

Capítulo 1. Antecedentes y estado del arte.

1.1.- ANTECEDENTES.

Con el crecimiento de la población del mundo y el aumento del uso de agua por persona, la demanda de agua dulce se está elevando extraordinariamente. Paradójicamente, los suministros de agua dulce son limitados y se cierne sobre ellos la amenaza de la contaminación. Para evitar una crisis, muchos países deben conservar agua, reducir la contaminación, regular el suministro y la demanda y contener el crecimiento de la población. Entre la demanda creciente de agua dulce por una parte, y los suministros de agua limitados y cada vez más contaminados por otra, muchos países en desarrollo enfrentan decisiones difíciles. La demanda creciente de agua para la agricultura de regadío, el consumo doméstico (municipal) y la industria está imponiendo una dura competencia por la adjudicación de los escasos recursos hídricos disponibles en las diversas zonas para satisfacer los diferentes tipos de uso.

México que es un país rico en recursos naturales; sin embargo, la época de lluvias tiene, en promedio, una duración de cuatro meses, lo que propicia una escasa captación. Aunado a esto, del total de agua captada por lluvias, una gran parte de ella se evapora. La desproporción que existe entre la cantidad de agua que se capta por escurrimiento y las extensiones territoriales que comprenden, aunado a la corta temporada de lluvias hace que la disponibilidad del agua sea cada vez menor. Bajo este panorama, México enfrenta actualmente graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua.

Con respecto a la Ciudad de México, la mayor parte del recurso hídrico se extrae de 607 pozos y de los ramales del Río Magdalena (54.0%) y el resto proviene del Sistema Cutzamala (30.0%), del Sistema Lerma (12.0%) y del Risco (4.0%). Se calcula que más de la tercera parte del agua suministrada se pierde en fugas en la red y que el uso más importante es el doméstico (42.0%

del agua extraída). En los últimos meses la Zona Metropolitana ha sufrido una sequía por arriba del promedio, lo cual ha generado serios problemas en el abasto de agua a la Ciudad de México.

En marzo de 2006 se llevó a cabo el IV Foro Mundial del Agua, evento de corte mundial donde se expusieron los principales contenidos relacionados con el vital líquido. Considerando que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es una de las principales instituciones a nivel nacional que interviene en diversos proyectos relacionados con el tema, se consideró su presencia en este evento mediante un espacio donde se mostraron los trabajos de más de veintiséis dependencias universitarias relacionadas con el agua. La UNAM también participó organizando sesiones dentro del Foro como las de Desalación, Gobernabilidad Hidráulica así como la participación en múltiples reuniones de trabajo.

A raíz de este evento, la UNAM organizó el Primer Encuentro Universitario del Agua como una respuesta a los planteamientos y debates que se dieron durante el IV Foro, el objetivo fue el de contribuir a una coordinación efectiva de los esfuerzos que los universitarios realizan en la investigación, docencia y difusión en materia de recursos hidráulicos; particularmente, se facilitó la adopción del manejo de estos recursos en forma integral y multidisciplinaria tal como se ha planteado en los recientes foros internacionales, además 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 y responsabilidad en los aspectos relacionados con el agua.

Con la participación de la UNAM en estos dos eventos multidisciplinarios, en 2007 el Consejo Universitario de la UNAM consideró necesario adoptar medidas concretas para lograr el uso y manejo eficiente del agua en todos sus Campus, no sólo ante los problemas asociados al crecimiento 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, el Instituto de Ingeniería se dio a la tarea de plantear los objetivos, metas y las estrategias necesarias para poner en marcha el “Programa de Manejo, Uso y Reuso del Agua en la UNAM. PUMAGUA”.

Finalmente, en enero de 2008 se puso en marcha el programa PUMAGUA con un objetivo principal, el de “Implantar un programa integral de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM con la participación de toda la comunidad Universitaria”; cuyas metas concretas para el periodo 2009-2011 son: 1). Reducir en un 50.0 % el suministro de agua potable; 2). Mejorar la calidad del agua potable en todas las instalaciones y el agua de reuso para riego de jardines de excelente calidad y 3). Lograr la participación de toda la comunidad universitaria.

1.1.1.- Infraestructura hidráulica de Ciudad Universitaria: Pasado y Presente.

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

La principal fuente de agua de la recién construida Ciudad Universitaria fue el también recién pozo de la Facultad de Química (Pozo I), de este pozo se bombeaba agua a los tanques alto y bajo de los que se suministraba agua potable a tres zonas (Ver figura 2.0):

- A. **Zona Escolar o Campus Central,**
- B. **Zona de Campos Deportivos y,**
- C. **Estadio Universitario.**

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

Tabla 1. Demanda inicial estimada.

| Población | Tipo de usuario | Consumo (L/hab/ día) | Q (l/s) |
|--------------------------|-----------------|----------------------|---------|
| 24000 | alumnos | 20 | 5.55 |
| 2150 | administrativos | 20 | 0.49 |
| 5200 | catedráticos | 20 | 1.20 |
| Demanda inicial estimada | | | 7.25 |

