

voluntad **HIDRAULICA**

ÓRGANO OFICIAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS

Humboldt No. 106 esq. a calle P. Vedado. Municipio Plaza de la Revolución. La Habana, Cuba. CP 10400.

Correo de Contacto: revistahidraulica@hidro.gob.cu. Revista Trimestral.

La Habana, Enero-Marzo, 2018/No. 123/ISSN 0505-9461



Cubagua

Habana 2019

CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA
La Habana, Cuba / 19-22 MARZO 2019

- XIV Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica
- X Seminario del Uso Integral del Agua
- II Taller de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas
- Exposición de Tecnologías y Productos del Agua
- III Simposio Técnico-comercial

CUBAGUA 2019 propiciará y brindará todas las facilidades para el intercambio de conocimientos, la difusión de información actualizada y la promoción de tecnologías y productos asociados al manejo y uso del Agua. Será el escenario adecuado y propicio para el más amplio intercambio técnico entre ejecutivos y especialistas del sector, así como para iniciar negociaciones con las empresas importadoras cubanas. Este evento internacional abre sus puertas a la exposición de conferencias sobre los últimos productos y tecnologías de avanzada, así como para el intercambio de conocimientos, experiencias y buenas prácticas en el sector del Agua. Esperamos contar con su valiosa participación en esta **TERCERA EDICIÓN** y tenga usted la seguridad que la misma será altamente apreciada por su contribución al éxito de este encuentro internacional.

COMITÉ ORGANIZADOR

ORGANIZAN: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos | Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba

SEDE: Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba y su recinto ferial PABEXPO



E-mail: cubagua@hidro.cu • Web: <http://infoagua.hidro.cu>

16-19 DE OCTUBRE

FORUM

CIENCIA Y TÉCNICA
FORUM RAMAL 2018

El **FORUM CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO 2018**, propiciará las facilidades de intercambio de conocimiento entre los trabajadores, en función del manejo y uso del agua. Este evento se realizará en el marco del 55 aniversario del ciclón Flora, y la voluntad hidráulica encomendada por el Comandante Fidel Castro.

"Lo que tengamos en el futuro tenemos que crearlo nosotros, tenemos que conquistarlo con nuestros brazos, con nuestro sudor y con nuestra inteligencia."

Fidel Castro Ruz, 1991
VI Fórum de Ciencia y Técnica

INRH

Instituto Nacional
de Recursos Hidráulicos
REPÚBLICA DE CUBA



La Habana, Cuba
Año 56 de la Revista, Ene.-Mar. 2018

ISSN 0505-9461

La revista **Voluntad HIDRÁULICA** es una publicación periódica de carácter informativo con periodicidad trimestral. Posee el ISSN 0505-9461. Funge como el órgano oficial informativo del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Cuba. La Revista se enfoca en el Manejo Racional de los Recursos Hídricos, la Ingeniería Hidráulica y otras disciplinas afines a este campo de la ciencia.

Está dirigida a investigadores, científicos, doctores en ciencias, ingenieros, másteres, técnicos, especialistas y trabajadores en general del área de los Recursos Hidráulicos y sus disciplinas afines, o a todas las instituciones que estén interesadas en el manejo racional de los Recursos Hídricos en Cuba y en otros países del mundo.

Objetivos de la revista
Voluntad HIDRÁULICA:

1. Divulgar informaciones y resultados de trabajos generados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.
2. Informar acerca de las últimas novedades en diversos tópicos relativos al manejo de los Recursos Hidráulicos.
3. Sensibilizar y desarrollar una cultura, mediante la información publicada en la revista, sobre el uso racional del recurso agua.

EDITORIAL

- *Palabras del Vicepresidente Primero del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos Abel Salas García en la celebración del Día Mundial del Agua* | **3**

CIENTÍFICO TÉCNICO

- *Algunas consideraciones sobre el diseño hidráulico de los aliviaderos de las presas (Parte 2 de 5) / Dr. Ing. Eduardo Arturo Velazco Davis* | **4**
- *Rehabilitar para sectorizar o viceversa. ¿Qué hacer? La sectorización de redes de abasto utilizando el índice de resiliencia / Dr. C.T. Ing. Antonio Monzón Sánchez* | **19**
- *Un índice para evaluar la calidad de las aguas subterráneas (ICAsub) / Lic. Joaquín Gutiérrez Díaz* | **23**

NOVEDADES

- *NANOFILTROS: Nanotecnología para solucionar el problema del agua* | **31**
- *“Día cero”: 4 claves para entender por qué Ciudad del Cabo puede ser la primera gran ciudad del mundo en quedarse sin agua* | **36**

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

- *125 aniversario del acueducto de Albear* | **40**
- *Mieles de consagración* | **45**
- *Celebración del Día Internacional de la Mujer* | **47**
- *Premiación occidental del concurso Trazaguas 2018* | **48**
- *Premiación concurso Cero Derroche* | **51**
- *Celebrado Día del Ingeniero Cubano. Otorgados los premios nacionales de las ingenierías* | **52**
- *Día Mundial del Agua* | **54**
- *Tributo al Cmdte. Faustino Pérez Hernández* | **56**
- *Amplía Cuba inversiones en el sector hidráulico* | **58**
- *Análisis de lluvias, embalses y acuíferos* | **59**
- *Diputados y asambleístas en recursos hidráulicos* | **60**

De esos héroes anónimos nuestros...

- *Como la palma de su mano conoce Rafael el Acuífero Avileño* | **61**

Qué dice la prensa...

- *Cuba reitera en foro mundial que acceso al agua es un derecho humano* | **62**
- *Agua pura y envase seguro en Maisí* | **63**
- *Cuba protege sus aguas para el bien de todos* | **64**
- *Integración del Comité Técnico de Jóvenes de la UNAICC con los jóvenes hidráulicos: juventud del presente, garantía del futuro* | **66**

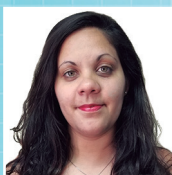
Noti jóvenes...

- *Encuentro de los jóvenes del INRH con la Presidenta Inés M. Chapman Waugh* | **68**
- *Normas para la presentación de trabajos* | **69**

CONSEJO EDITORIAL



DIRECTOR | Ing. Abel Salas García



EDITOR EJECUTIVO | Merlyn Pérez-Galdós Armas



EDITOR ASOCIADO | Ing. Ana Lydia Hernández González

CONSEJO TÉCNICO EVALUADOR



Dr. Juan
Fagundo Castillo



Dr. Eduardo
Velasco Davis



Ing. Alfredo
Álvarez Rodríguez



Dr. Jorge Mario
García Fernández



Ing. Amneris
Carreras Rodríguez



Ing. Alberto
Porto Varona

Dirección Institucional de la revista:

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN
Y LA TECNOLOGÍA

Humboldt No. 106 esq. a calle P. Vedado,
municipio Plaza de la Revolución.
La Habana, Cuba. CP 10400

Teléfonos: 7 836 5571 al 79 (pizarra) ext. 178

Correo de contacto: revistahidraulica@hidro.gob.cu

PALABRAS DEL VICEPRESIDENTE PRIMERO DEL INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS ABEL SALAS GARCÍA EN LA CELEBRACIÓN DEL DÍA MUNDIAL DEL AGUA

Bienvenidos al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos a todos los que de conjunto trabajamos en función de lograr cuidar, proteger y hacer un uso racional y eficiente del agua.

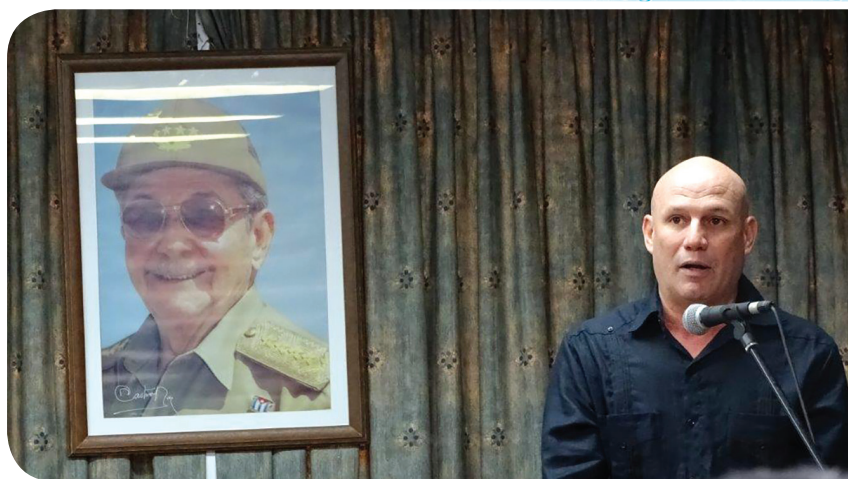
Por iniciativa de las Naciones Unidas se decide declarar el 22 de marzo de cada año a partir de 1993 el Día Mundial del Agua, teniendo en cuenta las previsiones del Capítulo 18 de la Agenda 21.

En nuestro contexto nacional, se celebró por vez primera en 1995 con actividades que estuvieron encaminadas a fomentar un espíritu de conservación y desarrollo de los recursos hídricos entre la población cubana y todas las entidades del país.

Este 22 de marzo con el tema Naturaleza del Agua, el Presidente de la Asamblea General de las Naciones Unidas anunciará la Década Internacional para la Acción (2018-2028): AGUA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE y el plan de trabajo ante los Estados Miembros y participantes, además de otros actores quienes estarán dispuestos a trabajar para acelerar el progreso de los objetivos y metas de la AGENDA 2030 relacionados con el agua.

El agua es un recurso fundamental para todo el desarrollo socio-económico, así como para la preservación de la salud de los ecosistemas. La creciente presión sobre los recursos de agua dulce causada por su demanda cada vez mayor, así como por la progresiva contaminación a nivel planetario es un tema de gran preocupación.

Urge una acción encaminada a revertir esta tendencia actual del derroche del agua y su contaminación. Contribuyamos todos de manera eficaz para dar respuesta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el número 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su ordenación sostenible y el saneamiento para todos, con sus cinco principios. El éxito se logrará en la medida en que cambiemos nuestro actuar y ejecutemos acciones orientadas al desarrollo social, así como a la implementación de proyectos bajo la perspectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. 💧



ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO HIDRÁULICO DE LOS ALIVIADEROS DE LAS PRESAS (PARTE 2 DE 5)¹

 **voluntad
HIDRAULICA**

CIENTÍFICO TÉCNICO

RESUMEN

Se introducen y explican las definiciones de los distintos tipos de obras de conducción, y en especial, de los aliviaderos de las presas, las funciones que éstos realizan y su clasificación en atención a diversos criterios. En particular, se establecen las diferencias entre los aliviaderos de cauce y los de margen, y sus tipos respectivos, así como entre los superficiales y profundos, los abiertos y cerrados, y los automáticos y regulados, y en cada caso se aducen numerosos ejemplos de obras. Los conceptos anteriores se aplican coherentemente al exponer cómo se debe seleccionar en cada caso el tipo de aliviadero más adecuado, su ubicación y la variante de diseño, aspectos que se discuten de forma exhaustiva, incluyendo la detallada resolución de un ejemplo hipotético. La exposición se acompaña con múltiples ejemplos prácticos y referencias a aliviaderos construidos no sólo en Cuba, sino también en Venezuela, México, Nicaragua, los EE.UU., la antigua URSS, Rusia, Albania, Italia, Túnez, Argelia, Chile, Brasil, Ecuador, Francia, Sudáfrica, Malasia y otros países, e incluye referencias a 92 fuentes bibliográficas y de consulta, de las cuales 45 son debidas al autor y 5 al autor con colaboradores. Al final de cada una de las partes en que se publica el artículo, se relacionan las fuentes citadas en ella, conservando la identificación alfabética y cronológica que les corresponde en el conjunto total.

4. SELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL ALIVIADERO

4.1 La selección de la ubicación del aliviadero en una presa, y su relación con los demás objetos de obra que la compondrán, forma parte inseparable del proceso de composición de la obra en su conjunto, y como este último, constituye una etapa de gran responsabilidad y complejidad, por lo que en lo adelante se hará un hincapié especial en este aspecto. En efecto, dicha selección está gobernada necesariamente por muchas consideraciones de muy diversa índole, entre las que conviene enumerar el tipo de presa que se ha decidido construir, su categoría y su finalidad; las características meteorológicas y climáticas del territorio; las características topográficas, geológicas y geofísicas del lugar donde se construirá la presa (y no sólo del cierre donde se levantará su cortina); la posibilidad de elegir entre varios tipos de aliviaderos o la necesidad de adoptar únicamente un tipo determinado; las características de las excavaciones que se requerirán en cada alternativa, y su volumen y composición; la posibilidad de que estas excavaciones sean empleadas en el terraplén de la cortina si ésta se construirá con materiales locales, o en otros objetos de obra si ésta será de hormigón; las condiciones tecnológicas y de seguridad en que se deberán realizar tanto dichas exca-

¹ Autor: Dr. Ing. Eduardo Arturo Velazco Davis. Ingeniero Hidráulico, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Titular, Profesor Auxiliar Adjunto, Especialista Superior de Proyectos e Ingeniería. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de La Habana EIPHH, Grupo Empresarial de Investigaciones, Proyectos e Ingeniería GEIPI. 78641659, 78643811, 78642145, 78641020, 76485672; karina@ecologia.cu, agui@hidraulicos.cu

vaciones como los trabajos de hormigón; la calificación y experiencia constructiva del personal que ejecutará la obra; la accesibilidad al aliviadero, la forma en que éste se operará y el grado de lejanía del personal apto para realizar estas funciones y las de mantenimiento; y por supuesto, las afectaciones medioambientales que originará el proyecto en su conjunto, y dentro de éste, las que provocará el aliviadero en particular.

De lo expuesto se desprende que en general, a cada clase de aliviadero se le puede atribuir una ubicación más adecuada. Así por ejemplo, con independencia de la obvia ubicación de las presas vertedoras que se construyen a todo lo ancho de los cierres, como en el caso de la Cacuyugüín de la Figura 2, los aliviaderos de cauce representados por secciones vertedoras que se insertan entre secciones no vertedoras de hormigón o entre cortinas de materiales locales, como en El Guri y en Pontezuela (Figuras 1 y 3), la primera flanqueada por cortinas de enrocamiento y la otra por cortinas de tierra, o que ocupan una parte de una cortina o un dique de tierra sobre el cual se apoyan, como en Guaremal (Figura 7a) y en el auxiliar Cauto El Paso (Figura 7b, se ubican como regla en la zona de mayores profundidades del embalse o tramo de aguas arriba, con lo que se consigue una mayor estabilidad del flujo de aproximación y se minimizan sus velocidades. Al mismo tiempo, dado que dichas zonas se localizan como norma hacia el centro del cierre, con esta ubicación se logra simultáneamente que inmediatamente aguas abajo de las presas los vertimientos se alejen lo más posible de las márgenes de

los cauces, que así sufrirán menos daño o requerirán protecciones más ligeras.

Resulta también evidente la ubicación asociada al empleo de los aliviaderos de pozo, de margarita, de vórtice y similares, cuya construcción requiere que queden empujados en el terreno firme de las márgenes abruptas de los cierres con forma de cañones y que por lo tanto deberán acercarse lo más posible a dichas márgenes, aunque para garantizar que en los aliviaderos de pozo de grandes dimensiones se eliminen las asimetrías del flujo de acceso y las circulaciones provocadas por los efectos de Coriolis, las márgenes más cercanas deban configurarse de manera apropiada y los vertedores deban equiparse con elementos de distintos tipos que se han concebido especialmente para este fin.

