

TLALOC

AMH

ORGANO INFORMATIVO DE LA ASOCIACION MEXICANA DE HIDRAULICA ENERO 1997 No. 9

**XIV Congreso Nacional
de Hidráulica**

El acueducto de La Habana

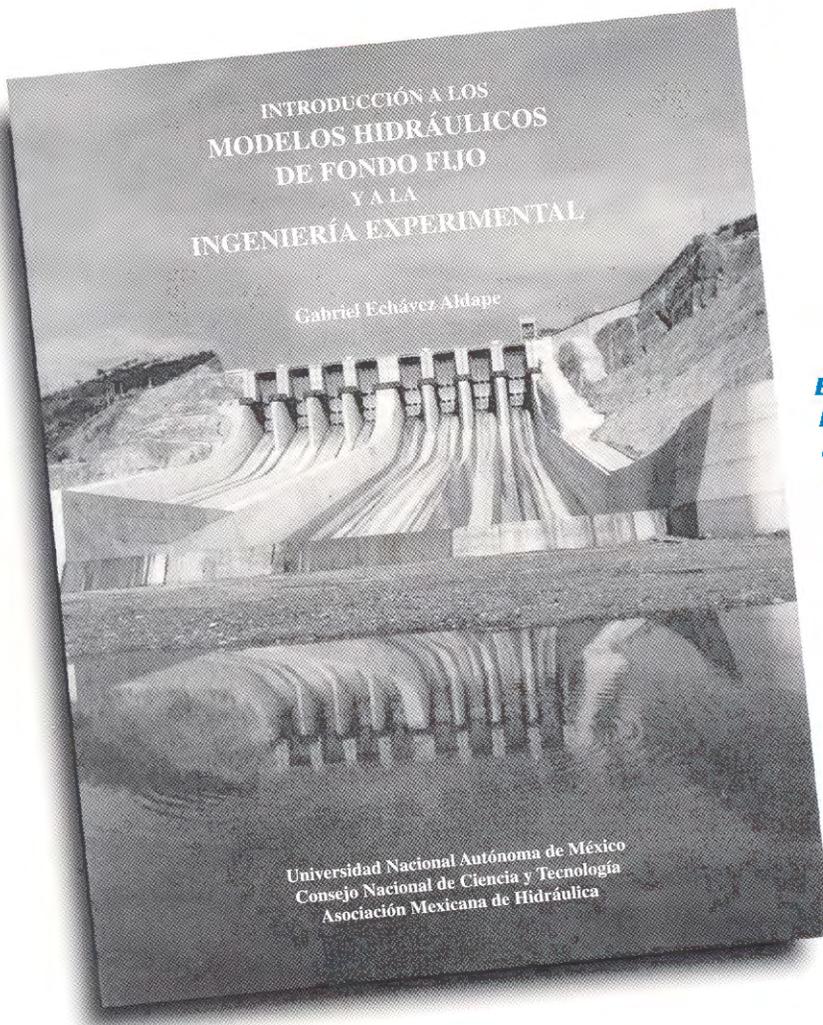
**Agua para los
mexicanos del Siglo XXI**

**Riego sobre
formaciones arcillosas**

ASOCIACION
MEXICANA DE
HIDRAULICA



Introducción a los modelos hidráulicos de fondo fijo y a la ingeniería experimental



El doctor Gabriel Echávez Aldape es el autor del libro: *Introducción a los Modelos Hidráulicos de Fondo Fijo y a la Ingeniería Experimental*, editado por la Universidad Nacional Autónoma de México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Asociación Mexicana de Hidráulica, en octubre de 1996.

Si bien la modelación física es un arte que sólo se puede dominar con la práctica, es indispensable entender los principios fundamentales y conocer una serie de recomendaciones derivadas de la experiencia.

En este libro se señalan criterios para resolver problemas con modelos hidráulicos de fondo fijo y se presentan los conceptos básicos para hacer experimentación en hidráulica.

Su intención es contribuir al empleo de modelos físicos como una herramienta cuantitativa y no sólo cualitativa; y, además, mostrarle al ingeniero practicante que muchos problemas hidráulicos, como los que presentan las alcantarillas, sifones, cruces, túneles y obras hidráulicas en general, pueden resolverse por medio de pequeños modelos físicos de construcción casera, que evitan tener que recurrir a hipótesis aventuradas.

Como los resultados dependerán no sólo de lo acertado del modelo sino también de la calidad de las mediciones, se complementa el tema anterior con la inclusión de teoría de mediciones, manejo de datos y presentación de resultados.

Los interesados pueden adquirir esta obra en las oficinas de la Asociación Mexicana de Hidráulica. Su costo es de \$ 100.00

XXII Consejo Directivo

PRESIDENTE:

G. Enrique Ortega Gil

VICEPRESIDENTE:

César A. Herrera Toledo

TESORERO:

Germán Martínez Santoyo

SECRETARIO:

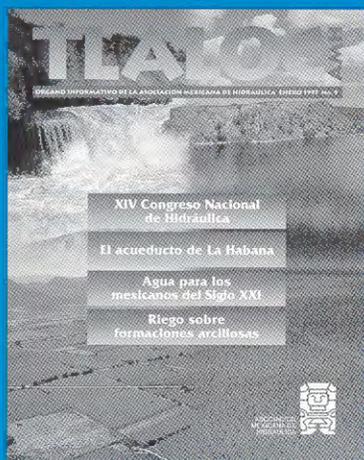
Fernando Rueda Lujano

VOCALES:

Pablo A. Delgadillo Reynoso
Gilberto Jácome Cervantes

SECRETARIO DESIGNADO:

Luis Velázquez Aguirre



TLALOC-AMH es una publicación
cuatrimestral de la
Asociación Mexicana de Hidráulica
Camino a Santa Teresa 187
Col. Parques del Pedregal
C.P. 14010, México, D.F.
Certificado de licitud de título No. 8279 y de
contenido No. 5828.
Reserva de derechos de autor
No. 003525/94.

DIRECTOR EDITORIAL:

G. Enrique Ortega Gil

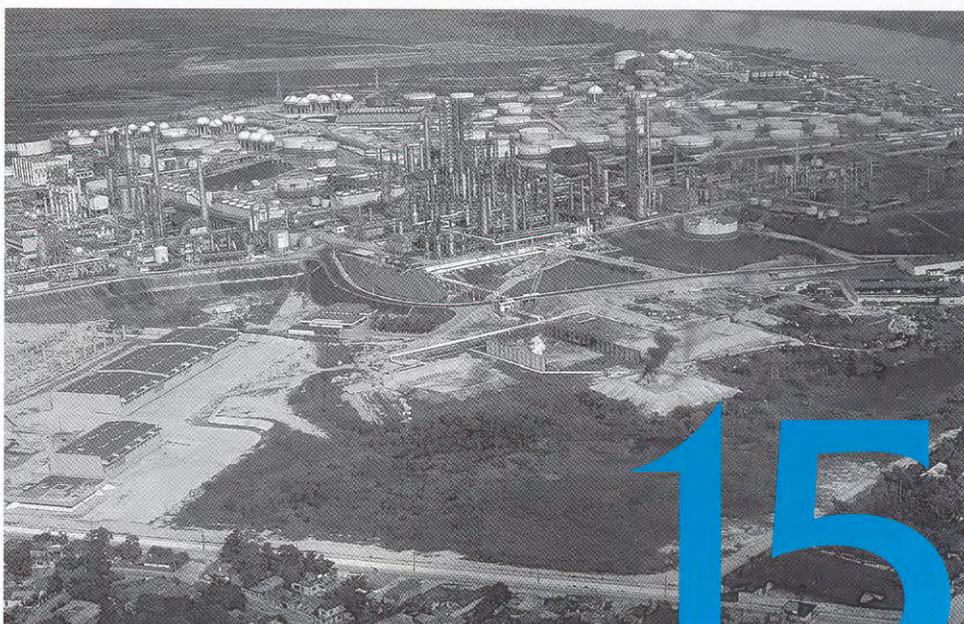
EDITORA:

Virginia Ugalde Pimienta

DISEÑO GRÁFICO:

Rafael Mendoza de Gyves

Impresa en Litografía Panamericana,
S.A. de C.V., Galicia No. 2, México, D.F.
Esta edición consta de 2000 ejemplares.



15

Editorial	2
Noticias del XIV Congreso Nacional de Hidráulica	3
Rehabilitación del acueducto de La Habana	8
La hidrogeología y el riego sobre formaciones arcillosas de origen marino	12
Agua para los mexicanos del siglo XXI	16
Computadoras: historia y desarrollo, segunda parte	19
Agenda	22
Lectura recomendada: ERIC	24

La Asociación Mexicana de Hidráulica brinda este foro a sus agremiados para que se expresen libremente, por lo que el contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de sus autores.



urante el XIV Congreso Nacional de Hidráulica se habló de la necesidad de reducir el rezago en la satisfacción de demandas sociales y ambientales; incrementar los recursos para mantener la infraestructura e instalaciones; e imaginar nuevas soluciones para enfrentar el reto que plantea la demanda de una población en aumento y un recurso que se agota y degrada; todo ello en el marco de una nueva política hidráulica.

Diversos foros internacionales se ocupan de los efectos de la crisis del agua y se hace conciencia de que, con frecuencia, donde una vez hubo agua hoy escasea. Mil millones de personas carecen de un apropiado abastecimiento y mil 700 de servicios sanitarios, además de que la contaminación del agua es la responsable de la muerte de millones de niños.

En muchas partes, la principal restricción para la producción agropecuaria es el agua y no la tierra. El uso urbano e industrial del líquido compite con el agrícola y afecta tanto a los pobladores rurales y como al medio ambiente con sus extracciones y descargas contaminantes.

La política a adoptar es el manejo sostenible de los recursos. Se reconoce que el agua es un bien económico y se apunta a estrategias integrales para manejarla por cuencas o regiones.

Se hace énfasis en la prevención, tanto de la degradación del agua y del suelo como de los desastres ocasionados por fenómenos naturales extremos, ya que su costo es pequeño si se compara con el derivado de la rehabilitación y reparación de daños.

Se señala como indispensable para el desarrollo sustentable el fortalecimiento institucional, la formación de recursos humanos, la investigación, la participación de una población informada y el intercambio internacional de experiencias.

En este marco, es nuestro compromiso como Asociación, participar en el cumplimiento de las demandas de la nueva política del agua.

G. Enrique Ortega Gil

No habrá sustentabilidad si no se paga

Julia Carabias Lillo

En el discurso de inauguración del XIV Congreso Nacional de Hidráulica, celebrado del 23 al 36 de octubre de 1996, la maestra Julia Carabias dijo que este congreso era una muestra de que México tiene la capacidad técnica y los recursos humanos para enfrentar los problemas del agua.

Señaló que nos hemos relacionado con el agua a través del mínimo esfuerzo, lo que a lo largo de mucho tiempo se tradujo en un abuso.

Hemos visto el agua como un recurso natural de renovabilidad ilimitada, por ello, en algunas regiones sobreexplotamos los acuíferos y descargamos aguas residuales sin ningún tratamiento ocasionando serios problemas a la salud y los ecosistemas.

Tenemos un legado importante de obras de infraestructura hidráulica que debemos preservar y usar en forma adecuada; y nos falta cubrir rezagos en abastecimiento de agua potable y servicios de alcantarillado.

