de tal manera que sólo 22 muebles de baño son factibles de monitorear continuamente.

Las figuras 79, 80 y 81 muestran los puntos de consumo que se tienen en el edificio 5.

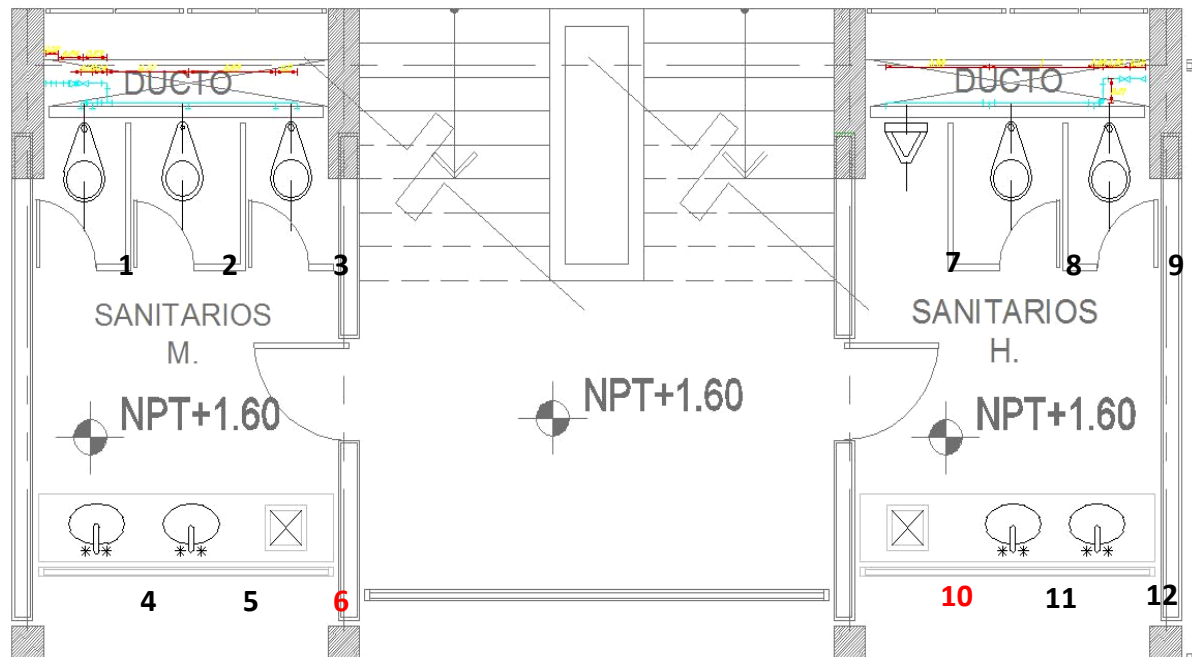


Figura 79. Puntos de Consumo de Agua en el Nivel 1 (NPT +1.60). Edificio 5

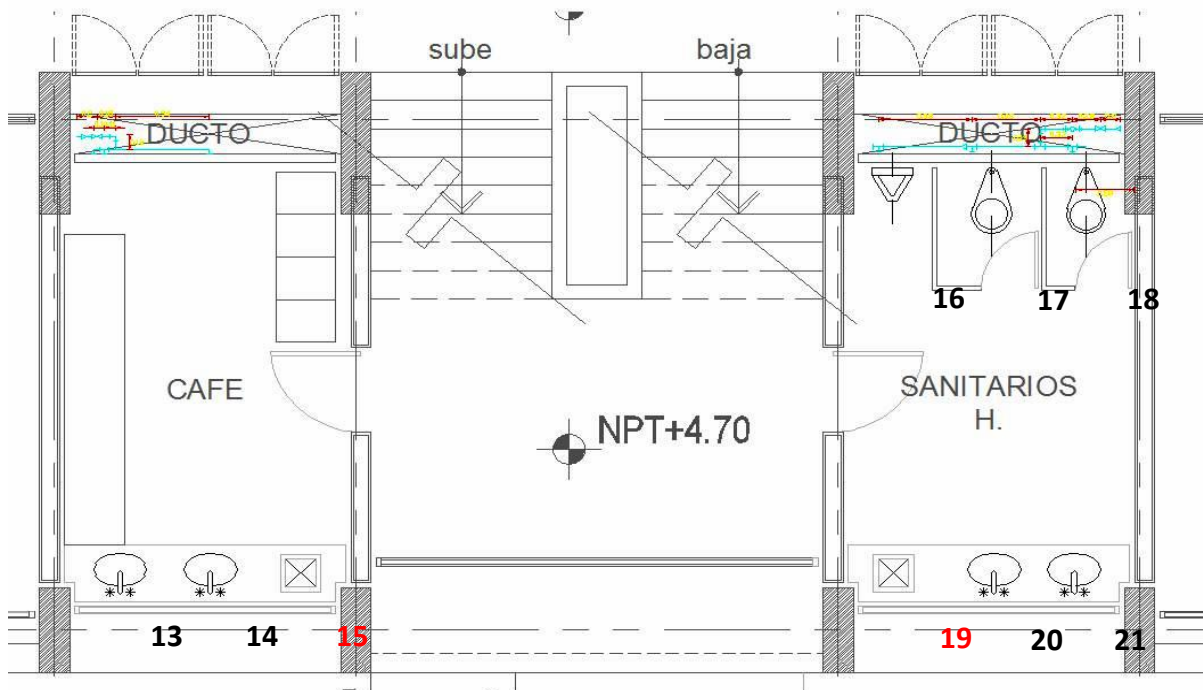


Figura 80. Puntos de Consumo de Agua en el Nivel 2 (NPT +4.70). Edificio 5

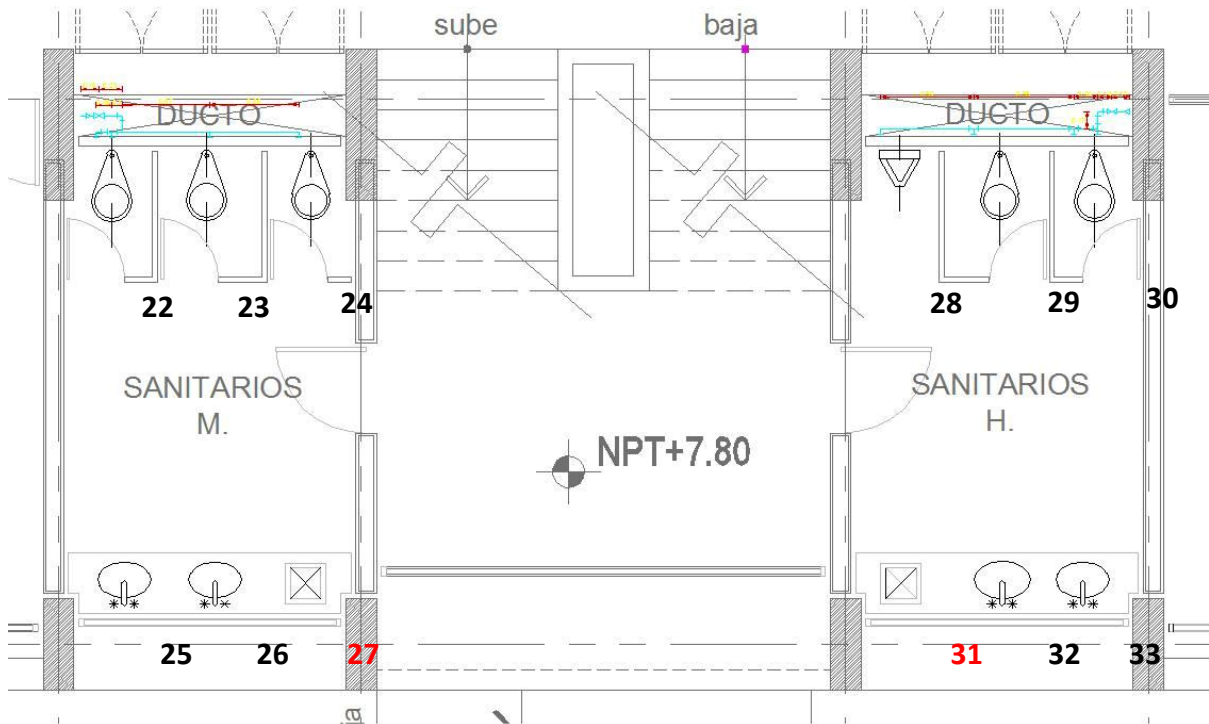


Figura 81. Puntos de Consumo de Agua en el Nivel 3 (NPT +7.80). Edificio 5

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 una auditoría de agua, esto es, 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.

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

El primer término del lado izquierdo de la igualdad se refiere a la cantidad de agua que ingresa al edificio, mientras que el primer término del lado derecho se refiere a la cantidad de agua utilizada dentro del edificio para las múltiples actividades que en él se realizan. Las pérdidas pueden entenderse como la diferencia entre el suministro y el consumo. Estas pueden deberse a la presencia de fuga en algún componente del sistema, a los errores de paralaje que pudieran derivarse de una mala lectura o bien, a la imprecisión del medidor.

Medición del suministro.

El edificio 5 cuenta con registros históricos de medición de suministros a lo largo de poco más de dos años y medio. Seguramente estos registros corresponden a la fecha de instalación del anterior medidor del edificio. Del año 2006 se tiene registro a partir del mes de Junio, a partir del cual y hasta Diciembre de ese año se presentó un suministro de 886 m³ de agua, es decir, 148 m³ de agua por mes y cerca de 5 m³ por día. Para el año 2007 el suministro medido indica una cantidad de 2040 m³, es decir, 170 m³ en promedio por mes y 5.7 m³ en promedio por día. Las figuras 82 y 83 muestran los registros históricos de los suministros.

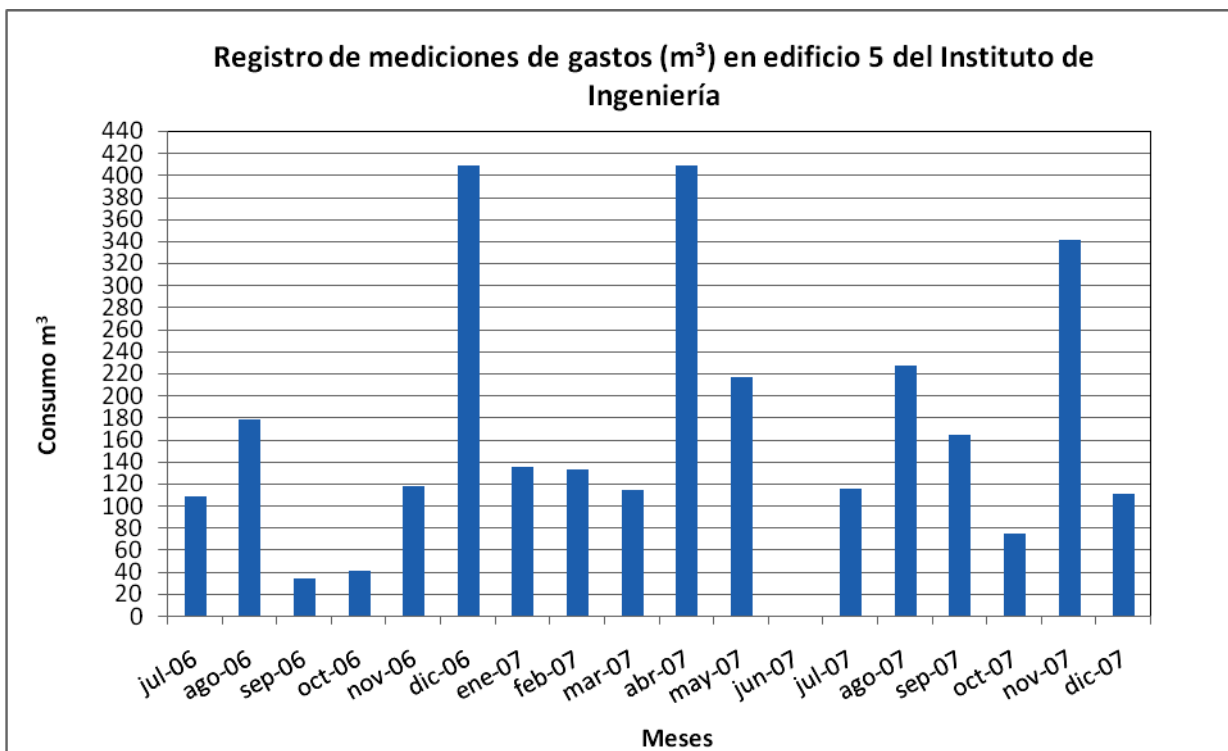


Figura 82. Registros históricos de lecturas de suministro de agua en el edificio5. Periodo Junio 2006 – Diciembre 2007.

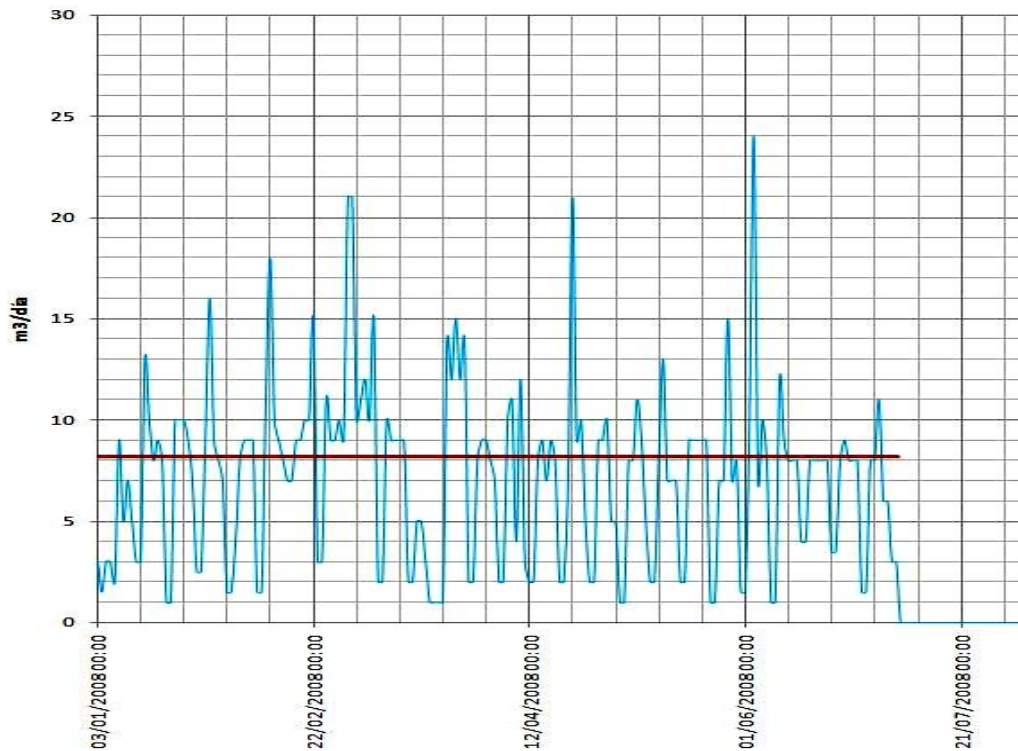


Figura 83. Registros históricos de lecturas de suministro de agua en el edificio5. Durante 2008.

Durante 2008, se consumieron poco más de 2980 m³, lo que representa que en promedio el suministro mensual fue de 248.5 m³ de agua y de 8.20 m³ de agua por día. Como parte de las actividades de PUMAGUA, se llevaron a cabo la medición se suministros de agua a varias dependencias universitarias con el empleo de un medidor ultrasónico. Uno de los edificios medidos fue el edificio 5. A continuación se presenta el hidrograma obtenido de dicha medición.