4.2 En cuanto a los aliviaderos de margen superficiales, que como se ha establecido son los más usuales, su ubicación más adecuada parece depender de unas pocas reglas que se podrán derivar de las consideraciones que se expondrán a continuación. La primera y más conspicua se pudo cumplir con especial éxito en el caso de la presa El Guamo, de Venezuela, que se muestra en la Figura 14.

Salta a la vista en este caso, además de la acertadísima selección del cierre, que permitió construir la cortina en una suerte de mar interior completamente resguardado de las olas que se formen en el embalse, el hecho de que gracias al peculiar giro que el río realiza inmediatamente después de la cortina, se ha logrado que tanto la obra



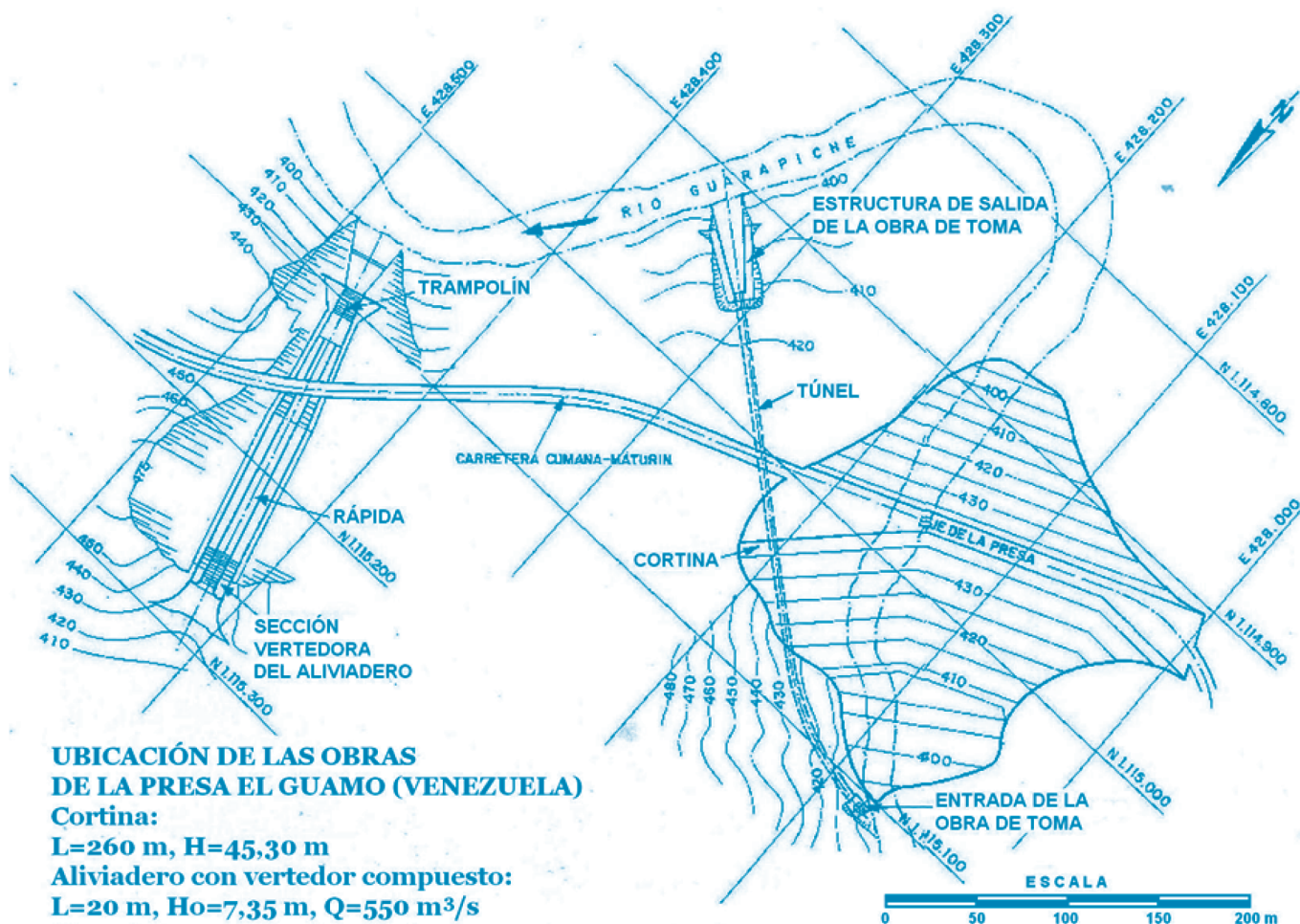


Figura 14.

de toma como el aliviadero entreguen sus gastos a este último “en serie”, en puntos que quedan a muy corta distancia de la obra correspondiente, pero que al mismo tiempo son relativamente distantes entre sí. De este modo, el funcionamiento de estos dos elementos de la presa queda totalmente *descentralizado* y ninguno de ellos incide de forma apreciable en los otros. A esto se suma que, desde el punto de vista constructivo, cuando esta descentralización se logra, los tres objetos de obra se pueden ejecutar en paralelo, en frentes de trabajo individuales, lo que simplifica la organización y el cronograma de las etapas constructivas y se reduce el tiempo de ejecución.

Al margen de la elevada calificación demostrada por los especialistas a cargo del proyecto anterior, condiciones naturales tan favorables como las descritas se presentan sólo en contadísimas ocasiones. El ejemplo de la presa Nuevo Mundo (Moa), en Cuba, puede servir para ilustrar precisamente un caso contrario donde se hizo necesario aplicar también la pericia profesional, pero para dar solución a una situación de gran complejidad. En efecto, como se aprecia en la Figura 15, el cierre de esta presa presenta todos los atributos de un cañón profundo, que

debía albergar una presa con núcleo de laterita (dada la cercanía de minas de níquel a cielo abierto) y espaldones de rocoso, con una altura de 75,50 m (la segunda entre las mayores alturas de las presas construidas en Cuba), una obra de toma con entrega para abasto y un aliviadero que debía diseñarse para dejar pasar el hidrograma transformado de una avenida con 77 hm³ de volumen y un gasto pico de 4000 m³/s (*Embalses*, 2008). A la inversa del ejemplo anterior, los requisitos anteriores condujeron finalmente en 1988 al conjunto de obras extremadamente centralizado y compacto que se observa, donde el aliviadero es frontal, con un vertedor de 45,50 m recto en planta y perfil con vacío para incrementar su capacidad de servicio, que puede evacuar un gasto transformado de 1392 m³/s (35% del gasto pico) bajo una carga de 6,0 m, y que después de una corta transición de paredes rectas se continúa con una rápida cuya pendiente es tan alta como 28%, para terminar en un trampolín con esviaje. Con esta misma filosofía de diseño, y dado que con la evacuación de ese gasto y de otros cercanos a él, el cañón del río originaría tirantes capaces de sumergir la salida de una obra de toma convencional, se optó por equipar esta última con 2 válvulas cónicas de 1200 mm que lan-

zan el chorro a la misma rápida y que entregan un gasto máximo de $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Aunque en la variante original se preveía la construcción de un trampolín formado por planos rectos, las comprobaciones y análisis realizados durante la construcción del aliviadero evidenciaron la necesidad de mejorar dicha solución, y ello dio lugar a que con la coautoría del Ing. Ricardo Santos, el autor adaptara una solución que había innovado durante el diseño teórico experimental del aliviadero Vicana (ver más adelante la Figura 23), consistente en un sistema de rampas longitudinales, cada una con una pendiente distinta, que entran

en funcionamiento paulatinamente a medida que aumenta el gasto y que en el caso del aliviadero Moa garantizan que en cualquier circunstancia el chorro se extienda con gran precisión a lo largo del estrecho cañón del río sin interesar la cercana margen opuesta, al tiempo que se limitan las socavaciones a valores muy inferiores a los que se producen al pie de los trampolines habituales, como se demostró con un modelo físico en el que aplicaron las técnicas de laboratorio más avanzadas para representar con mezclas las características físico mecánicas del suelo sujeto a socavación (Velazco y Santos, 1986).

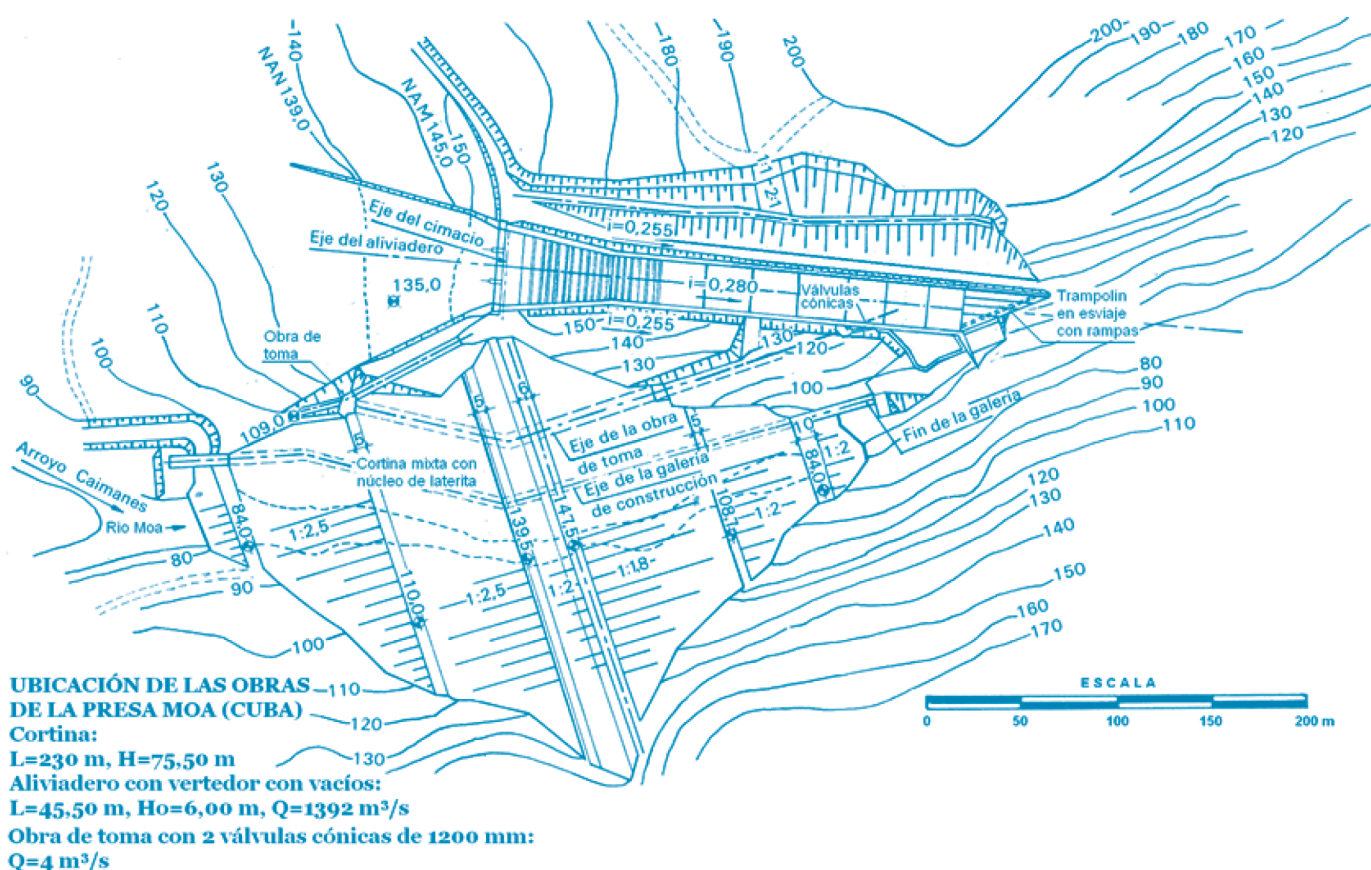
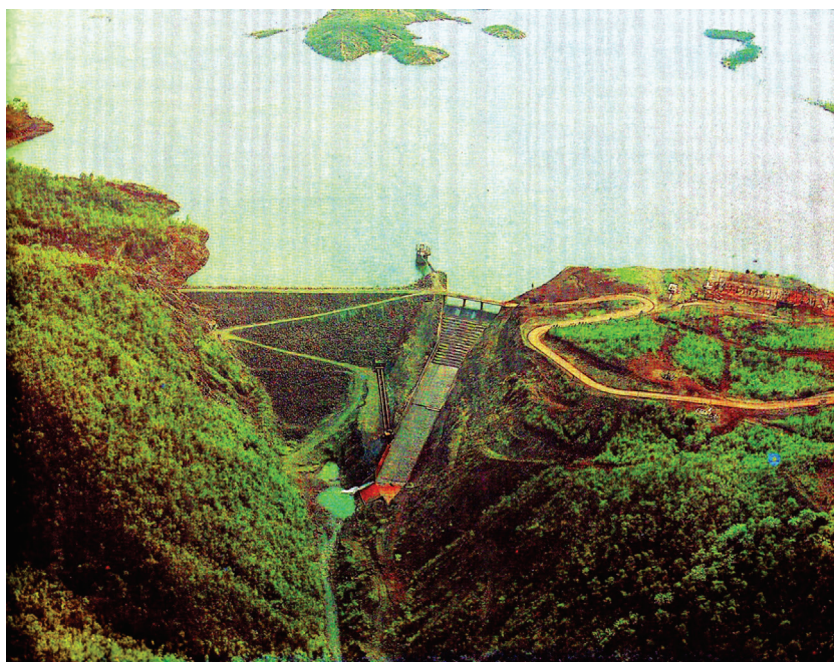


Figura 15.

4.3 El propósito de aislar entre sí los componentes de la presa, en particular la cortina y el aliviadero, puede conducir también a casos como el de la presa Porvenir, en Cuba, que se expone en la Figura 16 y en la cual, a pesar de la considerable longitud de la cortina, de casi 3 km, se aprovechó con mucha eficacia la topografía del emplazamiento para mantener las excavaciones dentro de límites moderados, y junto con esto, ubicar un aliviadero frontal,

recto y con estanque amortiguador, que es relativamente ancho, con 129,80 m por la cresta del vertedor. Con ello se redujeron apreciablemente los gastos específicos de vertimiento, que se entregan además a más de 1 km del río, dos atributos de primera importancia dada la apreciable magnitud del gasto en esta obra, que con la carga de diseño de 2,48 m es de 1135 m³/s.