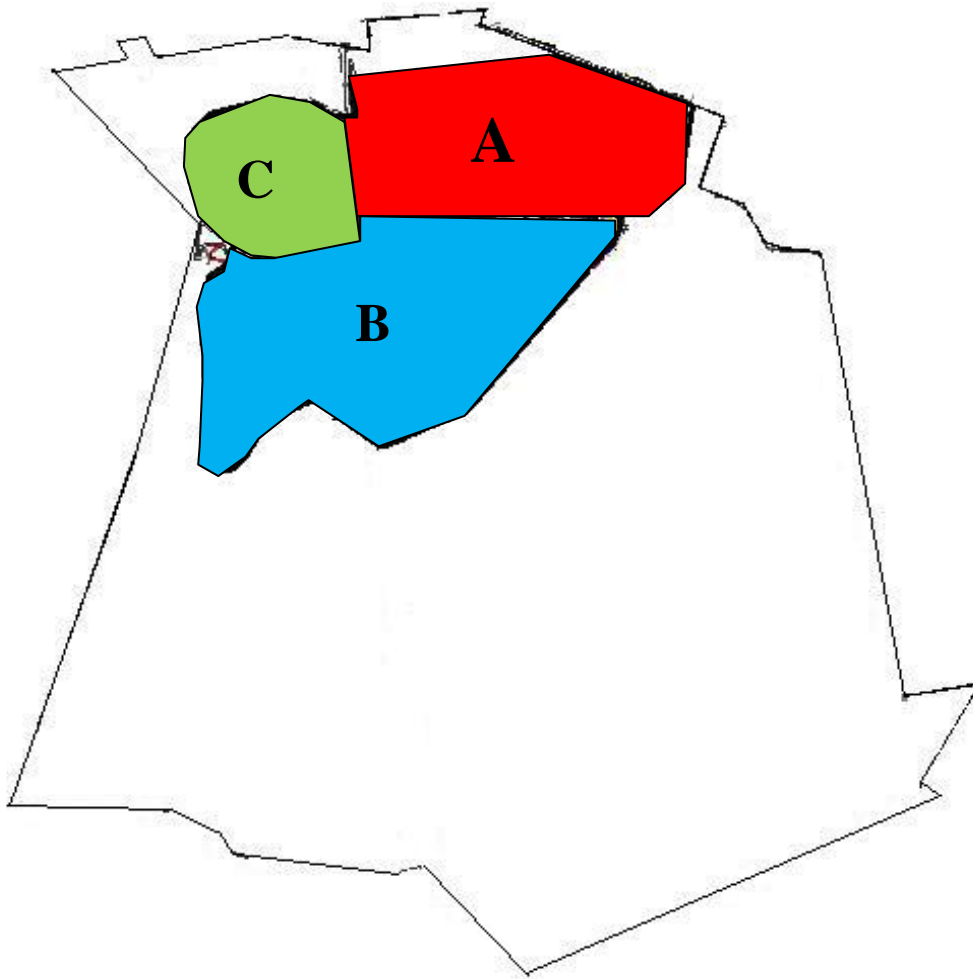


Figura 1. Zonas Iniciales: A: Zona escolar, B: Campos deportivos, C: Estadio Olímpico. FUENTE: DGOyC. UNAM



Figura 2. Vista panorámica del Campus central luego de su inauguración en Noviembre de 1952. FUENTE: La jornada

El incremento en la demanda de los servicios públicos está relacionado con el crecimiento del número de usuarios, de manera que el diseño de proyectos hidráulicos deben hacerse previendo un crecimiento en estos; no obstante, cuando se rebasa la capacidad originalmente proyectada, es necesario una nueva inversión que busque satisfacerla o, más recientemente, hacer más eficiente su uso.

Ciudad Universitaria no ha sido la excepción, ante el crecimiento de la demanda de servicios educativos de nivel superior por parte de la población, surgió la necesidad de nuevos espacios para la enseñanza, investigación y difusión de la cultura que se construyeron de manera rápida y dispersa, por ello, a principio de los años setentas es puesto en marcha un segundo pozo (Ex Planta incineradora) con extracción de 91 l/s. Por esos mismos años se pone en marcha la planta de tratamiento de aguas residuales de “Cerro del Agua” (con una capacidad original de 40 l/s) con el propósito de incrementar el intercambio de agua potable por agua de reuso para el riego de áreas verdes. Esta planta trataría las aguas residuales correspondientes a la zona norte o “Casco Viejo”, por este motivo las entidades construidas en la hoy conocida zona de GEOS y zona cultural vertían sus aguas residuales a grietas o fosas sépticas. En esa misma década se construye la planta de tratamiento de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, originalmente proyectada para 7.5 l/s.

En 1984 es puesto en marcha un tercer pozo y tanque (Pozo y Tanque de Vivero Alto) con una capacidad de extracción de 150 l/s y capacidad de 6000 m³, respectivamente, debido al crecimiento de la zona sur del campus, además, se habilitó una línea de conducción del nuevo Tanque al Tanque Alto para “auxiliar” a este último cuando sus niveles de agua se abatieran demasiado rápido. En esta misma zona existió otro pozo, aunque dejó de operar por causas no muy claras.

El crecimiento de la demanda y el descenso en los niveles de los tanques de una manera muy vertiginosa, sobre todo en épocas de estiaje, obligó a los operadores a hacer derivaciones de las líneas de conducción a la red, por lo que se modificó la forma de distribución del agua.

En 1997 se trabajó en el establecimiento de normas y procedimientos para optimizar el consumo de agua potable y el manejo de agua tratada. Ese mismo año, en un esfuerzo por evitar que se continuara con la descarga de aguas residuales a grietas, se ponen en operación 26 fosas sépticas o plantas tipo BRAIN¹ que en conjunto tratarían 1.8 l/s y cuya función principal fue la de mejorar la calidad del agua residual descargada a grietas. Estas acciones fueron producto del plan rector del campus elaborado por la DGOyC en 1995.

En el año 2000, la zona de los GEOS, que es la zona donde se ubican la mayor parte de los institutos de investigación además de las Facultades de Ciencias y de Medicina Veterinaria y Zootecnia, constituía la zona con descargas dispersas de mayor magnitud dentro de Ciudad Universitaria, lo que motivó la construcción de una red de alcantarillado sanitario para esta zona de manera que permitiera la recolección del agua residual de sus edificios y su conducción a la planta de tratamiento de Cerro del Agua para su disposición y/o tratamiento.

Desde ese entonces, se ha tratado de dar seguimiento de la mejor manera posible al manejo del agua en el campus por parte de la Dirección General de Obras y Conservación (DGOyC), de modo que destacan obras importantes como la perforación de dieciséis pozos de absorción para la captación del agua de lluvia; la instalación de treintaicinco medidores para monitorear el suministro de agua; la construcción de lavaderos en vialidades para desviar el agua pluvial a mantos acuíferos; además de la sustitución de tuberías, válvulas y bombas.

¹ BRAIN: Bio - Reactor Anaerobio Integrado.

Actualmente, la DGOyC con el propósito de incrementar la capacidad de tratamiento de aguas residuales lleva a cabo la construcción de dos colectores que permitirán drenar el agua de la zona de institutos y teatros al sur del campus para canalizarla hacia la planta de tratamiento de ciencias políticas a modo de hacer posible el reemplazo de agua potable por agua tratada destinada al riego de las áreas verdes de estas zonas.

1.1.2.- Crecimiento de la población de Ciudad Universitaria.

Desde la inauguración de cursos en Marzo de 1954 la población del campus ha mantenido una tendencia de crecimiento, manifestada de manera más significativa durante los primeros cinco decenios de inaugurado el campus; posterior a estos, el incremento de la población fue gradual; aunque esta tendencia está marcada por dos periodos (1986 y 1999) en los que la población estudiantil disminuye hasta en un 9.0%. La figura 3 muestra el crecimiento de la población en Ciudad Universitaria.