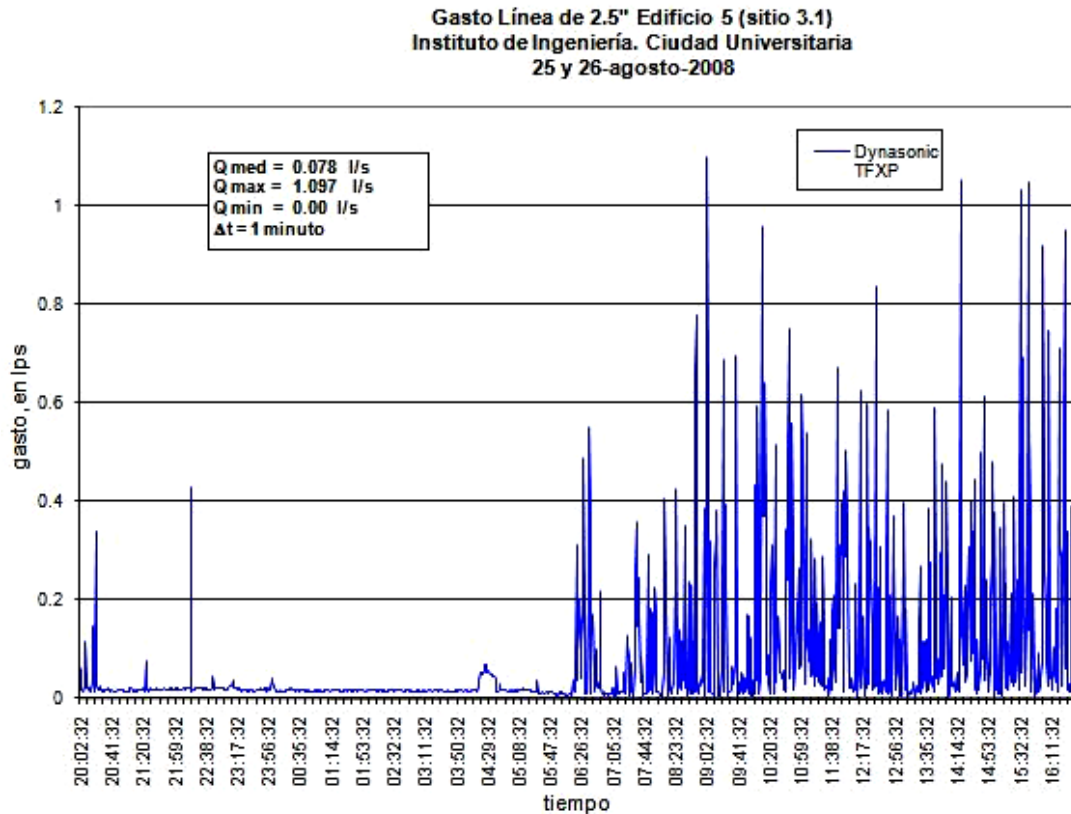


Figura 84. Consumo horario del edificio 5 del Instituto de Ingeniería. El hidrograma muestra una pequeña presencia de fugas.

Con el medidor portátil fue posible obtener un hidrograma como el de la Figura 84, en el que se muestra un consumo nocturno en el edificio debido seguramente a fugas en el sistema, dicho consumo tiene un valor de 0.002 lps.

Medición de consumos.

Para poder decidir cuáles eran las medidas de uso eficiente a tomar y posteriormente implementarlas en el edificio 5, fue necesaria la medición de consumos de agua. Lo ideal era medir los consumos en cada Punto de Consumo de Agua (PCA); pero esto no fue posible de llevar a cabo debido a que las condiciones del lugar impedían la instalación de un medidor por cada uno de ellos.

A los 33 PCA's identificados (Figuras 79, 80 y 81) durante los levantamientos habría que añadir el Laboratorio de Ambiental que se localiza en la Planta Baja, de tal manera que en total se tienen 34 PCA's.

Los consumos de Agua en cada punto han sido medidos y en algunos casos estimados. Los consumos medidos corresponden a los muebles de baño medibles (22, recordando que hay 3 urinarios secos), mientras que los estimados corresponden a los puntos de donde se ocupa agua para los distintos servicios (8, Cafetería y limpieza principalmente e indicados en color rojo en las Figuras 79, 80 y 81) y el Laboratorio de Ambiental.

Al día de hoy, se han instalado 5 medidores en el edificio lo que ha permitido cuantificar los consumos de los PCA's descritos de forma individual y su comportamiento como conjunto. Figura 85.



Figura 85. 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 (Figuras 86 y 87).

Tabla 20. Consumos de los inodoros del Edificio 5

Ubicación	Primer Nivel				Segundo Nivel		Tercer Nivel					
	Baño Mujeres			Baño Hombres		Baño Hombres		Baño Mujeres			Baño Hombres	
Tazas	T 1	T2	T3	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T3	T1	T2
Consumo lpf	4.65	9.77	15.25	9.85	6.90	9.85	10.63	7.27	10.80	8.47	11.73	8.6
Llaves	LL1		LL2		LL1		LL2		LL1		LL2	
Consumo lpm	4.83		7.83		3.90		2.07		1.90		2.93	
	3.90		3.47		3.85		2.90					

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

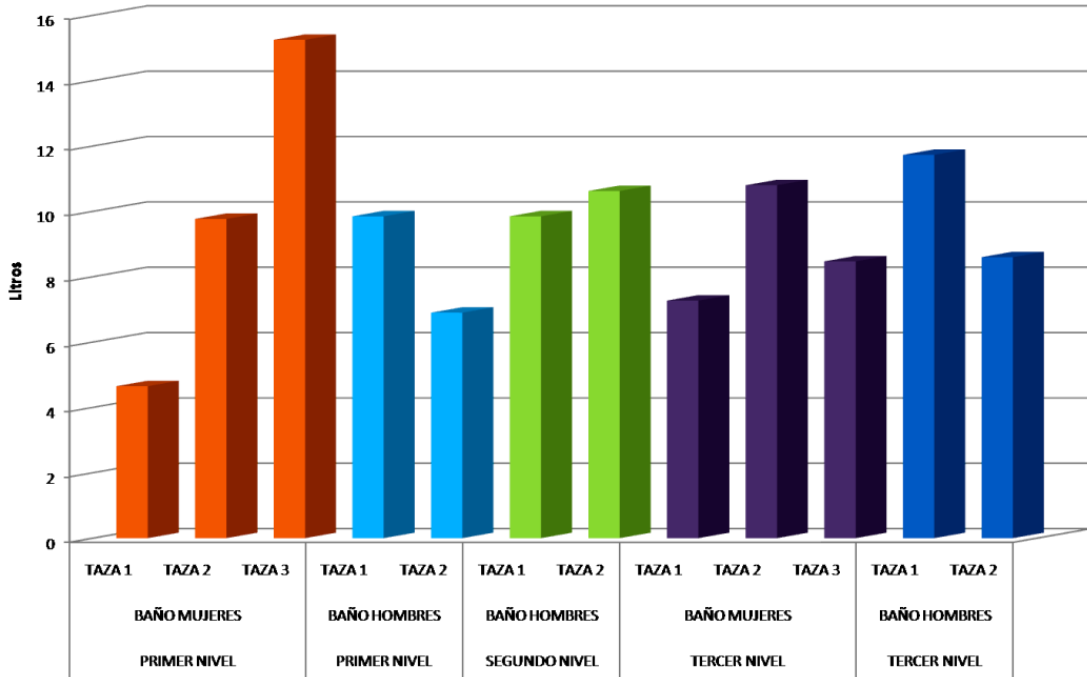


Figura 86. Consumo lpf de los muebles de baño (tazas). Edificio 5.

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

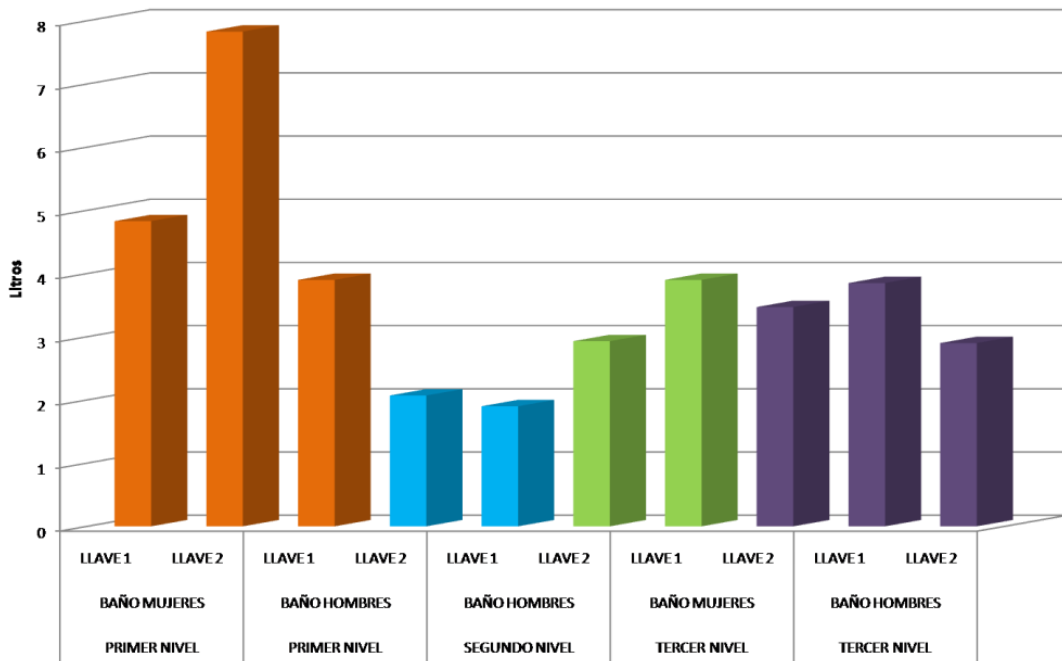


Figura 87. Consumo lpm de los muebles de baño (llaves). Edificio 5.

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.

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.

Como resultado de la realización de la Feria del Baño (Mayo, 2008) diversos productores y proveedores de artículos sanitarios mostraron interés en los estudios y objetivos que en la materia de agua el PUMAGUA pretende alcanzar, ofreciendo productos de tecnologías innovadoras que permiten un ahorro significativo de agua.

PUMAGUA es un programa vasto y de grandes alcances no sólo por las metas que en materia de agua se ha planteado, si no por pretender incluir todo los campus de la UNAM asesorándolos sobre las medidas que éstas deben tomar e implementar para lograr reducir su consumo y pérdidas de agua en sus instalaciones. En consecuencia, las recomendaciones que se hagan deben sustentarse en una base de investigación, desarrollo e implementación de una metodología de uso eficiente de agua ya definida y probada en campo.

Inicialmente se propuso un cambio de muebles tal y como se muestra en la Tabla 21. Los muebles citados cumplen con los requisitos estipulados por las normas establecidas derivados de la feria del baño y han sido vigilados para emitir un dictamen técnico confiable.

De los cambios propuestos no todos se pudieron realizar en una primera etapa. La Tabla 22 muestra las fechas, los lugares donde se instalaron los muebles, además los consumos en litros por descarga de cada uno de ellos. También se han colocado llaves marca Sloan pero únicamente en tres baños.

Tabla 21. Relación de muebles y aparatos sanitarios a instalar en el Edificio 5

PISO	MUEBLE	MUJERES			HOMBRES		
		W.C. 1	W.C. 2	W.C. 3	MINGITORIO	W.C. 1	W.C. 2
3	TAZA	AMERICAN STANDARD	AMERICAN STANDARD	AMERICAN STANDARD	SLOAN	AMERICAN STANDARD	AMERICAN STANDARD
	FLUXÓMETRO	SLOAN	AMERICAN STANDARD	JENSER	SLOAN	AMERICAN STANDARD	AMERICAN STANDARD
	DESCARGA	6 LPF (COMBINADO)	4.8 LPF	6 LPF	0.5 LPF	4.8 LPF	4.8 LPF
	LLAVES	SLOAN SENSOR INFRARROJO 2LPF		SLOAN PUSH	SLOAN PUSH	AMERICAN STANDARD SENSOR	
2	TAZA	NO EXISTE			SLOAN	AMERICAN STANDARD	AMERICAN STANDARD
	FLUXÓMETRO				SLOAN	AMERICAN STANDARD	AMERICAN STANDARD
	DESCARGA				0.5 LPF	6 LPF	4.8 LPF
	LLAVES				SLOAN SENSOR INFRARROJO 2LPF		AMERICAN STANDARD SENSOR
1	TAZA	AMERICAN STANDARD	SLOAN	AMERICAN STANDARD	AMERICAN STANDARD	SLOAN	SLOAN
	FLUXÓMETRO	SLOAN	SLOAN	JENSER	NO TIENE	SLOAN	SLOAN
	DESCARGA	6 LPF (COMBINADO)	4.8 LPF	6 LPF	SECO	4.8 LPF	4.8 LPF
	LLAVES	HELVEX		HELVEX	HELVEX	HELVEX	

Tabla 22. Muebles y aparatos instalados en el Edificio 5

Ubicación		Marca		Fecha de instalación	Consumo l/descarga
		Inodoro	Fluxómetro		
N1 BM (Nivel 1. Baño Mujeres)	TAZA 1	American Standard	Sloan	11/12/08	4.2
	TAZA 2	Sloan	Sloan	11/12/08	4.9
	TAZA 3	American Standard	Jenser	09/12/08	5.6
N1 BH (Nivel 1. Baño Hombres)	MING. 1	Sloan	Sloan	14/12/08	0.5
	TAZA 1	Sloan	Sloan	11/12/08	4.75
N2 BH (Nivel 2. Baño Hombres)	MING. 1	Sloan	Sloan	14/12/08	0.5
	TAZA 2	American Standard	American Standard	25/11/08	4.9
	LLAVE 1	Sloan Sensor infrarrojo		11/12/08	1.90
N3 BM (Nivel 3. Baño Mujeres)	TAZA 1	American Standard	Sloan	11/12/08	4.4
	TAZA 2	American Standard	American Standard	20/11/08	4.8
	TAZA 3	American Standard	Jenser	09/12/08	6.3
	LLAVE 1	Sloan Push		08/01/09	3.40
	LLAVE 2	Sloan Sensor infrarrojo		11/11/08	2.00
N3 BH (Nivel 3. Baño Hombres)	MING. 1	American Standard	-	24/11/08	0
	TAZA 1	American Standard	American Standard	24/11/08	5.1
	TAZA 2	American Standard	American Standard	24/11/08	5
	LLAVE 2	Sloan Push		08/01/09	2.10

Los muebles American Standard que se colocaron han sido donados por la empresa para beneficio de nuestros objetivos, el resto de mobiliario ha sido adquirido por cuenta propia con los fondos del proyecto.



Figura 88. Fotografías de los modelos de las tazas sustituidas. Se determinó su consumo promedio en 9.7 lpf con un máximo de 15.25 lpf



Figura 89. Nuevos modelos instalados. Este conjunto consume en promedio 4.95 lpf

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 en la primera etapa.

Comparación de consumo de agua en inodoros antes y después de los cambios.

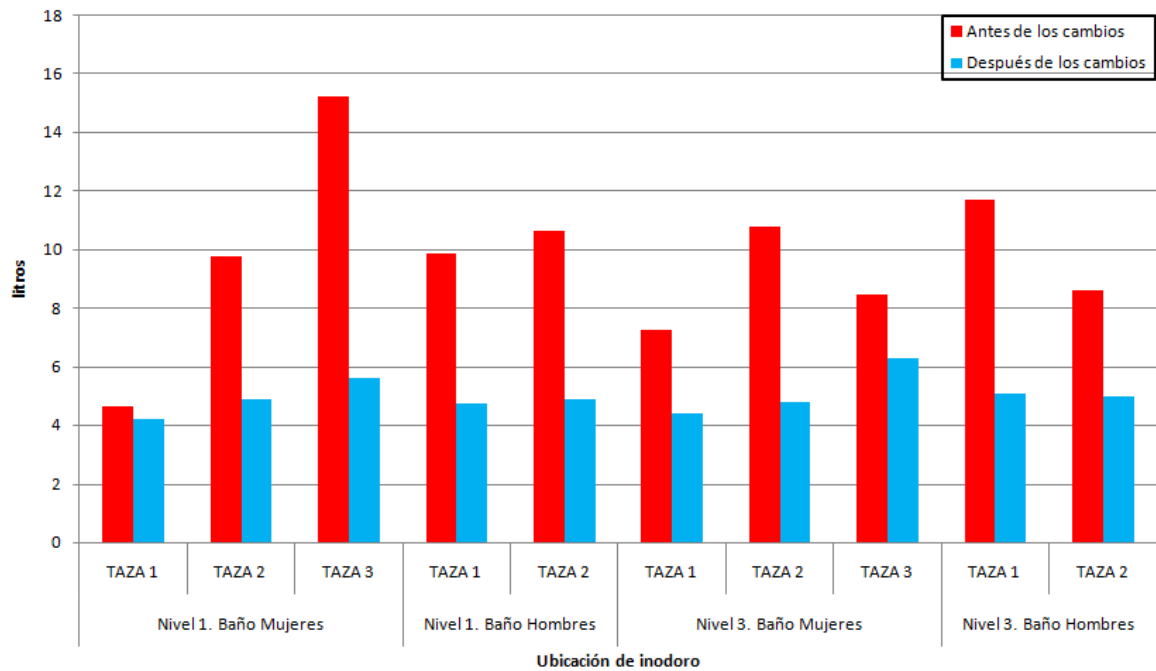


Figura 90. Comparación de consumos de los muebles sanitarios del Edificio 5

La diferencia entre los consumos es notoria y podemos obtener entonces el ahorro porcentual que representa este cambio.

Tabla 23. Comparación de consumos de los muebles y aparatos sanitarios del Edificio 5

Ubicación		Consumo		Ahorro
		Antes lpf / lpm	Después 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%
	LLAVE 1	1.9	1.9	0.00%
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.