Hay que resolver el problema de la ineficiencia de los sistemas hidroagrícolas que desperdician cerca del 50% del agua que captan para riego y, por otro lado, debemos hacer frente a una cultura que durante muchos años nos llevó a pensar que el agua no cuesta. No habrá sustentabilidad si no se paga, destacó.

El uso eficiente del agua y el control de la contaminación, como estrategias para enfrentar estos retos, nos obliga a repensar mecanismos de administración más ágiles y eficientes, por ejemplo en relación con la medición del líquido: ¿cuánto se está utilizando?, ¿dónde?, ¿por quién?, ¿cuánto se descarga?

Además de sistematizar y analizar esta información para que los usuarios entiendan el manejo del agua y la importancia de la misma,



necesitamos fortalecer nuestro marco normativo y organizarnos bien, de ahí el interés por consolidar los consejos de cuenca.

La capacidad de nuestro país y la voluntad que tenemos, se deben expresar en acciones más adecuadas y eficientes. No podemos perder de vista que el agua, en la medida en que sea más escasa, se puede convertir en motivo de problemas entre estados y países. Tenemos que capacitarnos para enfrentar los problemas desde la perspectiva técnica, antes de que adquieran una dimensión económica y política de gran envergadura.

México tiene todos los elementos para que el agua sea un recurso realmente renovable y nunca se convierta en limitante del bienestar.

La maestra Julia Carabias, Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, inauguró el XIV Congreso Nacional de Hidráulica.

Nueva política hidráulica y reorganización de la CNA

César Herrera Toledo



Al clausurar los trabajos del XIV Congreso Nacional de Hidráulica, el ingeniero César Herrera Toledo, a nombre del ingeniero Guillermo Guerrero Villalobos, expuso la nueva política hidráulica y la reorganización de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

Por todos es conocido el gran esfuerzo que se ha desarrollado en México en el aprovechamiento y control de los recursos hidráulicos para atender las demandas de agua de los distintos usuarios. Sin embargo, la infraestructura no se ha desarrollado a la misma velocidad que las necesidades. La falta de recursos financieros ha ocasionado rezagos que se traducen en falta de servicios de agua y alcantarillado, descargas de aguas residuales crudas a cuerpos receptores y grandes proyectos de riego y drenaje inconclusos.

Durante casi 500 años las autoridades han respondido a demandas de agua otorgando derechos para su uso con menor información técnica que lo deseable. El resultado es que en la mayor parte de las zonas áridas y semiáridas del país, la suma de los

usos legales y de facto exceden la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas.

Por otra parte, no ha sido posible cumplir plenamente la regulación en torno a las descargas de aguas residuales porque las normas vigentes no se acompañan de incentivos fiscales que estimulen el tratamiento de agua y no corresponden a la realidad económica del país.

Nos enfrentamos, además, a reclamos de la sociedad en un marco de escasez de recursos financieros y a la necesidad de regularizar la situación de los usuarios del agua para evitar futuros conflictos por su aprovechamiento.

Reorganización de la CNA

Por todo lo anterior, se requiere trabajar en un proceso de cambio de la CNA, en el marco del nuevo federalismo, y conformar una organización que propicie la participación de la sociedad en los asuntos relacionados con el manejo del agua. En cuanto a la reorganización, se llevan a cabo dos procesos en paralelo: la descentralización de programas a entidades federativas y la desconcentración de la CNA en 13 regiones hidrológicas, además de la formación de los consejos de cuenca correspondientes.

Descentralización

La descentralización de funciones se inició con la transferencia a usuarios organizados. Primero los sistemas de agua potable y alcantarillado a los municipios; después la operación de los distritos de riego a los usuarios. Recientemente, se transfirió la infraestructura de pozos y acueductos

al Distrito Federal y a los estados de México e Hidalgo y, en breve, se transferirá a la Comisión Federal de Electricidad la operación de presas en las que existen instalaciones de generación de energía eléctrica.

En relación con la descentralización a las ciudades federativas, se han firmado acuerdos de coordinación con los estados de Guanajuato, Querétaro, México, Jalisco, Yucatán, Quintana Roo y Campeche. Se espera concluir este proceso de transferencia en 1997.

Desconcentración

Para desconcentrar algunas funciones del nivel central, se planeó la creación de 13 regiones hidrológicas, de ellas, cuatro ya están constituidas: Baja California, Sureste, Yucatán y Pacífico Sur. En este marco, se eliminaron las gerencias estatales que coincidían en ubicación con las seis gerencias regionales existentes.

La nueva organización asigna a la CNA un papel eminentemente normativo; las funciones operativas a su cargo se transferirán poco a poco a los usuarios.

Consejos de Cuenca

Se ha planteado crear 13 consejos de cuenca, uno en cada una de las nuevas regiones, aunque se contempla la constitución de otros cuando la complejidad de una región lo amerite, como es el caso del Alto Noroeste, el Río San Juan y la Costa de Chiapas. Una coordinación de consejos de cuenca agilizará este proceso.

Los consejos de cuenca son instancias de concertación y coordinación entre los tres niveles de gobierno y los usuarios. En el seno de estos consejos se pretende llevar a cabo la gestión del agua de manera moderna, ágil y

participativa. A través de estos consejos se tomarán los acuerdos para establecer los reglamentos de extracción, operación y distribución de agua en los plazos que convenga, así como la vigilancia de su cumplimiento.

Administración del agua

En cuanto a las medidas para mejorar la administración del agua, se han dado los primeros pasos para estimular la regularización de los usuarios mediante la expedición de tres decretos presidenciales que ofrecen facilidades y estímulos fiscales. Con esta iniciativa, se han regularizado 83 mil usuarios; cuatro mil son grandes, medianas y pequeñas empresas industriales, comerciales y de servicios; mientras que el resto pertenece a las principales ciudades del país y a grandes y medianos usuarios de agua para riego.

Para regularizar a la totalidad de los usuarios será necesario:

- Tener una Norma Oficial Mexicana que defina la manera de determinar la disponibilidad del recurso como lo establece la Ley de Aguas Nacionales.
- Determinar la disponibilidad de agua por región, cuenca o localidad.
- Establecer los consejos de cuenca.
- Mejorar los sistemas de medición de la disponibilidad y usos del agua, así como los sistemas de información correspondientes

PROMMA

Con el fin de mejorar el conocimiento de la disponibilidad y usos del agua, se lleva a cabo el Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA) que permitirá tomar decisiones con mayor certidumbre ante fenómenos hidrometeorológicos extremos y será la base para plantear programas de explotación de los recursos hidráulicos por cuenca o acuífero.

El conocimiento de la disponibilidad de agua y la regularización de los usuarios permitirá identificar las

cuenas donde ésta escasea y elaborar reglamentos para controlar las extracciones, de común acuerdo con los usuarios. Asimismo, servirá de base para recurrir a mecanismos de mercado y reasignar el recurso en un marco de seguridad jurídica.

Se trabaja también en la adecuación de la normatividad relacionada con las descargas de aguas residuales. Al respecto, se propuso eliminar las 42 normas vigentes que corresponden a las descargas por tipo de industria y sustituirlas por una sola relacionada con la calidad del cuerpo receptor; una característica importante de esta propuesta es la gradualidad de la aplicación.

Con el fin de atender los grandes rezagos, el esfuerzo de la federación se concentrará en la atención de las necesidades de los sectores menos aventajados, además de que se promoverá la participación de otros actores para el financiamiento de obras y la prestación de servicios.

Agua potable y alcantarillado

En este sector se consideran tres ámbitos:

- En el rural, la federación y los estados continuarán subsidiando el costo total de la infraestructura.
- Las poblaciones en el rango de 2 mil 500 a 50 mil habitantes tendrán un subsidio parcial dirigido a consolidar los organismos operadores.
- En las mayores de 50 mil habitantes se espera una significativa participación privada, a través de contratos de servicios y concesiones.

En el sector hidroagrícola, las inversiones

federales estarán dirigidas al incremento de la productividad en distritos y unidades de riego.

Estos cambios y el tránsito hacia el desarrollo sustentable requieren de los mejores profesionales de distintas disciplinas, por eso la capacitación del personal, no sólo de la CNA sino de todos los ámbitos relacionados con el manejo del agua, será una tarea fundamental en la asimilación de las nuevas modalidades de trabajo.

He querido compartir con ustedes estas reflexiones e invitarlos a participar con sus opiniones, en la instrumentación de estas estrategias que por su complejidad y urgencia requieren del análisis, evaluación y participación de la comunidad hidráulica nacional.

El examen permanente de estos temas nos permitirá impulsar un nuevo orden en la distribución, uso y preservación integral del recurso, dirigido a promover el bienestar de la población, con soluciones técnica y económicamente adecuadas.

Después de estas palabras, el ingeniero César Herrera Toledo, a nombre del ingeniero Guillermo Guerrero Villalobos, clausuró formalmente los trabajos del XIV Congreso Nacional de Hidráulica.



Reflexiones

Pollopto Martínez Austria

El Congreso Nacional de Hidráulica es una especie de fotografía del estado de nuestra profesión. Por eso, a manera de conclusiones, intentaré describir lo que el Congreso nos permitió observar.

El proceso que vive nuestra profesión se puede definir con una palabra: **transición**. No se trata de un proceso común de cambio cuantitativo sino de uno cualitativo, en el que si de algo estamos seguros es de que las cosas no volverán a ser como eran.

Otra palabra clave en el proceso que vivimos es la **integralidad**. La amplia participación en la mesa redonda sobre manejo integral de cuencas es muestra de ello. Son indispensables los enfoques que no ven al agua como un medio o recurso aislado, ya que preservando el medio ambiente preservamos el agua y viceversa.

El siglo que termina ha sido, sin duda, el siglo de oro de la infraestructura hidráulica en México. Durante los primeros setenta años se construyó casi toda ella. Entre los miembros de la Asociación Mexicana de Hidráulica se encuentran muchos de los grandes constructores de la historia de México.



Pero ahora nos encontramos en una de las etapas más álgidas de cambio: globalización, federalización y descentralización se presentan junto con una nueva relación de las instituciones de gobierno con la sociedad civil. Todos estos procesos actúan de manera simultánea sobre el manejo del agua. Además, un nuevo concepto está revolucionando nuestra relación con los recursos naturales: el desarrollo sustentable.

En este congreso hemos visto cómo nuestro gremio se adapta, enfrenta y resuelve estos retos. Junto con las tradicionales ponencias de diseño y construcción de obras, hemos observado un mayor número de trabajos sobre la medición y control; sistemas de gestión y administración de organismos operadores de agua; conservación y uso eficiente del agua en las ciudades y la agricultura; así como nuevas estrategias de gestión.

Por su número, destacaron las ponencias sobre nuevos sistemas de información enfocados a la





conservación de la red de distribución en sistemas de riego; mantenimiento de organismos de agua potable; control de maquinaria de conservación; y sistemas de información geográfica para balances hidráulicos.

Los trabajos relacionados con la gestión y operación estuvieron referidos a políticas óptimas de operación de embalses, automatización de canales de riego y modernización de centrales hidroeléctricas.

En hidráulica ambiental sobresalieron las ponencias sobre avances en modelación de corrientes, transporte de contaminantes y acoplamiento de parámetros de calidad del agua (como DBO y OD); así como la recuperación de la calidad del agua de lagos y embalses, con nuevos dispositivos fluidicos.