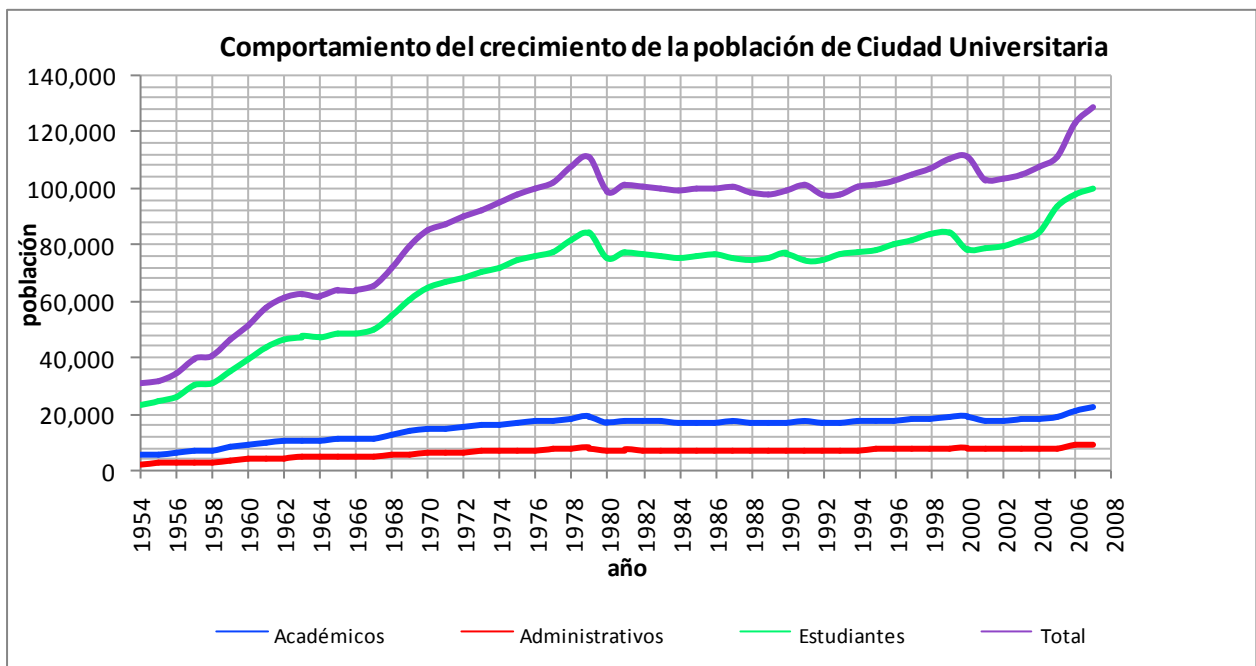


Figura 3. Comportamiento del crecimiento e la población de Ciudad Universitaria. FUENTE: DGP.UNAM

De 1954 y hasta el año de 1980 el crecimiento de la población presentó una tasa media anual de 13.79% al pasar de 30 mil 516 a 111 mil 47 habitantes; de 1981 y hasta 1999 el crecimiento se mantuvo en una tasa media anual casi constante de 0.51%. En 1986 y 1999 la población,

principalmente estudiantil, disminuye hasta en un 9.26% como consecuencia de los conflictos que vivió la universidad en esos mismos años. (Fuente: DGP. UNAM)

En el año 2008 la población total en Ciudad Universitaria aumentó hasta alcanzar los 131 mil 682 habitantes lo que ha generado una mayor demanda agua potable. Ese mismo año la Universidad recibió en sus aulas a poco más de 37,000 estudiantes de nuevo ingreso, de los cuales poco más de 20,000 ingresaron a una de las más de 80 licenciaturas que imparte la Universidad en 22 facultades y cuatro escuelas nacionales ubicadas en la zona metropolitana, en 42 campus del interior del país y Ciudad Universitaria, por lo que a esta última ingresaron cerca de 12,000 nuevos estudiantes.

En lo que respecta a su superficie, Ciudad Universitaria cuenta con 700 hectáreas, de las cuales, 240 son parte de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, 305 hectáreas de Planta física y 155 hectáreas de riego.

En los últimos ocho años el crecimiento de nuevos espacios pasó de 10,325 m² construidos en el año 2000 a 72, 539 m² en el año 2008. Actualmente la planta física en Ciudad Universitaria asciende a 1, 144, 576 m² (114.45 ha), agrupada en 404 edificios y 144 entidades, área casi similar a la planta física construida fuera del campus siendo este de 1, 089, 640 m² concentrando a 813 edificios en 177 conjuntos (Tablas 2 y 3). Fuente: DGP. UNAM

Tabla 2 Planta física construida en Ciudad Universitaria y fuera de ella. FUENTE: Anuario estadístico 2008. DGP. UNAM

**UNAM. PLANTA FÍSICA
ÁREA CONSTRUIDA (m²)
2007**

| | En C.U. (m ²) | Fuera de C.U. (m ²) | Total (m ²) |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Área construida | 1,123,777 | 1,089,640 | 2,213,417 |
| Área en construcción | 19,554 | 8,711 | 28,265 |
| TOTAL | 1,143,331 | 1,098,351 | 2,241,682 |

Tabla 3 Capacidad Instalada por zona Geográfica 2007. FUENTE: Anuario Estadístico 2008. DGP. UNAM

| UNAM | | |
|--|------------|--------------|
| CAPACIDAD INSTALADA POR ZONA GEOGRÁFICA 2007 | | |
| | Conjuntos | Edificios |
| Extranjero | 5 | 5 |
| Interior de la República | 64 | 207 |
| Área metropolitana | 108 | 612 |
| Ciudad Universitaria | 164 | 402 |
| TOTAL | 341 | 1,226 |

El incremento en la matrícula de la Universidad ha motivado la expansión de esta a 24 entidades federativas, el área metropolitana, Estados Unidos, Canadá y Europa. (Figura 4)



Figura 4. Presencia de la UNAM en el Interior del País y más allá de sus fronteras. FUENTE. Anuario estadístico 2008. DGP. UNAM.