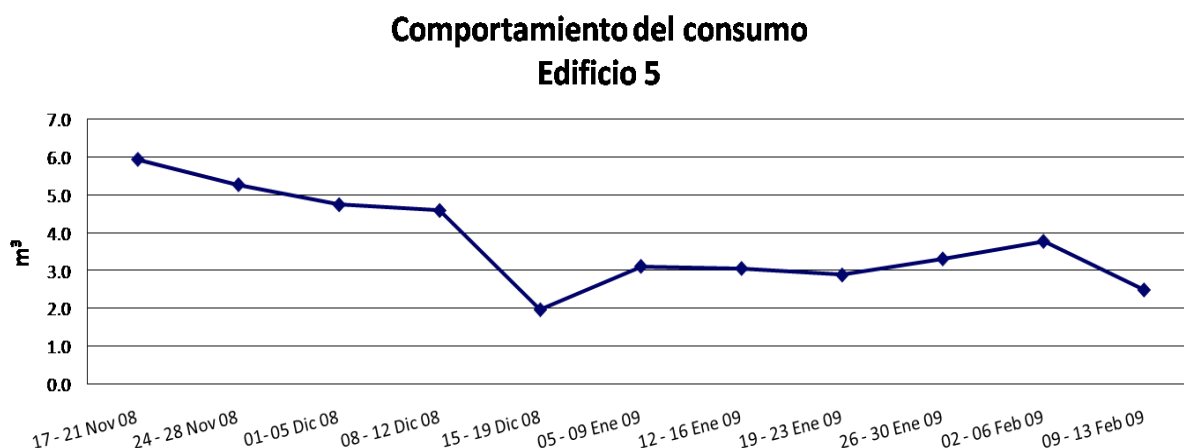


Figura 91. Comportamiento históricos del consumo m³/día de los baños del Edificio 5

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 (por ejemplo, para las tazas, de las que su consumo teórico era de 4.8 l por descarga, estaban operando con menos de 3.5 l, debido a esto eran necesarias varias descargas para realizar una adecuada limpieza), todas las dudas fueron atendidas con paciencia y después de que los técnicos calibraron los sensores el cambio en los usuarios fue notorio, 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. Anexo 1. De la cual se seleccionaron los ensayos más sencillos de realizar de acuerdo a las características que se presentan en las instalaciones.

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.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 92. Pruebas realizadas a los sanitarios. a) arrastre con aserrín, b) arrastre de bolitas de unicel, c) limpieza del tinte, d) eliminación de tiras de hule espuma, e) eliminación de bolas de papel y tiras de hules espuma y f) aforo y espejo de agua.

6.3.5 Resultados y Análisis

Balance hidráulico.

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 $8.21 \text{ m}^3/\text{día}$, 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.

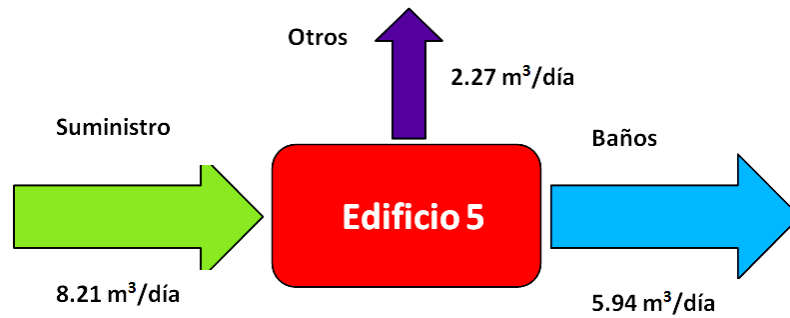


Figura 93a. Balance Hidráulico del Edificio 5 antes de los cambios de mueble de baño.

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 $6.24 \text{ m}^3/\text{día}$, 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 datalogger instalado a la entrada del Edificio 5, se estima un gasto promedio nocturno de $0.12 \text{ m}^3/\text{día}$, los cuales se pueden relacionar con fugas dentro del edificio.

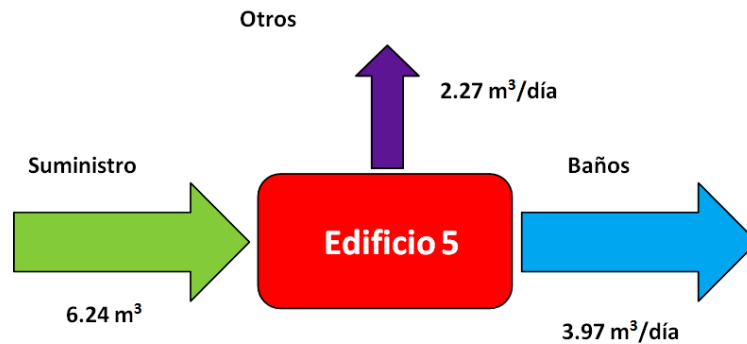


Figura 93b. Consumo de Agua al interior del Edificio 5 después de la sustitución de muebles de baño.

Se realizaron pruebas (NOM-009-CNA-2001) a los sanitarios de los baños en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería de la UNAM por las constantes quejas acerca de un funcionamiento deficiente.

El análisis detallado se halla en el Anexo Muebles de baño del Instituto de Ingeniería, incluye fotografías de las pruebas. A continuación se muestra un resumen con los resultados más sobresalientes de las pruebas y las conclusiones que de ellas se derivaron.

Tabla 24. Resultados de las pruebas a los inodoros Edificio 5.

PISO 1 BAÑO MUJERES					
Ubicación	Taza	Fluxómetro	Consumo (lpf)	Ensayos aprobados	Observaciones
WC 1	American Standard	Sloan	$Q_{4.2} = 4.1$	7/7	Ningún problema durante las pruebas
	Institucional Afwall 01480	Ecos 8111 Dual Flush	$Q_{6.0} = 5.3$		
WC 2	Sloan	Sloan	$Q = 4.3$	7/7	Trabaja bien en general
	WETS 2010. 1403 SMOOTH				
WC 3	American Standard	Jenser	$Q = 5.8$	7/7	No presentaba sifón. Fue calibrado por el fabricante
	Institucional Afwall 01480	CHAMPION JEN-T			
PISO 3 BAÑO MUJERES					
Ubicación	Taza	Fluxómetro	Consumo (lpf)	Ensayos aprobados	Observaciones
WC 1	American Standard	Sloan	$Q = 3.8$	6/7	Equipo anterior deficiente. Consumo elevado. Dificultad con cargas de alta densidad.
	Afwall	Ecos 8111 Dual Flush	$Q = 5.3$		
	American Standard	Toto	$Q = 7.8$		
	Institucional Afwall 01480				

Tabla 24. Resultados de las pruebas a los inodoros. Edificio 5. (Continuación)

PISO 3 BAÑO MUJERES					
Ubicación	Taza	Fluxómetro	Consumo (lpf)	Ensayos aprobados	Observaciones
WC 2	American Standard	American Standard	Q = 3.95	7/7	Dificultad con cargas grandes. Muy bajo consumo
	Afwall	Bajo consumo			
WC 3	American Standard	Jenser	Q = 5.8	7/7	Sensor requiere una distancia mínima forzosa.
	Institucional Afwall 01480	CHAMPION JEN-T			
PISO 1 BAÑO HOMBRES					
Ubicación	Taza	Fluxómetro	Consumo (lpf)	Ensayos aprobados	Observaciones
WC 1	Sloan	Sloan	Q = 4.3	7/7	Trabaja bien en general. Suficiente potencia en el <i>jet</i> .
	WETS 2010. 1403 SMOOTH				
WC 2	American Standard	Toto	Q = 6.3	6/7	Consumo superior a la Norma, sin embargo, era de 9.1 lpf por lo que se considera aceptable.
	Institucional Afwall 01480				
PISO 2 BAÑO HOMBRES					
Ubicación	Taza	Fluxómetro	Consumo (lpf)	Ensayos aprobados	Observaciones
WC 1	American Standard	Toto	Q = 6.1	6/7	Promedio ligeramente superior a la Norma, gasto máximo registrado 7.0 lpf
	Institucional Afwall 01480				
WC 2	American Standard	American Standard	Q = 4.5	6/7	Orificio de salida muy pequeño, dificultad para pasar las pruebas
	Afwall	Bajo consumo			
PISO 3 BAÑO HOMBRES					
Ubicación	Taza	Fluxómetro	Consumo (lpf)	Ensayos aprobados	Observaciones
WC 1	American Standard	American Standard	Q = 4.5	3/5	No pasaron, las esponjas se atorran en el orificio de salida. El <i>jet</i> no es lo suficientemente potente. Se omitieron algunas pruebas.
	Afwall	Bajo consumo			
WC 2	American Standard	American Standard	Q = 4.3	4/5	
	Afwall	Bajo consumo			

Relación Costo – Beneficio.

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 M.N. La Tabla 25 muestra los costos mencionados anteriormente:

Tabla 25. 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
Total	\$ 112,663.12

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, a cada uno de éstos 15 personas le dan uso al menos una vez por día. La figura 94 relaciona 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, y con la figura 94, la curva en azul claro (cian) es la que se ajusta a nuestro caso debido a que el uso es de 14 personas por muebles, 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.

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 m³ o 120 000 litros, es decir, cada litro ahorrado costó en promedio \$0.94 pesos, es decir \$940.00 pesos por m³.

En la Universidad de Sydney, Australia (University of Sydney. 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 experimentación que se va desarrollando con este tipo de estudios, y seguramente conforme la experiencia en este tipo de trabajos se vaya incrementando, los costos de un programa de uso eficiente de agua disminuirán.

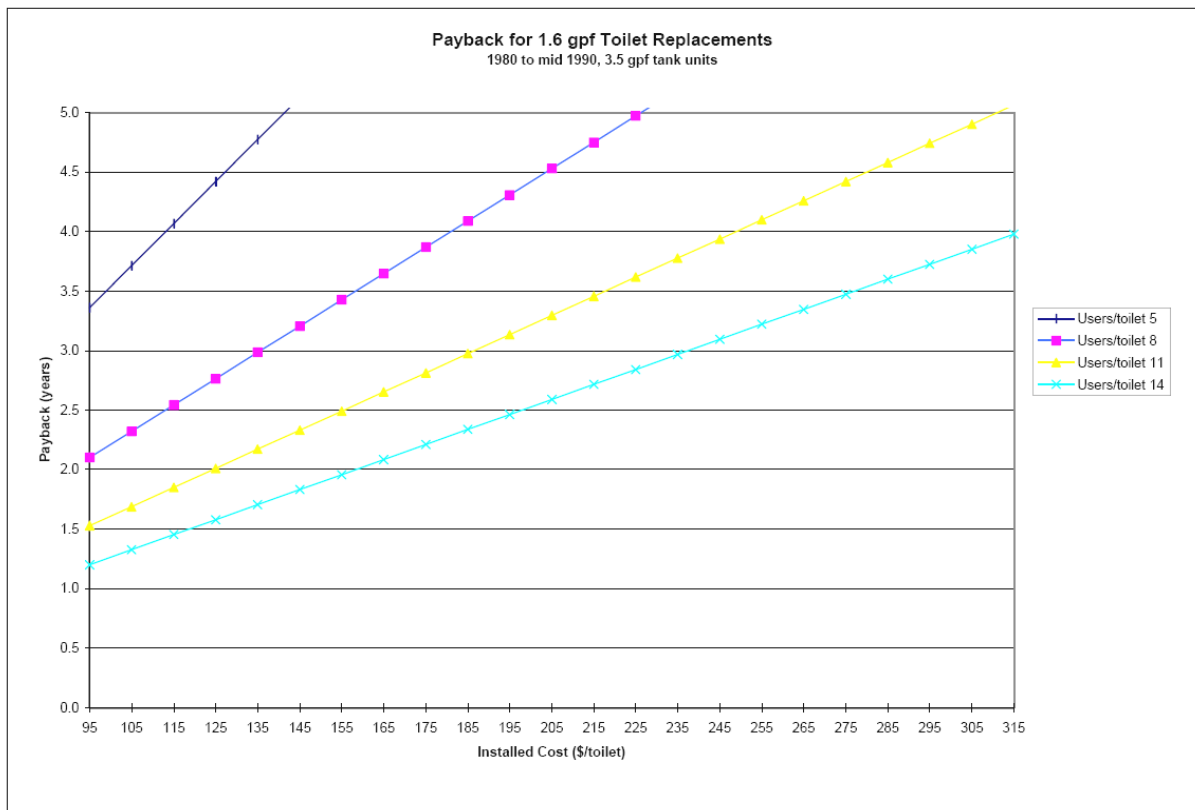


Figura 94. Tasa interna de Retorno (Payback) de sustitución de muebles de baño. [FUENTE: Water Efficiency Manual. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources]

6.3.6 Conclusiones y Recomendaciones

Después de los aforos correspondientes al inicio del programa de cambio de muebles y aparatos sanitarios se identificó una fuga (ya reparada) y se determinó el consumo promedio en 9.7 lpf, con un máximo en 15.25 lpf. En la Tabla 26 se tiene una breve descripción del desempeño mostrado por los conjuntos instalados.

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/cm². 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.

Tabla 26. Análisis del desempeño de los muebles de baño.

Taza	Flux	Ventajas	Desventajas
American Standard	American Standard	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo consumo 4.8 lpf ➤ Buen arrastre con cargas pequeñas. ➤ Calibración sencilla. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No venía calibrado de fábrica. (3.5 lpf) ➤ Orificio de salida muy pequeño. ➤ Dificultad con cargas densas.
Sloan	Sloan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bajo consumo. ➤ Baterías AA. ➤ Mismo consumo manual que automático. ➤ Potencia considerable en el <i>jet</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤
American Standard	Sloan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistema inteligente innovador ➤ Idóneo para sanitarios de damas ➤ Respeta los consumos nominales máximos. ➤ Se activa descarga “grande” después de 60 seg. de permanencia. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiempo de permanencia confuso. ➤ El promedio de consumo es bajo. ➤ La taza no ayuda al desempeño del fluxómetro.
American Standard	Jenser	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cerebro electrónico de baterías AA. ➤ Sistema de fluxómetro Sloan ➤ Gasto constante y eficiente, no mayor a la norma. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Piezas mayormente de importación y no son fáciles de conseguir. ➤ Calibración complicada ➤ Partes plásticas sensibles.

Para el trabajo de cambio de muebles y aparatos sanitarios se pensó principalmente en fluxómetros ya que son el pilar del suministro de agua al sistema de los inodoros, pero se dejó un tanto de lado considerar el funcionamiento de estos últimos como principal actor en el aprovechamiento del recurso.

Después de observar y analizar los resultados de demás pruebas, se tomarán algunas medidas correctivas y preventivas para lograr que se mantenga un servicio adecuado a las necesidades del usuario pero sin descuidar los avances que en materia de reducción de consumo hemos tenido. Se realizan nuevos cambios de muebles y se ejecuta también su monitoreo para emitir un juicio justo sobre su desempeño.

Por otra parte es oportuno mencionar el funcionamiento de los mingitorios secos. El modelo anterior es un Falcon, ecológico, es decir, que no consume agua.



Figura 95. Mingitorio Ecológico Falcon. No consume agua.



Figura 96. Mingitorio Ecológico Falcon. 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. Otro problema derivado de este sistema es el sarro que se acumula en las tuberías, al no haber una descarga eventual de agua los contaminantes de la orina se cristalizan y se incrustan en el interior del conducto, reduciéndose poco a poco el diámetro de la tubería; además la tubería no puede ser de cobre ya que la orina directa es altamente corrosiva con este material. 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.

Se seleccionó entonces 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.



Figura 97. Instalación (izquierda). Mueble instalado (derecha).

En cuanto a llaves, se eligió probar (Sloan sensor y push) se ha presentado sólo un inconveniente que se corrigió de una forma simple, una llave de push estaba mal calibrada y consumía más agua de lo debido ya que su tiempo de retracción era muy elongado. Sin embargo, los usuarios han recibido con agrado el modelo de sensor porque se piensa más práctico.

Una vez cambiados los muebles de baño, se notó una sensible disminución del 33% en el consumo de agua destinada a los sanitarios, con lo que se logró disminuir el suministro a pasar de 8.21 m^3 a 6.24 m^3 en promedio diarios en poco más de dos meses. En otras palabras, con las medidas tomadas e implementadas en el edificio 5 se logró disminuir 1.97 m^3 de agua por día, lo que permitirá un ahorro de hasta 60 m^3 de agua por mes y cerca 720 m^3 de agua por año.

Lamentablemente, este tipo de medidas ha generado molestias por parte de los usuarios, principalmente al momento de colocar los muebles de baño, además, algunos de los muebles instalados no estaban calibrados de fábrica, lo que detonó aun más las quejas por parte de los beneficiarios. Esta experiencia en el Edificio 5 nos está permitiendo de alguna manera evaluar también las reacciones de las personas cuando este tipo de medidas se implementan y aun más, nos lleva a buscar formas de implementación que busquen minimizar los efectos negativos de este tipo de acciones.

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.

Esta feria contó con la participación de varias empresas dedicadas a vender este tipo de productos, entre ellas estaban American Standard, Sloan e ideal Standard, las cuales prestaron diversos tipos de muebles para que los universitarios los conocieran y vieran funcionando, a su vez colocaron sus respectivos Stands que fueron atendidos por personal técnico de cada empresa.