Cabe señalar que hay algunos campos en que se requiere hacer un mayor esfuerzo, entre ellos están los siguientes: medición del agua y manejo de la información; normalización y certificación de los servicios y equipos que se usan en el sector; capacitación y docencia; modelos de lluvia-escurrimiento; sistemas de alarma ante emergencias; hidráulica marítima; así como agua potable y saneamiento en el medio rural.

A pesar de las dificultades y retos, en el XIV Congreso Nacional de Hidráulica vimos un gremio vigoroso y capaz, que se adapta a la vez que transforma la realidad que le ha tocado vivir.

ACTIVIDADES

Antes del Congreso se realizaron tres reuniones regionales preparatorias a las que asistieron más de 300 especialistas. La primera, sobre "El TLC y sus efectos en el sector agua" se llevó a cabo en la Ciudad de México; la segunda, en Cuernavaca, Morelos, con el tema: "Laboratorios de hidráulica"; y la tercera, celebrada en Cancún, Quintana Roo, trató de las "Aplicaciones de la informática en la hidráulica". Como resultado de estas reuniones se creó el Comité de laboratorios de la AMH que preside el ingeniero Robie Bonilla.

En el congreso se abordaron como temas principales los siguientes: Infraestructura hidráulica, Planeación y gestión, Agua y medio ambiente, Hidráulica fundamental y, por primera vez, Agua y pobreza extrema.

Para participar se recibieron 228 artículos proveniente de 24 instituciones. Con el fin de evaluarlas, se reunió un comité de 22 especialistas que, después de un minucioso análisis, aprobó 159 trabajos de elevado nivel técnico. Los temas en que se presentaron más ponencias fueron: 54 en Infraestructura hidráulica, 38 en Hidráulica fundamental y 33 en Planeación y gestión.

El Congreso se organizó en 39 sesiones técnicas para la presentación de ponencias; además de cuatro sesiones especiales: una internacional sobre "El TLC e interambio académico" que se celebró en el marco del acuerdo de la AMH con la *American Society of Civil Engineering*; "Manejo integral de cuencas" que tuvo una amplia audiencia; "Laboratorios de hidráulica", en la que participaron destacados especialistas cubanos; y "Aplicaciones de la informática en la hidráulica".

También se celebraron cuatro sesiones plenarias con la siguiente temática:

- Conferencia magistral Enzo Levi
- Sistemas de riego
- Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)
- Agua potable, saneamiento y bienestar social

Conferencia magistral del Premio Enzo Levi Uso eficiente del agua y tecnología

Felipe I. Arreguín Cortés



Doctor Enzo Levi

No existe, tal vez, rama de la Ingeniería que posea una historia tan rica como la hidráulica. Precisión de disponer de agua para satisfacer necesidades básicas corporales y domésticas; utilización de vías marítimas o fluviales para el transporte y cruce de ellas; irrigación de cultivos; defensa contra las inundaciones; aprovechamiento de la energía de las corrientes; todo esto ha forzado al hombre, desde los tiempos más antiguos, a vérselas con el agua. No ha sido un trato fácil. El habitante urbano que la observa a diario, dócil a sus necesidades, bajar mansa de la llave, no tiene idea de su idiosincrasia. No imagina con cuánta paciencia y astucia hay que manejar a esta nuestra gran amiga-enemiga; cuán a fondo hay que entender su índole altiva para poder someterla y doblegarla; cómo hay que dorarle la píldora para reducirla a nuestra voluntad, respetando —sin embargo— la suya. Por eso, el hidráulico ha de ser, ante todo, algo así como un psicólogo del agua, conocedor profundo de su naturaleza.

Así se refería a la hidráulica y a sus estudiosos quien ha dado nombre a este premio, el doctor Enzo Levi.

Cuando se habla del agua es necesario recapacitar acerca del valor que cada uno de nosotros le confiere. Si pensamos en el poblador rural, encontramos que el agua representa un bien de propiedad común y local, que genera vida y riqueza, a la vez que es una fuerza destructiva que condiciona su supervivencia y desarrollo. Para el habitante urbano, el agua es un elemento de consumo que tiene a su alcance con sólo abrir una llave, o un servicio del cual carece y que cuando lo tiene, por lo general lo desperdicia. Para el industrial, es un insumo más de sus procesos que, en la mayoría de los casos, no incorpora al producto y una vez utilizado lo devuelve contaminado al medio ambiente. Para nuestros indígenas, el agua alcanza niveles sagrados y se vuelve verdaderamente una cuestión de vida o muerte. Para las autoridades, se trata de un recurso limitado, cada vez más escaso, con una demanda creciente, no sólo por el crecimiento de la población, sino porque la mejoría en las condiciones de vida requiere mayores cantidades de agua y porque la contaminación limita la disponibilidad de mayores volúmenes.

Podemos llegar a la conclusión de que las cifras y los conceptos que con frecuencia manejamos respecto al agua son muy relativos; sin embargo, es innegable que este líquido es simple y llanamente la vida.

Agua y desarrollo sustentable

Hablar de los problemas del agua implica analizar aquellos factores que afectan su cantidad y calidad, entre otros: la deforestación, la contaminación, la desertificación, la alteración del clima, las cantidades crecientes de basura, la salinidad de los suelos, la desaparición de especies animales y vegetales, el incremento de bióxido de carbono en la atmósfera y la destrucción de la capa superior de ozono.

Dentro de este contexto, el reto que enfrentan los países en desarrollo es doble:

por una parte, deben superar los rezagos en infraestructura y los problemas generados por la endémica crisis económica y, por otra, necesitan proteger sus recursos naturales, es decir, favorecer el desarrollo sustentable.

Según varios especialistas, la historia de la humanidad puede dividirse en tres grandes épocas: la primera caracterizada por el predominio de la agricultura, la minería y el aprovechamiento de las materias primas como base de la producción; la segunda se inicia con la revolución industrial y la producción en serie; y la tercera época —la que vivimos— considera el conocimiento como recurso básico de la producción, entendido como la creación y adquisición de datos, información, imágenes, símbolos, cultura, ideología y valores. Los países que responden a las características de la tercera época venden al mundo información, tecnología de punta, programas informáticos, educación, asistencia técnica y financiamiento, entre otros servicios.

En el sector agua, casi a diario se reciben propuestas de información de satélites operados por esos países; así como paquetes informáticos, de capacitación y, desde luego, servicios financieros asociados con estos proyectos.

¿Hay que rechazar estas propuestas? ¡Desde luego que no!, pero deben analizarse sus ventajas y desventajas so pena de correr el riesgo de adquirir tecnologías que no funcionan, no se puedan pagar o crean dependencia de los insumos que requieren para su operación.

Nuestro país es una nación de contrastes y debemos aceptar que dentro del subsector agua se encuentran áreas con diferentes niveles de desarrollo. Gran parte de las tierras agrícolas son aprovechadas con tecnología de la primera época, algunas plantas de tratamiento operan con tecnología de la segunda y, desde luego, existen otras áreas como la del Servicio Meteorológico Nacional que se encuentran insertas en la época de la información.

A continuación expongo tres ideas que desde el punto de vista tecnológico son urgentes:

Establecimiento de la Red del Agua

El programa de modernización del subsector

agua incluye la descentralización y desconcentración de funciones a los gobiernos estatales y municipales, a los usuarios y a la nueva estructura de la Comisión Nacional del Agua. Sin duda, este esquema requerirá de un enorme manejo de información y conocimientos.

En la actualidad, están en operación o en vías de ponerse en marcha la Red Hidroclimatológica, la Red Hidrométrica, la Red de Laboratorios y Monitoreo de Calidad del Agua, la Red del Servicio Meteorológico Nacional, el Sistema de Información Geográfica del Agua, y el Sistema de Información para el Registro Nacional de Presas, entre otros.

En estos casos la información fluirá en dos sentidos, entre las gerencias regionales, los consejos de cuenca y otras dependencias de la Comisión Nacional del Agua en los estados y oficinas centrales. Pero existen muchos otros usuarios que requieren esta información, tal es el caso de los institutos de investigación, como el de Ingeniería o el Mexicano de Tecnología del Agua; de otras dependencias del gobierno, como la Comisión Federal de Electricidad o la Secretaría de Salud; de las organizaciones de usuarios de riego; de los organismos operadores de agua potable y alcantarillado que quieren conocer la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento; y de las empresas de la iniciativa privada que realizan proyectos para el subsector. Los mismos medios de comunicación continuarán solicitando información climatológica.

La autoridad del agua deberá decidir y reglamentar el nivel de acceso que deberá tener cada uno de los usuarios e, incluso, cuánto se deberá pagar por el servicio. Pero la necesidad de crear esta Red del Agua no termina allí. Con la descentralización y desconcentración de funciones de la Comisión Nacional del Agua, mucha información se generará en las comisiones estatales del agua, las organizaciones de usuarios y los organismos operadores. Aún más, los institutos de investigación nacionales e internacionales tienen información útil para la CNA y otros usuarios; de hecho, en el IMTA se opera la Red Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Calidad del Agua. Estas necesidades fundamentan la urgencia de crear la Red del Agua. Vivimos la época de *Internet* y pronto



debemos hacer que la supercarretera de la información sea una realidad.

Formación y actualización de recursos humanos

Un programa tan ambicioso como el de Modernización del Manejo del Agua, sin duda requiere cambios substanciales en la forma en que estamos enfrentando los problemas del agua. Es indudable que es necesario hacer ajustes o crear nuevos programas formales de educación media y superior, así como revisarse el contenido e impartición de los programas de educación continua, prueba de ello es el éxito que ha tenido la educación a distancia en sus diversas modalidades.

En este sentido propongo de nuevo el uso de la Red del Agua o, incluso, el empleo de *Internet* para incursionar en los campos de la comunicación y desde luego de la capacitación asíncrona.

El comportamiento, la disponibilidad de tiempo, los intereses, la forma de aprender está cambiando, por ello es necesario agregar técnicas más amigables a las formas tradicionales de capacitación. Técnicas que permitan al capacitando estudiar en el momento que lo desee, sus ocupaciones se lo permitan o lo requiera.

La educación impartida en masa no puede tomar en cuenta los intereses y enfoques de cada persona; sin embargo, con *Internet*, cada uno podrá actualizarse de acuerdo con sus propias necesidades. Otra ventaja es que los capacitandos podrán autoevaluarse y fijar el ritmo al que deseen capacitarse. Al hablar de actualización, la capacitación debe ser algo muy individual.

Empleo exhaustivo de la tecnología disponible

Finalmente, es necesario mejorar la utilización de los sistemas expertos y la inteligencia artificial aplicados al manejo de nuestros recursos, como la tecnología de comando y control que permite el manejo de procesos en tiempo real, mediante el empleo de sensores, tomadores de decisión, ejecutores y retroalimentadores. También se requiere impulsar el uso del diseño asistido por computadora y el diseño, operación y mantenimiento de sistemas complejos que incluyan estrategias de diseño y manejo de computadoras, programas, redes, estaciones de trabajo, estaciones de campo y robots.

Conclusiones

Si volvemos al planteamiento original, llegamos a la conclusión de la relatividad de los números, pues ellos demuestran que no debería haber problemas de abastecimiento de agua. Sin embargo, su distribución espacial y temporal, su contaminación, la falta de infraestructura, la carencia de estructuras sociales adecuadas y muchos otros factores, nos sitúan en una realidad de gran escasez. Por ello, en la medida en que la información del agua esté ordenada y sea más accesible para todos aquellos involucrados en su aprovechamiento será posible hacer un mejor uso de ella en beneficio de nuestra generación y de las que nos sucederán.