Durante los dos periodos de admisión de 2008 (Febrero y Junio) se presentaron al concurso de selección para ingreso a la UNAM un total de 174,151 egresados del bachillerato. De ellos consiguieron ingreso 15,301 aspirantes (9,428 en el primer examen y 5,873 en el segundo). La mayoría de los no aceptados buscaron ingresar a otras de las Instituciones de Educación Superior (IES) Públicas del área metropolitana. Como la capacidad total de las IES públicas del conglomerado urbano se estima en un máximo de 75,000 cupos de primer ingreso, algo más de la mitad de egresados que buscan acceder a este grupo de instituciones se ven obligados a buscar alternativas: esperar al próximo periodo de inscripciones, buscar sitio en las universidades privadas –las buenas y las patito- o cancelar su aspiración de proseguir estudios superiores. La mayoría de las universidades públicas del área metropolitana han procurado aumentar su capacidad de ingreso. La UNAM, por ejemplo, aceptaba a principios de esta década a menos de 30 mil aspirantes, cifra que se llenaba mayoritariamente por los egresados del bachillerato de la propia universidad (ENP y CCH) dejando menos de diez mil lugares al concurso abierto de selección. En la actualidad la capacidad de primer ingreso supera los 38 mil lugares, contando los sistemas escolarizado, abierto y a distancia de nivel licenciatura, y se disponen para acceso por concurso de selección cerca de 15 mil sitios. Durante el concurso de ingreso a licenciatura en el año 2009 la demanda de ingreso se incrementó hasta en un 40%. (Fuente: El Universal. Abril de 2009.)

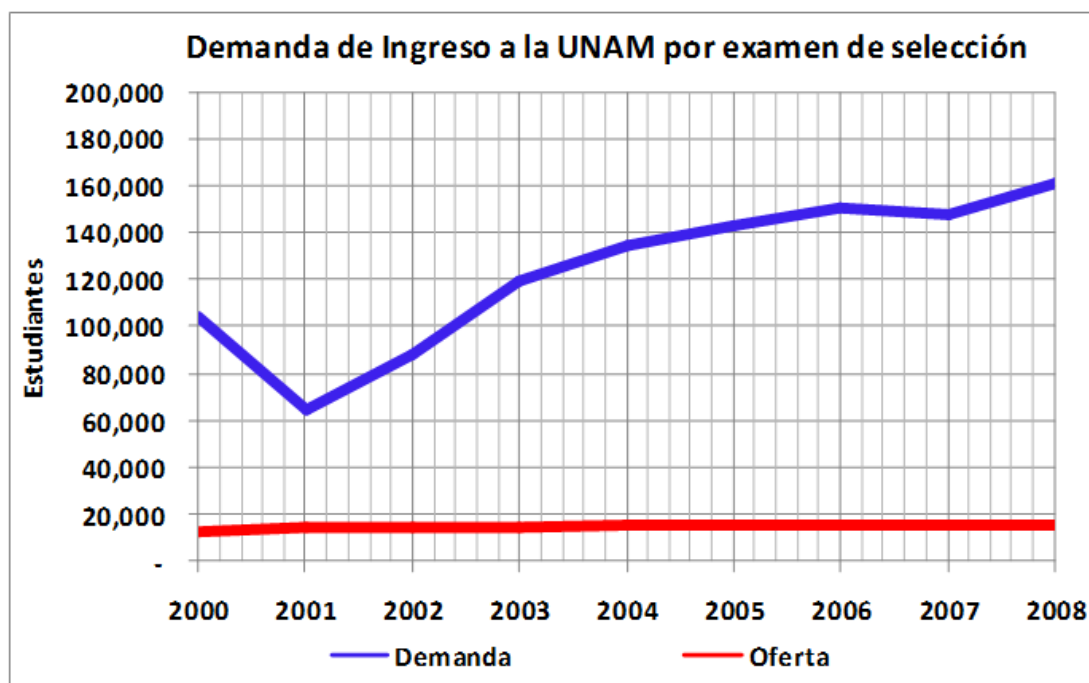


Figura 5. Demanda de ingreso a la Licenciatura a través de concurso de selección. FUENTE: Anuario estadístico. DGP. UNAM

De incrementarse la matrícula en Ciudad Universitaria será necesario la creación de nueva infraestructura y la ya existente deberá hacerse más eficiente.

1.1.3.- El uso eficiente de agua.

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, la palabra eficiencia es la capacidad de disponer de alguien o algo para conseguir un efecto determinado. En cuestión de agua esta definición significa hacer un uso adecuado del recurso con el empleo de tecnologías y prácticas mejoradas que proporcionan igual o mejor servicio con menos líquido.

El uso eficiente del agua en México se entiende como la optimización del uso del agua y de la infraestructura correspondiente, con la participación activa de los usuarios y con un alto sentido de equidad social (Arreguín, 1991). Las técnicas de uso eficiente del agua potable que mayormente se han impulsado en las ciudades mexicanas se clasifican en siete grupos: a) Macromedición, b) Micromedición, c) Reducción de fugas, d) Tarifas, e) Reglamentación y f) Comunicación y participación y g) Dispositivos ahorradores de agua. (Ochoa Alejo, Leonel. Políticas y Resultados de Programas de Uso Eficiente de Agua en México. IMTA. Feria del Agua en Santiago de Cali. Colombia. 2004.)

El uso eficiente del agua está muy relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos, forma parte integral de ellos. De estos conceptos relacionados, tal vez el más arraigado es el de la conservación del agua. Este concepto sugiere que el uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad. Al mismo tiempo, la definición de la conservación sugiere que las medidas de eficiencia deben tener sentido social y económico, además de reducir el uso del vital líquido por unidad de actividad. (Palacios Fonseca, Ana. Revisión hidráulica y sectorización de una red de distribución de agua potable y su aplicación a la zona poniente de Tepic, Nayarit)

Los programas de uso eficiente de agua, instrumentados en México desde 1984, son una herramienta a largo plazo, la más barata de suministro adicional y muchas veces la única opción disponible. No sólo aporta beneficios al sistema que lo efectúa, también significa mejoras para otros usuarios. El uso racional del agua puede ahorrar la construcción de más obras de abastecimiento, gestión de créditos para derechos de agua, uso de equipos, recursos para la

gestión de planes para la conservación del suministro, así como de obras de riego, generación hidroeléctrica y hasta recreación.