Todos los muebles y accesorios evaluados cumplieron con el ahorro de consumo de agua indicado en las normas Mexicanas, se destacaron las llaves con sensor automático, los mingitorios secos y las tasas de baño con consumo de 4.8 l por descarga, los cuales permiten un ahorro superior al 60% si se comparan con la media de los baños que actualmente están en funcionamiento en C.U.

Con la realización de la Feria del Baño fue posible conocer el funcionamiento de los diversos muebles de baños expuestos y con ello poder generar unas primeras recomendaciones que dieran la pauta a ciertas reglas para realizar los cambios de muebles de baño en el II-UNAM; es importante mencionar que dichos cambios se realizaron de manera gradual, de tal manera que puedan ser monitoreados y en caso de que no funcionen los aparatos tal como se constató en la Feria del Baño puedan ser nuevamente cambiados. Cada mueble que se cambie tendrá un micromedidor que permitirá comprobar su funcionamiento y eficiencia. Es por ello que el programa de cambio de muebles de baños se comenzó en los Edificios 5 y 12, ya que actualmente se cuenta con medidores con los cuales se puede calcular la eficiencia de cada mueble

Entre las diversas marcas disponibles en el mercado se eligieron las que cuentan con un respaldo en el mercado comercial, pero que a su vez cumplan con las normas establecidas para lograr un ahorro de 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
TOTAL DE MUEBLES	279	451

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

Con la información generada en relación al estado físico de las instalaciones del II-UNAM se tomaron decisiones que han repercutido en cambios importantes en el consumo de agua y la percepción de los usuarios. Los trabajos requeridos han sido realizados en distintas fechas y de manera progresiva para monitorear las variaciones presentes para cada mueble requiere. Por lo anterior se muestra en la Figura 98 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.

Se ha observado con las pruebas realizadas hasta la fecha de muebles sanitarios de las marcas American Standard, Sloan y Jenser, que para las tazas y fluxómetros que trabajan a 4.8 lpf, independientemente de la marca (en este caso American Standard y Sloan) efectivamente reducen el consumo de agua pero su funcionamiento está sujeto a las condiciones de presión en el sitio, por lo que es recomendable que éstas sean constantes mediante un sistema hidroneumático o que la presión sea suficiente para garantizar el buen funcionamiento. Por otro lado, es fundamental que se afore el consumo cuando se estén instalando los fluxómetros ya que éstos por ser calibrados en fábrica se prueban bajo diferentes condiciones de caudal y presión, no necesariamente las mismas en campo, por lo tanto, se deben hacer las pruebas en sitio hasta que el fluxómetro de el gasto requerido (tanto de de 4.8 ó 6 lpf).

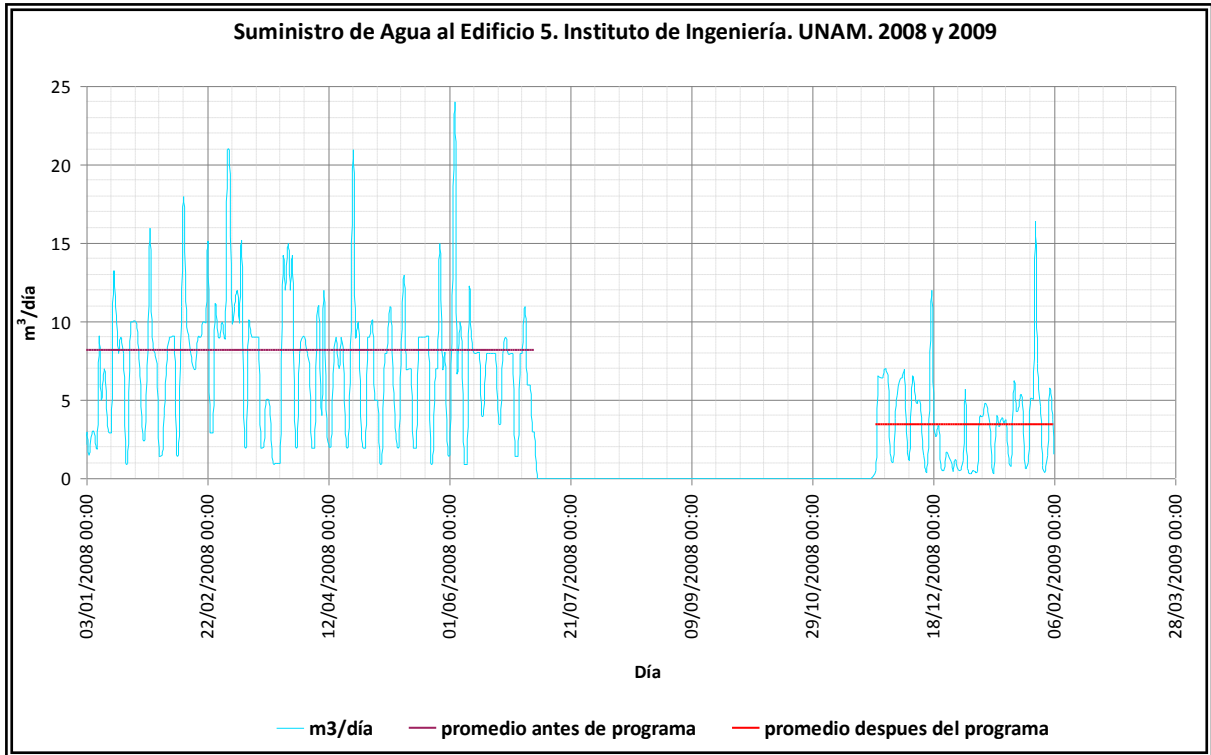


Figura 98. Registro del consumo de agua en el Edificio 5

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: Un requisito indispensable es que el sistema de desagüe sea del material de PVC y no de cobre, pues el mingitorio seco tiene un sistema de desalojo de líquidos mediante un cartucho que contiene un gel, el cual sirve solamente como un medio para pasar los líquidos al sistema de drenaje, por lo tanto, la orina pasa íntegra a la tubería y si fuera de cobre causaría incrustaciones y taponamiento en un corto tiempo de la tubería. El principal problema que existe en la instalación de los mingitorios secos es el método de limpieza que el personal de intendencia aplica pues al vaciar agua diariamente cuando se limpia el mueble termina con el gel en menos de los 7000 usos que aparentemente dura. 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.

Los micromedidores a instalar en Ciudad Universitaria tienen la ventaja de registrar los valores de suministro durante 24 horas, lo que permite identificar gastos nocturnos, que dicho sea de paso, sugieren presencia de fugas. Este tipo de registros han hecho posible la cuantificación de los gastos nocturnos en el edificio 5 mostrados en la figura 99 los cuales sugieren un gasto nocturno de 120 litros de 12:00 hrs a las 5:00 am.

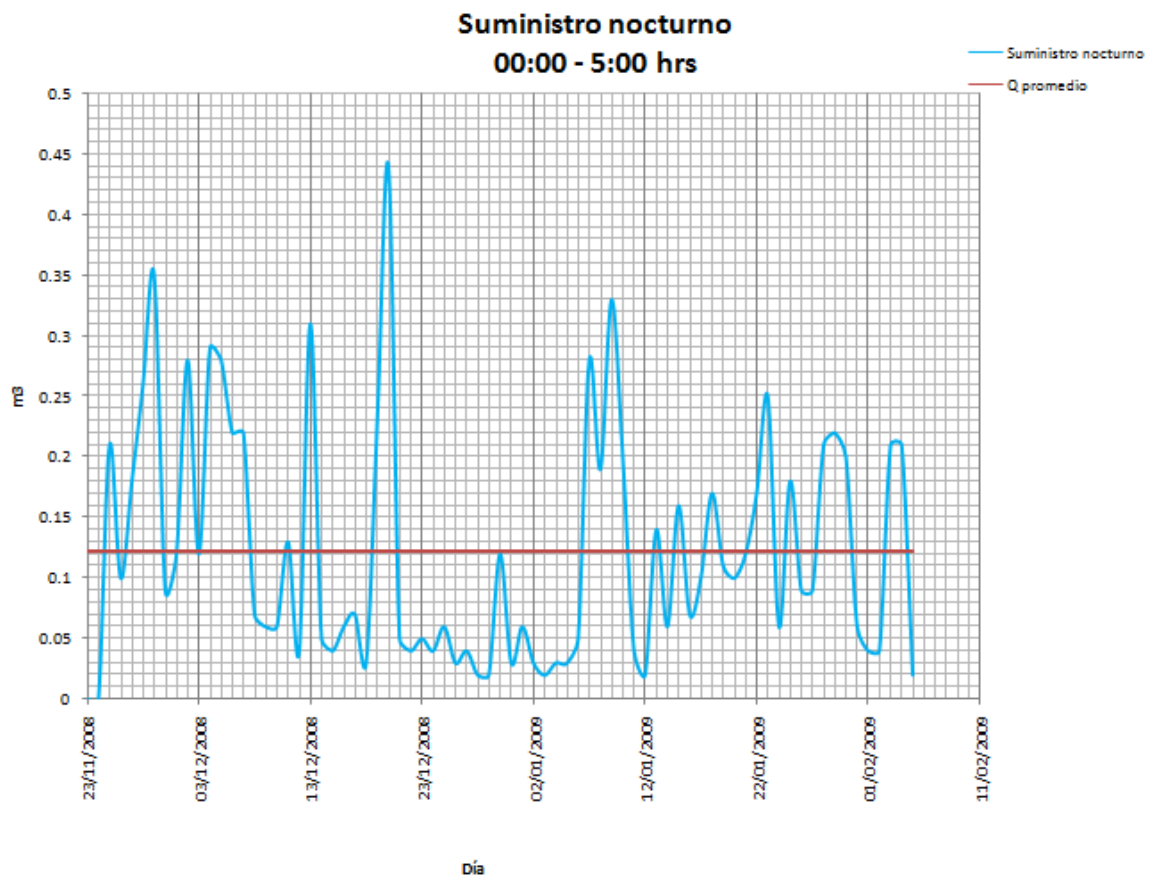


Figura 99. Gastos nocturnos en el Edificio 5

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. A similar concept is .

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. En la actualidad sólo en el Reino Unido más de 60,000 edificios han sido certificados y más de 270,000 están siendo evaluados. Al igual que el LEED funciona en base al cumplimiento de Requisitos en ocho

categorías (Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Terrenos sustentables, y Agentes Contaminantes) que posteriormente entrega una evaluación final y permite clasificar los edificios en: certificado, bien, muy bien y excelente.

BREEAM tiene un largo registro de seguimiento en el Reino Unido, pero no se utiliza de forma extensiva en USA y es difícil de obtener información actual sobre el sistema. En función de la información disponible, no sería aplicable a todos los tipos de proyecto, específicamente la construcción del interior de los inquilinos mediante leasing. BREEAM se actualiza anualmente; sin embargo, la versión actual no está públicamente disponible para compra y se debe adquirir a través de un asesor con licencia. La organización del asesor con licencia determina la clasificación BREEAM en función de logros cuantificables en diseño sostenible. Aunque la mayoría de los profesionales del diseño sostenible son conscientes de BREEAM y ha sido utilizado por muchos sistemas de clasificación como base para su propio desarrollo, los resultados no son ni utilizados, ni reconocidos por los profesionales de los edificios en USA.

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. Actualmente, la información sobre el proyecto y la construcción sostenible se remite on-line para su verificación por terceros, la cual es realizada por un profesional aprobado por la Green Building Initiative y formado por Green Globes™. De acuerdo con la retroalimentación proporcionada por la Green Building Initiative. El sistema de clasificación Green Globes™ US no estaba disponible on line con coherencia durante el período de revisión y la versión actual de la herramienta del sistema on line todavía no está disponible y no hay datos para su esperada terminación. Aunque ha habido mucha publicidad alrededor de Green Globes™ US en estos años, de acuerdo con la retroalimentación proporcionada por la Green Building Initiative, 4 edificios han recibido certificaciones Green Globes y se han registrado 63 edificios, lo que significa que potencialmente pueden perseguir una verificación en el futuro.

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 con el fin de:

Establecer un lenguaje común.

- Establecer un estándar de medida para los edificios verdes.
- Promover la gestión integrada, en su conjunto con el diseño de los edificios
- Reconocer el liderazgo ambiental.
- Identificar la construcción de ciclo de vida de los impactos.
- Despertar la conciencia acerca de la construcción

Green Star abarca una serie de categorías que evaluar el impacto ambiental que es una consecuencia directa de los proyectos de una selección de sitios, diseño, construcción y mantenimiento. Estas categorías se dividen en créditos, cada uno de los que se refiere a una iniciativa que mejora o tiene el potencial de mejorar el desempeño ambiental. Los puntos son otorgados en cada crédito para la adopción de medidas que demuestran que el proyecto ha cumplido con los objetivos generales de Green Star.

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 m² lo que confirma como su implementación se ha triplicado en estos últimos 2 años. Basado en el sistema europeo BREEAM, provee un marco completo para mejorar el rendimiento de edificios y promueve el entrenamiento de expertos a través de una acción sistémica ofreciendo certificación de proyectos, acreditación profesional, y recursos de entrenamiento y práctica. La evaluación considera aspectos indispensable en un edificio tales como el desarrollo de Sitios sustentables, eficiencia en el uso del agua, eficiencia energética, calidad del ambiente interior, materiales sustentables, e innovación en el diseño. La certificación se otorga en cuatro categorías: Certificado, Plata, Oro y Platino

LEED® es actualmente el sistema dominante en el Mercado de Estados Unidos y se está adaptando a múltiples mercados en todo el mundo. Los sistemas de clasificación LEED® disponibles actualmente en el mercado de Estados Unidos se dirigen a todos los tipos de proyectos.

Hay un Manual de Desarrollo y Mantenimiento de Productos públicamente disponibles que gobiernan cómo se hacen los cambios en los sistemas de clasificación LEED®. Los pasos a seguir para el desarrollo de productos del sistema de clasificación del U.S. Green Building Council incluyen el desarrollo técnico por parte de comités, pruebas piloto, período de comentarios públicos, aprobación por los miembros del consejo y por último entrega para el uso público. Se pueden producir actualizaciones menores en los sistemas de clasificación LEED® existentes, no más de una vez al año, mientras que las actualizaciones principales sólo deben producirse en un ciclo de 3-5 años, y seguirán un proceso definido incluyendo un período de comentario público. La documentación de las medidas cuantificables de diseño sostenible es proporcionada al U.S. Green Building Council, el promotor del sistema de clasificación LEED®, para una verificación por terceros. Los asesores han sido formados y deben aprobar un examen de asesor. Más de 400 edificios en USA han recibido certificaciones LEED® y se han registrado más de 3.400 edificios que, por lo tanto, están buscando una potencial certificación. LEED® no sólo es el líder en el mercado de Estados Unidos, sino que es el sistema de clasificación más ampliamente utilizado por agencias estatales y federales, lo que hace fácil la comunicación de los logros en diseño sostenible con otros.

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, fundamentado en métodos que han demostrado su efectividad, basados en las recomendaciones de otros programas (OECD, 1999 y EPA-Wisconsin, 2002, principalmente); sin embargo, se ha adaptado el método desarrollado por PUMAGUA al contexto de Ciudad Universitaria.

El Programa 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, como se detalla en la siguiente sección. Una vez que se conoce la audiencia y se identifican grupos conscientes del problema o colaborativos o con actitudes o conductas positivas, otros que desconocen el problema o presentan actitudes y conductas negativas o son renuentes a participar, y también sabemos el tipo de campaña de prefieren, se está en condiciones de diseñar el programa de comunicación.

Por otro lado, en PUMAGUA se considera, y es de suma importancia, que el éxito del programa depende, en gran medida, de que las dependencias universitarias se apropien de él, asuman sus responsabilidades, asignando personal y presupuesto; así como los universitarios también participen activamente. PUMAGUA puede funcionar como punto de encuentro de ideas y sugerencias, como catalizador de acciones, pero cada dependencia es responsable de tomar acciones concretas para mejorar el uso del agua. Por ello, el Programa de Comunicación/Participación tiene un área de Coordinación/Participación, el cual se explica en la sección de Comunicación.

También 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. Asimismo, se tendrán indicadores para evaluar el funcionamiento del trabajo, y mediante el análisis de los mismos, se podrán hacer modificaciones a los diversos componentes del programa. Este proceso será continuo, con el fin de obtener un sistema, como se decía, flexible, dinámico y efectivo.