Quiero aprovechar este espacio para agradecer a la Asociación Mexicana de Hidráulica haberme otorgado este premio que me honra y compromete a seguir haciendo mi mejor esfuerzo en beneficio de nuestro país, así como a la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, a los profesores que compartieron sus conocimientos conmigo, a mis amigos y compañeros de trabajo, a mi familia y, de manera especial, a mis hijos Felipe y Luz.

Experiencias en la rehabilitación de las redes del acueducto de La Habana



El sistema de abasto de agua de La Habana distribuye un millón 320 mil metros cúbicos diarios para satisfacer la demanda de 2.18 millones de habitantes que viven en 544 mil 532 viviendas. Esto permite una dotación general de 604 litros por habitante al día. El suministro de agua se estructura en cuatro sistemas: central, este, oeste y sur.

La Habana es un caso excepcional entre las grandes ciudades del mundo pues su suministro de agua es abundante. Existen 52 fuentes de abasto de agua subterránea con excelente calidad, cuyo único tratamiento es la cloración. Sólo la planta de Filtros es de agua superficial.

La mayoría de estas fuentes principales, con excepción del acueducto de Albear, requiere del bombeo de grandes caudales desde distancias considerables (36 kilómetros desde Cuenca Sur y 53 desde El Gato), lo que convierte al acueducto en el principal consumidor de energía de la capital.

Los acueductos, desde las fuentes a las redes, tienen una longitud total de 341 kilómetros y las redes de distribución comprenden tres mil 585 kilómetros de tuberías, de 100 a dos mil milímetros de diámetro, que están instaladas bajo casi toda la red vial de la ciudad.

A pesar de la disponibilidad del líquido, el suministro en la capital ha sido históricamente

*Fernando Pérez Monteagudo
Presidente de la Sociedad
de Ingeniería Hidráulica
Unión Nacional de
Arquitectos e Ingenieros de
la Construcción de Cuba*

deficiente. Desde comienzos del siglo XX los servicios de agua y saneamiento no se han implementado al mismo ritmo que el resto de la infraestructura urbana y el crecimiento de la población. Esta situación se agudizó a partir de 1959 cuando el gobierno priorizó el desarrollo del resto del país que tenía un abandono total.

En 1976 se aprobó el Programa Hidrosanitario de la Ciudad y se desarrollaron importantes inversiones en el periodo 1987-1988 con un monto aproximado de 116 millones de pesos cubanos; sin embargo, el plan se interrumpió por la crisis económica que enfrentó el país desde 1990 y que provocó una caída de 34% de la economía.

Aun cuando la cantidad de agua suministrada actualmente sería suficiente para dar un servicio adecuado a toda la población las 24 horas del día y que la cobertura es prácticamente de 100%, el agua se abastece en horarios limitados y con presiones y caudales insuficientes e intermitencia en el servicio, lo que provoca contaminaciones secundarias. Estos problemas se deben a la falta de mantenimiento derivados de las dificultades económicas que limitan la adquisición de piezas de repuesto, equipos y otros suministros.

En síntesis, el déficit de moneda libremente convertible está presente en los principales

problemas que caracterizan la situación del suministro de agua a la capital.

Las causas fundamentales de la insuficiencia del servicio se resumen a continuación:

- Se estima que 55% del agua suministrada se pierde por fugas en redes de conducción y distribución, así como en el interior de las viviendas.
- Equipos de bombeo en mal estado afectan la confiabilidad del suministro de las fuentes de abasto por las frecuentes interrupciones de los sistemas de distribución de electricidad y por insuficiente protección hidráulica contra el golpe de ariete.
- Falta de acabado de las interconexiones de los sistemas y tanques de distribución
- Suministro insuficiente de cloro para la desinfección del agua y deficiente estado técnico de los equipos de cloración.

Las redes de distribución más afectadas por fugas son las correspondientes al sistema central (por su antigüedad) aunque en todos los sistemas se presenta este problema que coexiste con significativos desperdicios en el interior de las viviendas por la ausencia de mantenimiento y mala calidad de los herrajes sanitarios.

La intermitencia del servicio ha generalizado el uso de las cisternas y tanques en casi todas las edificaciones de la ciudad, constituyendo una causa importante de pérdida de presión en los sistemas.

Partiendo de esta situación, el estado cubano tomó la decisión de introducir en La Habana la tecnología ZMA de rehabilitación de redes de acueducto, desarrollada en la antigua República Democrática Alemana.

La ZMA es una tecnología "sin trincheras". Se corta la tubería en tramos, se limpia mecánica e hidráulicamente y se introduce una manguera inflable en el tramo a rehabilitar que hace el papel de un encofrado neumático y que se centra por un sistema de espaciadores. Los extremos del tramo se sellan con unas piezas llamadas cierres finales, para ello se inyecta una pasta de cemento y agua en el espacio anular que queda libre entre el tubo y la manguera, sellándose así las fugas producidas en juntas y las derivadas de la corrosión.



Cuando fragua el cemento se desinfla la manguera y se desmontan los cierres finales; por último, se extrae la manguera del tramo del tubo, de quince a treinta horas después de desmontado.

Ante la ausencia de estudios pitométricos, la edad de las redes fue el factor fundamental que se consideró, además de la corrosión, incrustaciones, presiones insuficientes y fugas.

Con estos criterios, en septiembre de 1989 se inició un programa de ahorro de agua, cuyas primeras etapas de aplicación demostraron su alta eficacia, ya que la rehabilitación de los primeros 4.3 kilómetros permitieron suministrar agua a una zona del norte del Vedado que hacía más de 20 años que no la recibía. Con ello se ahorraron mil 500 viajes de carros cisterna al año.

Por otra parte, la experiencia de su aplicación ha ratificado que los costos de esta tecnología constituyen entre 41% y 55% del total de lo que hubiera significado la sustitución tradicional de las tuberías dañadas, sin contar la sensible disminución de las afectaciones a la vida urbana.

A partir de estos resultados, se decidió generalizar la aplicación de la tecnología a otras ciudades, lo que permitió que a fines de 1989 se dispusiera de 11 máquinas de rehabilitación con una inversión de alrededor de 770 mil dólares sólo por concepto de estos equipos.

También se concibió y se ejecutaron los primeros pasos de la industria nacional para producir en Cuba los materiales especializados que requiere esta tecnología, tales como mangueras, mallas, pegamentos y elementos de limpieza mecánica.

Las dificultades económicas que comenzó a afrontar Cuba en la década de los 90, implicaron la interrupción casi total de este ambicioso proceso, por lo que no fue posible poner en marcha las brigadas de rehabilitación previstas, ni realizar los estudios pitométricos que permitieran su fundamentación detallada y la reposición de los equipos para el mantenimiento y reparación de las grandes conductoras que vinculan las fuentes de abasto con la red de distribución.

Valores límites o parámetros del método ZMA

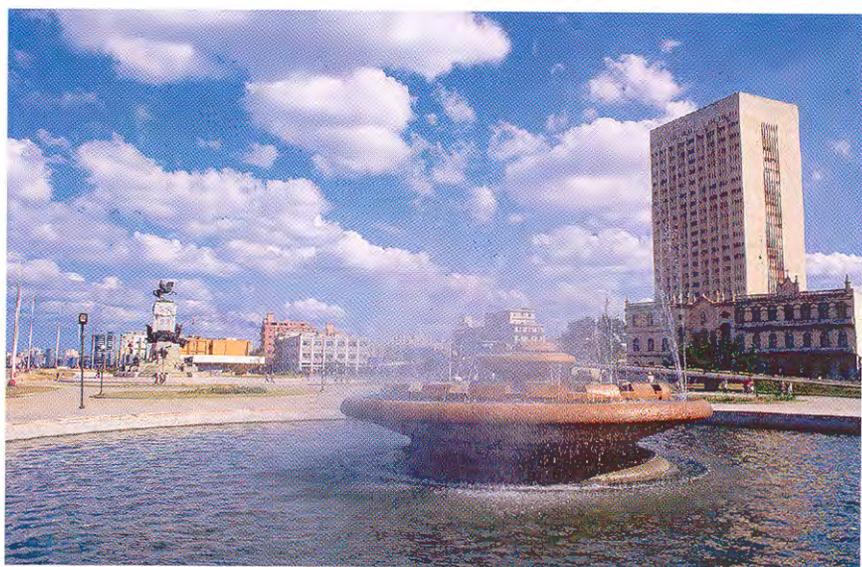
Rango de diámetros nominales:	100 a 300 mm
Longitud del tramo a reconstruir:	49 m como máximo
Espesor de la capa de revestimiento:	Diámetro de 100 a 200 mm: 7 mm Diámetro de 250 a 300 mm: 10 mm

Tampoco se llevaron a cabo las medidas previstas para la supresión de las fugas en las viviendas, ni la introducción de tecnologías apropiadas para la rehabilitación de conductoras de diámetros mayores de 300 milímetros.

A pesar de las dificultades descritas, se han rehabilitado más de 20 kilómetros de tuberías en la zona norte del Vedado, lo que ha significado importantes beneficios al sistema de distribución de dicha zona.

Acueducto de Albear

En la actualidad, el proyecto de rehabilitación de conductoras más importante en estudio es el de la rehabilitación del canal de Albear. El acueducto de Albear conduce a la capital unos 170 mil metros cúbicos de agua al día, lo que representa alrededor de 15% del total bombeado. Es el único de los grandes sistemas de la ciudad de La Habana que funciona por gravedad, lo que tiene un valor económico trascendental. Por ejemplo, llevar esa misma cantidad de agua del campo de pozos de El Gato implicaría un gasto de 21.11 GW-h anuales, lo que tendría un costo de 2.11 millones de dólares sólo por concepto de



energía, considerando una tarifa de 0.10 dólares por Kw-h.

La primera etapa del acueducto fue inaugurada en 1878 y el sistema completo en 1893. El proyecto del ingeniero Albear y su construcción constituyen una de las obras hidráulicas más importantes realizadas en América durante el período colonial. Este proyecto fue premiado en las exposiciones internacionales de Filadelfia (1876) y de París (1878). Albear recibió personalmente la Medalla de Oro “como premio a su trabajo, digno de estudio hasta sus menores detalles y que puede ser considerado como una obra maestra”.

La longitud del canal es de 9.6 kilómetros, su sección es oval de 2.4 metros de alto y 1.98 metros de ancho con una pendiente de 1/5000 con la cual se garantiza la llegada del agua por gravedad. No obstante las extremadas previsiones y la calidad de su proyecto y ejecución, ha sido afectado por asentamientos naturales en su cruce por terrenos arcillosos, compresibles y saturados por las aguas superficiales. Esto ha producido desperfectos y hendiduras fundamentalmente en la corona de dicho conducto, por las cuales han penetrado raíces de árboles, arbustos y las aguas superficiales del terreno, algunas de ellas contaminadas, que producen problemas locales.