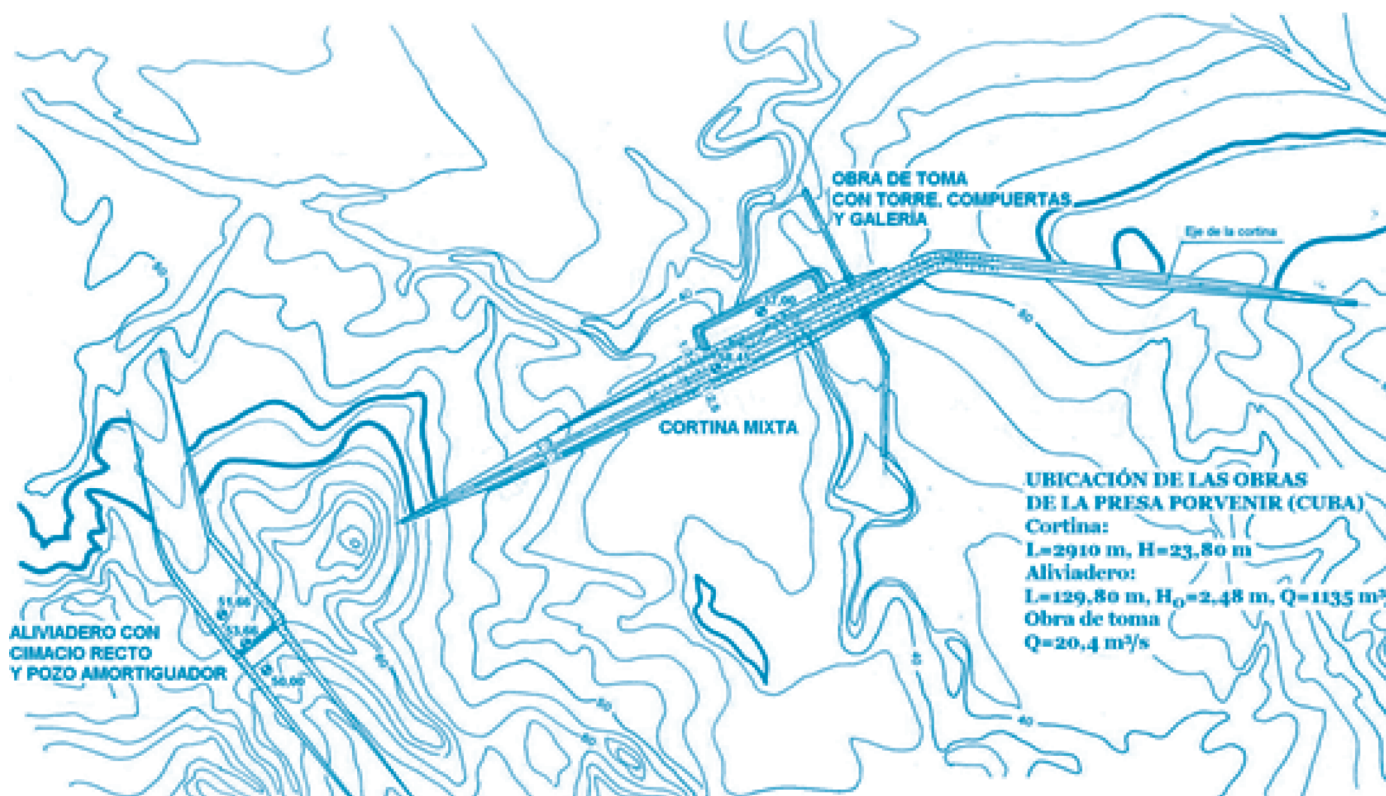


Figura 16.

En este contexto, otros dos casos de sumo interés son los de las presas Paso Malo y Gibara, ambas construidas en Cuba. Como se representa en la Figura 17, la primera de ellas, con una alineación curva de 970 m de longitud, se pudo equipar con un aliviadero de abanico diseñado para evacuar un gasto de 2300 m³/s, a pesar de que como es conocido estas estructuras son muy extensas en plan-

ta y requieren contar con un ancho muy considerable de aproximación. En este caso ello se logró aprovechando la presencia de una ligera elevación entre el hombro derecho de la cortina y uno de sus diques auxiliares, en la que el aliviadero se insertó perfectamente a un centenar de metros de ambos terraplenes y por lo tanto, sin interesarlos en lo más mínimo.

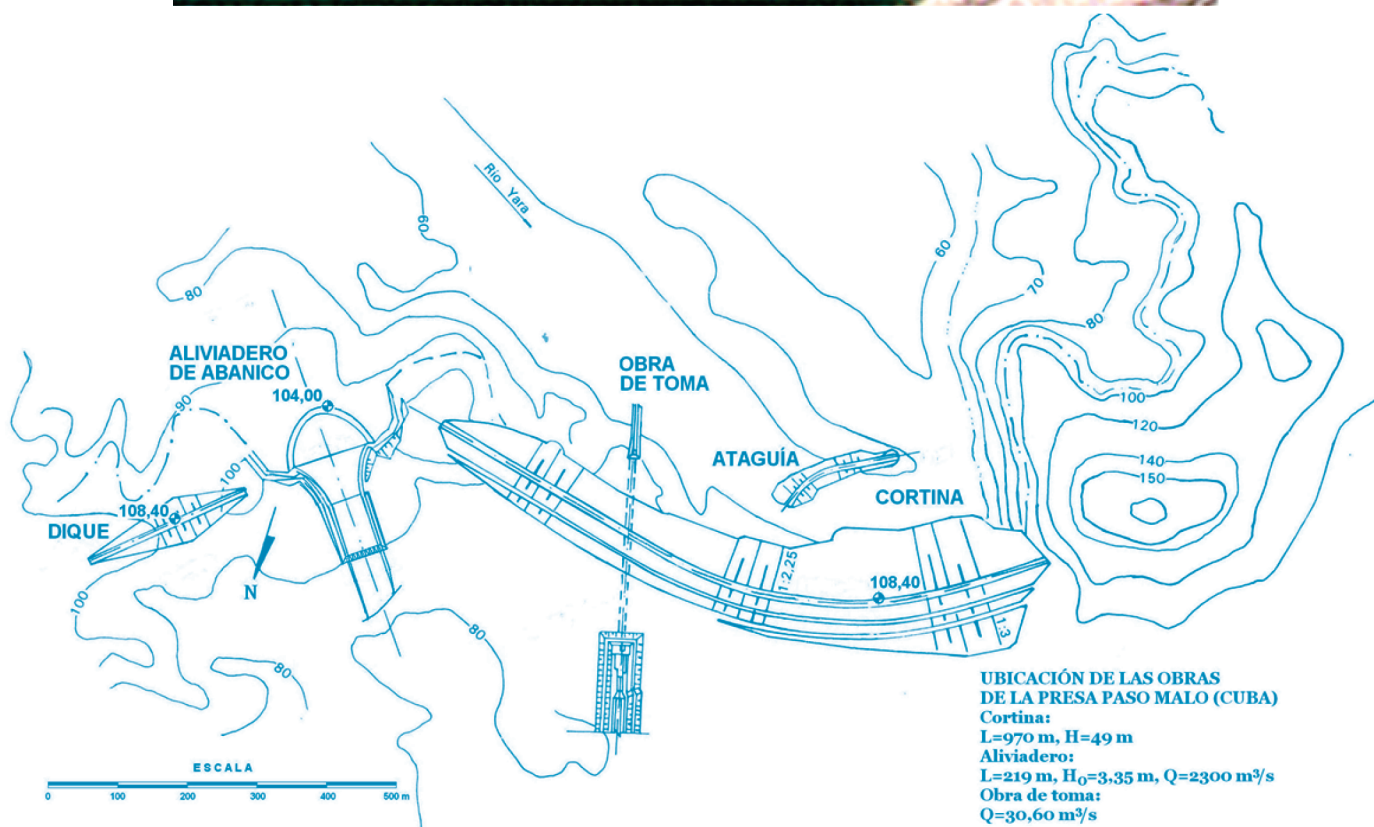


Figura 17.

Por su parte, el plano general de la Figura 18 muestra que la presa Gibara se pudo construir dejando una separación de unos 200 m entre la cortina y el aliviadero, que es de arco y que al igual que en el caso anterior, se consiguió emplazar en una pequeña elevación. En comparación con el caso de la presa El Guamo analizado más arriba, los de las presas Paso Malo y Gibara presentan el atributo

adicional de que la construcción se vio libre de las grandes excavaciones que como se destaca en la Figura 14 caracterizaron aquel caso. En Gibara, además, se agrega la circunstancia de que las entregas por la obra de toma se apartan totalmente y siguen otra dirección, por lo que el aliviadero se convierte prácticamente en la única obra que tributa sus aguas al río aguas abajo de la presa.

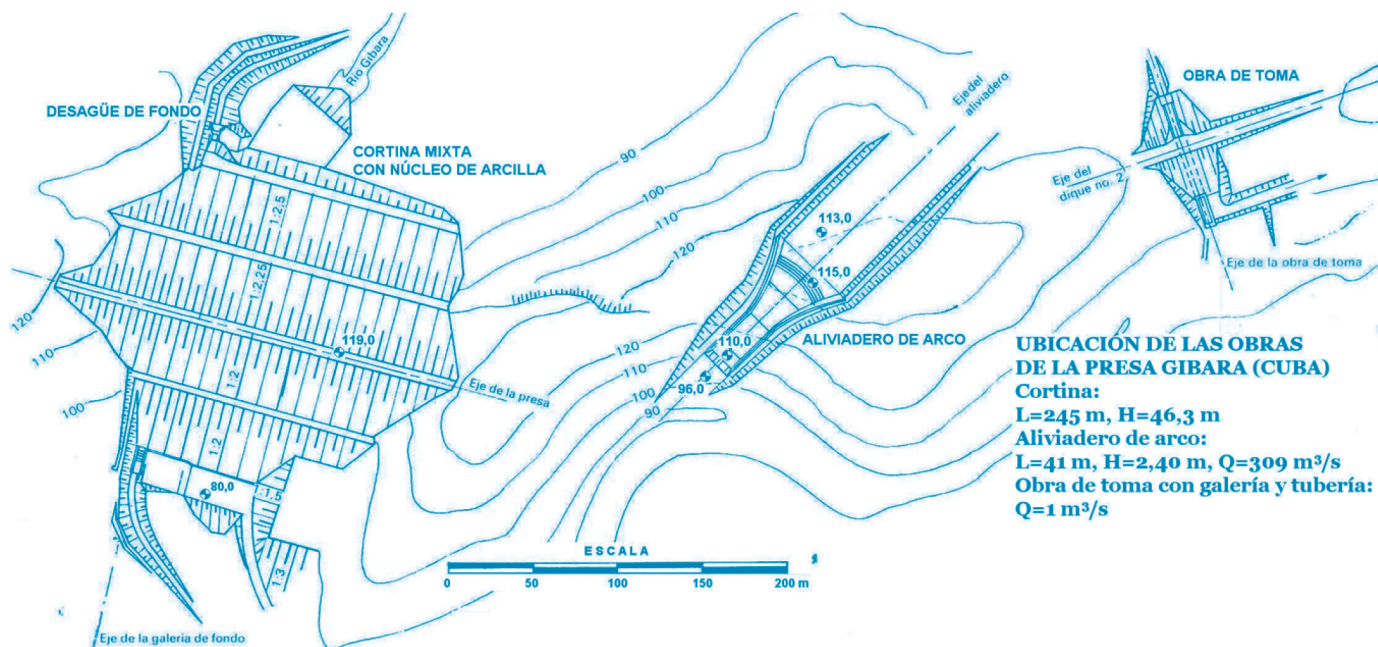


Figura 18.

4.4 En este punto de la exposición conviene hacer notar que tanto en la presa El Guamo, como en Porvenir, en Paso Malo y en Gibara, la argumentada descentralización se potenció por el empleo de un recurso que cuando se presenta en un emplazamiento debe ser aprovechado siempre que se pueda, es decir, que el aliviadero pueda localizarse en una depresión apropiada y quedar separado de la cortina por una elevación, o que pueda practicarse sin grandes excavaciones en una elevación que sea de poca altura y se alcance a suficiente distancia de la cortina. Para que ello ocurra deben darse las favorables circunstancias de que en ambos casos la configuración del relieve permita acceder lo más rápidamente posible al aliviadero desde el embalse, como se cumple en El Guamo y en Paso Malo, donde el acceso es inmediato, y en Gibara, con un tramo de tan sólo 100 m. En caso contrario, deberá ser posible excavar un canal de acceso que resulte más largo pero que sea practicable, como el de Porvenir, con 650 m de longitud.

Si no concurren estas circunstancias, la ubicación de los aliviaderos de margen superficiales que se construyen en las inmediaciones de las cortinas se ve constreñida a cánones más estrechos, y junto con la selección de la ubicación, la del tipo de aliviadero pasa a ser también de primera importancia. Para respaldar esta aseveración, a continuación, se analizarán en secuencia otros casos que en este sentido aparecen muy vinculados entre sí.

4.5 Así, en la Figura 10, que antes se insertó para ilustrar la situación en la presa El Salto, en Cuba, la margen derecha de la presa, donde se decidió construir el aliviadero auxiliar, continúa ganando en altura, lo que impedía que aquél se pudiera ubicar en algún lugar localizado más a la izquierda en el plano. En circunstancias como ésta, lo único aconsejable es tratar de ubicar el aliviadero allí donde, a la par que se logre un acceso adecuado del flujo al vertedor, se minimicen tanto las excavaciones como la altura de los muros de contención que necesariamente habrán de limitar lateralmente el tramo de entrada de la estructura. Si el terreno de la margen se acuesta cada vez más, como en este ejemplo, en muchos casos se logrará, como prácticamente se consiguió aquí, implantar el aliviadero más allá del extremo del hombro de la cortina, o en un punto donde este último ya se haya convertido en un dique de altura poco significativa. Aunque en el caso anterior esta ventaja se benefició aún más por el hecho de que esta presa, como se hizo notar antes, requiere un simple aliviadero auxiliar en canal natural con badén, no debe pensarse que las soluciones de este tipo se consiguen únicamente cuando las estructuras son muy pequeñas. En respaldo de esta afirmación, la Figura 19 muestra una ubicación en planta muy similar a la anterior en el caso de la presa La Estancia, en Venezuela, que se ha equipado con un aliviadero de batea con rápida, transición vertical con deflectores al pie de ella (*chutes*), bloques de impacto y umbral a la salida del estanque amortiguador, y que evacua $661\text{ m}^3/\text{s}$ bajo una carga de 3,00 m.

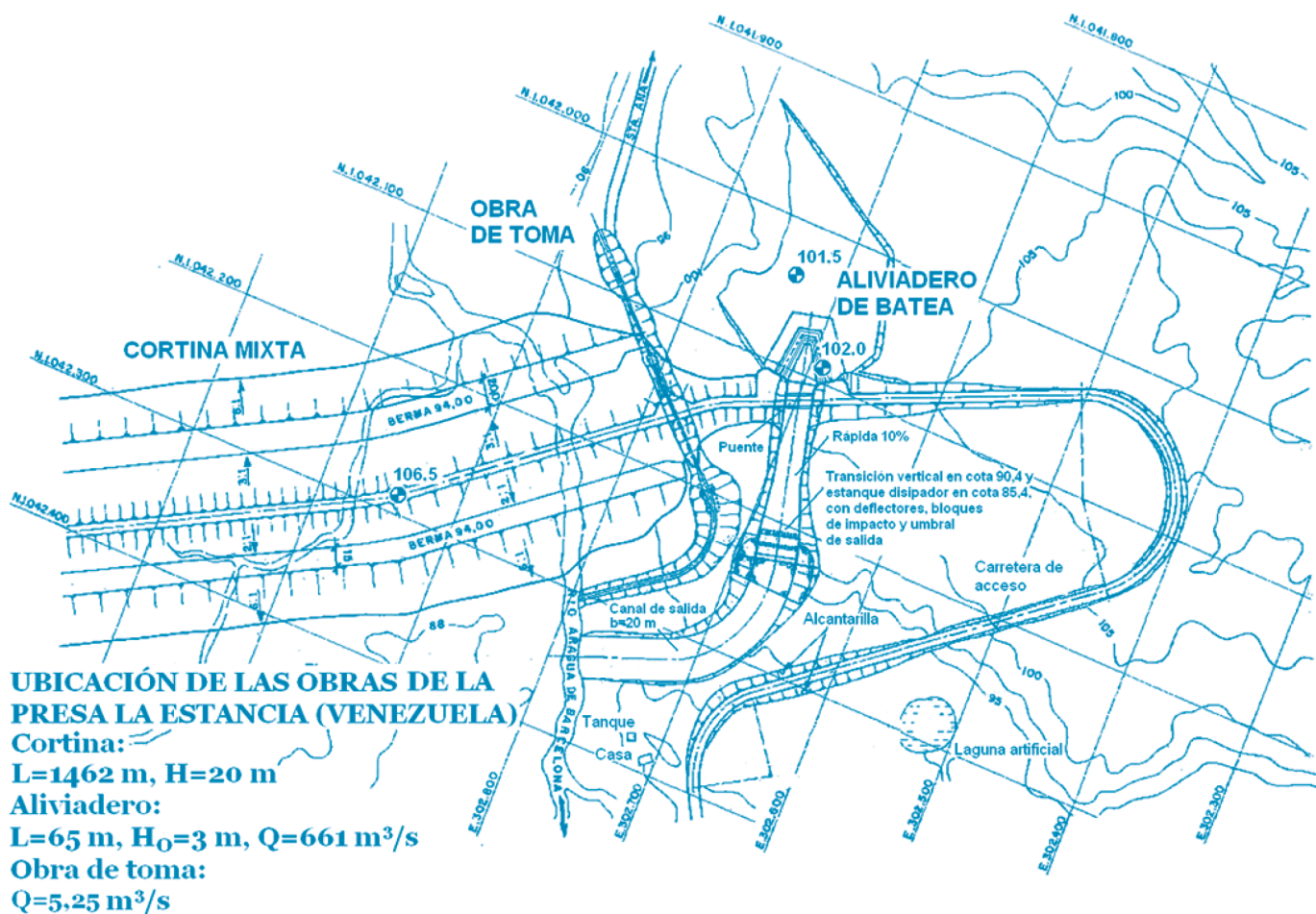


Figura 19

Los aliviaderos de las presas El Mate (Carlos Manuel de Céspedes), La Yaya y Canasta (Protesta de Baraguá), en Cuba, participan de esta misma ventajosa ubicación relativa, aún cuando son de mucha mayor envergadura.