8.1 Experiencias Nacionales e Internacionales

El tema con respecto al agua no es sólo el ahorro de la misma, sino la conservación de su calidad con el propósito de que el agua que sale de la llave sea potable y susceptible de tomarse directamente y, segundo, es fundamental que los universitarios arrojen menos contaminantes al drenaje. Por ello, se rastreó y consiguió un estudio realizado por la Facultad de Química acerca de la disposición de residuos químicos. Encontraron que en 17 de las 26 dependencias analizadas, en

2005, sí se habían vertido sustancias peligrosas en el drenaje o en la basura. Sin embargo, cabe aclarar que actualmente la Facultad de Química, a través de la Unidad de Gestión Ambiental, coordina el Programa para el manejo adecuado de residuos peligrosos, en el cual participan 16 de estas dependencias. En este Programa se han llevado, entre otras, las siguientes acciones: inventario de residuos conocidos y desconocidos, identificación de volúmenes generados de los mismos, campañas institucionales de sensibilización sobre el manejo de residuos peligrosos.

Otro 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 (Anexo Comunicación / Participación). La Universidad de Sidney colabora en un programa más grande que coordina el gobierno de New South Wales y que lleva el nombre Water for life. La revisión de éste fue de suma utilidad porque, entre muchas otras cosas, han realizado campañas de comunicación con jóvenes de entre 18 y 35 años. Han dividido a este sector en dos grupos: los que tienen entre 18 y 25 años y aquellos con entre 26 y 35 años y, mediante distintas herramientas como cuestionarios y grupos de enfoque, han logrado identificar el tipo y contenido de campaña más eficiente para cada uno de estos grupos. Las recomendaciones de Water for life son útiles para PUMAGUA debido a que una parte significativa de nuestra comunidad universitaria pertenece a estos grupos de edad.

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.

En los lineamientos de la OECD, se dice lo siguiente: “Lo dicho no es escuchado; lo escuchado no es comprendido; lo comprendido no es aceptado; lo aceptado no se practica”, lo cual lleva a pensar en las barreras que existen en la comunicación y, por otro lado, en que no basta con

alertar a las personas sobre un problema o sobre las conductas que tienen que adquirir para lograr que, en efecto las adquieran. En realidad, el pasar del conocimiento del problema a la acción es un asunto complejo. Por ello, de acuerdo con la OECD, se recomienda involucrar y apoyar a los grupos sociales relacionados con el problema y, primero, hay que identificarlos. Así, 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. A continuación señalamos los grupos que se identificaron (Tablas 27, 28 y 29):

Tabla 27. Autoridades y grupos con control sobre el agua

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

Por último, los materiales de difusión de distintas universidades, los cuales se podrán utilizar como base para del programa, pero adaptándolos a los conocimientos, actitudes y prácticas de cada grupo que logremos identificar. Entre los materiales revisados se encuentran los de la Universidad de Florida, de Georgia, de Wisconsin, en EUA, de la Universidad de Sidney, Australia, así como del gobierno de Utah y de New South Wales.

Tabla 28. Destinatarios del Programa

Comunidad universitaria				
Trabajadores universitarios		Usuarios externos con actividades económicas dentro de la UNAM		Incidentales
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			

Tabla 29. Facilitadores y colaboradores del proceso

Autoridades universitarias	Dependencias Universitarias	Empresas externas
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 nos acercamos a 37 personas, de los siguientes sectores, los cuales se muestran en la Tabla 30:

Tabla 30. Composición de las entrevistas realizadas a la comunidad universitaria

Sector	Número
Lavacoches	6
Estudiantes	13
Administrativos	3
Académicos	3
Intendentes	2
Personas de limpieza	6
Trabajadores de cafeterías	2
Vendedores informales	2
Total	37

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 y fácilmente proporcionan información sobre su consumo de agua y muestran interés por algunas propuestas nuestras, como la de portar un uniforme que los identifique. Por otro lado, se encontró que el resto de los usuarios se refiere de inmediato al desperdicio de agua en los baños, sin mencionar el riego de áreas verdes. Por lo que llamó la atención que las quejas del desperdicio se trataran o no de baños automatizados. 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. En el Anexo Comunicación / Participación se presentan los puntos tratados por cada uno de los entrevistados.

A partir de estas entrevistas se determinaron distintos aspectos de los C-A-P. Por ejemplo, se necesita saber qué conoce la gente de la problemática del agua en general, pero también de las medidas que lleva a cabo la UNAM para enfrentar el problema de desperdicio y contaminación, así como lo que cada persona puede hacer en CU. Además del conocimiento, es importante saber cuál es la reacción de los individuos frente a distintas cuestiones, es decir, su actitud. En nuestro caso conviene saber qué actitud tienen las personas acerca del manejo que hace la institución del recurso, del que hacen los demás individuos y del que hace él mismo, puesto que una actitud positiva en este sentido implica una mayor probabilidad de inducir conductas positivas. También es fundamental conocer cuál es la disponibilidad de las personas a colaborar con PUMAGUA y cuáles serían las razones para hacerlo o resistirse a hacerlo, es decir, cuáles serían los costos y beneficios de conservar la misma conducta o cambiar a una que favorezca el mejor uso del agua.

Finalmente, se considera que las conductas que en CU interesan con respecto al agua son las que tienen que ver con el ahorro del agua, ya sea mediante el consumo directo, la reparación y el reporte de fugas; la conservación de la calidad del agua, referente a no verter sustancias contaminantes, pero también a no tener contacto con agua tratada; y la conservación del sistema hidráulico (disminución de robo y destrucción de la misma). A partir de todo el trabajo mencionado, se dio a la tarea de construir una herramienta que nos permitiera conocer las C-A-P de la comunidad universitaria.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, es fundamental acercarse a las autoridades que tienen control sobre el recurso para sensibilizarlas sobre la problemática del agua, involucrarlas en el diseño de soluciones, pero también para establecer sus responsabilidades. Es evidente que PUMAGUA será exitoso únicamente si las dependencias universitarias se apropian del Programa, asumiendo sus responsabilidades en el manejo del agua. Así, se empezó por acercarse a las autoridades pertinentes del Instituto de Ingeniería, es decir, a los Secretarios técnicos, administrativo y académicos del Instituto de Ingeniería. Los tres manifestaron disposición a colaborar con PUMAGUA y señalaron varios temas de interés: por ejemplo, que los investigadores no muestran interés en el ahorro del agua, que existe un reglamento del uso de infraestructura al cual hay que añadir el uso del agua; que el Secretario administrativo puede colaborar sensibilizando al personal sindicalizado. También, el Secretario académico expuso su disposición a colaborar en la difusión de PUMAGUA entre los académicos.

Asimismo, con las Secretarías técnica, administrativa y académica del Instituto de Investigaciones Sociales (IIS), debido a que en una presentación que se hizo sobre PUMAGUA ante la Coordinación de Humanidades manifestaron gran interés por colaborar con el Programa. En la reunión, se acordó una lista de responsabilidades que podrían tener ellas para el manejo eficiente del agua en su dependencia y sugirieron que cada dependencia universitaria cree su propio comité con la asignación de un secretario que sea nuestro interlocutor. A partir de este esfuerzo de

acercamiento a las autoridades del IIS, así como del que realizamos con las autoridades del Instituto de Ingeniería, se está construyendo una estrategia de coordinación con las diferentes dependencias de la UNAM, que será detallada en la sección 4.8.

Finalmente, hubo un acercamiento a la Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas (DGADR), una de las dependencias que consume mayores volúmenes de agua porque cuenta con una alberca olímpica, instalaciones con regaderas y campos deportivos que requieren de riego. Conversamos con el Director de deportes representativos, con el Director de planeación, con el coordinador de la Alberca y con el Director de comunicación social de la DGADR. Entre los problemas que ellos han detectado se encuentran el robo y destrucción de equipo (fluxómetros, regaderas, cables), la falta de mantenimiento de los baños por parte de los trabajadores, el desperdicio de agua por parte de los usuarios (en su mayoría no son deportistas sino trabajadores), la corrupción de los trabajadores (cobran la entrada a las instalaciones en lugar de exigir credenciales), la mala calidad del agua tratada (no se puede lavar el borde de la alberca con ella por la alta probabilidad de que tenga patógenos). Manifestaron insistentemente su desesperación por los actos de vandalismo que llevan a cabo los trabajadores y esto es algo que debemos ayudarles a resolver en PUMAGUA.

8.3 Elaboración de encuestas.

Con frecuencia se tiene la idea de que para realizar un programa de comunicación basta con generar en el escritorio una serie de mensajes y lanzarlos al público. Sin embargo, si no se conoce a la población objetivo es muy factible que los medios elegidos o el contenido no se ajuste a las necesidades o a los intereses de la audiencia y que, entonces, la campaña no tenga ningún efecto en modificar sus conductas. Es por eso que varios estudios (el de la EPA-universidad de Wisconsin, 2002, entre otros) recomiendan que se tome un enfoque de consumidor en lugar de uno de productor, es decir, que en vez de pensar en lo que el productor desea, se piense en las necesidades del cliente. Para ello, tenemos que conocer lo que sabe del 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. Es muy importante tomar en consideración que los conocimientos y las actitudes determinan, en gran medida, las conductas de los individuos (Ajzen y Fishbein, 1980). 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 (Roelens et al. 2006, Schopper, 1993, OMS, 2008, Kentucky Environmental Education Council, 2005).

Para realizar la encuesta, lo primero que se hizo fue una clasificación del público objetivo. Así, junto con el grupo de colaboradores y facilitadores, se definieron los grupos que tendrían diferentes C-A-P de acuerdo con la actividad que desarrollan en la UNAM. Por un lado, está la comunidad universitaria (estudiantes, académicos y administrativos). Por otro, se encuentran quienes operan el sistema hidráulico (jardineros, operadores de la red hidráulica) y quienes trabajan en la Universidad, sin estar contratados por ésta (trabajadores de cafeterías, lavacoques,

vendedores ambulantes) y, finalmente, quienes viven en la UNAM (residentes del multifamiliar) y los que realizan actividades recreativas en sus instalaciones (visitantes).

Una vez que identificamos los grupos, se definió el diseño muestral, es decir, cuántas personas tenían que ser entrevistadas y éste número se determinó con base en la heterogeneidad y el número total de cada población. También, de acuerdo con la exploración en campo, se decidió qué tipo de entrevista se requería, es decir, si se necesitaba aplicar un cuestionario, una entrevista a profundidad o un grupo de enfoque, dependiendo del nivel de detalle que se requería, así como de la disposición a participar que se supo tendría el grupo en cuestión. Pensamos, que por ejemplo, los lavacoches requerían de un grupo de enfoque porque son un grupo que en las entrevistas exploratorias mostró buena disposición a participar y se piensa que pueden tener una colaboración especial en el Programa. Por otro lado, debido a que gran parte del agua se utiliza en riego y el 40% del agua que pasa por la red se pierde en fugas, se considera que es necesario llevar a cabo conversaciones a profundidad con los jardineros y con los trabajadores de la DGOyC, con el fin de conocer en detalle sus percepciones, necesidades, propuestas y disposición a participar con PUMAGUA. De esta manera, la muestra quedó definida como se muestra en la Tabla 31.

Después, se definió el método para realizar la encuesta. Para los estudiantes y los académicos docentes el muestreo será presencial, es decir, los encuestadores se presentarán en las facultades y escuelas previamente seleccionadas al azar y, de los grupos seleccionados también aleatoriamente, se aplicará el cuestionario al profesor y a algunos alumnos elegidos de manera aleatoria. Se llevará a cabo el mismo procedimiento para académicos investigadores, acudiendo a los institutos y eligiendo a algunos individuos al azar. De manera similar, los trabajadores de cafeterías y los habitantes del multifamiliar de maestros serán elegidos en sus lugares de trabajo y residencia, respectivamente. En cambio, los administrativos serán seleccionados previamente, con base en una lista que proporcionó la Dirección General de Personal, en la cual se presenta el nombre, la actividad y el contacto de cada trabajador de la UNAM. De manera aleatoria se escogen también los nombres de los jardineros y operadores del sistema hidráulica, para la realización de las entrevistas a profundidad.

Tabla 31. Diseño muestral para las encuestas del Programa de Comunicación/Participación

Sector	Número de entrevistas	Herramienta
Estudiantes	800	Cuestionario
Administrativos		
Laboratoristas	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
Lavacoches	1	Grupo de enfoque
Edificio	25	Cuestionario
Visitantes	100	Cuestionario
Total	1536	

Como cabe esperar, es fundamental saber qué preguntas son adecuadas para los objetivos del Programa. Para ello se han construido cinco versiones de los cuestionarios de cada grupo. Se hizo una primera versión con base en el estudio de la Facultad de Ciencias, en los resultados del taller de la DGOyC y en diversos cuestionarios sobre el uso del agua que se han aplicado a nivel internacional. Se realizaron varias modificaciones con la ayuda del grupo de colaboradores y facilitadores y de acuerdo con los resultados de nuestras entrevistas exploratorias, hasta que se llegó a los cuestionarios que se presentan en el Anexo “Comunicación y Participación”. Cada cuestionario aborda los siguientes aspectos:

Sección A: Identificación del entrevistado

Establecer el perfil personal de los entrevistados para tener los primeros elementos de diferenciación respecto al problema del agua

Sección B: Disponibilidad de agua

Disponibilidad de agua en la vivienda de los entrevistados.

Parte de la premisa de que la escasez de un recurso determina su valoración.

Se espera encontrar diferencias en la percepción y valoración del agua de acuerdo con la disponibilidad en hogares.

Sección C: Conocimientos

Permite conocer las experiencias y el conocimiento de la población objetivo respecto a la problemática del agua.

Sección D: Percepciones y actitudes

Se explora la opinión que tiene el público objetivo sobre el cuidado o desperdicio del agua en CU

Se evalúan la disposición y actitud hacia medidas para evitar el desperdicio y la contaminación del agua.

Sección E: Conductas

Se identifican los hábitos de la población objetivo respecto al agua.

Se exploran las alternativas que sugieren los entrevistados para cambiar actitudes negativas respecto al desperdicio y la contaminación del agua.

Sección F: Medios

Se explora la atención que presta la población objetivo a campañas publicitarias.

Se explora el consumo de medios de difusión de la UNAM.

Se piden recomendaciones para campañas publicitarias efectivas.

Sección G: Conductas específicas

Se identifican conductas particulares de la población objetivo (sustancias químicas, instalaciones deportivas, etc.)

Una vez que las preguntas del cuestionario eran las adecuadas, se procedió a hacer una encuesta piloto, en la que se aplicaron 25 cuestionarios. El propósito fue saber si las preguntas eran comprensibles, si la secuencia de preguntas fluía bien y si el número de preguntas era el adecuado. Los cuestionarios se aplicaron en la FES-Zaragoza con el fin de que no se corriera la noticia de que estábamos llevando a cabo la encuesta y eso pudiera generar alguna distorsión de las respuestas en la encuesta definitiva.

El siguiente paso es aplicar la encuesta definitiva, para el caso de administrativos y académicos investigadores, jardineros, trabajadores de la DGOyC, lavacoches, residentes del multifamiliar y trabajadores de cafeterías, mientras que en el mes de febrero, se encuestará a los estudiantes y académicos docentes.

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.

Se prevé llevar a cabo una encuesta de monitoreo en el segundo semestre de 2009 para determinar la eficiencia del Programa de Comunicación/Participación para modificar de manera positiva las C-A-P de los usuarios del agua en CU. Es decir, mediante la aplicación del mismo cuestionario, se verá si hubo cambios en estos parámetros.

8.4 Comunicación del Programa

Para definir las estrategias, se basó en parte en el concepto mismo de la comunicación ambiental: Es la aplicación planificada y estratégica de procesos de comunicación y de producción de medios para apoyar, entre otros aspectos, la participación pública y la instrumentación de proyectos dirigidos hacia la sostenibilidad 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. La importancia de la comunicación ambiental es que busca una visión compartida de un futuro sostenible, así como la construcción de capacidades de distintos grupos sociales para resolver y prevenir problemas y conflictos ambientales (OECD, 1999).

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 que hemos realizado y con las facilidades con las que cuenta nuestra universidad en la producción de medios, se prevé la utilización de los siguientes medios:

A. carteles en los baños de cada dependencia en los que se exhorte a los usuarios a mantener la higiene de los sanitarios, no manipular los muebles automatizados y a reportar fugas, señalando la instancia correspondiente (con ayuda de Universum).

B: carteles en la entrada de los edificios señalando el consumo aproximado de agua en los mismos y exhortando a reducirlo (con ayuda de Universum).

C. videos, que describan la infraestructura hidráulica de CU, los problemas de desperdicio y contaminación y las acciones propuestas de participación (con ayuda de Universum)

D. Cápsulas informativas de televisión y radio que informen a los universitarios la existencia de PUMAGUA (con ayuda de Radio UNAM y de TVUNAM).

E. Artículos en la Gaceta Universitaria, que hablen sobre los objetivos de PUMAGUA y exhorten a los universitarios a participar con acciones concretas.

F. Artículos en los periódicos más leídos por los universitarios, que hablen sobre los objetivos de PUMAGUA y exhorten a los universitarios a participar con acciones concretas.

G. Sesiones interactivas con el personal académico, administrativo y estudiantil de CU, en las cuales se les hable de la problemática del agua en CU y se recaben propuestas suyas, así como sugerencias de acciones individuales y colectivas de los universitarios.