Es importante promover el uso eficiente de agua y tratar de ir eliminando algunas actividades de manera paulatina que afecten el uso racional del recurso. Es también importante que existan medidas de tipo estructural como la sustitución de tuberías, reparación de fugas, control de presiones en los sistemas de distribución e instrumentación de programas de uso eficiente de agua al interior de las dependencias universitarias.

El uso eficiente del agua es de suma importancia en recursos ambientales, como lo es la conservación del agua, porque asegura un desarrollo sostenible para los habitantes de hoy y las generaciones futuras.

1.2.- PROGRAMA DE MANEJO, USO Y REUSO DE AGUA EN LA UNAM: PUMAGUA.

1.2.1.- Objetivos y Metas.

El programa PUMAGUA tiene como objetivo principal el de *“Implantar un programa integral de manejo, uso y reuso del agua en la UNAM con la participación de toda la comunidad Universitaria”*, con tres metas concretas a lograrse en tres años (2009-2011):

- ***Reducir*** 50.0% la extracción de agua.
- ***Asegurar*** la calidad del agua
- ***Lograr*** la participación de toda la comunidad universitaria

Los objetivos particulares son:

- ***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.

- **Impulsar**, en el corto plazo, la adopción generalizada de las distintas medidas de eficiencia que derivan comúnmente de una auditoría de agua.
- **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.
- **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 obtenidos con la implantación del programa, así como plantear un esquema 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.
- **Proteger** la salud de estudiantes, profesores, investigadores y trabajadores de la UNAM.

1.3.- EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES.

Con respecto a casos de programas de uso eficiente del agua en Universidades más allá de nuestras fronteras, destacan los casos de las Universidades de Stanford y Sídney. Ambas universidades son ejemplos exitosos de programas que en busca de hacer más eficiente el uso del agua dentro de sus instalaciones, han recurrido a tecnologías de punta y estrategias que involucran a su comunidad. Algunas de las estrategias que se mencionarán se están tratando de adaptar a las condiciones que existen en Ciudad Universitaria de la UNAM.

1.3.1. Universidad de Stanford.

La Universidad de Stanford se ubica entre San Francisco y San José, California, Estados Unidos, en el corazón de Silicon Valley, es reconocida como uno de los líderes mundiales en investigación y las instituciones de enseñanza.

Stanford inscribe alrededor de 6, 700 universitarios y cerca de 8, 000 estudiantes de posgrado de los Estados Unidos y alrededor del mundo cada año. La universidad está dividida en un número de escuelas como la Escuela de Negocios de Stanford, Stanford Law School, Stanford School of Medicine, Stanford y la Escuela de Ingeniería. La universidad está en Silicon Valley, y sus alumnos han fundado compañías como Nike, Hewlett-Packard, Electronic Arts, Sun Microsystems, Nvidia, Yahoo, Cisco Systems, Silicon Graphics y Google.

La Universidad de Stanford, posee (33.1 km²), que lo convierte en uno de los campus universitarios más grandes del mundo. Las mujeres representan el 48.9% de los estudiantes y el 37.6% de los profesionales y estudiantes de posgrado.

El abastecimiento de agua potable de la Universidad se obtiene a través de tres pozos profundos propiedad de la Universidad con una capacidad de 113 l/s, además de contar con suministro de 57 l/s de parte del condado de San Francisco, teniendo un suministro total de 170 l/s. El consumo promedio en la Universidad es de 142 l/s, lo que representa tan sólo el 1.5% del total del consumo de la Ciudad de Francisco (Figura 6) convirtiendo a la Universidad en uno de los más bajos consumidores de agua en el condado.

El agua es almacenada en dos tanques de regularización de 9,000 y 27, 000 m³ de capacidad respectivamente. La red de distribución de agua potable tiene una longitud de 1,600 metros con diámetros desde 1 hasta 24 pulgadas. Se tienen identificadas tres zonas de presión en la red con valores de hasta 45 metros de columna de agua (4.5 Kg/cm²), que obedecen a la manera en que es abastecido el campus. La figura 7 muestra la configuración del sistema de agua potable. En la Universidad opera también un sistema separado de aguas tratadas destinadas para recreación (Lago) e hidrantes. Desde 1985 existe un plan que busca utilizar las aguas tratadas para el riego de áreas verdes que permitan el reemplazo del agua potable. Una parte de sus instalaciones hidráulicas datan de los años 30`s aunque la mayor parte fue instalada en la década de los años sesenta.