La explotación durante más de 100 años de gran parte del canal y la falta de mantenimiento han agravado las condiciones técnicas de este importante conducto. Aunque no hay peligros en su estabilidad estructural, este deterioro tiene dos implicaciones importantes: pérdidas de agua y vulnerabilidad a la contaminación. Se detectó que en los 9.6 kilómetros del conducto —más de 30% de la longitud del canal— había penetraciones frecuentes de agua del exterior; alrededor de un kilómetro presenta grietas o problemas importantes en el revestimiento; además de que se encuentran raíces de árboles en su interior.

Para rehabilitar el canal se ha estudiado la tecnología *Insituform* que consiste en la introducción en el conducto de una manguera de fieltro recubierta con una resina poliéster especial, que es empujada hacia la tubería en reparación por presión de agua, comprimiendo la pared impregnada contra la pared del conducto. Cuando la manguera está totalmente extendida, se calienta el volumen de agua que contiene endureciéndose la resina, sellándose totalmente el conducto y mejorando considerablemente sus condiciones estructurales.

Independientemente de esta variante que sería la más conveniente para garantizar la calidad máxima de la rehabilitación, se han considerado otras cuatro:

- Reconstrucción mediante técnicas de albañilería tradicionales.
- Recubrimiento del canal con dovelas prefabricadas de hormigón armado, diseñadas al efecto.
- Utilización de elementos ovales prefabricados de ferrocemento, sellando las juntas con ferrocemento “in situ”.
- Restauración del canal con hormigón lanzado (gunite).

Esta última variante es la que se ha encontrado más conveniente por su bajo costo y posibilidades de aplicación en las condiciones actuales.

Otro aspecto que no requiere de grandes inversiones y cuya ejecución debe ser inmediata es la limpieza de árboles y otros elementos dañinos en la faja del canal, así como la detección y supresión de las principales fuentes contaminantes.



Agua para los mexicanos del Siglo XXI

Con el fin de frenar el crecimiento en el altiplano —donde se concentra gran parte de la población y el abastecimiento de agua es cada día más difícil y costoso— se propone la fundación de nuevos asentamientos humanos e industriales en las zonas costeras donde el agua se encuentra en abundancia.

En la actualidad, México cuenta con más de 90 millones de habitantes y un índice de crecimiento del orden de 2.5% anual; lo que significa que cada año nacen más de dos millones de niños. El crecimiento de la población implica mayores necesidades en todos los órdenes: industrias, centros energéticos, infraestructura, servicios, y todo ello requiere de enormes cantidades de agua.

¿Tendremos agua suficiente para vivir en el siglo XXI? ¿Llegaremos a desalar el agua del mar para subsistir, como lo hace Arabia Saudita a un costo altísimo?

La distribución natural de las lluvias indica que cuando menos en una tercera parte del territorio nacional hay una fuerte escasez: de cero a 500 milímetros al año. En otra tercera parte, las precipitaciones fluctúan entre 500 y mil milímetros y sólo en el otro tercio, la cantidad de lluvia va de mil a cuatro mil milímetros anuales.

Pablo Tapie Gómez

El crecimiento de la población y la industria en el altiplano origina un consumo de agua mayor que el disponible. Satisfacer esta demanda ocasiona la extracción de agua del subsuelo, lo que a su vez provoca abatimiento de los mantos acuíferos como ha sucedido en los alrededores de la ciudad de Querétaro. En algunas zonas de San Luis Potosí, la falta de agua ha ocasionado que los niños salgan a las carreteras a pedir agua, refrescos o cervezas en lugar de dinero.

Otro caso que vale la pena mencionar es el de la refinería de Cadereyta, en Nuevo León, cuyo



El agua abunda en la desembocadura de los ríos y México cuenta con obras hidráulicas para irrigación, control de avenidas, generación hidroeléctrica en la mayoría de los ríos importantes, las cuales sirven para almacenar y controlar el agua de lluvia.

La construcción del proyecto hidroeléctrico de Aguamilpa, al norte de Tepic, Nayarit, permite controlar los escurrimientos de los ríos Huayamota, Bolaños, Juchipila y Verde —principales afluentes del río Santiago— estimados en seis mil 700 millones de metros cúbicos al año. Este caudal da un gasto regulable durante todo el año de 210 metros cúbicos por segundo, cantidad suficiente para una población de 60 millones de habitantes y que equivale a lo que se consume en la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey y Puebla.

consumo es de más de un millón 500 mil metros cúbicos de agua al mes. Este recurso se obtiene de varios pozos que al iniciar su operación tenían 60 metros de profundidad y en la actualidad alcanzan más de 300.

En la cuenca del Valle de México, donde habitan más de 21 millones de personas, la necesidad de importar mil 686 millones de metros cúbicos al año ocasiona daños irreparables como sobreexplotación de los acuíferos, hundimiento progresivo de la Ciudad de México, desecación del río Lerma y cierre de tres plantas del sistema hidroeléctrico Miguel Alemán.

Si se estima que para el año 2012 en la cuenca vivirán 45 millones de personas, los requerimientos anuales de agua serán de tres mil millones de metros cúbicos adicionales al caudal que se importa en el presente.

En una perspectiva nacional, se calcula que ese año México tendrá 150 millones de habitantes que en materia de energía eléctrica significa la necesidad de generar 100 millones de kW. De acuerdo con la infraestructura existente, 20 millones serán de origen hidroeléctrico y 80 termoeléctrico; éstos últimos consumirán grandes cantidades de agua para enfriamiento. Por otra parte, Pemex y la industria en general requerirán cinco veces más agua.

Ante esta perspectiva surgen varias preguntas: ¿De dónde se va a obtener esa agua y a qué costo?

En el puerto de Lázaro Cárdenas, el río Balsas vierte al mar alrededor de 500 metros cúbicos por segundo, cantidad que alcanza para una población de 160 millones de personas. Asimismo, si controlamos los escurrimientos de los ríos Papagayo y Verde, en Guerrero y Oaxaca respectivamente, contaremos con un gasto regulado de 200 metros cúbicos por segundo. Por otra parte, en el Golfo de México existen posibilidades de regular alrededor de mil metros cúbicos por segundo.

Si se aprovecha racionalmente el agua de las zonas costeras se puede planear el futuro en condiciones distintas. No olvidemos que dentro de 18 años tendremos 30 millones de habitantes más. Por eso es urgente orientar el crecimiento de la industria y la población hacia las zonas costeras que cuentan con suficiente agua, al mismo tiempo que se evita que sigan creciendo las ciudades con problemas de escasez de este vital recurso.

En este marco y en un ejercicio de planeación a largo plazo, se propone la creación de un grupo multidisciplinario que identifique las regiones con recursos suficientes y agua en abundancia para estudiar la factibilidad de desarrollar en ellas nuevos centros de población que —con un aprovechamiento óptimo de los recursos— atiendan las necesidades de agua potable, la generación de energía eléctrica; así como una mejor distribución de la población, las plantas generadoras de electricidad, las instalaciones de Pemex y la industria en general.

En congruencia con esta prioridad, los grandes consumidores de agua —la industria en general— deben proyectar sus nuevas instalaciones cerca de las costas del Golfo y del Pacífico, dejando el centro libre para la agricultura y la ganadería.

El ejercicio de macro-planeación debe considerar los siguientes factores: ciudades habitacionales y centros industriales que contemplen el abastecimiento de agua y servicio de drenaje; características del suelo y subsuelo; situación de la ecología; forma de abastecimiento de energéticos y carreteras disponibles.

En relación con el desarrollo agrícola, se deberá jerarquizar el uso del agua entre los nuevos centros conurbados y las actividades agropecuarias.

Con respecto al suministro de energía eléctrica y combustible, las nuevas plantas termoeléctricas y refinerías se proyectarán a lo largo de los litorales; éstas podrán recibir el petróleo y sus insumos en barcos tanque y utilizar el agua de mar en sus procesos de enfriamiento.

Al mismo tiempo, las refinerías y las plantas eléctricas deberán estar razonablemente cerca de los nuevos centros conurbados para que el transporte de los derivados del petróleo y la energía eléctrica no resulten muy costosos.

Los sitios donde se deberán construir las nuevas refinerías y plantas termoeléctricas deben contar con:

- Buen fondeadero para la recepción de barcos.
- Seguridad de que la arena del mar no azolve las obras de toma de agua.
- Cercanía con los nuevos desarrollos conurbados.

En una ciudad energética, la refinería recibirá el petróleo crudo por medio de un barco tanque, hará la refinación del crudo y enviará el petróleo residual a la planta termoeléctrica para su consumo.

En la actualidad, gran parte de las plantas termoeléctricas consumen petróleo residual que envían a las refinerías en carros tanque de ferrocarril, con los consiguientes costos de inversión, arrastre, demora y

almacenamiento, mismos que repercuten en el costo de la energía eléctrica generada.

Además, se recomienda que los centros de energía cuenten con una zona de protección, es decir que no se podrá construir nada en un perímetro de cinco kilómetros a la redonda con el fin de no contaminar con humos ni substancias las nuevas zonas conurbadas. También, por su posición geográfica, esos centros deberán contar con las previsiones e infraestructura necesaria para contrarrestar el efecto de los ciclones tropicales, a los cuales están expuestos nuestros litorales.

En cuanto a las carreteras y aeropuertos, se proyectarán los necesarios para construirlos poco a poco y proporcionar una correcta comunicación a los nuevos desarrollos.



La hidrogeología y el riego sobre formaciones arcillosas de origen marino

**Constantino de Miguel
Fernández**
*Unión Nacional de
Ingenieros y Arquitectos de
la Construcción de Cuba*

En incontables ocasiones, en la práctica agrícola no se consideran las condiciones hidrogeológicas existentes para la programación de riego, con el drenaje adecuado, lo que trae como consecuencia en innumerables casos la paulatina salinización de los suelos.

Los suelos agrícolas en las mayoría de los casos se encuentran sobre formaciones geológicas jóvenes, de las edades Neógeno al Cuaternario (N-Q), desde menos de un millón de años hasta 2.5 y 3 millones de años. Estas formaciones, tanto en la periferia de los continentes como en las islas, se formaron por lo general en condiciones marinas.

Al principio, estas rocas estuvieron saturadas por aguas marinas, las cuales en el proceso en que las rocas salieron a la superficie y en función de su permeabilidad fueron desplazadas por aguas dulces de infiltración (calizas, areniscas, dolomitas, etc.). En otras aún permanecen aguas de génesis marinas y mezclas de éstas con las de infiltración (arcillas, arcillas arenosas y margas).

Además de las aguas de origen marino que aún pueden existir en las formaciones arcillosas de las edades mencionadas, están presentes también sales de origen marino que forman parte de la constitución propia de las arcillas.

Características generales de las formaciones arcillosas

En la composición de las rocas y sedimentos arcillosos predominan las fracciones menores de 0.01 milímetros, compuestos predominantemente por hidroalúminos y ferrosilicatos, caulinita hidrómica, minerales del grupo de la montmorillonita y otros.

Además de estos grupos de minerales, la llamada materia arcillosa la componen también el cuarzo, muscovita, biotita, opalhidróxido de hierro, glauconita, distintos carbonatos y materia orgánica. Específicamente, arcilla se denomina a la roca formada por granos menores de 0.001 milímetros, en porcentajes próximos a 50, que con agua forma una masa

plástica que al calentarse asume una dureza de piedra.

En las arcillas y formaciones arcillosas, además de su composición descrita, se pueden encontrar sales minerales dependiendo de la génesis de su formación, es decir, del ambiente de sedimentación terrígeno o marino.