El primero, que ha sido incluido en la Figura 20, constituyó una solución avanzada, con vertedor en arco, transición en régimen supercrítico, rápida en estrechamiento y trampolín en expansión que fue equipado con deflectores en su borde de salida. Fue diseñado y comprobado experimentalmente en la antigua URSS a comienzos de los años 60s y permite evacuar 2080 m³/s con una carga total de 3,83 m. Como se puede apreciar en la foto superior de la figura, el hecho de que se lograra ubicar el aliviadero en el extremo mismo de la cortina permitió que la altura de los muros de contención que limitan los extremos del vertedor fuera prácticamente la mínima indispensable para albergar la altura de la lámina de vertimiento y los incrementos correspondientes a la protección contra el oleaje, y que a partir de esos puntos, los muros tuvieran la altura mínima necesaria para contener la variación de los tirantes de circulación a lo largo de la estructura. Estas características, unidas a la solución muy apropiada que se dio al tramo de acceso, hacen de este caso un ejemplo muy exitoso de ubicación.

En cuanto al de la presa La Yaya, que se presenta en la Figura 21 y pertenece a una presa de 870 m de longitud,

es uno de los mayores aliviaderos de abanico en el país, evacua un gasto de diseño de 3500 m³/s por sobre un vertedor con 245 m de longitud de cresta y como se puede observar, a pesar de contar con una extensión muy considerable en planta, se consiguió emplazar sin provocar grandes excavaciones en el acceso ni en la zona que se extiende más allá del hombro izquierdo de la cortina, con la que se enlaza mediante un inteligente aletón curvo que constituye una prolongación del muro derecho de la transición.

Por último, en la Figura 22 se puede apreciar cómo esta ventajosa ubicación relativa se logró también en un caso tan inusual como el de la presa Protesta de Baraguá (Canasta), construida en 1980 y donde al optar por un sistema de aliviaderos de abanico que evacuan 8100 m³/s con 4,00 m de carga de vertimiento, se argumentó la conveniencia de construirlos en este caso no sólo en una misma margen del cierre (la izquierda), sino también en posiciones contiguas entre sí, lo que requirió una investigación sumamente detallada y la modelación de la red de flujo en el acceso a las estructuras. Con una longitud y una altura de 876 m y 35 m, la presa es mixta, revestida con losas, y cuenta con dos obras de toma, una en cada margen, que en conjunto entregan 70 m³/s.

También fue exitosa la ubicación del aliviadero Vicana de la Figura 23, que como ya se expuso fue diseñado por el

autor, con una carga de 3,32 m, un gasto de 685 m³/s y la configuración en planta típica de los aliviaderos de semiabánico, pero inaugurando el empleo de los trampolines con rampas de distinta pendiente a los que ya se hizo referencia, así como de los vertedores con vacíos de perfil oval (Velazco, 1980d, 1998). El éxito logrado con ambas innovaciones hizo que casi de inmediato se emplearan también por el autor para diseñar por analogía el aliviadero San Andrés (Velazco, 1981a), que tiene idéntica configuración y longitud de vertimiento, pero una carga y un gasto limitados a 2,70 m y 576 m³/s, y que en lugar de salvar una diferencia de nivel de 17 m entre la cresta del vertedor y el trampolín, como en Vicana, presenta una diferencia de tan sólo 5,70 m, pues carece prácticamente de una rápida (*Embalses Cubanos*, 1988).

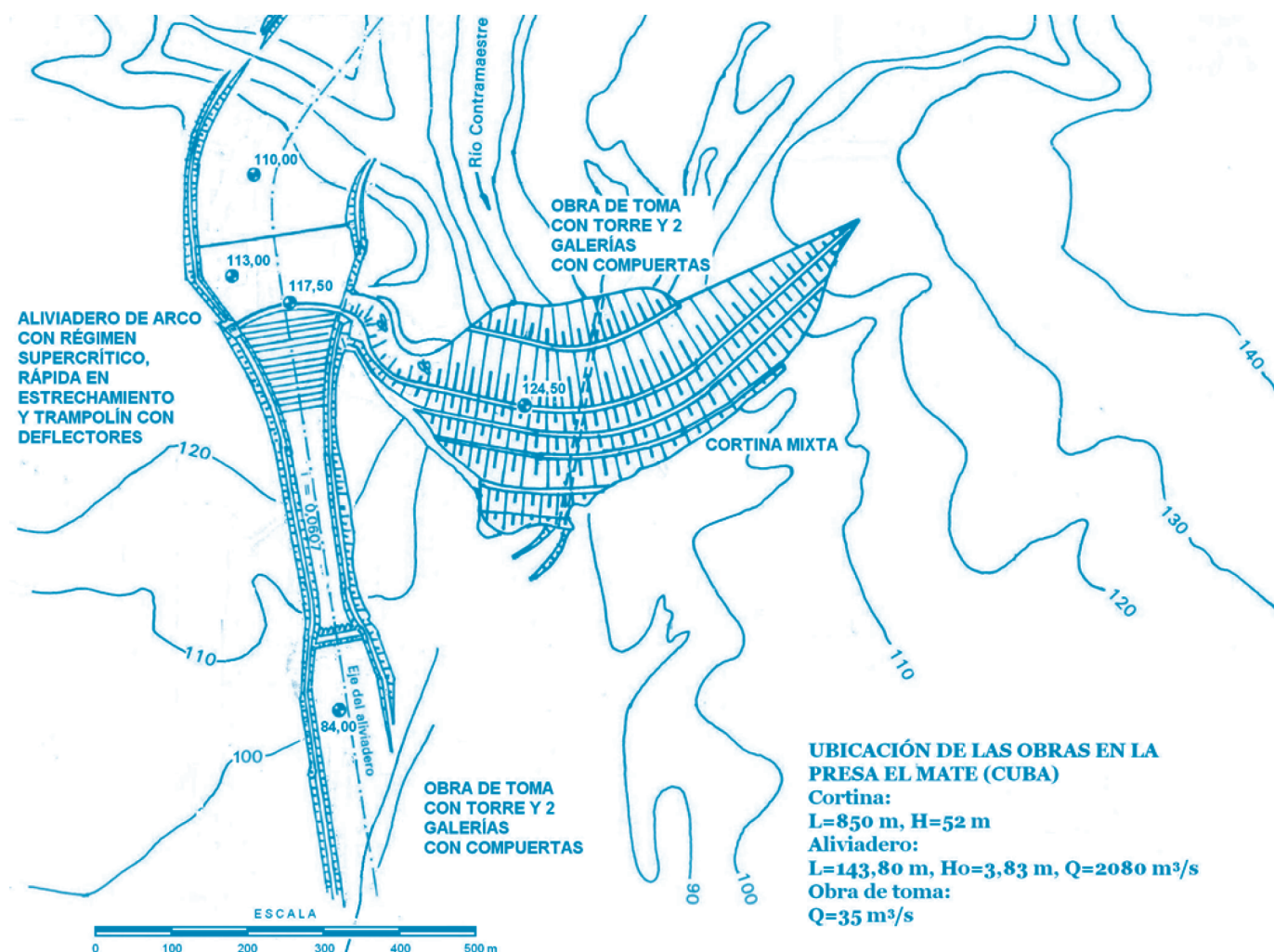


Figura 20.

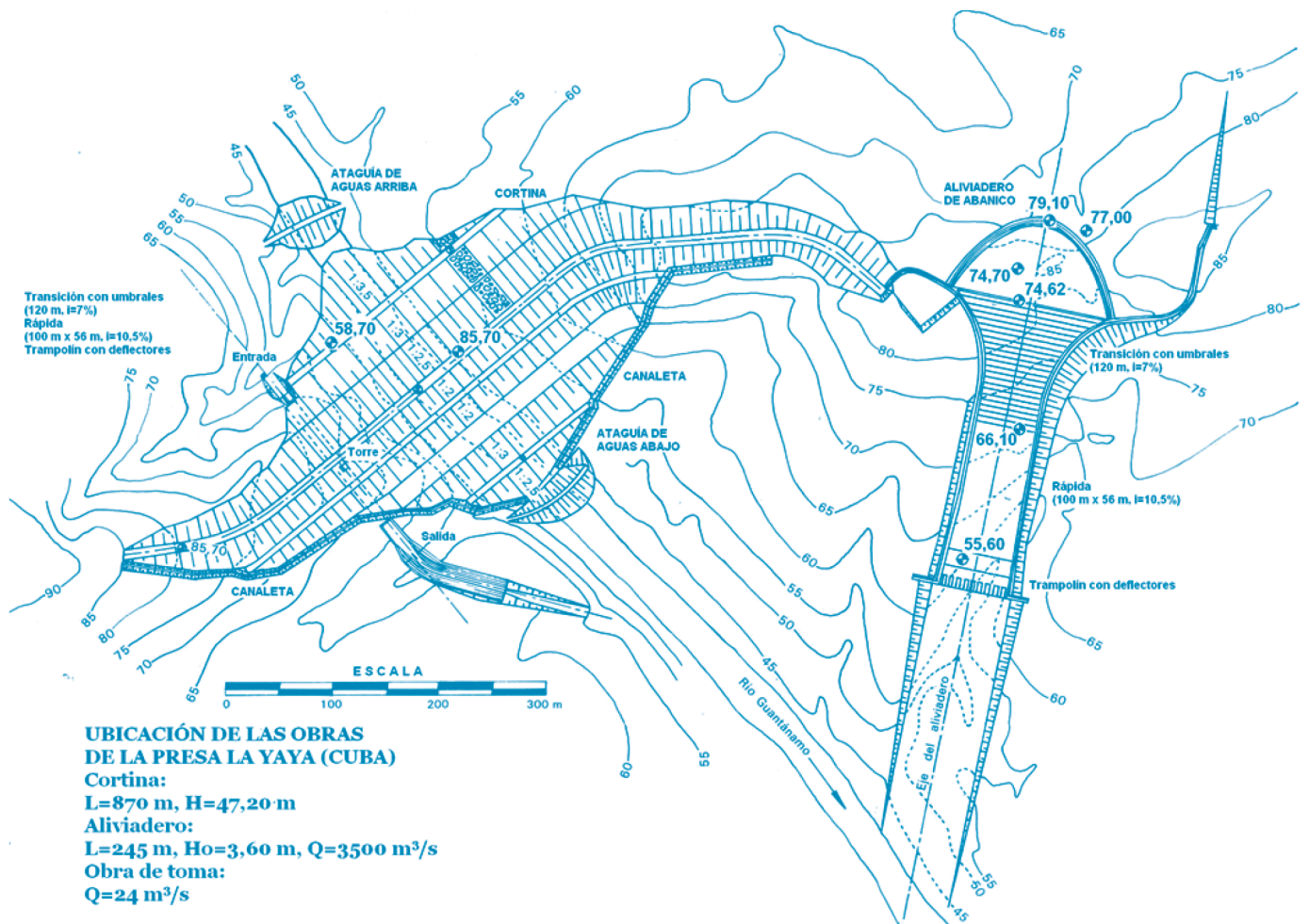
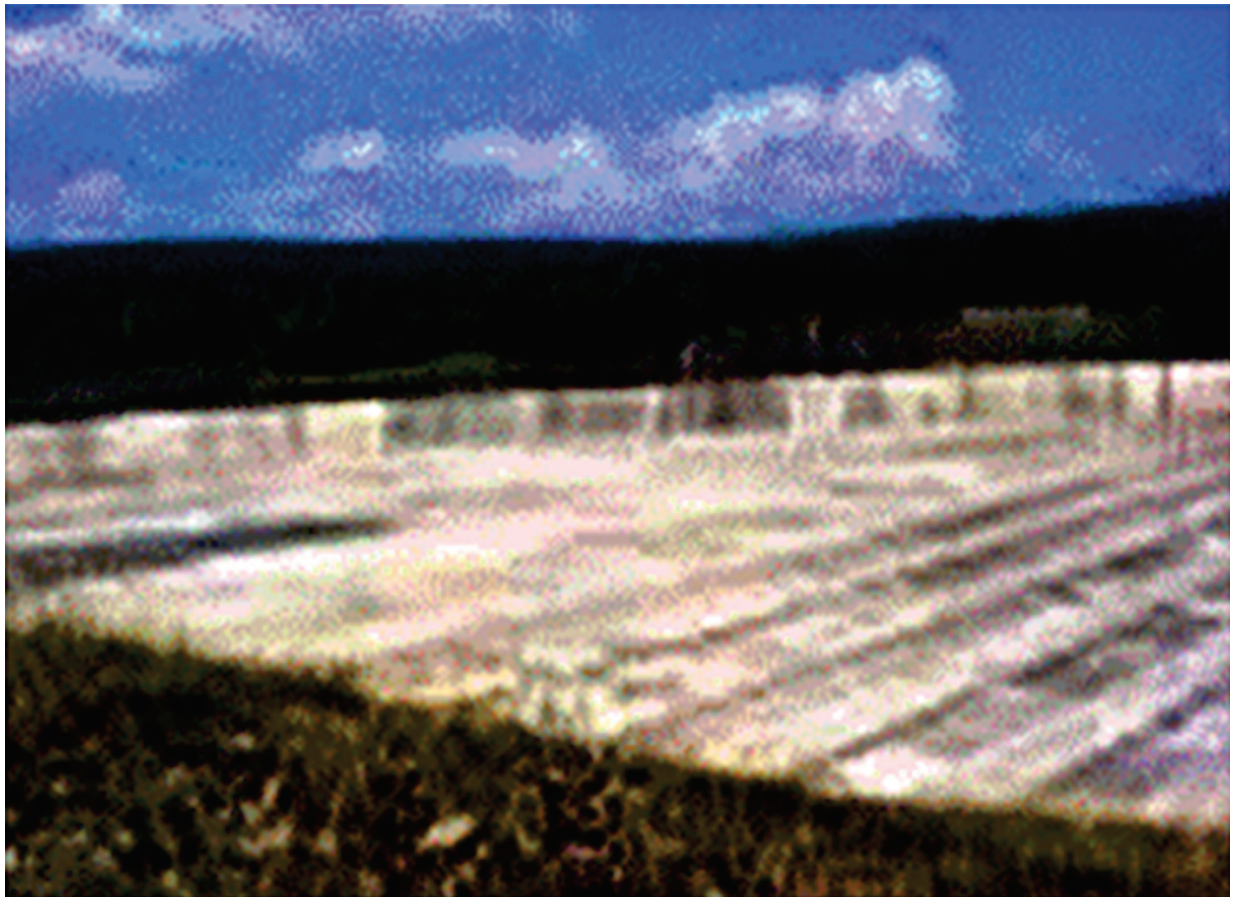


Figura 21.