Figure C-1. Stanford's Historical Water Supply Production 1995-2000

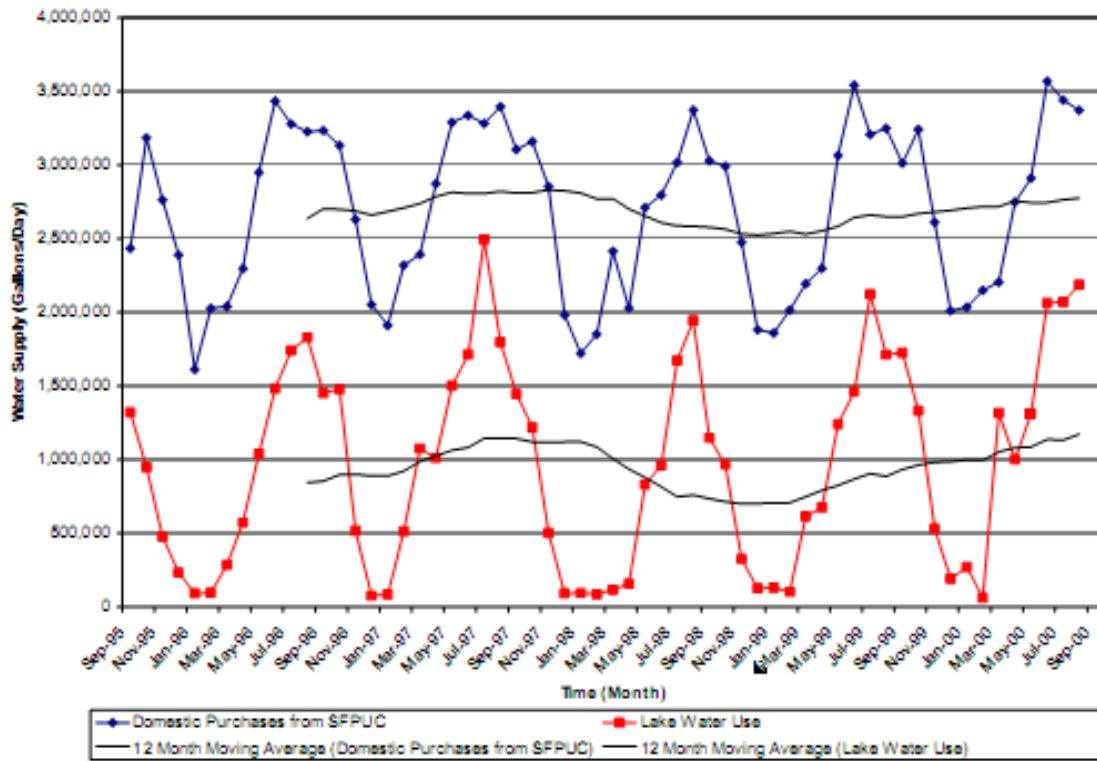


Figura 6. Suministro Histórico (2.7 MGD = 142 l/s) de la Universidad de Stanford

La Universidad de Stanford ya ha implantado desde hace 15 años con éxito un programa de conservación de agua luego de una fuerte sequía que obligó a las autoridades del estado a tomar medidas de reducción de suministro. Este plan redujo, en lo que respecta al riego de áreas verdes, la cantidad de agua potable al sustituirla por aguas tratadas; adicionalmente, utilizó flora nativa en sus jardines y se invirtió en nuevos sistemas de riego automatizado que utilizan la tecnología de la Evapotranspiración para indicar la hora de riego en base a la humedad del suelo. También se invirtió en la sustitución de más de 700 muebles de baño de bajo consumo de agua: por ejemplo, se sustituyeron tazas de 5gpf (22.3 Lpf) a 1.6 gpf (7.3 Lpf), además, ha planteado un nuevo programa de conservación de agua cuya meta principal es la de promover el uso eficiente del recurso con sistemas que utilicen agua de la manera más eficiente y a través de una fuerte campaña de educación a los usuarios. Este Programa de Conservación de Agua ha logrado en 7 años la disminución de un 15% en el consumo de agua al pasar de 142 l/s a 120 l/s, luego de la implantación de diferentes medidas, tales como las auditorías de agua, el cambio de muebles sanitarios (90% de muebles sustituidos). Los costos de sustitución por taza fueron de hasta \$550 USD por unidad, regaderas \$410 USD por unidad,

mientras que los mingitorios costaron hasta \$650 USD por unidad), también se sustituyeron equipos de enfriamiento con costos de hasta \$1200 USD por unidad sustituida, se hicieron nuevos diseños de la vegetación del campus con un costo de \$250,000 USD por hectárea, diseños de sistemas automatizados de riego con un costo de \$2 500 USD por hectárea, y un programa de comunicación.

Appendix A

Figure 1. Sources of Domestic Water Supply

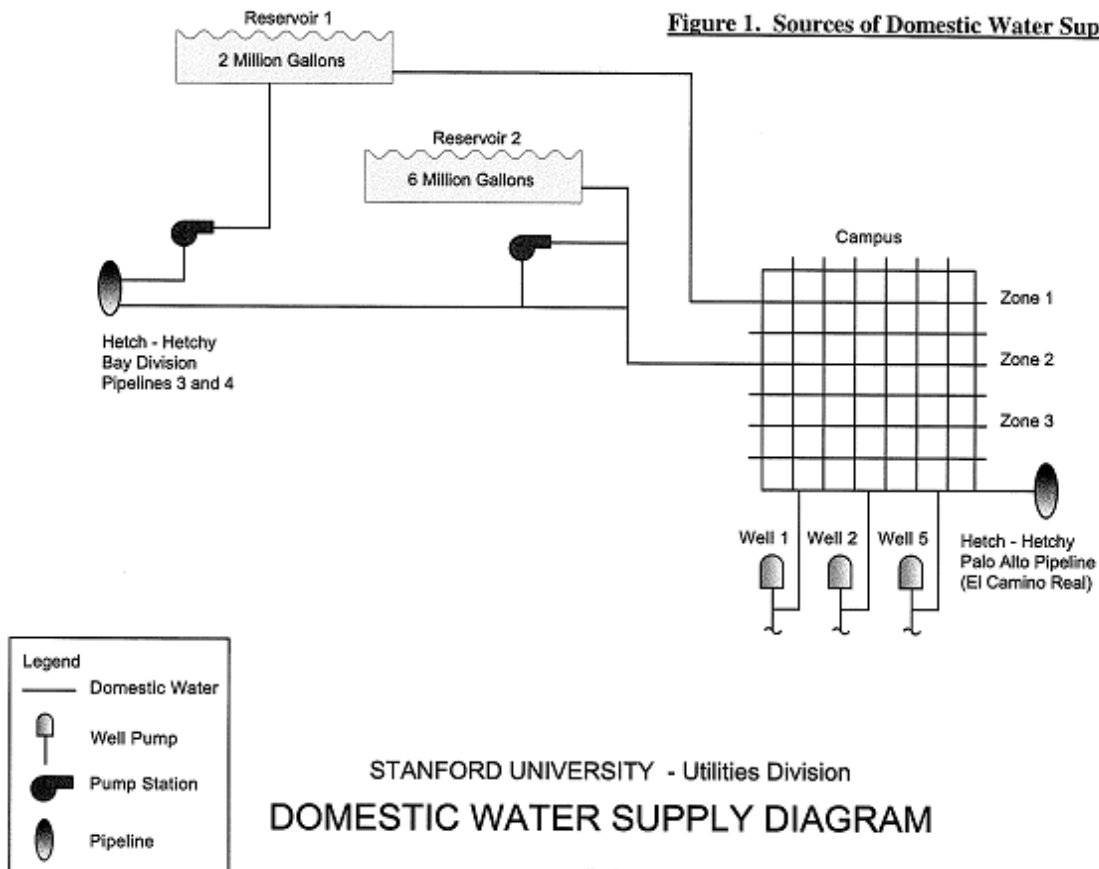


Figura 7. Sistema de agua Potable de la Universidad de Stanford.

Las medidas implementadas resultaron luego de identificar los mayores consumidores de agua en la Universidad (9 tipos de usuario) y de proyectar los consumos de agua con y sin programa de uso eficiente; según las proyecciones (Figura 10), si el consumo de agua en el campus rebasa los 171 l/s sería necesaria la construcción de un nuevo pozo de 37 l/s con una inversión de \$ 1, 000,000 USD aunado a los costos de operación y mantenimiento que este pozo traería consigo. Este programa permitirá al mismo tiempo el ahorro de energía con la sustitución de muebles de baño, principalmente regaderas y sistemas de enfriamiento.