Tanto los minerales como las sales se encontrarán presentes posteriormente en las arcillas y otras rocas derivadas de la litificación de éstas, como las lutitas y esquistos que forman en la actualidad grandes territorios.

En el caso que nos interesa (sedimentación en ambiente marino), al quedar las arcillas fuera de este ambiente, quedan presentes en la constitución de las mismas sales marinas como la halita (CLNa-Sal común), silvinita (KCL), tenardita (Na_2SO_4), mirabilita ($\text{NaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y otras. Estas sales presentan distintos grados de solubilidad en agua y en distintos grados son higroscópicas (absorben y desprenden humedad).

Fuera del ambiente marino, en función de los procesos de deshidratación y compactación de las arcillas, por lo general se reduce la porosidad y con ello aumentan las fuerzas capilares de absorción, de esta manera en distintas condiciones hidrogeológicas el contenido de sales de origen marino será distinto.

Generalmente, las sales de origen marino pueden estar presentes en las arcillas fuera del ambiente marino durante un periodo cuya prolongación estará regido por los procesos antes descritos, así como por el lavado y drenaje de las rocas. Con base en ello la presencia de sales marinas en condiciones continentales (terrígenas) podrá prolongarse durante períodos geológicos completos.

Desde el punto de vista hidrogeológico las formaciones arcillosas no representan un impermeable absoluto, ya que gracias a los procesos de difusión, ósmosis y gravitación, las arcillas participan en el intercambio hídrico y salino con las aguas que fluyen por ellas o con las que contactan, incluso con las de la

superficie. Las aguas de los sedimentos arcillosos influyen en la formación salina y la composición química de aguas freáticas y superficiales, así como en la zona de aireación en periodos de saturación, llegando esta influencia hasta su superficie debido al ascenso capilar de los sedimentos arcillosos. El carácter de intercambio y desarrollo del mismo dependerá de los procesos hidrogeológicos.

Es común que los suelos agrícolas se encuentren en territorios formados por rocas y sedimentos arcillosos de épocas geológicas jóvenes y en las condiciones de islas. Por lo general, estas rocas y sedimentos son de origen marino y marino-aluvial y pueden tener gran influencia en la salinidad y desertificación de los suelos, bien sea debido a factores antropogénicos (riego, tala de arboles, etc.) o naturales (cambio del clima, fenómenos geotécnicos, etc.).

Durante la aplicación del riego en suelos y subsuelos arcillosos con sales en su constitución y condiciones hidrogeológicas que favorecen la salinización de los suelos, está demostrada la presencia de tres etapas del régimen de las aguas freáticas, cuya duración dependerá de los ciclos e intensidad del riego.

Primera etapa. Al iniciarse el riego aumenta el contenido de sales en las aguas freáticas a la vez que ascienden los niveles.

Segunda etapa. De la zona de aireación son lavadas las sales de fácil solubilidad por las aguas de riego, a la vez que se mantiene el ascenso de los niveles.

Tercera etapa. Ocurre la concentración de sales en la zona de aireación y aguas freáticas propiciado por el ascenso de los niveles y cuando se aproximan a menos de tres metros de la superficie la concentración se acelera bajo la influencia de la evaporación.

Cuando se presenta la tercera etapa sólo es posible evitar la salinización del suelo mediante la aplicación de drenaje artificial. Con ello puede aparecer una relativa estabilización del régimen hidroquímico de las aguas freáticas y del suelo que representaría una *cuarta etapa* del

régimen de las aguas freáticas en condiciones de riego.

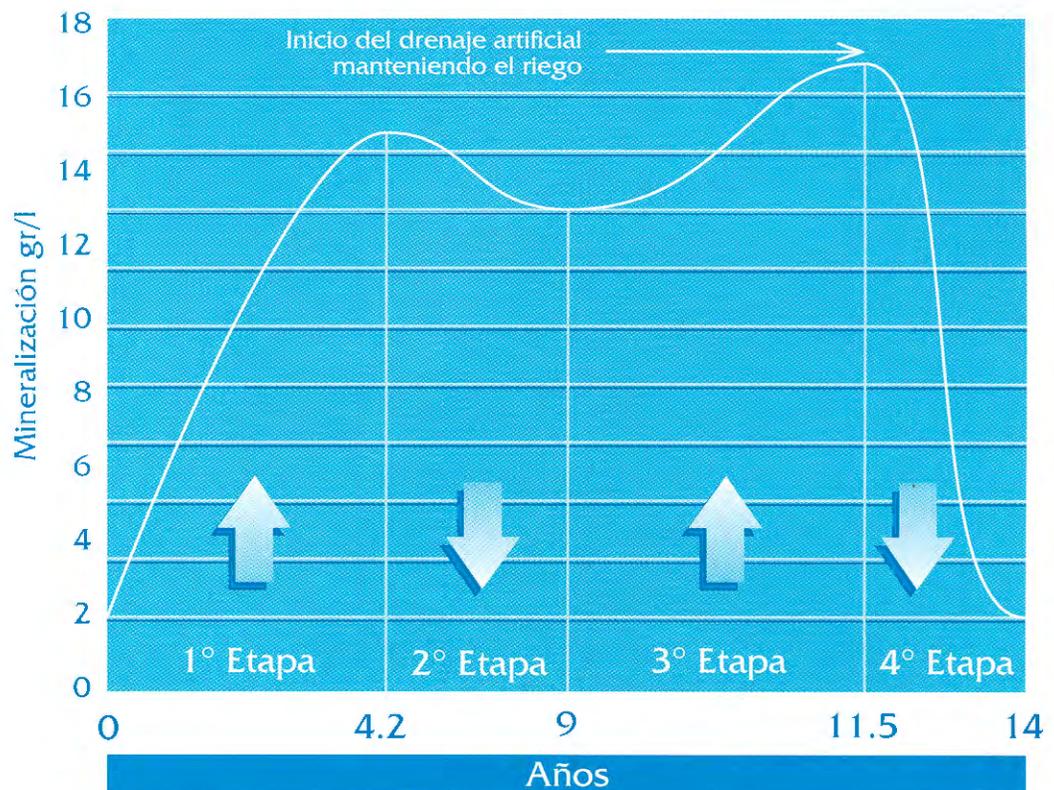
Cada una de las etapas mencionadas puede prolongarse durante varios años, véase el esquema.

Al detectarse la primera etapa deben construirse los sistemas de drenaje, ya que de mantenerse esta etapa, con la correspondiente influencia sobre el acuífero y suelos, se desarrollarán procesos que requerirán inversiones muy costosas para eliminarlos y en muchos casos ocasionarán procesos irreversibles en el acuífero.

Bibliografía

Baron P.A. Pronóstico del régimen de riego de las aguas freáticas en regiones bajo riego. *Moscú 1981.*
 De Miguel F.C. Índice de salinidad marina en acuíferos. *Su determinación y aplicación con fines de riego y mejoramiento de suelos. 9°. Forum de Ciencia y Técnica, Holguín 1994.*
 De Miguel F.C. Método para pronóstico de factibilidad de salinización de suelos por riego sobre formaciones arcillosas de origen marino. *11°. Forum de Ciencia y Técnica, Holguín 1996.*
 Holmes A. *Geología Física, Edimburgo 1960.*
 Luthin J.N. *Drenaje de tierras agrícolas, California 1957.*
 Poireé M, Olliez Ch. *Saneamiento Agrícola, Francia 1960.*
 Zaltsberg E. A. Régimen y balance de las aguas freáticas en la zona de sobresaturación. *San Petersburgo 1980.*

Etapas de formación del régimen hidroquímico de las aguas freáticas en regiones arcillosas bajo riego (Baron V.A.)



Computadoras: historia y desarrollo

Segunda y última parte

Segunda generación (1956-1963)

El transistor

En 1948, el invento del transistor cambió radicalmente el desarrollo de las computadoras. El transistor reemplazó a los bulbos en televisores, radios y computadoras. Como resultado, el tamaño de la maquinaria electrónica se redujo.

A partir de 1956, se incluyó el transistor en las computadoras. Acoplado con avances iniciales en la memoria central magnética, los transistores dieron lugar a la segunda generación de computadoras que se distinguieron por ser más pequeñas, más rápidas, más confiables y más eficientes en el consumo de energía que sus predecesoras.

Las primeras máquinas de gran tamaño que se beneficiaron con la tecnología del transistor fueron las supercomputadoras, **Stretch** de IBM

y **LARC** de Sperry-Ry. Ambas se desarrollaron para laboratorios de energía atómica y tenían capacidad para manejar una enorme cantidad de datos, cualidad muy apreciada por los científicos. Sin embargo, el empleo de estas máquinas fue limitado pues eran caras y rebasaban las necesidades de cálculo del sector de los negocios.

De las computadoras LARC, sólo se instalaron dos, la **Livermore Atomic Research Computer** en el laboratorio de radiación Lawrence en Livermore, California, y la otra, en el Centro Naval de Investigación y Desarrollo de los Estados Unidos en Washington, D.C.

La segunda generación de computadoras reemplazó el lenguaje de la máquina por el lenguaje ensamblador y permitió emplear códigos abreviados de programación que sustituyeron los largos y complicados códigos binarios.

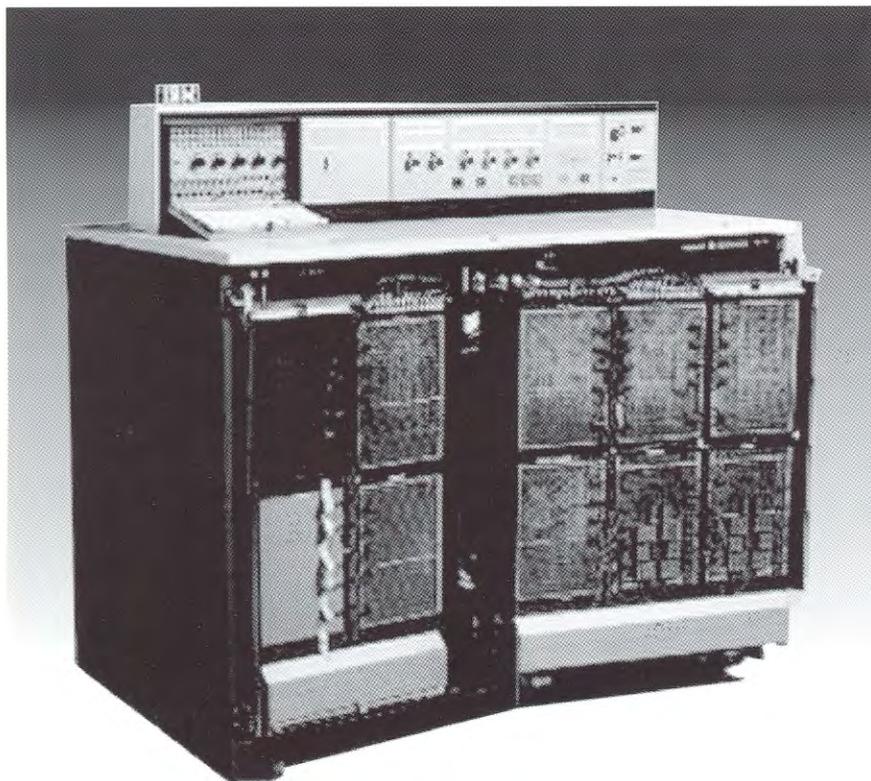
A principios de los 60, Burroughs, Control Data, Honeywell, IBM y Sperry-Ry habían vendido varias computadoras de segunda generación, con transistores, a negocios, universidades y dependencias públicas.