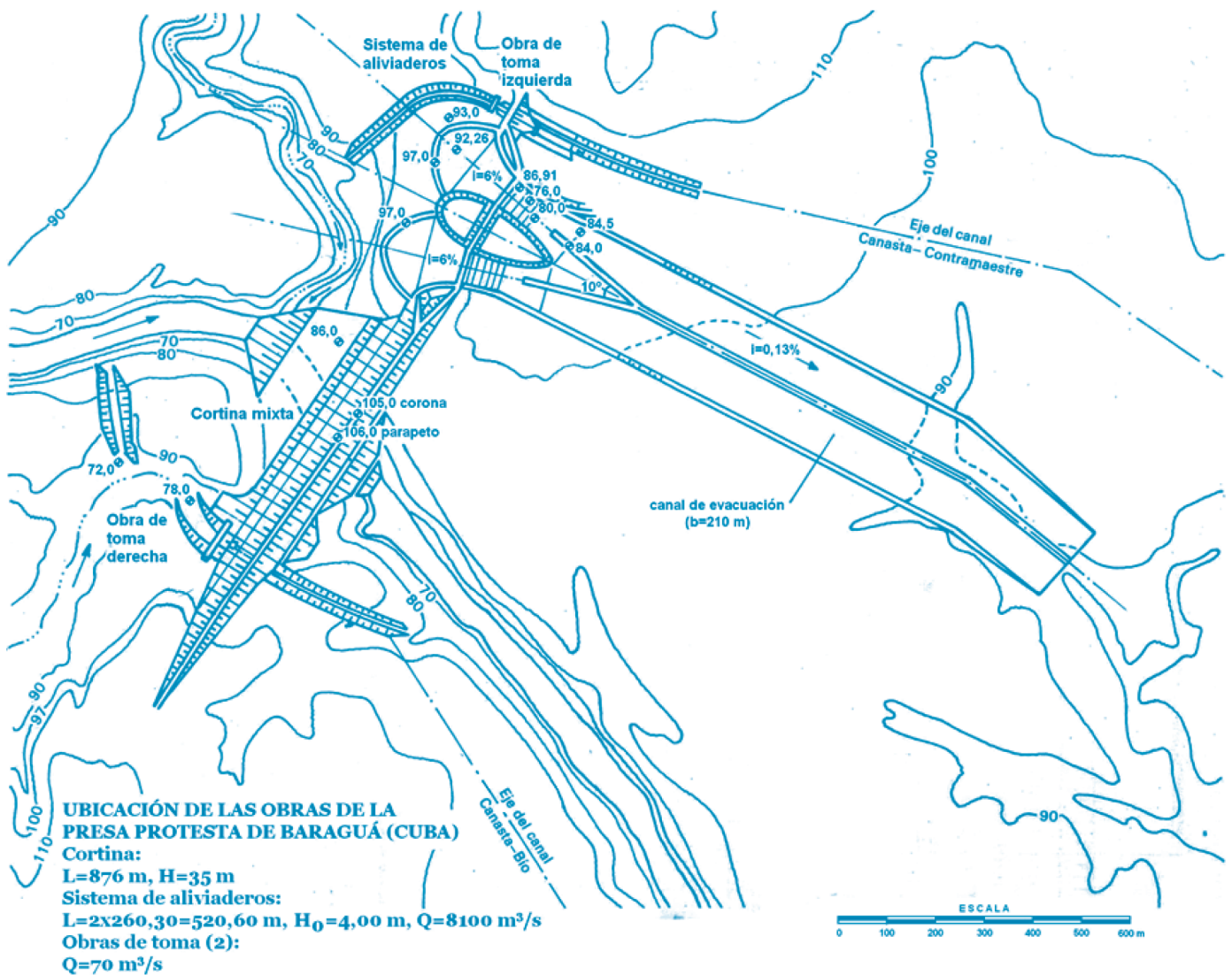


Figura 22.



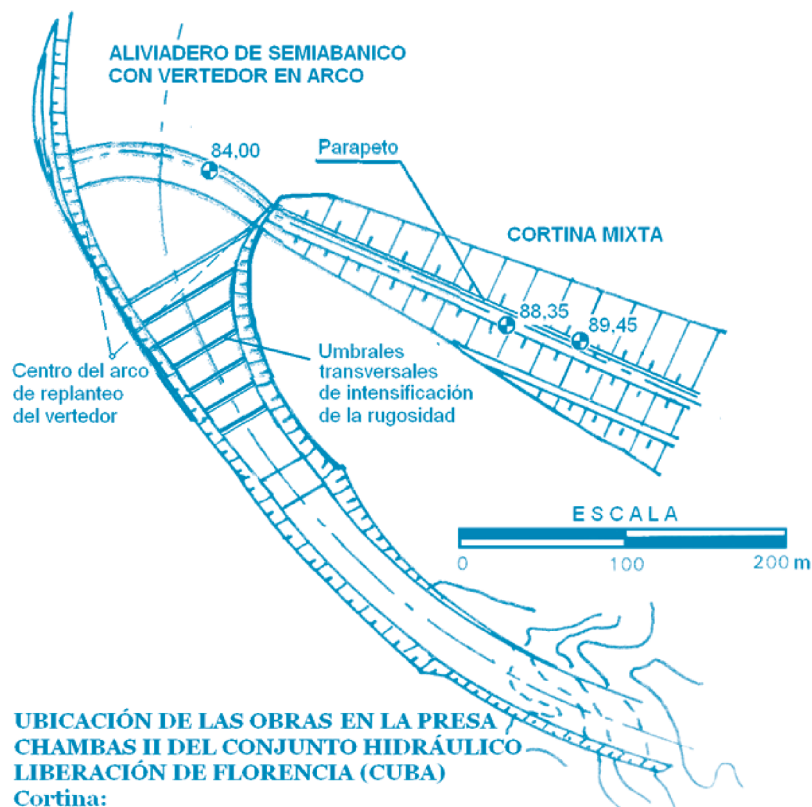
Figura 23.

Como se desprende de la Figura 23, en el caso de la presa Vicana, a pesar de la limitada topografía del lugar y de la imposibilidad de emplazar en ella un aliviadero de configuración extendida y simétrica como la de los abanicos, se logró ubicar sin embargo la mencionada estructura de semiabanico justamente a continuación de la cortina, que como en los casos anteriores no quedó comprometida, al tiempo que la estructura se orientó de modo que se redujeran al mínimo las excavaciones en la zona más alejada de la margen del tramo de acceso, y que el canal de salida divergiera del cauce del río, evitando así la formación de socavaciones cerca del pie de la presa.

4.6 En el siguiente caso, sin embargo, de la presa Chambas II, a la que tributan las aguas de la Chambas I (Cañada Blanca) para integrar el Conjunto Hidráulico Liberación de Florencia, y por cuyo aliviadero se eliminan las excedencias de ambos embalses, se hizo evidente, como se aprecia en la foto superior de la Figura 24, el notable aumento que experimenta la altura del terreno más allá del extremo del hombro derecho de la cortina. En condiciones como ésta la ubicación de un aliviadero típico de arco o de abanico ya se hace impracticable por el costo prohibitivo de las excavaciones que se generarán a lo largo del contorno más alejado de la cortina. En la obra en cuestión, incluso la construcción de un aliviadero de semiabanico como, por ejemplo, el Vicana, resultaba en extremo comprometida por las grandes excavaciones que de todos modos se provocarían, en ese caso, hacia el extremo de aguas arriba de su muro interior.

La solución que se muestra en la Figura 24 fue adaptada por el autor (Velazco, 1983c) a partir de la que había desarrollado por vía teórica y comprobaciones y ajustes experimentales para diseñar (Velazco, 1981e) el aliviadero que se construyó en la República de Nicaragua en la presa Las Canoas, que con una capacidad de almacenamiento de 143 hm^3 se levantó en 1983 sobre el río Malacatoya y es alimentada también por los ríos El Barco y Fonseca y por un centenar y medio de pequeños tributarios. La foto de la Figura 25 muestra este aliviadero en situación de vertimiento con motivo de las abundantes precipitaciones que impactaron el territorio de ese país en el mes de agosto del año 2010.

El diseño en cuestión consiste en mantener las relaciones básicas que describen en los semiabanicos el tramo de transición y la rápida, pero sustituyendo totalmente la planta oval del vertedor de estos últimos por el trazado de un arco que resulte coherente con dicha configuración, pero que se oriente de modo que el extremo del tramo de acceso, en lugar de adentrarse en el terreno, se aleje cada vez más de este último. La solución lograda, que puede calificarse como de un *aliviadero de semiabanico con vertedor en arco*, resultó totalmente exitosa en ambos casos, y en Chambas II viabilizó decisivamente la ejecución de la estructura, que evacua $1580 \text{ m}^3/\text{s}$ bajo una carga de $3,25 \text{ m}$ y cuyas significativas dimensiones se pueden comparar en la foto de la Figura 24 con las de algunos de los equipos que intervinieron en su construcción.



UBICACIÓN DE LAS OBRAS EN LA PRESA CHAMBAS II DEL CONJUNTO HIDRÁULICO LIBERACIÓN DE FLORENCIA (CUBA)

Cortina:

L=2404 m, H=23 m (en Chambas I: L=1300 m, H=34.35 m)

Aliviadero:

L=120 m, $H_0=3,25 \text{ m}$, $Q=1580 \text{ m}^3/\text{s}$

Obra de toma con compuertas:

$Q=25,90 \text{ m}^3/\text{s}$ (en Chambas I: $Q=22,50 \text{ m}^3/\text{s}$)

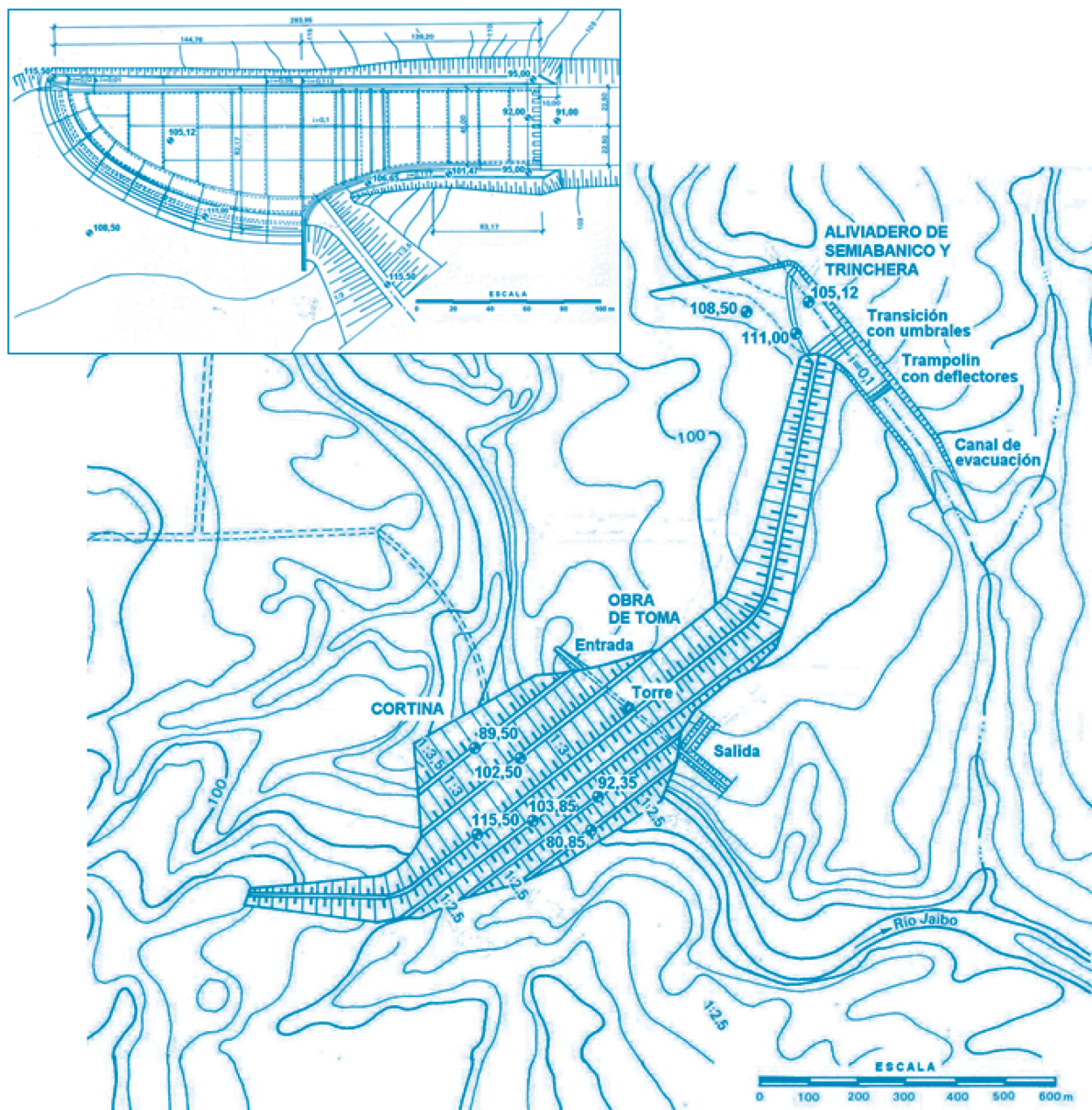
Figura 24.



Figura 25. Aliviadero de semiabanico con vertedor en arco de la presa las canoas sobre el río Malacatoya (Nicaragua).

4.7 Hay que hacer notar, sin embargo, que por su concepción novedosa el diseño anterior se apartó del camino seguido tradicionalmente en Cuba en aquellos casos en que para emplazar el aliviadero se ha contado con una ladera empinada que limitara el ancho del frente de evacuación, de modo que la adopción, por ejemplo, de un semiabanico habitual, constreñido para que en él se cumplieran las relaciones estándares establecidas entre sus dimensiones, habría conducido necesariamente a una longitud de vertimiento inferior a la deseada. Para salvar este obstáculo la vía más socorrida ha sido la que se empleó, por ejemplo, en 1979 en el aliviadero de la presa Jaibo que se muestra en la Figura 26, donde

la configuración sigue un cuarto de elipse y remeda la planta oval de los semiabanicos, pero es tan alargada que su comportamiento hidráulico se aproxima en realidad mucho más al de un aliviadero de trinchera. En efecto, si a lo largo de la pared interior de los semiabanicos estándar se mide la longitud que media entre el vértice o punto más alejado de la cresta, y el punto que se forma al proyectar sobre dicha pared la intersección entre la cresta y el aletón, y si se establece además el ancho dado por la distancia que se crea entre dicha intersección y su proyección, se obtendrá que la relación entre la primera y la segunda de estas dos dimensiones características es igual a 1,05.