Table 6-1. Results of Evaluation of Individual Measures

| No. | Measure | Evaluation Criteria | | |
|-----|---|-----------------------------|----------------------------|---|
| | | Average Water Savings, mgd* | Utility Benefit-Cost Ratio | Cost of Savings per million gallons, \$ |
| 1. | Ultra Low Flush Toilet Replacement | 0.084 | 1.09 | 1,451 |
| 2. | Showerhead Retrofit | 0.007 | 2.77 | 581 |
| 3. | Urinal Replacement | 0.023 | 1.54 | 1,026 |
| 4. | High-Efficiency Washer Replacement** | 0.010 | 19.14 | 492 |
| 5. | Public Outreach Programs | 0.026 | 1.02 | 3,180 |
| 6. | CEF Blow down Reuse | 0.060 | 1.04 | 1,000 |
| 7. | Faculty/Staff Housing Water Audits | 0.037 | 3.46 | 733 |
| 8. | Landscape Water Management | 0.010 | 1.38 | 480 |
| 9. | Selective Landscape Retrofit | *** | *** | *** |
| 10. | New Water Efficient Landscape | 0.022 | 0.27 | 3,230 |
| 11. | New Landscape on Lake Water | 0.086 | 6.72 | 132 |
| 12. | ET Controllers on New Faculty/Staff Housing | 0.124 | 0.96 | 321 |
| 13. | Selected Academic Areas on Lake Water | 0.013 | 5.86 | 163 |
| 14. | Football Practice on Lake Water | 0.011 | 12.31 | 78 |

* Caution: savings cannot be added without handling measure overlap water savings averaged over 30 years. Actual savings in 2010 may be higher. (See Appendix D);

** This measure's benefit-cost ratio includes a rebate of \$200 per washing machine.

*** To be determined, the annual report will list specific projects completed during the reporting year and associated estimated water savings.

Figura 8. Resultados de la Evaluación de medidas de reducción de consumo de agua implantadas.

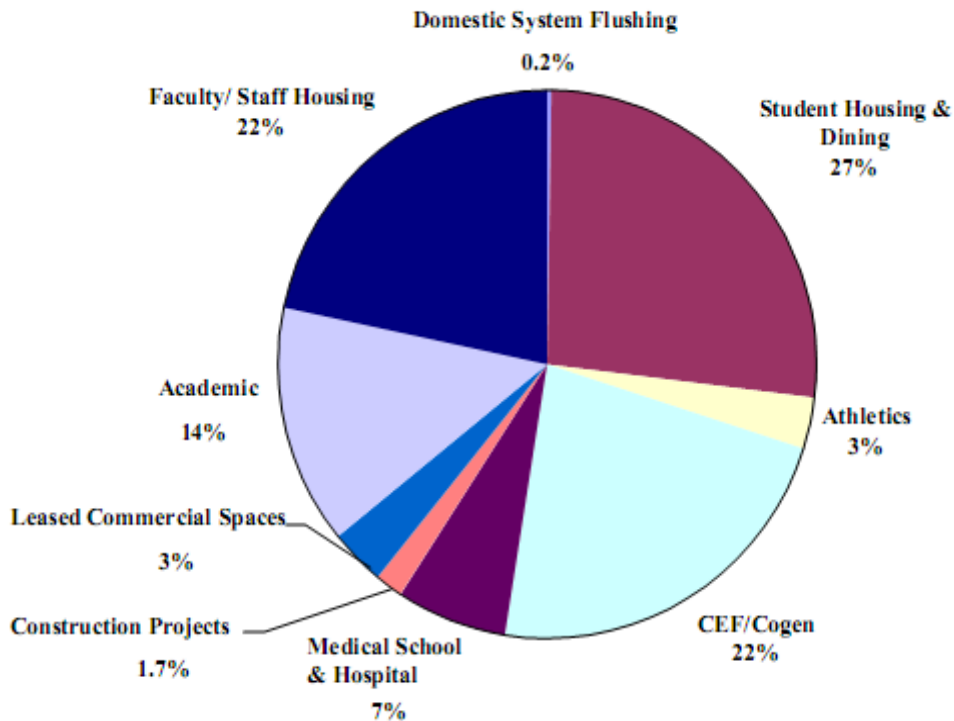


Figura 9. Promedio anual de demanda de agua según el tipo de usuario.

Figure 6-1. Projected Water Demand with and without Water Conservation Master Plan

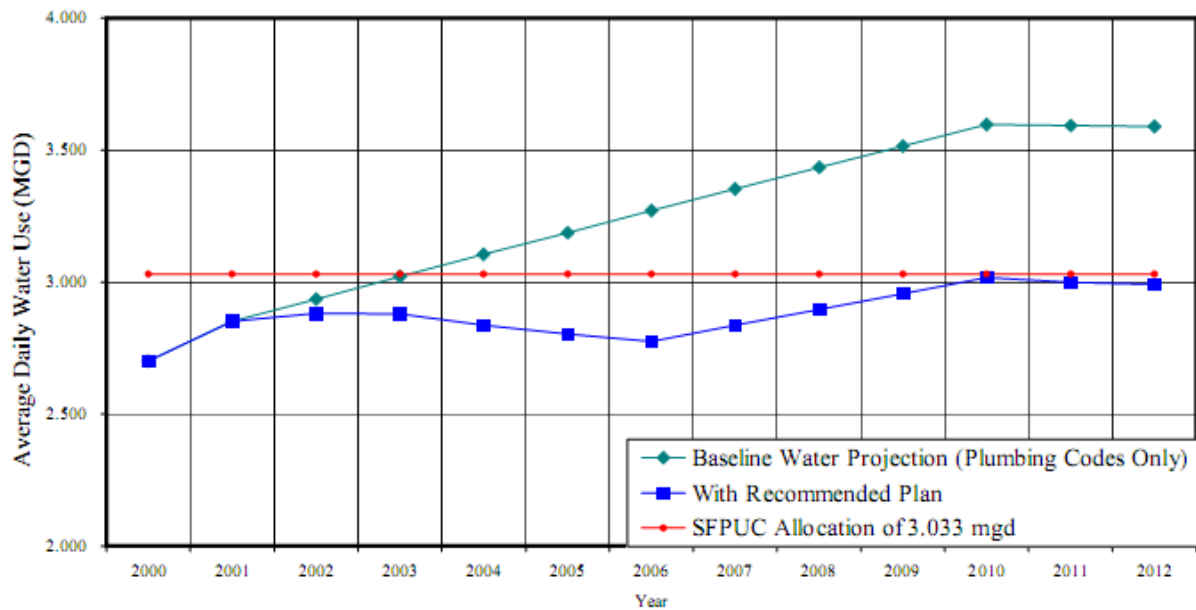


Figura 10. Proyección de la demanda de agua con y sin programa de conservación de agua.