Las computadoras de segunda generación ya tenían periféricos o componentes similares a los de nuestros días: impresoras, cintas para almacenamiento, almacenamiento en disco y de programas, memoria y sistemas operativos.

La **IBM 1401**, que tuvo aceptación universal, se considera el modelo T de las computadoras, en analogía con la industria automotriz. Para 1965, la mayoría de las grandes empresas procesaban la información financiera en computadoras de segunda generación.

La capacidad de almacenar programas y el lenguaje de programación dio a las computadoras la flexibilidad para emplearse en los negocios, pues por fin fueron atractivas en costo y productividad.

La **IBM 360** (1964) fue la primera en relacionar la longitud de palabra con los bytes.
<http://www.dh.com/features/generations/transistors.html#ibm360>



El concepto de programa almacenado significó que las instrucciones para una función específica (conocida como programa) estuvieran contenidas en el interior de la memoria y pudieran reemplazarse con rapidez por otro conjunto de instrucciones para realizar una función diferente. Una computadora podía imprimir facturas y, minutos más tarde, diseños de ingeniería o balances contables.

Los lenguajes más complicados de alto nivel como el COBOL (*Common Business-Oriented Language*) y FORTRAN (*Formula Translator*), de uso común en ese tiempo, reemplazaron al código binario por palabras, oraciones y fórmulas matemáticas, lo cual hizo más fácil la programación. Con la segunda generación de computadoras surgieron nuevas carreras universitarias (programador, analista y experto en sistemas de computación) y empezó la industria del software.

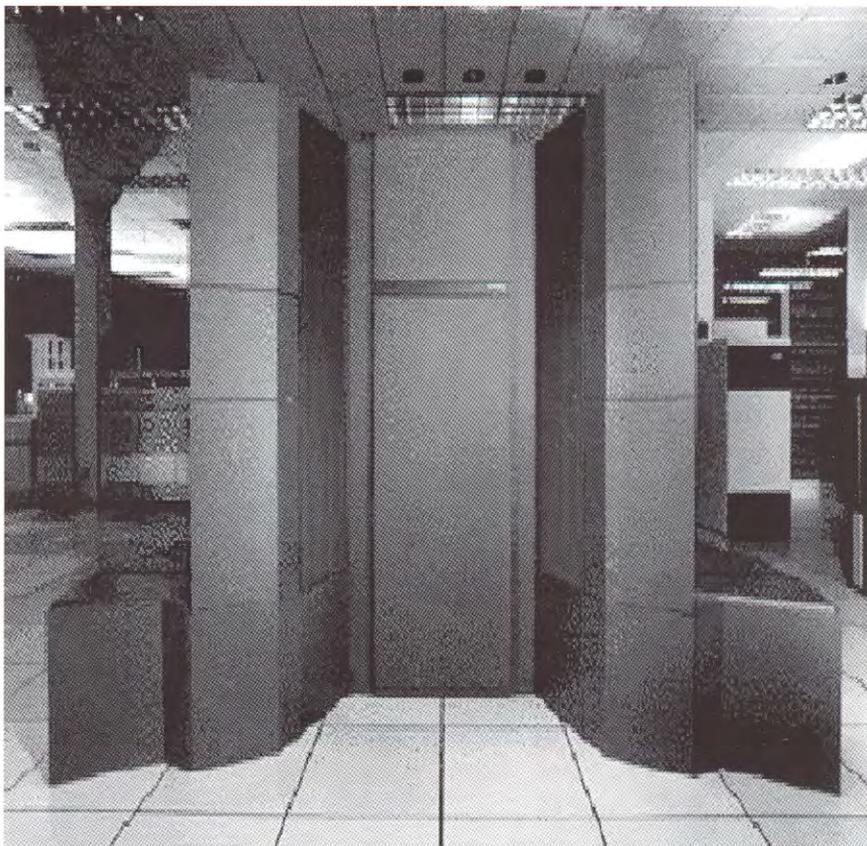
La tercera generación (1964-1971) El cuarzo

Aunque los transistores significaron un gran adelanto, generaban mucho calor, el cual dañaba las partes más sensibles de las computadoras. En la tercera generación, las rocas de cuarzo eliminaron ese problema.

En 1958, Jack Kilby, un ingeniero de Texas Instruments, desarrolló un circuito integrado (IC) que combinó tres componentes electrónicos en un pequeño disco de cuarzo. Más tarde, los científicos encontraron la forma de incorporar más componentes en un solo *chip*, llamado semiconductor. En la medida en que se incorporaban más componentes dentro de un *chip*, el tamaño de las computadoras se reducía.

Otro desarrollo de esta generación fue el uso de un sistema operativo que permitía a las máquinas operar muchos programas diferentes, a la vez, que un programa central verificaba y coordinaba la memoria de la computadora.

Aunque desde 1960 IBM había vendido miles de modelos 1401 totalmente transistorizados, el modelo 360 es el que se reconoce como el primer sistema genuino de computación, ya que utilizó por primera vez la longitud de palabra relacionada con los *bytes*, así cuatro *8-bit bytes* componían una palabra de *32 bits*.



Esa arquitectura fue la base de las grandes computadoras (*mainframes*) producidas por IBM y otras compañías.

La 360 fue la primera que empleó las instrucciones de micro programación para crear el concepto de arquitectura familiar. En sus orígenes, la familia consistía en el desarrollo de seis computadoras que podían usar el mismo *software* y periféricos. El sistema también popularizó la computación remota con terminales que se comunicaban con un servidor vía líneas telefónicas. El desarrollo de la **IBM 360** fue la mayor aventura empresarial de los Estados Unidos con un costo de cinco mil millones de dólares.

La inversión fue exitosa y la computadora 360 convirtió a la IBM en el principal proveedor del mundo. La 360 cumplió con todas las metas implícitas en su nombre: 360 grados, cobertura total.

La cuarta generación (De 1971 a la fecha) Circuitos integrados

Después de integrar los circuitos, el siguiente paso fue disminuir el tamaño de las máquinas.

El éxito de la Cray-1 fue que realizaba más de 100 millones de operaciones aritméticas por segundo.
<http://ang.lanl.gov/video/sunedu/computer/cmt3d.html>



La IBM PC (1981)
popularizó el uso de la
microcomputadora.
[http://www.dg.com/
features/generations/
microprocessors.html](http://www.dg.com/features/generations/microprocessors.html)

La integración permitió arreglar decenas de componentes en un *chip*; después, cientos de micro componentes en un *chip* y, al tratarse de computadoras de ultra gran escala, incrementó el número de micro componentes a millones.

La habilidad de arreglar tantos micro componentes en un área de la mitad del tamaño de un peso ayudó a disminuir el volumen y el precio de las computadoras. Ese avance también permitió incrementar su potencia, eficiencia y confiabilidad.

El **chip Intel 4004**, desarrollado en 1971, llevó al circuito integrado un paso adelante al localizar todos los componentes de una computadora —unidad de proceso central, memoria y controles de entrada y salida— en un minúsculo *chip*. Mientras los circuitos integrados anteriores tenían que manufacturarse para cumplir un propósito especial, ahora un nuevo micro procesador podía fabricarse y programar para satisfacer cualquier número de tareas. Pronto, los hornos de microondas, los aparatos de televisión y los automóviles con inyección electrónica de gasolina incorporaron este tipo de microprocesadores.

Esta posibilidad permitió que más gente compartiera el poder de las computadoras,

pues ya no se desarrollaban sólo para grandes empresas o proyectos gubernamentales. A mediados de los años 70, los fabricantes buscaron llevarlas a los consumidores comunes.

Las microcomputadoras salieron al mercado con programas amigables que ofrecieron a los usuarios sin preparación técnica un conjunto de aplicaciones, entre ellos, los más populares fueron los procesadores de texto y las hojas de cálculo. Los pioneros en este campo fueron Commodore, Radio Shack y Apple Computers. A principio de los 80, *Pac Man* y sistemas de videojuegos caseros como el Atari 2600 despertaron el interés de los consumidores por computadoras caseras más completas.

Supercomputadoras

La primera supercomputadora, la CRAY-1, diseñada por Seymour R. Cray de la compañía Cray Research Inc., se anunció en 1976. Su éxito se debió a que podía realizar más de 100 millones de operaciones aritméticas por segundo, tenía una velocidad de 100 *megaflaps* por segundo, cada *megaflap* por segundo equivale a un millón 24 mil operaciones de punto flotante por segundo. De la CRAY-1 se vendieron por lo menos 16 supercomputadoras a un costo promedio de 700 mil dólares.

En 1981, la IBM lanzó la computadora personal (PC) para la oficina, escuela y casa. En los 80 se expandió su uso, lo que hizo más común el empleo de la microcomputadora. Si en 1981 había dos millones de PCs, al año siguiente se utilizaban 5.5 millones. Diez años después, se hablaba de 65 millones.

Las computadoras continuaron reduciendo su tamaño y pasaron de las computadoras para escritorio a las *laptop* que caben dentro de un portafolios y de ahí a las computadoras *palmtop* que pueden llevarse en la bolsa de la camisa.

En 1984 salió al mercado la línea de **Apple-Macintosh**. Las computadoras Macintosh se distinguieron por su amigable diseño basado en un sistema operativo que permite a los usuarios mover íconos en la pantalla en lugar de teclear instrucciones, implementando, para ello, el uso de un accesorio conocido como *ratón*, que mueve una flecha que aparece en la pantalla del monitor.

En la medida en que las computadoras se popularizaron, se desarrollaron nuevas formas para aprovechar su potencial. Las computadoras más pequeñas pero más poderosas se podían conectar en redes, lo que les permitía compartir espacio de memoria, *software*, información y comunicarse entre sí.

En oposición a la poderosa computadora de tipo *mainframe* que compartía tiempo con muchas terminales para realizar varias aplicaciones, las computadoras en red permitían formar cooperativas electrónicas que, empleando cableados directos o líneas telefónicas, podían alcanzar proporciones enormes. Una telaraña global de computadoras interconectadas, por ejemplo *Internet*, liga a las computadoras de todo el mundo en una sola red de información.

Durante la campaña presidencial de los Estados Unidos en 1992, el candidato a la vicepresidencia Al Gore prometió que el desarrollo de la llamada “supercarretera de la información” sería una prioridad administrativa. Aunque las posibilidades previstas por Gore y otros para la construcción de tal red está a varios años o décadas de distancia, el uso más popular de las redes como el *Internet*, es el correo electrónico o *E-mail* que permite a los usuarios teclear direcciones y enviar mensajes por medio de terminales de la red a través de la oficina o del mundo entero.

La quinta generación (Presente y futuro)

Es difícil definir la quinta generación porque está en su infancia. El ejemplo más famoso es la ficticia **HAL9000** de la novela *2001: una odisea del espacio*, de Arthur C. Clarke. Según la novela, HAL realiza todas las funciones previstas para la quinta generación de computadoras de la vida real. Con inteligencia artificial, HAL pudo razonar para mantener conversaciones con sus operadores humanos, utilizar estímulos visuales y aprender de sus propias experiencias.