**UBICACIÓN DE LAS OBRAS
DE LA PRESA JAIBO (CUBA)**

Cortina: $L=1865$ m, $H=48$ m

Aliviadero: $L=180,24$ m, $H_0=3,20$ m, $Q=2100$ m³/s

Obra de toma: $O=12$ m³/s

Figura 26.


En el aliviadero Jaibo, sin embargo, como se observa en la planta que se ha insertado en la mencionada Figura 26, estas distancias (que en este caso pasan a representar simplemente las longitudes de los semiejes de la elipse con que se trazó la cresta de dicho aliviadero) son iguales a 144,76 m y 82,17 m, por lo que su cociente resultó igual a 1,76, superó el establecido antes para los semiabanicos y provocó consecuentemente que con el ancho dado del frente de vertimiento se alcanzara un incremento sustancial de la longitud de vertimiento, que llegó a 180,24 m y permite evacuar con una carga de 3,20 m un gasto de diseño de 2100 m³/s. El aliviadero Gota Blanca, por su parte, se construyó en 1993 con un diseño que en este sentido es casi idéntico al del anterior, una longitud de 181,40 m, una carga de 3,40 m y un gasto de 2320 m³/s. Se cuenta además con casos cercanos, entre otros, en los aliviaderos de las presas Baracoa y Pinillos. Sin embargo, en el primero la planta es también elíptica, pero con una relación mucho mayor entre los semiejes, igual a 85,80/31,90=2,69, y en el segundo es parabólica, lo que elevó dicho cociente a 108,00/35,00=3,09, como se pudo precisar durante la realización de estudios recientes que permitieron fijar respectivamente en 244 m³/s y 237 m³/s los gastos actualizados de diseño de estas dos estructuras (Velazco, 2008a, 2008c). Por lo expuesto, casos como estos últimos se inscriben ya por derecho propio entre las trincheras, mientras que, a falta de una designación mejor, al hacer referencia a las estructuras que se analizaron más arriba se les puede denominar *aliviaderos de semiabanico y trinchera*.

(Continúa en la Parte 3).

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su reconocimiento a todos los que han colaborado de una u otra forma con el acopio de la información que se brinda en la presente contribución, así como con el desarrollo de las investigaciones, estudios, proyectos y otros resultados que se exponen en ella.

BIBLIOGRAFÍA DE LA PARTE 2

- **Embalses (2008)** Archivo digital interactivo, Dirección de Obras Hidráulicas, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, ago.
- **Embalses Cubanos (1988)** Colectivo de autores. Instituto de Hidroeconomía, La Habana, dic.
- **Velazco, E. (1980d)** *Diseño hidráulico e investigación experimental del aliviadero Vicana*, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1981a)** *Diseño hidráulico por analogía del aliviadero San Andrés*, Instituto de Hidroeconomía.
- **Velazco, E. (1981e)** *Diseño hidráulico e investigación experimental del aliviadero de semiabanico modificado Las Canoas, en la República de Nicaragua*, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1983c)** *Diseño hidráulico del aliviadero de abanico Chambas II*, Instituto de Hidroeconomía, La Habana.
- **Velazco, E. (1998)** *Vertedor con vacíos*, Certificado de Autor No. 22537 (3/8/98) de la Oficina Cubana de la Protección Industrial, La Habana.
- **Velazco, E. (2008a)** *Actualización aliviadero presa Pinillos*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, abr.
- **Velazco, E. (2008c)** *Actualización aliviadero presa Baracoa*, Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos Habana, La Habana, ago.
- **Velazco, E. y R. Santos (1986)** *Diseño teórico experimental de trampolín con esviaje y escalones longitudinales de distinta pendiente, en el aliviadero del conjunto hidráulico Moa*, Laboratorio de Modelos Hidráulicos, La Habana. 



REHABILITAR PARA SECTORIZAR O VICEVERSA. ¿QUÉ HACER? LA SECTORIZACIÓN DE REDES DE ABASTO UTILIZANDO EL ÍNDICE DE RESILIENCIA¹

 voluntad
HIDRAULICA

CIENTÍFICO TÉCNICO

RESUMEN

El presente trabajo forma parte de un procedimiento general que contribuye a la realización de proyectos para la rehabilitación e intervención constructiva en los sistemas de acueductos. En este artículo se responde a la disyuntiva de qué hacer ante la necesidad de rehabilitar una red de abasto. Si bien, se conoce a través de una revisión acerca del estado del conocimiento y de la práctica en países de la región iberoamericana, resulta habitual sectorizar la red para luego tomar decisiones acerca de las zonas a rehabilitar. En Cuba, sin embargo, en la mayoría de los casos se procede a la inversa. En este sentido, el artículo incorpora un procedimiento específico que posibilita cumplir con el objetivo propuesto, incorporando conceptos como sectorización y análisis energético de la red a través del índice de resiliencia y el coeficiente de uniformidad.

Palabras claves: redes de abasto, rehabilitación de redes, sectorización, análisis energético de la red, resiliencia y coeficiente de uniformidad de la red.

INTRODUCCIÓN

La rehabilitación de una red de abastecimiento de agua es una necesidad impostergable en el tiempo si se quieren mantener niveles aceptables de eficiencia en el servicio. En este sentido, la cuestión radica por una parte en la naturaleza de la intervención constructiva que se pretende acometer, ya sea de renovación total o parcial y con o sin ampliación de la red y por otra parte su justificación técnica y económica.

Una revisión sobre el estado del conocimiento y de la práctica sobre el tema de referencia confirma que varios países de la región iberoamericana dedican determinados presupuestos a mantener la vitalidad del servicio, asunto que acometen con acciones puntuales y sistemáticas. Sin embargo, en Cuba ha sido práctica casi generalizada la de asignar presupuestos para acometer inversiones que poseen generalmente un carácter de renovación total con ampliación de sus redes.

Esta situación no siempre ha traído los resultados esperados en el tiempo planificado. El mencionado proceder cubano conlleva a la utilización de cuantiosos recursos financieros y materiales lo que adquiere especial relevancia una vez que se conoce que las necesidades en tal sentido son numerosas.

Conforme a lo anterior, el objetivo principal del presente artículo consiste en presentar un procedimiento específico para concebir la rehabilitación de un acueducto a partir de su sectorización previa, y que incorpore, en co-

¹ Autores: Dr. C.T. Ing. Antonio Monzón Sánchez. Especialista principal. EIPH-VC. Correo electrónico: monzon@vc.hidro.cu MSc. Ing. Juan D. Quintana Camacho. Especialista principal. EIPH-VC. Correo electrónico: quintana@vc.hidro.cu e Ing. Alberto Porto Varona. Asesor Presidencia INRH. Correo electrónico: porto@hidro.cu

responsabilidad con el estado del conocimiento internacional reciente, el concepto de resiliencia y del coeficiente de uniformidad de la red, como una vía para evaluar el comportamiento energético de la red de abasto, término escasamente utilizado en el sector hidráulico cubano.

Resulta pertinente en consecuencia con los objetivos que se persiguen en el presente documento, esclarecer estos dos (2) conceptos relacionados con la sectorización de redes de abasto. Así, la sectorización consiste en la delimitación hidráulica de las redes de distribución de agua potable y el cierre de sus mallas internas, para ejercer mayor control operativo de parámetros como la presión, la continuidad, y la calidad del agua distribuida, lo que posibilita el establecimiento de un programa de control de agua no facturada. Este concepto se da a conocer por primera vez en la década de 1980 en Inglaterra por parte de la Asociación de Autoridades de Agua. Sin embargo, no puede ignorarse que la sectorización aumenta la vulnerabilidad de la red.

Por su parte, el concepto de resiliencia fue introducido por Todini (2000) y está basado en que las pérdidas de energía de la red aumentan cuando la demanda se incrementa u ocurren fallos en la red. Por tanto, es deseable proporcionar más potencia en cada nodo, de modo que exista un superávit suficiente de potencia para ser disipado en caso de fallos o incrementos aleatorios de la demanda. Así, la resiliencia hace referencia a la energía excesiva presente en la red. Matemáticamente, está dado por la relación entre el exceso de potencia por unidad de peso que es proporcionado a la red y la máxima potencia por unidad de peso que podría ser disipada internamente por la red sin dejar de satisfacer la presión mínima necesaria.

DESARROLLO

El procedimiento específico que se explica a continuación tiene como antecedente un diagnóstico integral del sistema de abasto que posibilita entre otras cuestiones la de contar con un plano de las redes existentes y con un resultado muy preliminar de aquellas tuberías que en un principio deben ser sustituidas ya sea por incapacidad para conducir el caudal de diseño de la red o porque su mal estado técnico es evidente y no se necesitan de estudios adicionales² para su determinación.

En la Figura 1 se muestra el procedimiento específico para llevar a cabo la sectorización de una red de abasto. Una descripción de este se muestra a continuación:

- Paso 1: luego de gestionar la información básica de la red de abasto y cumplido el paso del diagnóstico de la

misma, debe procederse a realizar aquellos cambios imprescindibles para realizar la propuesta de sectorización de la red que se realiza en este propio paso teniendo en cuenta los criterios de la Tabla 1.

- Paso 2: en este paso se realiza una simulación hidráulica preliminar de la red ya sectorizada, realizándose tantas simulaciones hasta que los caudales entregados y las presiones resultantes resulten acorde con las normas vigentes (NC 53-121 y NC 969).
- Paso 3: la sectorización propuesta además de garantizar la demanda de los nodos de la red con las presiones exigidas por las normas vigentes, deben cumplir con las exigencias del índice de resiliencia y del coeficiente de uniformidad de la red según valores del Paso 3 de la Figura 1. Las fórmulas que se aplican en cada caso son:

Para el índice de resiliencia:

$$I_r = \frac{\sum_1^n q_i (H_i - H^*)}{\sum_1^{ne} Q_e H_e + \sum_1^{nb} P_i - \sum_1^n q_i H_i}$$

Donde:

q_i = caudal requerido en cada nodo en L/s.

n = cantidad de nodos de la red o del sector de que se trate.

H_i = cota piezométrica real en el nodo i en m.

H^* = cota piezométrica de diseño (requerida) en el nodo i en m.

Q_e = caudal entregado desde el embalse i hacia la red o el sector de que se trate en L/s.

H_e = cota piezométrica en el embalse i en m.

n_e = número de embalses que abastecen a la red.

n_b = número de estaciones de bombeo que alimentan la red.

P_i = potencia suministrada desde la estación de bombeo i a la red.

Para el coeficiente de uniformidad de la red:

$$CU = \frac{\sum_{j=1}^n P_j}{n \cdot \max[P_j]}$$

Donde:

n = número de nodos de la red.

P_j = presión en cada uno de los nodos de la red.

Ambas herramientas, resultan muy útiles y de aplicación creativa como instrumentos de apoyo a la sectorización, no obstante, y sin entrar en contradicción con los autores de tales herramientas, resulta pertinente destacar que:

- El índice de resiliencia es una característica propia de cada red de abasto, el mismo resulta variable durante el día y decrece con el tiempo. En este sentido, en

² Se recomienda la utilización de los métodos multicriterios para la toma de decisiones. Este método aparecerá en futuras publicaciones de los autores.

principio se considera apropiado el umbral mínimo de 0,50 para el régimen permanente de operación de la red en su año horizonte, sin embargo, el límite superior debería adoptarse a consideración del proyectista teniendo en cuenta el efecto económico que su aumento ocasiona.

- La principal crítica a este índice, fue realizada por Jayaram and Srinivasam (2008), quienes afirman no sin razón, que el hecho de que las estaciones de bombeo y los tanques se sitúen en el denominador provoca que el índice de resiliencia disminuya cuando debería suceder lo contrario. No obstante, la fórmula de Todini continúa siendo universalmente aceptada.
- Por su parte, para el coeficiente de uniformidad, el valor mínimo fijado de 0,90 puede resultar para determinadas tipologías una restricción severa en el di-

seño, por lo que se propone en principio un valor de 0,70, derivado de un conjunto de simulaciones realizadas donde con este valor promedio sus resultados son apropiados. Este asunto, requiere sin dudas de un análisis de mayor profundidad.

- Paso 4: se elige un sector piloto y se implanta la sectorización propuesta.
- Paso 5: se inicia el proceso de explotación de la red bajo las nuevas condiciones de diseño y continúa el proceso de rehabilitación sistemática de la red bajo los presupuestos del mantenimiento de la empresa operadora del sistema.
- Paso 6: en este paso se extiende el proceso de sectorización y explotación hacia el resto de los sectores de la red.

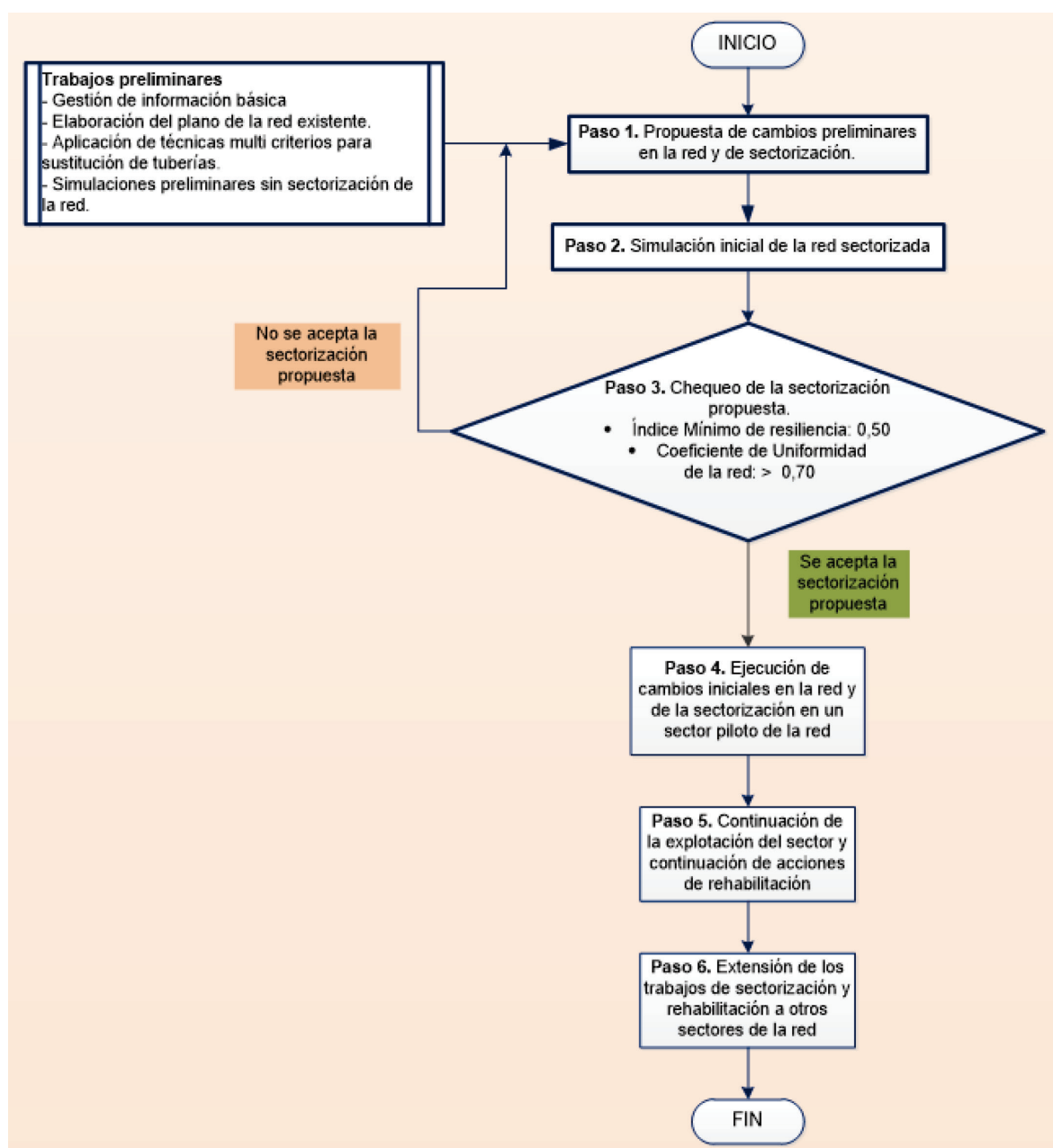


Figura 1. Procedimiento específico para la sectorización de la red.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Criterios para la sectorización de redes según varios autores