H. Talleres de capacitación con los trabajadores de la DGOyC, con los intendentes y personal de limpieza para tratar temas como la infraestructura hidráulica de CU, los problemas de desperdicio y contaminación en el campus, aspectos prácticos para mejorar el uso de agua de cada sector (por ejemplo, optimización del riego y riesgos del agua tratada para los jardineros; mantenimiento de infraestructura para operadores del sistema hidráulico, etc.)

I. Recorridos guiados por las instalaciones hidráulicas de CU, en particular, los pozos, los tanques de almacenamiento, las plantas de tratamiento.

J. Página de Internet con secciones sobre el manejo del agua en CU, la problemática en torno al recurso, las acciones de PUMAGUA y las acciones propuestas, con una sección para sugerencia de acciones por parte de los usuarios.

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. A nivel internacional se tienen varios ejemplos exitosos en este rubro. Por ejemplo, en Florida; EUA, en 2002 se creó el

Programa de incentivos para el ahorro de agua (WaterSIP). Se les otorgan hasta 50,000 dólares a los operadores del sistema hidráulico por instalar tecnología de ahorro de agua. Desde ese año, se han logrado ahorrar más de mil millones de litros de agua gracias a este programa. De manera similar, en Denver, EUA, se otorgan hasta 40, 000 dólares a los clientes comerciales, institucionales e industriales por mejorar la eficiencia de los procesos en los que se consume agua (www.denverwater.org). Asimismo, el gobierno de Toronto, Canadá, ofrece a los usuarios un monto de 60 dólares canadienses por la compra de lavadoras ahorradoras (www.toronto.ca/watereff/washer/index.htm). En México, existen programas de incentivos exitosos. Uno de ellos es el que lleva a cabo el Fideicomiso para el ahorro de energía (FIDE), el cual promueve el uso de equipos de alta eficiencia (alumbrado, motores eléctricos y compresores) en el sector industrial para ahorrar energía. Gracias a este programa han disminuido en 8.8 toneladas las emisiones de dióxido de carbono y se han generado ahorros directos por el consumo de energía eléctrica de 13, 750 GWh (www.fide.org.mx). También existe otro sistema de incentivos que es el pago por servicios ambientales, como el programa a cargo de la Comisión Nacional Forestal (Conafor), en el cual se otorgan incentivos a comunidades forestales por conservar sus bosques y así contribuir a la recarga de acuíferos (www.conafor.gob.mx).

En el caso de PUMAGUA, se ve la necesidad de contar con 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- un edificio con aulas o cubículos sin laboratorios consume mucho menos agua que uno con laboratorios, mientras que las instalaciones deportivas también son grandes consumidoras de agua - podremos 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. Por ello, se contacta con dependencias de la UNAM relacionadas con la comunicación, con programas ambientales o que tienen contacto con público objetivo y se incluyen como parte del equipo de trabajo. Hasta el momento, han colaborado con nosotros personas de la Administración Central, Universum, la Dirección General de Comunicación Social (DGCS), la Unidad de Gestión de la Facultad de Química, la Dirección General de Orientación y Servicios Educativos (DGOSE). También, nos presentamos en una reunión de los Secretarios generales de todas las facultades y escuelas para coordinarnos con ellos próximamente para la realización de actividades con los estudiantes.

Otro de los tres niveles es el de los destinatarios del programa, y el otro, igualmente importante, son las autoridades que controlan el recurso. Para el primero la encuesta se va a elaborar con los contenidos y escoger los medios de comunicación apropiados a cada sector. Para el segundo, es decir, las autoridades, se ha establecido un sistema de trabajo parecido al que desarrolló con éxito la Facultad de Química para el Programa de residuos sólidos y que a nosotros nos está funcionando bien hasta el momento. Consiste en identificar a los cargos de cada institución que tienen atribuciones relacionadas con el uso del agua, es decir, el Director, los Secretarios académico, administrativo y técnico y el Jefe de servicios generales. Se ha elaborado una propuesta de las responsabilidades de cada uno con respecto al manejo del agua y las vamos a discutir con ellos. Probamos la estrategia con el Instituto de Investigaciones Sociales (IIS) y encontramos una gran disposición de las tres Secretarías para colaborar con nosotros sobre esas bases. Así, llegamos a las siguientes funciones:

A. Directora

Responsable de que se lleven a cabo los trabajos acordados con PUMAGUA correspondientes a los edificios de la dependencia a su cargo.

B. Secretaria Técnica

- Responsable de llevar a cabo las campañas establecidas por PUMAGUA dentro de la institución.
- Organizar las actividades de los académicos y del personal de laboratorio para ahorrar agua y disminuir la descarga de contaminantes
- Facilitar la instalación de carteles en la dependencia
- Difundir mensajes de PUMAGUA en boletín informativo de la dependencia
- Reportar mensualmente los consumos de agua
- Coordinar los trabajos de mantenimiento y las obras para mejorar manejo y uso del agua
- Coordinar reparación de fugas
- Revisar instalaciones hidrosanitarias
- Vigilancia de la normatividad desarrollada por PUMAGUA

C. Secretaria Administrativa

- Supervisar trabajos de mantenimiento
- Controlar y supervisar bitácora (fugas)
- Revisar la condición de los muebles sanitarios
- Verificar que el dinero asignado por PUMAGUA se inviertan en las actividades acordadas

D. Secretaria Académica

- Llevar información de PUMAGUA a órganos colegiados y difundir acuerdos del Consejo Interno
- Ser el vínculo con el resto de la Coordinación de Humanidades en reuniones del Consejo Interno
- Ser responsable de PUMAGUA en ausencia de la Directora
- Vincular a los investigadores que abordan el uso del agua en la UNAM con PUMAGUA

E. Jefe de Servicios

- Verificar que el personal de limpieza haga buen uso del agua
- Reportar fugas y llevar una bitácora de las mismas, informando a la Secretaria técnica y administrativa de las mismas
- Revisar las instalaciones hidrosanitarias para que se encuentren en buen estado
- Reportar a Secretaria administrativa y técnica el mal funcionamiento de los sanitarios y llevar un registro del mismo
- Efectuar recorridos programados de las tomas externas

F. Vigilante

- Revisión diaria de sanitarios y tomas externas, registrando y reportando actos de vandalismo al Secretario administrativo

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.

Otra de nuestras acciones fue la de establecer contacto con la Dirección General de Actividades Deportivas y Recreativas (DGADR), debido a que las instalaciones deportivas son una de las dependencias con mayor consumo de agua. En una reunión con el Director de planeación, el de deportes representativos y el de comunicación social, se le propuso colaborar en el Programa, además de instalar los medidores que requiera, así como darle a conocer todos los avances que PUMAGUA ha tenido con respecto a la prueba de muebles sanitarios, debido a que tienen planes de adquirir nuevas regaderas e inodoros. por parte de DGADR proporcionará toda la información de la que disponen sobre infraestructura hidráulica y, con respecto a la difusión de PUMAGUA, accedieron a que utilicemos su página en Internet para difundir información sobre PUMAGUA entre los deportistas, así como a que impartamos cursos o pláticas en el Centro de Educación Continua de Estudios Superiores del Deporte (CECESD).

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.

Una vez que se tenga la lista de las acciones que pueden llevar a cabo, el siguiente paso es difundir la creación de las brigadas a través de las direcciones electrónicas con las que cuenta la Dirección

General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA), de la Gaceta, de carteles en sitios muy visitados, etc., invitando a ser parte de ellas. También se organizarán algunas reuniones con las personas que muestren interés y, dependiendo del número de participantes y de su procedencia, definiremos el número de brigadas y las acciones que realizarán. Se iniciará con un diagnóstico de la situación inicial (frecuencia de fugas, desperdicio de agua por parte de los usuarios, etc.) para poder monitorear en los siguientes meses el grado de avance. Se llevarán a cabo reuniones periódicas con los líderes de los proyectos para conocer sus actividades y que unos grupos den recomendaciones a otros. También de manera periódica, se informará a la comunidad universitaria, a través de distintos medios, los avances de las brigadas del agua.

9. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La Facultad de Ingeniería, en el área de Geomática, llevó a cabo el levantamiento topográfico de puntos de control y de puntos de reunión por el método del sistema de posicionamiento global (GPS), cuyos alcances se enlistan a continuación:

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

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, marca LEICA, modelo SR530, y con dos receptores de doble frecuencia, marca THALES Z-MAX, 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, asociadas al datum ITRF92, 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 cálculo geodésico satelital se hizo con el software LGO de LEICA, para realizar el cálculo de transformación a coordenadas ortogonales se aplicaron con el software “geo2top”.

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 Método de trabajo

- a) Se llevó a cabo la localización de los puntos de control para la ortofoto, de los cuales se contemplaron aproximadamente 100 puntos para cubrir el área de Ciudad Universitaria y colindantes con las colonias: al poniente con Jardines del Pedregal, al este con Santo Domingo y con las avenidas: Al norte con San Jerónimo, eje 10 y al sur con el Periférico.

El proceso consistió en las siguientes etapas:

1. Se contemplaron dos brigadas para realizar el trabajo, sus funciones serán actividades de campo y de oficina.
2. Identificación de los puntos a levantar.
3. Reconocimiento de la zona (cheque del acceso, colocación de estos, etc).
4. Levantamiento de dichos puntos (posicionar el punto, tomar fotos de este y realizar una descripción del mismo).
5. Actividades de oficina (procesar información de los puntos levantados, crear un formato de identificación del mismo, realizar un listado de coordenadas).

Teniendo los objetivos y las actividades a realizar, se procedió a realizar las etapas anteriormente mencionadas. En conjunto con el Departamento de Topografía se tomó la decisión de levantar los puntos de reunión dentro la Facultad de Ingeniería.

En la primera etapa, se localizaron los puntos de control, los cuales sirven para Topografía y para el vuelo Fotogramétrico (ortofoto) realizado en siembre del 2008. El levantamiento de estos puntos con forman las etapas 2 y 3. Se levantaron y procesaron 70 puntos de control, los cuales se localizan dentro del Campus de Ciudad Universitaria, de lo anterior se tiene: catálogos de los puntos, memoria de cálculo (proceso de estos) y lista de coordenadas. El levantamiento de estos puntos con forman las etapas 4 y 5.

- b) Posicionamiento de Puntos de Reunión en la Facultad de Ingeniería de aproximadamente de 35 puntos de reunión localizados en todo el plantel de la Facultad de Ingeniería de los cuales comprende de la zona del Principal, Institutos, Torre de Ingeniería y anexo de la misma para control topográfico.
- c) Posicionamiento GPS diferencial de precisión con receptores de doble frecuencia y liga a la Red Geodésica Nacional Activa de INEGI (DICYG).
- d) Cálculo de posicionamiento geodésico satelital y transformación de coordenadas UTM y GEOGRAFICAS asociadas al datum ITRF92 a Coordenadas Ortogonales (Topográficas).
- e) Dibujo de un croquis escala 1:5000, mediante procedimiento electrónico.

9.3 Equipo utilizado

Se utilizaron los RECEPTORES GEODÉSICOS GPS LEICA SR530, GPS THALES Z-MAX y el sistema (software) LEICA LGO para el cálculo geodésico - satelital, ARQCOM CIVILCAD V6.6 y AUTOCAD 2002 para el diseño de los planos y MICROSOFT WORD.

Datos Técnicos Del Equipo Topográfico Utilizado:

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GPS

LEICA SR530 de doble frecuencia, para Posicionamiento en modo Estático, Cinemático y en Tiempo Real, compuesto por dos receptores. Error medio cuadrático en la medida de una Línea Base modo estático: $\pm 3\text{mm} + 0.5\text{ppm}$



SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GPS

THALES Z-MAX de doble frecuencia Posicionamiento en modo Estático, Cinemático y en Tiempo Real, compuesto por dos receptores. Error medio cuadrático en la medida de una Línea Base modo estático: $\pm 3\text{mm} + 0.5\text{ppm}$

**9.4 Memoria de cálculo**

En el Anexo “Ingeniería Geomática” se encuentran los cálculos correspondientes al posicionamiento GPS de los puntos de control y transformación de coordenadas U. T. M. y GEOGRÁFICAS asociadas al datum ITRF92 a Coordenadas Ortogonales (Topográficas) en formato digital.

9.5 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 Geodésicas a Topográficas por medio del programa “geo2top”.

- c) Lista de Coordenadas Geodésicas, UTM y Topográficas.
- d) Dibujo de la posición de los puntos de control en color azul y de los puntos de reunión en color verde para poder diferenciar uno del otro.
- 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 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. Es importante un estudio del estado actual del acuífero del cual se hace la extracción y con esto un programa de mantenimiento de los pozos, aunado a la implementación de un sistema de punta para medir los niveles estáticos y dinámicos en los pozos. En los tanques es necesario implementar medidores electrónicos de los 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 muy eficiente y poco confiable.

Con respecto a la red de abastecimiento hay varios 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). Lo anterior necesita de cierta infraestructura básica y normatividad a seguir, ya que de los principales problemas a los que nos enfrentamos, fue el desconocimiento del personal del Taller sobre algunas tomas en la red primaria o modificaciones en las mismas realizadas en algunas Facultades e Institutos sin informar a la Dirección General de Obras y Conservación, lo cual deja incompletos los planos disponibles.

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 la 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, el cual se está llevando a cabo actualmente, 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. 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.

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 es la rehabilitación de tuberías, que como se muestra en los anexos correspondientes a fugas se detectaron aquellas zonas, las más antiguas, con mayor índice de incidencia de fugas. El programa de rehabilitación de las 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 se dificulta la localización de las fugas.

En lo correspondiente a la macro medición se recomienda 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. Para iniciar la medición en los edificios es necesario iniciar con la instalación de los micromedidores; por otro lado, para ambos casos 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. Parte complementaria es el instrumentar los tanques mediante sensores (presión o nivel) que a su vez tengan un sistema automático de almacenamiento y transmisión de información

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 micromedición. 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 VRP.

También es urgente la adquisición de equipo de punta para la detección de fugas, el cual es parte fundamental para la implementación del programa de detección y reparación de fugas en la red principal y secundaria. Lo anterior deberá de apoyarse de manera paralela con un programa de rehabilitación o sustitución en algunos casos de las tuberías, el cual se deberá plantear en función de las características de las mismas y de acuerdo a la incidencia de fugas en algunos sectores.

En el área de riego es necesaria la ejecución de los proyectos de Arquitectura de Paisaje, el cual implica la introducción de vegetación nativa, así como también el 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 puede observar que en común se tiene, en promedio, 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 y que en muchos casos tiene ya cierto tiempo en ese estado. 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 puede ser sus planos 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, etc. Lo anterior, con la finalidad de tener el control sobre el abastecimiento de agua potable y la evacuación de las aguas residuales y finalmente de hacer 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
TOTAL DE MUEBLES	279	451

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

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 y de los resultados obtenidos hasta hoy, se observó que de las tazas y fluxómetros que trabajan a 4.8 lpf, independientemente de la marca (en este caso American Standard) efectivamente reducen el consumo de agua hasta en un 65% pero su funcionamiento está sujeto a las condiciones de

presión en el sitio y su funcionamiento se ve afectado, por lo que es recomendable que éstas sean constantes mediante un sistema hidroneumático o que la presión sea suficiente para garantizar el buen funcionamiento. Por otro lado, es fundamental que se afore el consumo cuando se estén instalando los fluxómetros ya que éstos por ser calibrados en fábrica se prueban bajo diferentes condiciones de caudal y presión, no necesariamente las mismas en campo, por lo tanto, se deben hacer las pruebas en sitio hasta que el fluxómetro de el gasto requerido (tanto de de 4.8 ó 6 lpf).

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 la dependencia: Un requisito indispensable es que el sistema de desagüe sea del material de PVC y no de cobre, pues el mingitorio seco tiene un sistema de desalojo de líquidos mediante un cartucho que contiene un gel, el cual sirve solamente como un medio para pasar los líquidos el sistema de drenaje, por lo tanto, la orina pasa íntegra a la tubería y si fuera de cobre causaría incrustaciones y taponamiento en un corto tiempo de la tubería. El principal problema que existe en la instalación de los mingitorios secos es el método de limpieza que el personal de intendencia aplica pues al vaciar agua diariamente cuando se limpia el mueble termina con el gel en menos de los 5000 usos que aparentemente dura. 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 más pruebas 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.

La elección de las medidas de uso eficiente de Agua dependen en gran parte de la identificación de los componentes del sistema que presentan un mayor consumo de Agua, ello va de la mano con los resultados de todo lo que previamente se ha elaborado y cuantificado. Diagramas y tablas constituyen una buena ayuda al momento de comenzar a fijar las medidas de uso eficiente de Agua; pero sobre todo, tal vez permita recomendar medidas como reemplazo de equipos en aquellos casos en que los consumos son muy significativos, así como proponer reparaciones en aquellos casos en que los consumos sean pequeños en comparación con los primeros.