Aunque la **HAL9000** puede estar lejos del alcance de los diseñadores de computadoras de la vida real, muchas de sus funciones no lo están. Recientes avances de la ingeniería permiten a las computadoras aceptar instrucciones verbales e imitar el razonamiento humano.

La habilidad de traducir un idioma extranjero es también un logro de las computadoras de la quinta generación. Este proyecto que, al principio, pareció simple resultó mucho más complicado, pues los programadores se dieron cuenta que el significado de las palabras en la comunicación humana obedecen más al contexto en que se utilizan que a la simple combinación de letras.

Se están dando muchos avances en el diseño y tecnología para hacer posible la creación de la quinta generación de computadoras. Dos de ellos son: el procesamiento paralelo, que reemplaza el diseño de Von Neumann de la unidad de procesamiento simple central con un sistema que aprovecha el poder de muchos CPU para trabajar como uno solo.

El otro es la tecnología del superconductor, la cual permite el flujo de electricidad con poca o ninguna resistencia, mejorando en mucho la velocidad del flujo de información.

Aunque las computadoras de hoy tienen algunos atributos de la quinta generación —hay sistemas expertos que ayudan a los médicos en el diagnóstico de sus pacientes— todavía faltan algunos años para que estos sistemas sean de uso generalizado.

REFERENCIAS

LaMorte, Christopher; Lilly, John, “Computers: History and Development”, *Jones Telecommunications and Multimedia Encyclopedia*. http://www.digitalcentury.com/encyclo/update/comp_hd.html

Microprocessors en Internet: <http://www.dg.com/features/generations/microprocessors.html>

The History of Modern Computing in General: <http://bang.lanl.gov/video/sunedu/computer/comphist.html>

Mind Machine Web Museum a virtual computer history gallery: <http://userwww.sfsu.edu/~hlayer/computer.history.mm.html>

Ejemplo de transistores. <http://www.dg.com/features/generations/microprocessors.html>



AGENDA

EVENTOS INTERNACIONALES RELACIONADOS CON LA HIDRAULICA

MARZO

10 al 14
International Conference on Regionalization in Hydrology
 Braunschweig, Germany
 Organizado por: Unesco-International Hydrologic Program
 Prof. Dr. Otto Richter,
 Langer Kamp 19c D-38106
 Braunschweig, Germany
 Tel: 49 531 391 5627
 Fax: 49 531 391 8170

ABRIL

6 al 9
Water Resources Planning and Management Division 24th Annual Conference
 Houston, Texas
 Organizado por: American Society of Civil Engineers
 David H. Merrit, P.O. Box 1120 Glenwood Springs, CO 81602-1120
 Tel: (970) 945 8422
 Fax: (970) 945 8799

MAYO

12 al 17
International in a Changing Political Environment: Challenges for the 21st Century
 Victoria Falls, Zimbabwe
 Organizado por: Forestry Commission
 P.O. Box HG 139, Highlands

Harare, Zimbabwe
 Tel y Fax: (263) (14) 497 066

Mayo 22 a junio 2
International Course on Wetland Management
 Lelystad,
 The Netherlands
 Organizado por: Water Advisory and Training Centre
 P.O. BOX 17,8200 AA Lelystad
 Tel: +31 320 298 346
 Fax: +31 320 298 339

JUNIO

15 al 18
International Congress on Trenchless Pipeline Projects
 Boston, Massachusetts
 Organizado por: American Society of Civil Engineers
 Lynn E. Osborn,
 1770 Kirby Parkway, Suite 300, Memphis, TN 38138
 Tel: 901 759 7473
 Fax: 901 759 7500

16 al 18
Fourth Congress on Computing in Civil Engineering
 Philadelphia, Pennsylvania
 Organizado por: American Society of Civil Engineers
 Profr. Teresa Adams, 1415 Engineering Drive Madison, WI 53706
 Tel: (608) 262 5318
 Fax: (608) 262 5199

30 de junio a julio 2
3rd International



Conference "Hydropower '97"

Trondheim, Norway
 Organizado por:
 International Centre for Hydropower
 S.P. Adersens vei 5, N-7034 Trondheim, Norway
 Tel: + 47 73 59 07 80
 Fax: + 47 73 59 07 81

AGOSTO

10 al 13
Water Resources Management: Preparing for the 21st Century
 Seattle, Washington
 Organizado por: American Water Works Association
 6666 W. Quincy Ave,
 Denver, CO 80235
 Tel. y Fax: (303) 794.89.15

11 al 15
27th Biennial Congress
 San Francisco, California
 Organizado por:
 International Association for Hydraulic Research
 Rotterdamseweg 185

POB 177, Delft 2600MH,
 Netherlands
 Tel: 963 0089 y 973 0003

SEPTIEMBRE

20 al 27
IAH International Congress on Groundwater in Urban Planning
 Nottingham,
 United Kingdom
 Organizado por:
 International Association of Hydrogeologist
 Dr. T.S. Haines, Abbey Foregate, Shrewsbury SY2 6AL, United Kingdom
 Tel: + 44(0) 743 236 464
 Fax: + 44(0) 743 236 303

DICIEMBRE

15 al 18
Joint International Conference on Agricultural Engineering and Technology Exhibition
 Dhaka, Bangladesh
 Organizado por: American Society of Civil Engineers
 Profr. John Gerrish,
 Michigan State University,
 East Lansing, MI 48824, USA
 Fax: 517/353 89 82

16 al 18
Winter and Annual General Meeting of the British Ecological Society
 Warwick, United Kingdom
 Organizado por: British Ecological Society, Lincoln's Inn Field, London WC2A 3PN,
 United Kingdom

Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C

CONVOCATORIA

Conforme a los artículos 27, 28, 30 y 31 de los estatutos de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C., se convoca a todos los asociados a la

ASAMBLEA GENERAL EXTRAORDINARIA

para la nominación de candidatos a los puestos de elección del
XXIII Consejo Directivo,
que se celebrará el 9 de abril de 1997 a las 19:00 horas
en el auditorio del
Colegio de Ingenieros Civiles de México,
Camino a Santa Teresa No. 187, Col. Parques del Pedregal,
de acuerdo con la siguiente

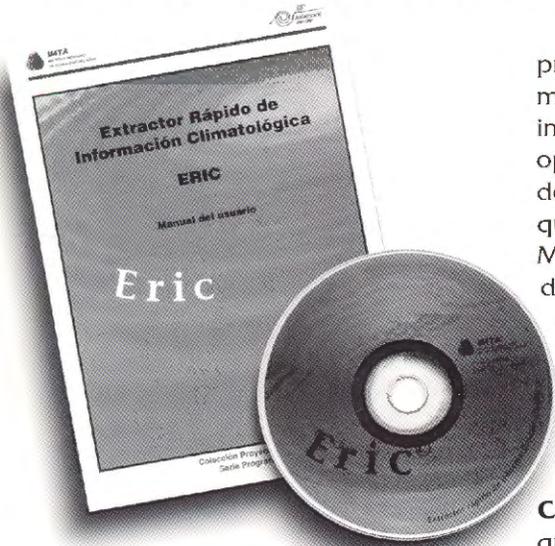
ORDEN DEL DIA

- Presentación del presidium
- Lectura de la orden del día y aprobación en su caso
- Exposición de motivos de la reunión
- Nominación de escrutadores
- Nominación de candidatos para el XXIII Consejo Directivo
- Asuntos generales

En caso de no reunirse el quorum a la hora indicada, la reunión de la Asamblea, en segunda convocatoria, se realizará en el mismo lugar y fecha a las 19:30 horas.

G. Enrique Ortega Gil
Presidente del XXII Consejo Directivo

Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC)



Hace unos años, el Servicio Meteorológico Nacional emprendió una campaña de digitalización de los datos impresos de más de cinco mil estaciones climatológicas —comprendidos entre 1961 y 1990— para tener la posibilidad de obtener y procesar los datos con mayor facilidad.

En este proceso se utilizó como herramienta estandarizada de registro y acceso, un sistema de captura de datos climatológicos preparado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que se conoce como CLICOM y que en esencia no es sino una aplicación especializada que se monta sobre el manejador de la base de datos tradicional (Data Ease).

A pesar de que este trabajo se divulgó a través de talleres de entrenamiento a personal especializado de las principales instituciones usuarias de los datos climatológicos, la base de datos continuó siendo hasta cierto punto inaccesible para el público en general, principalmente por su magnitud. El manejo de mil 500 Mb requiere discos duros de gran capacidad, además de que la velocidad de CLICOM para

procesar información “no puntual” es muy lenta. Ciertas solicitudes de información podían tomar a un operario varios días o incluso semanas de intenso trabajo, mismo que se tenía que realizar en el Servicio Meteorológico Nacional o en oficinas de la Comisión Nacional del Agua, debido a que no era factible distribuir la base de datos a los usuarios.

Ante esta problemática, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) desarrolló un **Extractor Rápido de Información Climatológica** conocido como **ERIC**, que es una herramienta eficiente para extraer la porción de datos que desea procesar un usuario específico y resolver el problema de inaccesibilidad. Por otro lado, se puede distribuir en un disco compacto a numerosos usuarios.

ERIC consta de dos partes fundamentales: una base de datos y el software de acceso. La base de datos está reestructurada y contiene la misma información que CLICOM, con excepción de los décimos de milímetro en las mediciones de evaporación. Con un método más eficiente de almacenamiento, se logró colocar toda la información disponible en cerca de 300 Mb, es decir, una quinta parte del volumen original. La estructura de la base de datos es binaria y se encuentra bien documentada para facilitar la labor de programadores que deseen tener acceso a ella en forma directa.

La segunda parte es el software de acceso que permite a los usuarios no especializados, extraer la información de su interés en archivos de texto ASCII que pueden observar o explorar en editores de texto o procesadores de palabra y después trabajar en hojas de cálculo electrónicas o en pequeños programas.

El usuario selecciona la ventana en el tiempo y espacio de su interés. En cuanto a espacio, puede seleccionar el registro de un solo sitio o de varios en determinado estado, dentro de una ventana rectangular en planta o inclusive en el interior de un polígono irregular arbitrario.

Con respecto al tiempo, se puede seleccionar un intervalo de tiempo continuo (del 15 de marzo de 1960 al 25 de junio de 1967), o un periodo determinado de varios años (del 21 de agosto al 15 de octubre de todos los años con registro). Los intervalos pueden ser inclusive reducidos a un único día. Los criterios de selección del tiempo y espacio se pueden combinar libremente. Los archivos de texto de salida aparecen en tablas anuales bien organizadas y fáciles de explorar, obtener y procesar. ERIC es muy atractivo para conocer la distribución espacial y temporal de una cierta variable.

Al igual que en CLICOM, las variables manejadas son los valores representativos de los intervalos de 24 horas en las más de cinco mil estaciones climatológicas de México durante el periodo de 1961 a 1990. Las variables de temperatura, temperatura máxima y mínima, precipitación y evaporación son cuantitativas; mientras que el estado del cielo es una variable cualitativa con tres valores: despejado, medio y nublado. Sobre la existencia de niebla, granizo y tormentas eléctricas sólo se registran dos valores: presencia o ausencia.

ERIC está compuesto por un disco compacto, un manual para el usuario y otro de referencia. Para mayores informes comuníquese al IMTA: a la Subcoordinación de Hidrometeorología (91 73 19 39 01) para aspectos de carácter técnico y a la Subcoordinación de Cooperación y Desarrollo para su adquisición y distribución (91 73 19 40 81).