	Variable	Criterios básicos para la sectorización	Valor	País
1	Área del sector	Para densidades altas: entre 10 y 15 ha/sector.	Cabrera, E. et al., (1996).	España.
		Densidades bajas: entre 10 y 100 ha/sector.	Cabrera, E. et al., (1996)	España.
		Para densidades altas: entre 10 y 15 ha/sector.	Toxky López, G. (2012).	México.
		Densidades bajas: entre 20 y 100 ha/sector.	Toxky López, G. (2012).	México.
		< 3 km ² = 300 ha	Vargas Escobar, M.V (2001)	Perú
2	Previsión de la alimentación	Entre uno (1) y dos (2) puntos.	Cabrera, E. et al., (1996)	España.
3	Velocidad máxima	1,50 m/s a la entrada del sector.	Cabrera, E. et al., (1996)	España.
4	Seccionamiento de las tuberías que atraviesan el sector	En D>100 mm cerrar tuberías que crucen sectores, en D≤ 100 mm, cortarse y taponar.	Vargas Escobar, M. V (2001)	Perú.
5	Número de usuarios/sector	Entre 400 y 4 000 usuarios.	Marchán Peña, J. y Rojas Hernández, G. (2006).	Perú.
6	Longitud promedio de la red	Entre 4 y 30 km de longitud de redes	GIZ et al., (2011) ápod Campbell González, E. (2013)	España
7	Número de acometidas	Entre 500 y 3 000 acometidas por sector.	Thornton et al., (2008) ápod Campbell González, E. (2013)	España
8	Velocidad	Entre 0,6 y 2,00 m/s en la red.	Toxky López, G. (2012).	México.
9	Diferencia máxima de nivel	15 m en el sector.	NC 969:2013	Cuba.
10	Número de caudalímetro	Igual al número de sectores.	Campbell González, E. (2013)	España
11	Capacidad de conducción en líneas principales	Capaz de abastecer a otros sectores en condiciones de emergencia.	Sandoval Lucio, F. (2014)	México


CONCLUSIONES

- 1) El tiempo no definido que exige la sociedad cubana para acceder a un suministro de agua estable y seguro es indudablemente menor que el que requiere el INRH para llevar a cabo su actual estrategia de renovación total-sectorización. En este sentido, un cambio radical hacia la sectorización-toma de decisiones soportada en datos y rehabilitación según corresponda constituye una oferta de incuestionable valor y fundamento técnico.
- 2) La sectorización aumenta la vulnerabilidad de la red, por tanto, debe tratarse como un concepto indisolublemente unido al del índice de resiliencia, contribuyendo este último a definir el planteamiento definitivo del concepto de sectorización en las redes de abasto.
- 3) El instrumental metodológico desarrollado constituye una adecuada herramienta para la operación y la ejecución de proyectos de rehabilitación en los sistemas de abasto en Cuba.

RECOMENDACIÓN

El INRH debe incorporar en las normas técnicas que correspondan el índice de resiliencia como una herramienta de revisión y ajuste del proceso de sectorización.

PRINCIPALES REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Alonso Guzmán, C. (2010). Modelo híbrido para la toma de decisiones en programas de rehabilitación de tuberías para sistemas de abastecimiento de agua. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- 2) Araque Fuentes, D.A., Saldarriaga, J.G. (2005). Optimización operacional de redes de distribución de agua potable con el fin de maximizar la uniformidad de presiones en los nodos de consumo. Revista de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes. Colombia.
- 3) Cambell, E., Pérez-García, R., Izquierdo, J., Ayala-Cabrera, D. (2013). Metodología para la sectorización de redes de abastecimiento de agua potable. XII Simposio Iberoamericano sobre sistemas de abasto de agua potable y drenaje urbano. Buenos Aires. Argentina. Disponible en: <http://www.fluing.upv.es/contacto.php>. Consultado en: enero de 2015.
- 4) Nirmal Jayaram, K. Srinivasan. Performance-based optimal design and rehabilitation of water distribution networks using life cycle costing. AGU Publications. Water resources research. Vol. 44. Issue 1. 2008.
- 5) ONN. NC 53-121. Acueducto. Especificaciones de proyectos. 1984.
- 6) ONN. NC 969. Tuberías presurizadas de polietileno. Especificaciones. La Habana. Cuba. 2013.
- 7) Saldarriaga, J. Metodología para la sectorización de redes existentes de distribución de agua potable. Catedra PAVCO UNIANDE. Disponible en: <http://www.pavco.com.co/index.php>. Consultado en: enero de 2015. 2008.
- 8) Saldarriaga, J. Diseño de redes de distribución de agua potable utilizando el concepto de resiliencia. XVIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. Colombia. 2008.
- 9) Todini, E. Looped Water Distribution Network Design using a Resilience Index. Urban Water. Pp. 155-122. 2000.
- 10) Herrera, M., Wright, R, Abraham, E., Izquierdo, J., Pérez-García, R. Condiciones hidráulicas sobre medidas de centralidad en grafos para la evaluación de la resiliencia de redes de distribución de agua. 2016. 

UN ÍNDICE PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (ICASUB)¹

 voluntad
HIDRAULICA

CIENTÍFICO TÉCNICO

RESUMEN

Se presenta un nuevo índice para evaluar la calidad de las aguas subterráneas en Cuba (ICASub). Es de carácter deductivo, empleando para su formulación el modelo aditivo de Brown y col. (1970).

Se seleccionaron como indicadores de calidad de las aguas los siguientes: Conductividad eléctrica (CE), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitratos (NO_3), y Coliformes Termotolerantes (CTT), los cuales se relacionan con los principales impactos a la calidad de las aguas subterráneas a evaluar: salinidad, materia orgánica (vinculado con presencia de materia orgánica y el consumo de oxígeno disuelto), nitrificación de acuíferos y contaminación fecal.

Se establecieron los pesos relativos para cada variable. Las clasificaciones de calidad se vinculan a las normativas: NC: 1021: 2014 Fuentes de abastecimiento de agua y NC: 827: 2012 Agua potable requisitos sanitarios.

En el caso de la DQO no considerada en las normas anteriormente mencionadas, es un parámetro opcional que permite estimar el aporte de materia orgánica y su influencia en el consumo de oxígeno disuelto (OD).

Se comprobó la validez del ICASub para evaluar la calidad de las aguas subterráneas y explicar el impacto negativo proveniente de la actividad económica y social, utilizando áreas experimentales.

Se exponen, gráficos y tablas demostrativas de lo descrito, así como las conclusiones.

Palabras claves: Calidad de las aguas, calidad del agua subterránea e índices de calidad de agua.

INTRODUCCIÓN

El inicio del empleo de los índices de calidad del agua por autores cubanos data de la década del 70 en que González y Gutiérrez (1974), Gutiérrez, García y Beato (1979), García y Gutiérrez (1982) y García, Beato y Gutiérrez (1983) obtuvieron diferentes índices que hasta la actualidad, han sido empleados como herramientas para evaluar los resultados de programas de monitoreo y estudios intensivos de las aguas subterráneas y superficiales, así como ofrecer una clasificación de calidad de los recursos hídricos tanto en las cuencas superficiales como subterráneas.

La metodología empleada para la construcción de estos índices fue la originalmente recomendada por Battelle (1973), utilizada de manera amplia en el campo internacional, la cual es de tipo deductivo.

¹ Lic. Joaquín Gutiérrez Díaz. INRH Órgano CNCH. Correo electrónico: joaquin.diaz@hidro.gob.cu; Dr. Jorge Mario García Fernández. INRH Director Órgano CNCH. Correo electrónico: jorgem@hidro.cu

Se comprobó la eficacia de los índices anteriormente mencionados para evaluar los efectos negativos de la actividad económica y social sobre la calidad del agua, en las condiciones hidrogeológicas e hidrológicas, de manejo de las residuales existentes en Cuba, en ausencia de una completa cobertura de alcantarillado y sistemas de tratamiento de aguas residuales, a lo que se une la aplicación de altas dosis de fertilizantes nitrogenados, principal causa de la nitrificación de los acuíferos cubanos.

Su empleo contribuyó a elevar el conocimiento acerca de las principales causas y efectos de la contaminación de los recursos hídricos subterráneos, principalmente los localizados en cuencas cársticas abiertas al mar, con relativos altos volúmenes de extracción para el riego o el abastecimiento público.

En especial, durante esta etapa se elaboraron mapas en escala 1:250 000 de la calidad de las aguas subterráneas en el país por parte del Instituto de Hidroeconomía (1981 y 1984).

Recientemente García y Gutiérrez (2015) diseñaron un ICA para las aguas superficiales (ICASup), el cual fue implementado por el INRH a partir del periodo seco de 2014 en las cuencas de interés nacional (CIN) y otras seleccionadas.

Causas principales del deterioro de la calidad de las aguas subterráneas

Trabajos anteriores realizados por investigadores del organismo responsable de la actividad hidráulica del país, demuestran que las principales causas, a escala nacional, del deterioro de la calidad del agua subterránea están asociadas con: la sobreexplotación de los acuíferos cársticos costeros, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, el vertimiento incontrolado, en zonas de recarga, de residuales domésticos, así como los generados por las industrias agroalimenticia, agropecuaria y del azúcar y sus derivados.

Etapas metodológicas en el desarrollo del ICAsub

Por considerar su desarrollo relativamente sencillo y confiable, se escogió la de obtener un índice de tipo deductivo, cuyas etapas fundamentales para su construcción son:

- Selección del tipo de ICAsub y sus objetivos específicos.
- Selección de los indicadores de calidad del agua.
- Definición de los pesos relativos de cada parámetro.
- Elaboración de la escala de valores de calidad del agua de acuerdo con los niveles de concentración de cada indicador seleccionado. Se denomina usualmente como “curva promedio”. En este paso se hallan las funciones matemáticas de cálculo.

- Elaboración del proceso de estructura del cálculo, como dar los resultados del ICAsub: Programa de cálculo, Tablas, mapas, entre otros.
- Definir la clasificación general de calidad del ICAsub, o sea los rangos que se da al ICAsub para definir una determinada calidad de agua.
- Proceso de implementación, aplicación y evaluación.

El ICAsub está orientado a evaluar la calidad del agua subterránea en pozos en explotación.

El muestreo, se realiza en los pozos siempre antes de la desinfección si fueran para el consumo humano.

Su periodicidad es determinada por los objetivos del monitoreo. Una recomendación general es la de llevar a cabo dos muestreo al año: uno en periodo no lluvioso y el otro en periodo lluvioso.

ICAsub

Indicadores o variables del ICAsub

Se seleccionaron como indicadores de calidad de las aguas:

- Conductividad eléctrica (CE).
- Demanda Química de oxígeno (DQO).
- Nitrato (NO_3).
- Coliformes Termotolerantes (CTT).

Como se observa, cada uno de ellos tiene una estrecha vinculación con las principales causas de la contaminación en los acuíferos. Se definieron los pesos relativos de cada indicador o variable, así como la escala de valores de calidad y la formulación matemática del índice.

Se clasificaron las aguas subterráneas según los valores del Índice, de acuerdo con lo planteado al respecto por los mismos autores en 1982. Dicha clasificación puede verse en la tabla 1.

Características del ICAsub

En la tabla 1 se aprecian las características del ICAsub.

Tabla 1. Características del índice ICAsub

Indicador	Unidades	Peso relativos	Afectación producida por:
CE	$\mu\text{S/cm}$	0.20	Intrusión marina
DQO	mg/l	0.20	Vertimientos puntuales de aguas residuales con aportes de materia orgánica
NO_3	mg/l	0.30	Percolación de aguas de drenaje agrícola al acuífero
CTT	NMP/100 ml	0.30	Vertimiento puntuales o no puntuales de aguas residuales con contenido de contaminación fecal

La CE y la DQO reciben una menor importancia, de acuerdo al peso relativo asignado y la concentración de NO_3 y el NMP/100 ml de bacterias CTT mayor. Estos últimos se incluyen en la normativa de agua potable vigente en el país y son causas de los mayores “no cumplimientos” de la norma en pozos para el abastecimiento público de agua.

Escala de valores del ICAsub frente a concentraciones de los indicadores

Las escalas de valores se vinculan a las normativas siguientes: NC: 1021: 2014 (fuentes de abasto) y NC: 827: 2012 (agua potable requisitos sanitarios). El caso de la DQO no considerada en las normas anteriores, es un parámetro opcional que permite estimar el aporte de materia orgánica y su influencia en el consumo de (OD).

A continuación, se exponen los juegos de datos de valores del ICAsub entre cero y cien puntos, frente a diferentes concentraciones de los indicadores. Estos datos permiten hallar las funciones matemáticas, en este caso lineales, entre el ICAsub y los indicadores. Estos juegos de datos se elaboraron de acuerdo al criterio de los autores, lo que se exponen en la tabla 2.

Los juegos de datos permiten hallar las expresiones matemáticas que se utilizan en el cálculo final del valor del ICAsub, donde el valor de la función (q_i) se multiplica por

el peso relativo, dando la contribución de puntos de cada indicador al ICAsub.