Dentro de las medidas que muestran una mayor recurrencia en este tipo de programas se encuentran:

- ❖ Mejorar el mantenimiento para reemplazar equipos.
- ❖ 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.

- ❖ La evaluación rutinaria del progreso en ahorros de agua puede revelar las áreas donde las medidas fueron exitosas o ineficaces. También puede indicar dónde se requieren modificaciones al programa.

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 debe ser garantizada con un seguimiento periódico en el monitoreo de la calidad del agua de consumo. En éste contexto, es recomendable implementar tecnología de punta para evaluar la calidad del agua en tiempo real, mediante la colocación de equipos que permitan el monitoreo en línea. De tal manera que se lleven a cabo las medidas pertinentes y con oportunidad para garantizar la calidad del agua de consumo. Los medidores en línea proporciona la supervisión en tiempo real de diferentes parámetros de calidad, entre los que se considera el cloro libre residual, pH, turbidez, conductividad y nitratos.

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 un 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. Es de suma importancia, que no obstante a que se haya determinado que el agua en el subsistema de suministro, subsistema de almacenamiento y de puntos de consumo directo es de buena calidad, se lleven a cabo revisiones y evaluaciones del sistema de desinfección tanto en los pozos como en los tanques. Esto con la finalidad de proponer mejoras y/o evaluar la posibilidad de actualizar los sistemas y la manera en cómo se aplica. Así también se recomienda llevar a cabo estudios de factibilidad técnica y económica, para 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. La incorporación de algunas sustancias a las aguas residuales puede derivar en situaciones de riesgo, tanto para el medio ambiente como para las personas, cuando se incorporan al ciclo del agua. Los diferentes contaminantes degradan la calidad de agua haciéndola inútil para su uso posterior. La presencia de contaminantes dañinos, incluyendo patógenos y metales pesados, es algo de qué preocuparse al deshacerse del lodo y deben tomarse los pasos apropiados para minimizar su presencia. 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.

En este contexto, se recomienda que las autoridades Universitarias tomen cartas en el asunto para la reglamentación del vertido de residuos peligros al alcantarillado, sobre todo la que proviene de laboratorios. 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.

Sobre la planta de tratamiento de “Cerro del agua”, los últimos resultados indican que el agua generada en 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 reusen en servicios al público con contacto ocasional pero no se cumple para el reuso con contacto directo. Es conveniente mencionar que se siguen haciendo análisis en el Instituto de Ingeniería y se está haciendo la recopilación de información de los análisis de se hacen directamente en la planta. 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 22 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. Determinar la calidad del agua en los procesos de una planta de tratamiento, permite definir con que eficiencia está operando la planta, pero no permite detectar cómo funciona la planta. Es para ello que se recomienda realizar un estudio integral de diagnóstico hidráulico y de calidad del agua al mismo tiempo, mediante el cual se pueden detectar problemas de funcionamiento en los procesos. 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

permisible 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. Durante los muestreos, los responsables de la operación de la planta estuvieron realizando ajustes en los procesos y actualmente se siguen adecuando, la planta del Instituto de Ingeniería opera a una capacidad del 50% respecto a su capacidad de diseño. En la planta del Instituto de Ingeniería, ya existe personal responsable de su funcionamiento, y se está generando un historial de calidad del agua. Sin embargo la planta actualmente tiene una concesión que será liberada en los primeros meses del año 2009, la recomendación es que se lleven a cabo las acciones pertinentes para realizar un diagnóstico hidráulico y complementar con el historial que se está generando de calidad del agua para evaluar posibles ajustes en los procesos y contar con una planta que cumpla con lo establecido por la legislación mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.

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. 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. Se recomienda que se responsabilice a personal asignado específicamente para vigilar el adecuado funcionamiento de cada una de las plantas, por lo que es necesario asignar infraestructura humana como de recursos económicos, para mantener las plantas en condiciones óptimas de operación, y llevar a cabo un seguimiento en la evaluación de la calidad del agua para generar un historial en términos de eficiencia de las plantas tipo Brain. 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 el 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 las 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. Posiblemente debido a que el agua estaba estancada y de alguna forma se acumularon los microorganismos. No obstante dicha densidad bacteriana disminuyo notablemente en el último muestreo, cuando ya se empezó a hacer uso del agua de la cisterna debido a que se empezó con el riego de jardines dada la terminación de la época de lluvias. Debido a que no se detecto 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.

Una vez que se haya actualizado la infraestructura existente de tratamiento y se obtenga una la calidad de agua óptima para el fin requerido, 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 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.

En relación a los bioaerosoles, un estudio exploratorio para la detección de microorganismos patógenos en los bioaerosoles, indicó en primera instancia la presencia de crecimiento bacteriano con diferente morfología colonial, lo cual indica que hay varias especies de bacterias; análisis anteriores indicaron que, la densidad de Coliformes totales y fecales es baja en el ambiente al momento del riego. Posteriormente se llevará a cabo la identificación de las especies aisladas. Es importante hacer mención que éste estudio exploratorio se hizo de manera un tanto empírica, por lo que debe ser corroborado con técnicas muy específicas, apropiadas para la detección de patógenos (equipo impactador de partículas viables “Andersen”).

Sobre las perspectivas del edificio 12 del Instituto de Ingeniería para ser adaptado como edificio verde, se deben llevar 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, con la finalidad de adaptar dicho edificio íntegra y funcionalmente como edificio verde.

En base a lo anterior, se proponen proyectos de impacto, con esencia de investigación para solucionar problemas de campo y que sean totalmente aplicables a las tareas de PUMAGUA. Todos ellos enfocados a instrumentar acciones de mejoramiento de calidad del agua potable, manejo integral de las aguas residuales, así como el manejo integral y el mejoramiento de la calidad del agua tratada con fines de reuso.

Una de las propuestas es, realizar una calibración, control y análisis del sistema de monitoreo de agua abastecida al Instituto de Ingeniería en línea, para ello se debe probar y asegurar la calidad potable en línea del agua abastecida. Para ello se requiere un seguimiento de los seis parámetros de control FQ de calidad mediante la instalación de medidores en continuo. En este aspecto se requiere garantizar el funcionamiento mediante la calibración in situ del equipo y la comparación de resultados con los obtenidos en el laboratorio con técnicas estandarizadas. Esta acción permitirá evaluar si el agua que se abastece guarda una calidad constante en cuanto a los parámetros seleccionados y establecidos en la NOM 127.

La desinfección es un proceso clave en la potabilización por varios aspectos entre los que destacan: Asegurar la total inactivación de cualquier microorganismo patógeno incluyendo virus (esta investigación se llevará a cabo en colaboración con el Instituto de Ecología. Minimizar la formación de subproductos denominados compuestos haloformos que se encuentran en la norma y que representan daños potenciales a la salud humana. Por ello se requiere evaluar el sistema de desinfección que actualmente se hace mediante cloración para proponer mejoras y/o actualización considerando ambos aspectos. Así también, de acuerdo a pruebas de tratabilidad,

definir la factibilidad técnica y económica (estimación de costos) para la aplicación del ozono como método de desinfección.

Ya 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 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. Con ello se busca eliminar cualquier riesgo a la salud, evaluando en los aerosoles las especies de microorganismos patógenos que se desarrollen, lo que significa cumplir con las normas más estrictas respecto al reuso de aguas tratadas para contacto directo con los usuarios. Esta investigación se llevara cabo en conjunto con la Facultad de Medicina Mejorar las tecnologías de tratamiento actuales para definir la modificación y/o implementación de procesos avanzados de tratamiento que permitan tener tanto una buena calidad de agua como mayores volúmenes de agua tratada para reuso. Instalar un programa de rehabilitación, seguimiento y evaluación del impacto ambiental de las plantas BRAIN instaladas en la zona cultural y que se utilizan para reuso de agua residual tratada en la recarga del acuífero.

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. Es necesario señalar que, independientemente de que los muebles sean automatizados o no, se percibe que no funcionan adecuadamente.
- En las facultades, escuelas e institutos con laboratorios el desperdicio de agua parece ser más severo. En estas dependencias, además existe un serio problema de descarga de residuos químicos y material orgánico al drenaje.
- 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, es un sector que podría contribuir a la difusión de PUMAGUA, mediante el uso de uniformes.

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). Para ello, en conjunto con la Facultad de Ingeniería, se está desarrollando un Sistema de Información Geográfico que contenga una bases de datos con información relacionada con el agua en todo el campus universitario, de tal forma que sea posible monitorear en tiempo real los consumos de agua dentro del campus universitario, además de poder localizar fugas con caudales importantes. Para ello las tres áreas, Balance Hidráulico, calidad del Agua y Comunicación/Participación, están aportando información a la base de datos a través de los diversos proyectos en que se encuentra PUMAGUA trabajando. De esta forma el SIG se irá actualizando en cantidad, calidad y uso del agua dentro de Ciudad Universitaria.

En lo que se relaciona a las especificaciones técnicas propuestas en las diversas áreas del Balance Hidráulico, para sustentar algunas de las acciones, sería conveniente llevar a cabo investigaciones en laboratorio, en campo y modelación numérica; específicamente en materia de mejoramiento de la red primaria de agua potable; la optimización de ésta es un ahorro tanto en agua como en recursos económicos. Por ello se propone continuar con la modelación y a su vez obtener información de campo, además se requiere de instrumentación que en algunos casos puede ser elaborada en la UNAM, como es el caso para el registro de niveles en los tanques de almacenamiento. Con los resultados obtenidos de la modelación, se puede llevar a cabo la implementación de políticas de operación del sistema de distribución (pozos, tanques, válvulas, etc.) mediante un sistema automatizado.

La desinfección de agua potable es un proceso clave en la potabilización por varios aspectos entre los que destacan: *a)* Asegurar la total inactivación de cualquier microorganismo patógeno incluyendo virus. *b)* Minimizar la formación de subproductos denominados compuestos haloformos que se encuentran en la norma y que representan daños potenciales a la salud humana. Por ello se requiere un cambio en el sistema de desinfección que actualmente se hace mediante cloración para proponer mejoras y/o actualización considerando ambos aspectos. *c)* Así también, de acuerdo a pruebas de tratabilidad, definir la factibilidad técnica y económica (estimación de costos) para la aplicación del ozono como método de desinfección.

En lo que se refiere al Programa de Comunicación/Participación, como parte de la investigación, se registrará el proceso de involucramiento de las dependencias universitarias en PUMAGUA y se registrarán los avances logrados con cada una, con el fin de detectar las buenas prácticas, y

difundirlas para que sean adoptadas por otras dependencias. Todo este proceso será parte del proyecto de investigación.

En este apartado se hacen las propuestas de proyectos a realizar en las etapas subsecuentes. Los proyectos que se formulan son de impacto al ahorro de agua y a la comunidad universitaria, además de contar con esencia de investigación para solucionar problemas de campo y que sean totalmente aplicables a las tareas de PUMAGUA. Las propuestas en 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 que se realizó en este año. A continuación se presentan estas propuestas de proyectos.

11.1 Programa de Macromedición

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 y que no son visibles. También, dado que el sistema será automatizado se tendrá una mayor confiabilidad en la generación de datos. Con la medición será posible hacer homogénea la operación del sistema de distribución es importante establecer 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 realizar un estudio detallado de cada uno de los pozos, lo cual implica revisar la eficiencia constructiva de éstos, ya que extraer el agua suficiente o requerida del acuífero no necesariamente es una adecuada gestión. Es importante definir el concepto de eficiencia en un pozo, el cual, es el cociente entre la Depresión Teórica y la Depresión Real y se expresa en porcentaje. La Depresión Teórica es aquella que debe tener el pozo en función de las características del acuífero, por lo tanto, para determinar esta característica es importante realizar un estudio geohidrológico del pozo. Por otro lado, la Depresión Real es la que resulta y está condicionada por factores constructivos y factores de diseño del pozo, específicamente del elemento filtrante que es por donde entra agua al pozo: rejilla o ranurado y filtro de grava. Finalmente, la Depresión es la diferencia entre Nivel Estático y Nivel Dinámico, de los cuales, se tiene el registro histórico mensual. Por lo tanto, es importante analizar la metodología y equipo de medición.

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 recomendable cambiar las políticas de operación de los pozos (paro y arranque) en 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 terminar la instalación del sistema de macromedición 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 objetivo debe ser tener un mecanismo de sensores que permita tomar las lecturas, almacenarlas en un data logger y transmitir las a un concentrador; para posteriormente pasar a su análisis de la información capturada. 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. Lo anterior se debe a que existen derivaciones en las líneas de conducción de los pozos a los tanques que van directo a la red, factor que disminuye la eficiencia en el sistema y aumenta los costos de operación.

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 que son de re-uso y derivaciones a construcciones nuevas; aunado a lo anterior también existen diferencias en los diámetros y tipo de material en algunas tuberías. Además, es de suma importancia que la información este verificada y georeferenciada para poderla introducir al SIG. Se requiere de identificar aquellos ramales de la red principal que se utilizan para el riego de áreas verdes y monitorearlos o en su defecto proponer un diseño independiente que permita tener un control sobre dicho consumo, mientras se realiza la transición del riego con agua potable a riego con agua tratada.

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

De acuerdo al análisis de los datos históricos que corresponden a los reportes de fugas que atendió la DGOyC a lo largo de dos años, se obtuvieron aquellas zonas con mayor frecuencia o incidencia de fugas y en paralelo se comparó con la información de los materiales de las tuberías de la red de distribución, lo anterior dio como resultado la identificación de las zonas o 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. Para implementar este programa de

sustitución de tuberías es necesario tener el catastro de la red principal. El plan de rehabilitación de tuberías, comenzaría por la zona central, es decir, en las zonas con mayor recurrencia de fugas, ya que es un indicio del término de la vida útil de algunas líneas o que el material no es el adecuado, por ejemplo el PVC no resiste las presiones que maneja el sistema actualmente.

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, 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 se propone 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 con la instalación del sistema de micromedición, ya que al realizar el balance entre suministro y consumo total (consumo de riego y usuarios) se podrá dar una idea de 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 alimentan 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 las mismas para institutos que para facultades o bien centros culturales, en cada caso se verá los muebles adecuados a las necesidades

En relación al análisis de los diversos muebles sanitarios de bajo consumo, para diferentes condiciones de operación y usuarios, se recomienda continuar con el monitoreo de los muebles nuevos instalados e incrementar las marcas que hasta ahora se han estado probando. También se pretende investigar si el modelo de fluxómetro es lo mejor o bien en ciertos casos con ciertas características es mejor muebles de baños con caja. También es de interés estudiar los accesorios, como llaves de lavabos, regaderas, mingitorios, para ver cuales son los que cumplen con las recomendaciones que se hacen en este informe. 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 posteriormente 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 de retención en la cisterna central (almacenaje de agua tratada). Otra medida de control es automatizar el sistema de riego.

Debido a que en Ciudad Universitaria hay zonas con riego por aspersión, es necesario implementar un monitoreo periódico de los aerosoles que se generan en 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. Para tal efecto es necesario aplicar técnicas de muestreo especializadas para aerosoles (equipo impactador de partículas viables “Andersen”), equipo con que no se cuenta en el I de I y el cual por su amplio uso, el centro de Ciencias de la Atmósfera lo ha prestado restringidamente. Con éste se identificarán las especies de bacterias presentes que tengan mayor impacto a la salud pública de los usuarios de parques y jardines.

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, sobre todo en la Zona Cultural. 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.

Para hacer un análisis hidráulico del sistema de drenaje es necesario contar con los planos completos de la red, esto implica realizar trabajos de verificación y confirmación del plano existente, así como también, se debe completar en la zona Sur ya que no existe información de la Zona Cultural. Lo anterior implica detallar diámetros, material, pozos de visita y las cotas respectivamente.

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. La incorporación de algunas sustancias a las aguas residuales puede derivar en situaciones de riesgo, tanto para el medio ambiente como para las personas, cuando se incorporan al ciclo del agua. Los diferentes contaminantes degradan la calidad de agua haciéndola inútil para su uso posterior. La presencia de contaminantes dañinos, incluyendo patógenos y metales pesados, es algo de qué preocuparse al deshacerse del lodo y deben tomarse los pasos apropiados para minimizar su presencia. En este contexto, es necesario que exista en Ciudad Universitaria reglamentación del vertido de residuos peligrosos al alcantarillado, sobre todo la que proviene de laboratorios. 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. Para tal efecto, es necesario contar con planos completos y actuales de la red de drenaje; así como implementar las acciones conducentes tales como, programas de disposición de residuos peligrosos en las dependencias que sean factibles de contribuir con sustancias de éste tipo a la red de drenaje. Además de regular jurídicamente por parte de las autoridades universitarias, el vertido de residuos peligros al alcantarillado.
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 con la finalidad de:
 - a) 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. Con ello se busca eliminar cualquier riesgo a la salud, evaluando en los aerosoles las especies de microorganismos patógenos que se desarrollen, lo que significa cumplir con las normas más estrictas respecto al reuso de aguas tratadas para contacto directo con los usuarios
 - b) Mejorar las tecnologías de tratamiento actuales para definir la modificación y/o implementación de procesos avanzados de tratamiento que permitan tener tanto una buena calidad de agua como mayores volúmenes de agua tratada para reuso.
 - c) Instalar un programa de rehabilitación, seguimiento y evaluación del impacto ambiental de las plantas BRAIN instaladas en la zona cultural y que se utilizan para reuso de agua residual tratada en la recarga del acuífero.