1.3.2. Universidad de Sydney, Australia: Water Savings Action Plan.

En octubre de 2005 el ministro de Gobierno de Australia emitió la Orden de Ahorro de Agua bajo la Ley de Administración y Servicios en respuesta a la intensificación de la crisis de agua que ha azotado a la Zona Metropolitana de Sídney. Desde 1998, la última vez en que los niveles de agua en la presa se Warragamba (Principal fuente de abastecimiento de Australia) estaban a plena capacidad, el suministro ha descendido constantemente hasta parar en un 39.1%. En el debate político se ha intensificado en torno a los temas de la desalinización, reciclaje de agua, etc. La Universidad de Sydney se ubica como la más grande universidad de Australia, cuenta con una población de 45,000 estudiantes y 6,000 administrativos. El Water Savings Action Plan (Plan de acciones de ahorro de agua) fue diseñado para dos (Darlington y Camperdown) de los siete campus con que cuenta la Universidad.

La Universidad adoptó una Política Ambiental en 2002 con la que se compromete a la organización de prácticas ecológicamente sostenibles. Al mismo tiempo, ha puesto en marcha su programa de renovación de infraestructura en la que el agua.

Los logros alcanzados en materia de agua son profundos y significativos. Es importante señalar que el agua ha sido objeto de seguimiento desde 1988 y gestionado por un puesto Administrativo de Agua desde 1998. Las acciones que permitieron reducir hasta 35.0 % el suministro de agua en la Universidad son:

- Instalación de medidores de agua
- Dirigir programas de detección y reducción de fugas
- Reducción y control de presiones.
- Sustitución de Torres de enfriamiento.
- Estudios y automatización de Riego.
- Uso de aguas tratadas para riego
- Reemplazo de equipos de baño de bajo consumo.
- Colocar equipos de laboratorio de bajo consumo.
- Suministros alternativos, como aprovechamiento de agua de lluvia.

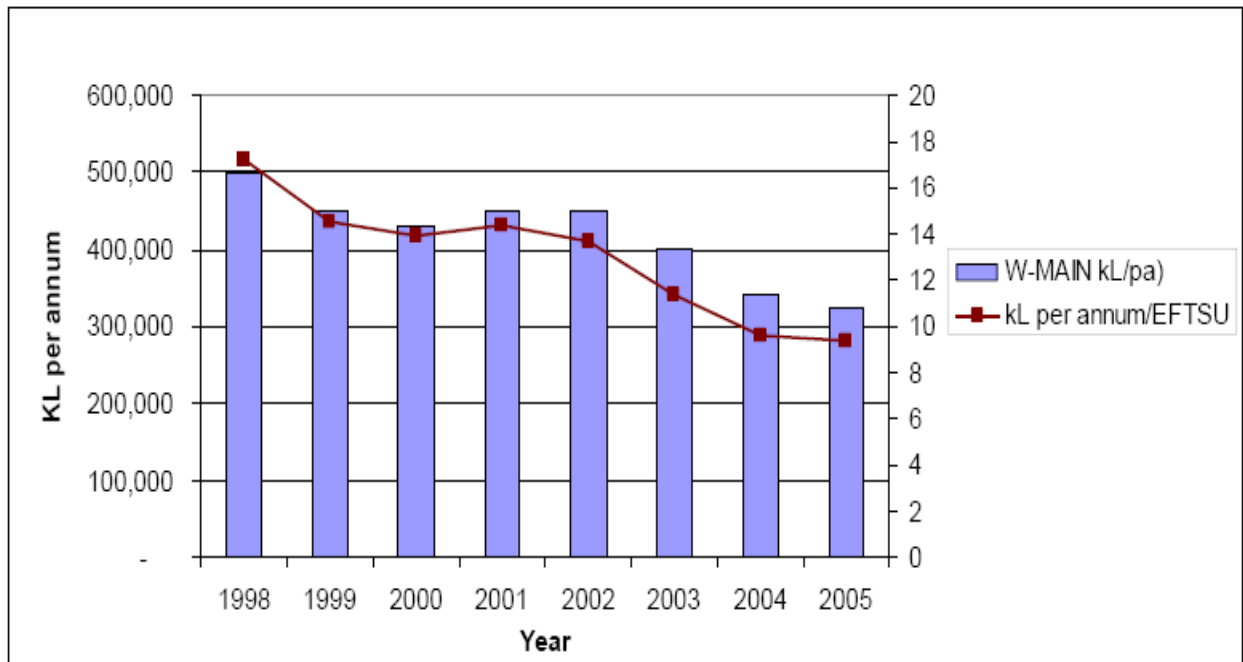


Figura 11. Tendencia de consumo en la Universidad

1.3.3 Estudio de la Facultad de Ciencias de la UNAM

Por otro lado, un estudio realizado por alumnos de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM hace una descripción de la infraestructura hidráulica del campus y acciones de ahorro de agua implementadas por algunas entidades universitarias. Este trabajo incluyó un estudio entorno a las percepciones y conductas sobre el uso del agua. De los resultados destacan los siguientes puntos:

- ✓ La población universitaria no percibe la escasez de agua en CU.
- ✓ Existe poco conocimiento sobre cómo se suministra el agua y sobre las características de los aparatos e instalaciones de bajo consumo.
- ✓ El 49% de la población ha detectado la presencia de fugas pero sólo la tercera parte, en su mayoría mujeres, las ha reportado.
- ✓ Cerca del 50% de los encuestados percibe que el manejo de agua en CU es inadecuado.
- ✓ Más del 80% dijo haberse enterado de algún programa implementado en CU a través de medios internos de comunicación y de medios masivos.
- ✓ El 95% de los encuestados considera importante establecer programas para el manejo eficiente del agua.