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 I de I 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 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 obras civiles como 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), cuyo objetivo es aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial ó determinar si es necesario proponer algún tipo de tratamiento.

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 aplicaremos 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. Se hará uso de medios impresos (principalmente carteles, pendones, la gaceta y periódicos), de medios audiovisuales (principalmente videos, cápsulas de televisión y video) y de talleres y pláticas. Para ello, se acordó con el Secretario Académico de la Escuela Nacional de Artes

Plásticas que los estudiantes de Comunicación y Diseño de dicha institución realizarán el diseño de los carteles, folletos, trípticos, etc. que sean requeridos, como proyecto dentro de su licenciatura. Asimismo, el Director de Medios de Universum ha ofrecido su apoyo para el diseño de material y para la grabación de videos y de cápsulas de radio en las instalaciones del museo.

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.

Por otra parte, se realizará una pequeña encuesta en el Edificio 5 del Instituto de Ingeniería, en donde PUMAGUA ya ha sustituido muebles sanitarios con problemas de funcionamiento por muebles ahorradores, para conocer la aceptación y las preferencias de los usuarios por distintos tipos de muebles. A partir de esta encuesta, decidiremos el contenido de los carteles que colocaremos en los sanitarios del edificio, así como de un cartel que pondremos a la entrada del edificio anunciando la disminución de consumo de agua, lograda gracias a sustitución de muebles sanitarios realizada por PUMAGUA.

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. Después, se comparará el uso del agua entre distintas dependencias, principalmente, entre edificios con oficinas y aulas, y edificios con laboratorios, realizando también comparaciones dentro de cada uno de estos dos tipos de instalaciones. 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). Como resultados de este ejercicio, podremos diseñar material de comunicación específica a cada dependencia. Asimismo, sensibilizaremos y capacitaremos a los alumnos para que en un futuro puedan trabajar en materias relacionadas con el agua y tendremos datos que serán de suma utilidad para PUMAGUA. Finalmente, de esta experiencia obtendremos un método específico para la UNAM para realizar auditorías del agua, el cual podremos utilizar en un futuro en la creación de otras brigadas del agua.

11.11.3 Vinculación/Coordinación

Se continúa 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

Como parte de las actividades previstas dentro del Programa de Comunicación/Participación, se tiene previsto llevar a cabo sesiones interactivas con el personal estudiantil, académico y administrativo sobre el manejo del agua en CU, la problemática en torno a este recurso y las acciones concretas de participación de cada individuo para mejorar el uso del agua, tanto en la Universidad como en sus casas. Estas sesiones tendrán el doble propósito de comunicar a la comunidad universitaria los aspectos señalados y, también, encontrar voluntarios para participar en las actividades del programa, como en las brigadas del agua. Adicionalmente, realizaremos un recorrido por las instalaciones hidráulicas más importantes de CU (pozos, tanques de almacenamiento, planta de tratamiento), lo cual probablemente tendrá un impacto más significativo que las sesiones teóricas.

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.

Esperamos lograr un fuerte efecto en aumentar los conocimientos, mejorar las conductas y fomentar el interés de los usuarios del agua en la UNAM a través de los medios impresos (carteles, periódicos, pendones, gaceta), digitales (página de Internet propia, ligas páginas de Internet de otras dependencias), cápsulas informativas en televisión y radio.

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.

Tabla 32. Recursos económicos necesarios para ejercer durante el periodo 2009 - 2011

Flujo total 2009 - 2011	
Concepto	TOTAL
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
Inversión total	\$150,000,000.00

La Tabla 33 detalla el flujo de efectivo necesario durante el periodo 2009 – 2011 para cada concepto.

Tabla 33. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011

Flujo total 2009 - 2011				
Concepto	2009	2010	2011	Total por concepto
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
Inversión total por año	\$55,441,605.19	\$46,923,541.14	\$47,634,853.67	\$150,000,000.00

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

Tabla 34. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Agua Potable.

Flujo Agua Potable 2009 - 2011				
CONCEPTO	2009	2010	2011	Total
<u>MACRO MEDICIÓN</u>				
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
<i>SUBTOTAL</i>	<i>\$11,017,204.33</i>	<i>\$9,214,531.84</i>	<i>\$9,714,448.66</i>	<i>\$29,946,184.84</i>
<u>MICRO MEDICIÓN</u>				
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
<i>SUBTOTAL</i>	<i>\$4,582,501.07</i>	<i>\$1,844,545.65</i>		<i>\$6,427,046.72</i>
<u>CALIDAD DE AGUA POTABLE</u>				
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
<i>SUBTOTAL</i>	<i>\$3,900,000.00</i>	<i>\$1,650,000.00</i>	<i>\$1,650,000.00</i>	<i>\$7,200,000.00</i>
TOTAL	\$19,499,705.40	\$12,709,077.48	\$11,364,448.66	\$43,573,231.55

Tabla 35. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para el Tratamiento de Aguas Residuales.

Flujo Tratamiento de Aguas Residual 2009 - 2011				
CONCEPTO	2009	2010	2011	Total
<u>MODERNIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CERRO DEL AGUA</u>				
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
 SUBTOTAL	\$4,158,266.64			\$4,158,266.64
<u>MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO</u>				
			\$5,445,276.00	\$5,445,276.00
<u>TRATAMIENTO TERCIARIO PARA AGUA DE REUSO</u>				
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
 SUBTOTAL	\$6,425,350.14			\$6,425,350.14
<u>INSUMOS PARA MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA</u>				
	\$654,717.00	\$1,025,000.00	\$1,025,000.00	\$2,704,717.00
<u>MANTENIMIENTO PLANTAS DE TRATAMIENTO TIPO BRAIN</u>				
		\$1,520,000.00		\$1,520,000.00
<u>REHABILITACIÓN DE LA RED DE DRENAJE</u>				
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
 SUBTOTAL		\$9,295,913.66	\$8,416,579.00	\$17,712,492.66
TOTAL	\$11,238,333.78	\$11,840,913.66	\$14,886,855.00	\$37,966,102.44

Tabla 36.. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Estudios, proyecto y monitoreo.

Flujo Estudios y Proyectos 2009 - 2011				
CONCEPTO	2009	2010	2011	Total
Apoyo a los estudios para el desarrollo del programa PUMAGUA	\$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
TOTAL	\$18,500,000.00	\$12,500,000.00	\$12,400,000.00	\$43,400,000.00

Tabla 37. Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Riego.

Flujo Riego 2009 - 2011				
CONCEPTO	2009	2010	2011	Total
<u>INSTALACIÓN RED DE RIEGO</u>				
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
<i>SUBTOTAL</i>	<i>\$2,075,575.01</i>			<i>\$2,073,566.01</i>
<u>REHABILITACIÓN DE LA RED DE RIEGO</u>				
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
<i>SUBTOTAL</i>	<i>\$2,500,000.00</i>	<i>\$8,243,550.00</i>	<i>\$7,243,550.00</i>	<i>\$17,987,100.00</i>
TOTAL	\$9,149,141.02	\$8,243,550.00	\$7,243,550.00	\$24,636,241.02

Tabla 38 Flujo de efectivo necesario para el periodo 2009 – 2011 para Servicios y Herramientas.

Flujo Servicios y Herramientas 2009 - 2011				
CONCEPTO	2009	2010	2011	Total
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
TOTAL	\$1,630,000.00	\$1,630,000.00	\$1,740,000.00	\$5,000,000.00

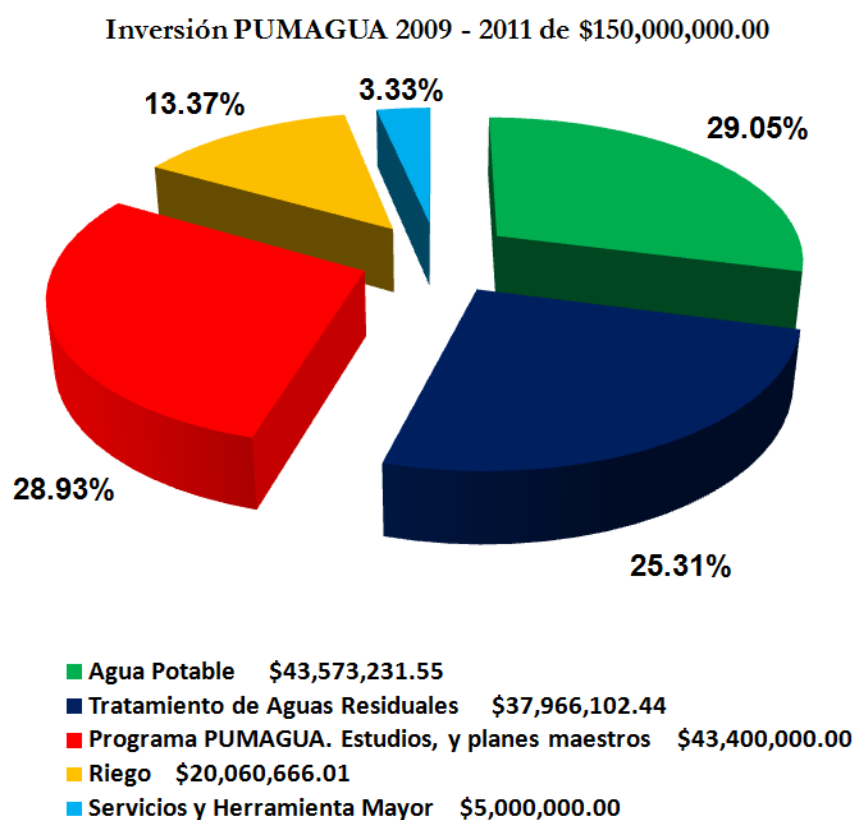


Figura 100 Inversión PUMAGUA 2009 – 2011.

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.

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

Dra. Maria Teresa Orta Ledesma

Investigadora. Responsable de Calidad.

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

M en C. Cecilia Lartigue Baca

Responsable del área de Comunicación y Participación.

Por parte de la Facultad de Ingeniería

Ing. Agustín Correa.

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.

Tabla 39. Presupuesto ejercido durante 2008.

PROYECTO PUMAGUA			
PRESUPUESTO			
DESGLOSE ACTUALIZADO DEL PRESUPUESTO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO PUMA AGUA			
(INSTITUTO DE INGENIERIA)			
			SALDOS
PRESUPUESTO OTORGADO			5,000,000.00 5,000,000.00
PRESUPUESTO F. I.			958,000.00 4,042,000.00
Honorarios	Ing. Sanitaria, Ambiental, Geomática		272,500.00
Becarios	Ing. Sanitaria, Ambiental, Geomática		387,000.00
Apoyo Administrativo			10,000.00
Servicios	Vuelo fotogramétrico		188,370.00
Sistema Digital Fotogramétrico	Geomática		55,579.50
Equipo de cómputo	Ambiental		42,014.37
Material de laboratorio			8,447.76
TRANSFERENCIA DGOC			\$1,200,000.00 2,842,000.00

Medidores Equipo	Equipo		1,134,213.42	
Mano de obra Talleres Centrales	Tiempo Extra		520,000.00	
No especificado			454,213.42	
RETIRO DEL PROYECTO	Recurso financiado por I.I.		593,615.33	2,248,384.67
HONORARIOS				
FUNCIÓN	NOMBRE	PERSONAL	TOTAL	
Contratación para apoyo durante el desarrollo del proyecto	Mónica González	HONORARIOS	119,999.94	2,128,384.73
	Mario Ojeda	HONORARIOS	89,999.94	2,038,384.79
	Mario Ojeda	HONORARIOS	30,000.06	2,008,384.73
	Cecilia Lartigue	HONORARIOS	40,537.50	1,967,847.23
	Edith Vega	HONORARIOS	65,670.75	1,902,176.48
VIÁTICOS PARA EL PERSONAL				
FUNCIÓN	NOMBRE	DIAS	TOTAL	
Congreso en Cartagena Colombia	Rafael Val	6	15,047.36	1,887,129.12
GASTOS POR REUNIONES DE TRABAJO				
FUNCIÓN	LUGAR		TOTAL	
Comidas Rafael	Toluca	F-09788	841.00	1,886,288.12
Ricardo Muñoz Zurita	AZUL Y ORO	F-7107	784.25	1,885,503.87
SERVICIO DE MANT. INSTALACIONES				
FUNCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
Instalaciones Sanitarias	Víctor Márquez F	F-049	14,904.00	1,870,599.87
	Víctor Márquez F	F-041	3,089.42	1,867,510.45
	TORNADO	F-806	44,123.20	1,823,387.25
	VICTOR FRANCO FB	S/F	50,942.30	1,772,444.95
OTROS SERVICIOS COMERCIALES				
FUNCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
Servicio de salas de la Torre, estudios de	IDECA	5467	27,933.50	1,744,511.45

riego, copias y engargolados, estudio de encuestas y gasto a reserva de comprobar Rafael Val Segura, IDECA	Torre de Ingeniería		170.00	1,744,341.45	
	Proyecto, Evaluación	F-0195	20,700.00	1,723,641.45	
	García Del Valle		3,224.20	1,720,417.25	
	García Del Valle		1,966.50	1,718,450.75	
	Torre de Ingeniería		170.00	1,718,280.75	
	TORNADO	F-0831	111,668.45	1,606,612.30	
	MERCAEI	F-617	86,250.00	1,520,362.30	
	GR RAFAEL		1,500.00	1,518,862.30	
	VICTOR FRANCO		3,357.50	1,515,504.80	
	SERVICIO DE MANT. INSTALACIONES				
	FUNCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
Trípticos, folletos, carteles y videos	Edith Vega	F-108007104031	178.00	1,515,326.80	
	Cervantes Filoteo J	F-0442	133.40	1,515,193.40	
BECAS					
FUNCIÓN	ALUMNOS	CANTIDAD	TOTAL		
Becas de Licenciatura	BALDEMAR M.A.	106,250.00	106,250.00	1,408,943.40	
ART. MATERIALES Y UTILES DIVERSOS					
FUNCIÓN	PROVEEDOR	TOTAL			
Papelería, software, reactivos para la calidad del agua, gasto a reserva de comprobar Rafael Val Segura	TERESA ORTA	VARIAS	95,864.34	1,313,079.06	
	PAPELERIA Y DIVERSOS	VARIAS	7,936.60	1,305,142.46	
	CECILIA	554860-125067	9,789.03	1,295,353.43	
	CECILIA TRAMITE	Filtros	13,238.40	1,282,115.03	
	GR RAFAEL		4,500.00	1,277,615.03	
	VICTOR FRANCO FB	S/F	10,561.91	1,267,053.12	
EQUIPO INSTRUMENTAL					
FUNCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL		
Equipo de Riego	VICTOR FRANCO FB	S/F	28,495.79	1,238,557.33	
gastos a reserva de comprobar de	GR RAFAEL		9,000.00	1,229,557.33	
Rafael Val Segura y Víctor Franco	VICTOR FRANCO GR	S/F	100,000.00	1,129,557.33	

				1,129,557.33
Equipo de Computo				
FUNCION	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
Monitores Marca Dell	LUFAC	F-6391	31,222.50	1,098,334.83
EQUIPO INSTRUMENTAL				
FUNCION	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
6" Magnetoflow Primo Rem	BADGER METER	F-4334	35,325.45	1,063,009.38
Medidores	BADGER METER	F-4310	180,032.73	882,976.65
Humyflo, S.A. de C.V.	HUMYFLO	F-1617	158,111.20	724,865.45
Teresa Orta Rack (sensor)			214,413.36	510,452.09
Teresa Orta Rack (MONTAJE)			214,490.64	295,961.45
EQUIPO DE COMPUTO				
FUNCION	PROVEEDOR	CANTIDAD	TOTAL	
Equipo de computo	LUFAC	F-6391	66,343.50	229,617.95
TORNADO 2o. ESTUDIO DE RIEGO			111,668.45	117,949.50
TORNADO 1er. ESTUDIO DE RIEGO	TORNADO	F-0833	102,567.38	15,382.12
MERCAEI ESTUDIO DE RIEGO			86,250.00	-70,867.88
VICTOR M. MARQUEZ FLORES	MARSA CONSTRUCCIONES	F-054	16,399.00	-87,266.88
SALDO POR EJERCER				-87,266.88

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. pag. 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
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
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
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 Macromedición, 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. 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
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.
58. **Universidad** de Stanford (2003) Water conservation, reuse and recycling master plan.
 En:
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.
65. www.nacobre.com
66. www.sloan.com.mx/
67. www.americanstandard.com.mx/
68. www.jenser.com.mx/page1.aspx
69. www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-ahorradores.htm