Tabla 2. Escala de valores del ICAsub frente a diferentes concentraciones para los indicadores: CE, NO_3 , DQO y CTT

ICAsub Escala	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DQO mg/l	NO_3 mg/l	CTT NMP/100 ml
100	600	0	0	0
80	800	4	9	10
60	1 000	8	18	20
40	1 200	12	27	30
20	1 400	16	36	40
0	1 600	20	45	50

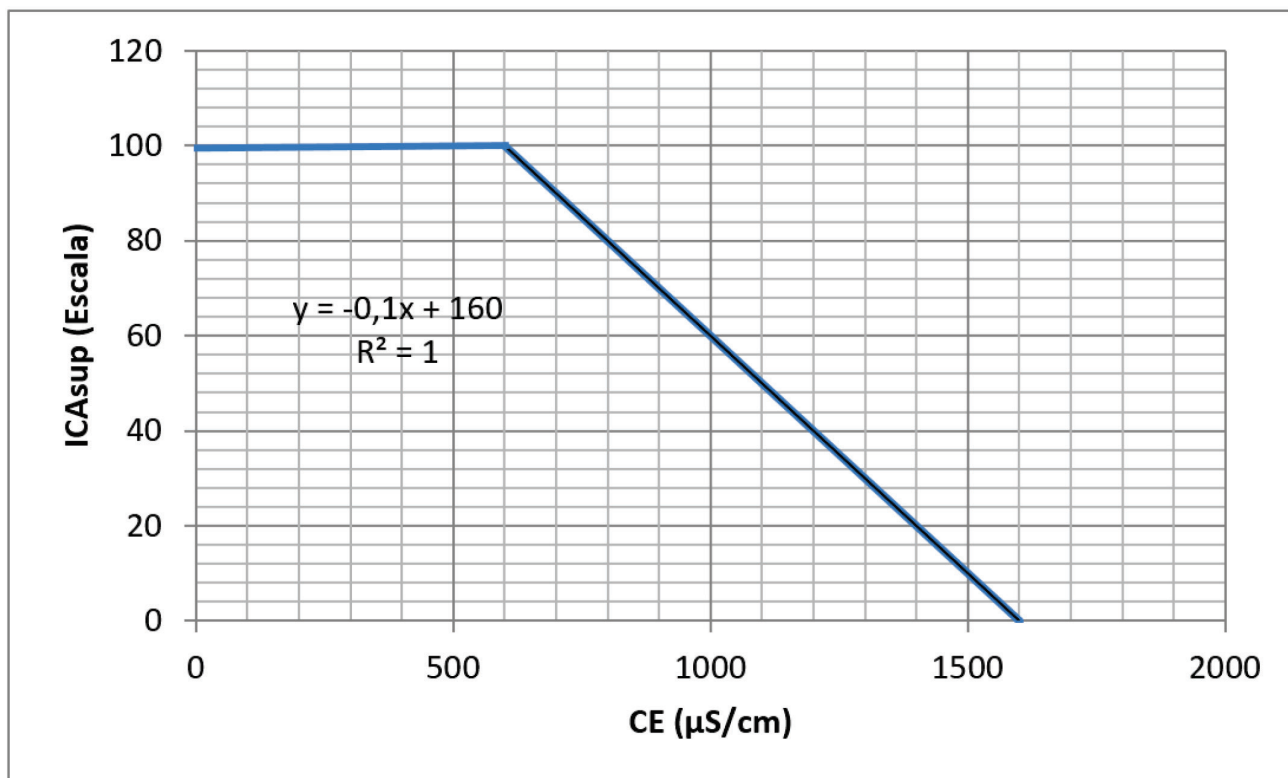
El procedimiento para hallar las funciones matemáticas entre el valor del ICAsub (Escala) y los indicadores es la utilización del modelo de correlación lineal. En este caso, los autores escogieron utilizar Excel para el cálculo de las funciones y elaboración de los gráficos.

CE

La ecuación de correlación lineal entre el valor del ICAsub y la CE es la siguiente:

$$q_1(\text{CE}) = - (0.10 \cdot \text{CE}) + 160 \quad R^2 = 1.00$$

Gráfico 1. CE



Restricciones:

Si $(\text{CE}) < 600 = q_1(\text{CE}) = 100$

Si $(\text{CE}) > 1\,600 = q_1(\text{CE}) = 0.00$

DQO

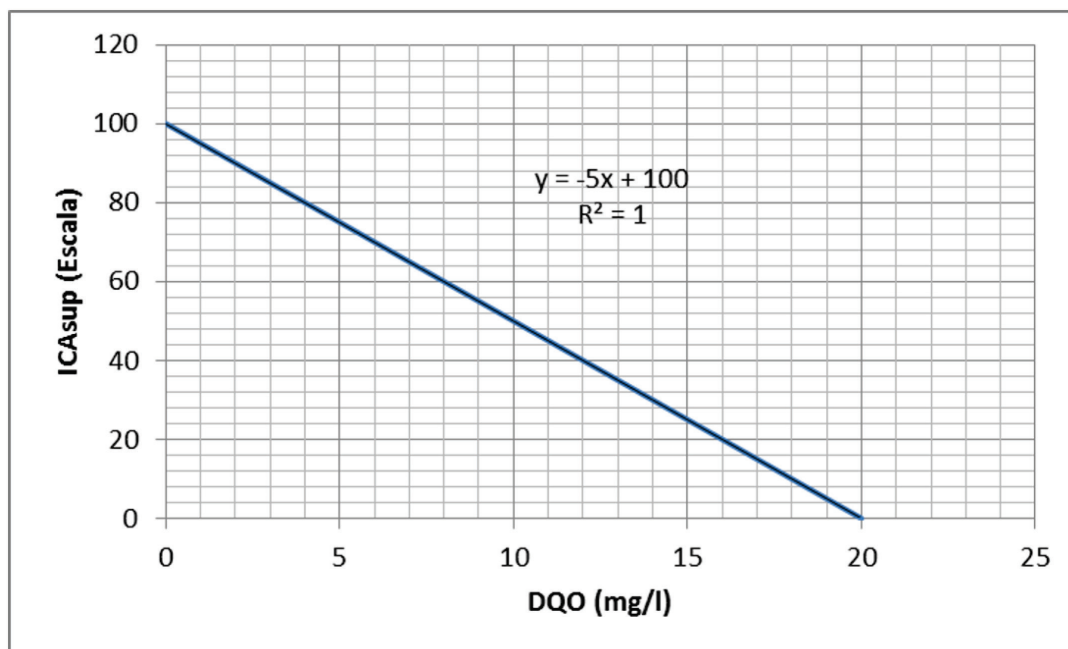
La ecuación de correlación lineal entre el valor del ICAsub y la DQO es la siguiente:

$$q2(DQO) = - (5.00 * DQO) + 100 \quad R^2 = 1.00$$

Restricciones:

Si $(DQO) > 20.00$ el valor de $q2(DQO) = 0.00$

Gráfico 2. DQO



NO₃ (Nitratos)

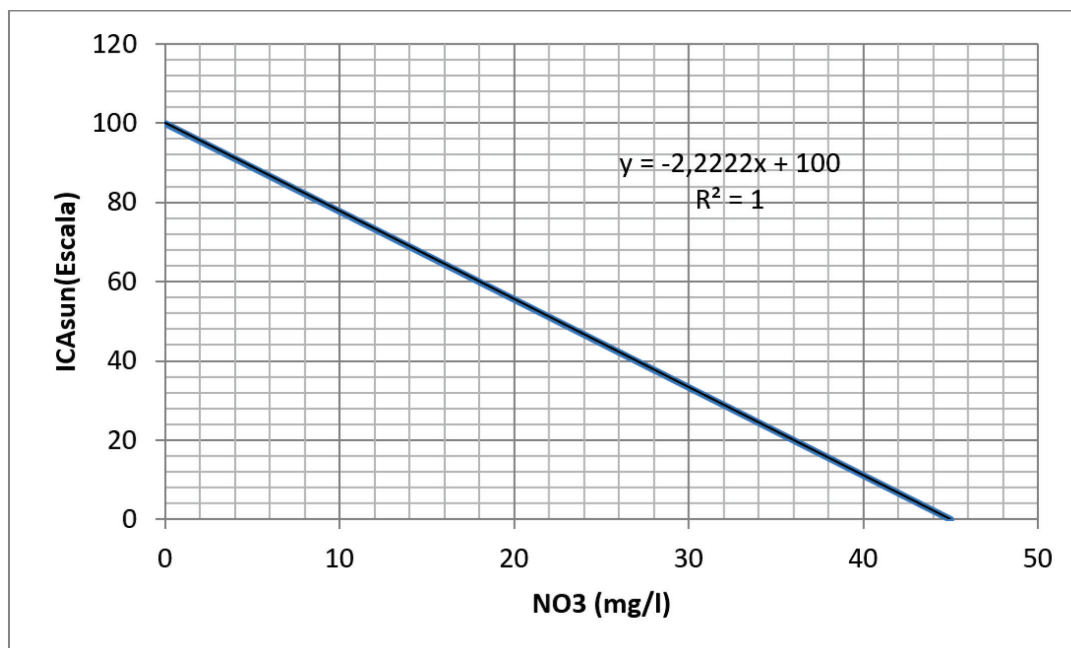
La ecuación de correlación lineal entre el valor del ICAsub y los nitratos (NO₃) es la siguiente

$$q3(NO_3) = - (2.2222 * NO_3) + 100. \quad R^2 = 1.00$$

Restricciones

Si $(NO_3) > 45.00$ el valor de $q3(NO_3) = 0.00$

Gráfico 3. NO₃



CTT

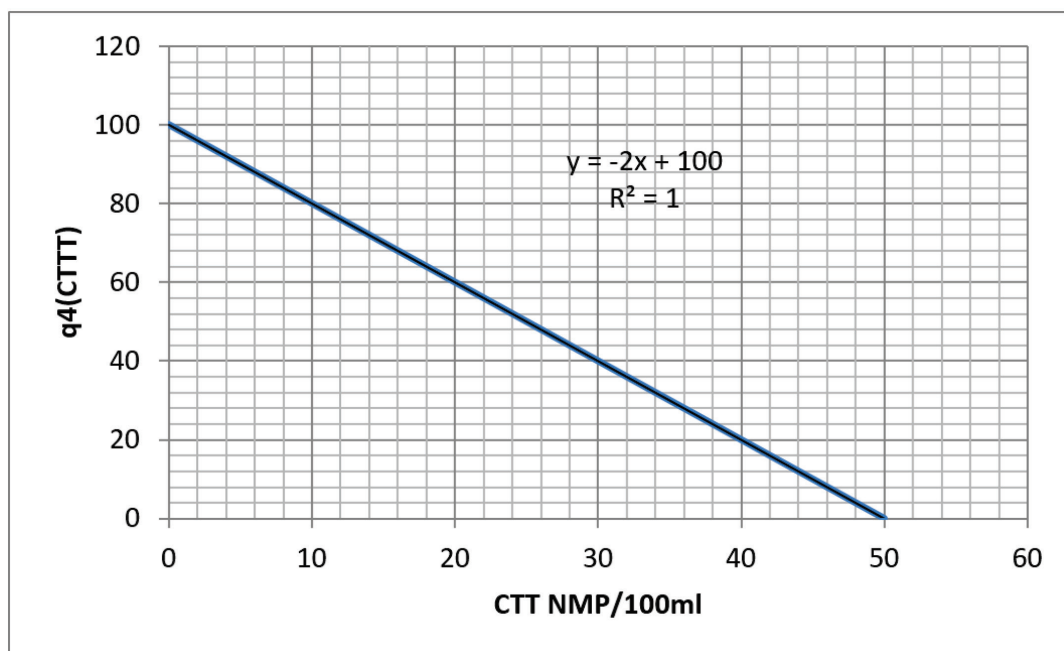
La ecuación de correlación lineal entre el valor del ICAsup y los Coliformes Termotolerantes (CTT) es la siguiente

$$q_4(CTT) = - (2.00 * CTT) + 100 \quad R^2 = 1.00$$

Restricciones

Si $(CTT) > 50$ el valor de $q_4(CTT) = 0.00$

Gráfico 4. CTT



Formulación matemática

La formulación matemática para el cálculo del ICAsup es la siguiente:

$$ICAs = \sum_{i=1}^{n=4} W_i * q_i$$

Donde:

ICAsup = Valor del índice deductivo en una escala de 0 a 100 puntos, para el intervalo de concentraciones definido para cada variable.

q_i = Calidad de agua según cada variable o indicador seleccionado en el intervalo de concentraciones respectivamente de 0 a 100.

W_i = peso relativo de cada variable o indicador seleccionado, de tal forma que

$$\sum W_i = 1.00$$

Las ecuaciones lineales que definen las funciones de calidad y las restricciones fueron mencionadas con anterioridad. La expresión matemática del índice es:

$$ICAsup = \sum W_i * q_i = (q_1(CE) * W_1) + (q_2(DQO) * W_2) + (q_3(NO_3) * W_3) + (q_4(CT) * W_4)$$

El procedimiento de cálculo es sencillo: con los valores de concentración de cada indicador se halla $q_n(\text{Indicador})$, cada uno de ellos se multiplica por su peso relativo (W_n), finalmente se suman las contribuciones de cada indicador. El resultado es el valor del ICAsup en un rango de 0 – 100 puntos. Lo recomendable es hacer los cálculos en una hoja de Excel.

Clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los valores del ICAsup

En la tabla a continuación se puede ver la clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los valores del ICAsup.

Tabla 3. Clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los valores del ICAsup

ICA-D	Clasificación	Color asociado
100 - 90	Excelente (Ex)	Azul
90 - 80	Aceptable (A)	Verde
80 - 70	Medianamente Contaminada (MC)	Amarillo
70 - 60	Contaminada (C)	Anaranjado
<60	Muy contaminada (MC)	Rojo

Sobre la calidad del agua en el acuífero y en los pozos en explotación

Un pozo de observación está diseñado para medir la altura piezométrica de las aguas subterráneas y en particular para observar la frecuencia y magnitud de los cambios en los niveles u otros parámetros, tales como el muestreo vertical de la salinidad y otras variables de calidad de las aguas. Este tipo de monitoreo vertical permite conocer la estratificación del parámetro en cuestión en el pozo.

Un pozo en producción o explotación, ya sea continúa o no continúa, es aquel que se ha diseñado para la extracción de agua subterránea para el abasto público, riego, u otros usos. La evaluación de su calidad se refiere a la calidad de su entrega al inicio de su conducción hacia el sitio de uso.

La calidad de las aguas en un pozo de observación tiene un comportamiento estático o de equilibrio. En los pozos en explotación su entrega es dinámica ocurriendo una mezcla de agua que se origina en el pozo por diferentes causas. Influyen en ello diversos factores: conductividad hidráulica vertical y horizontal, otros de carácter geológicos, tipo y uso de suelo, cobertura vegetal, tipo de acuífe-

ro, profundidad del pozo, encamisado, longitud y tipo de rejilla, nivel del bombeo, caudal de extracción, comportamiento de la recarga, entre otros. Por lo anterior, se acepta que, en general, la calidad de un pozo en explotación difiere de la calidad del agua en el acuífero

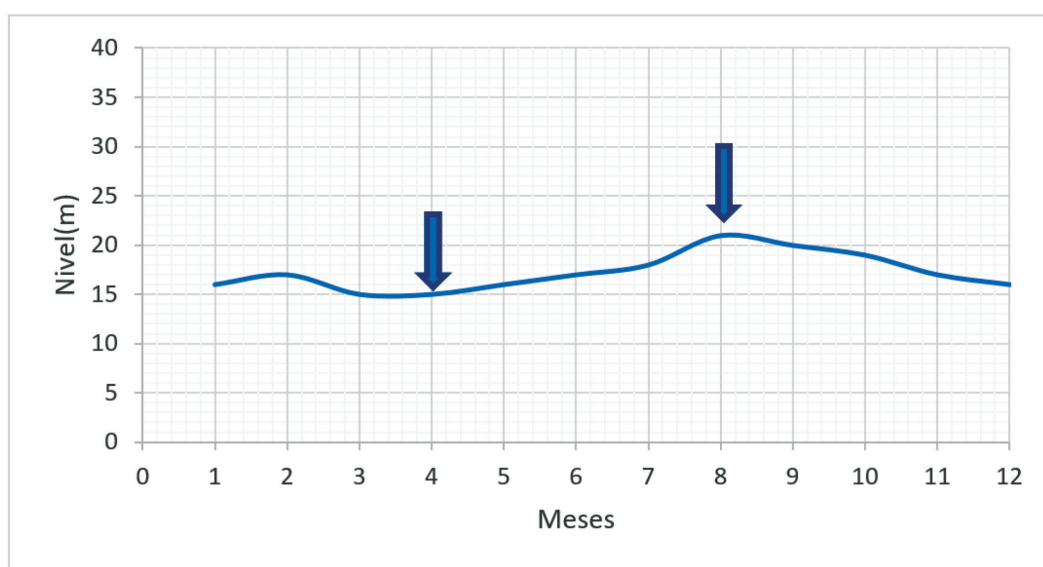
El ICAsub se calcula de acuerdo con la calidad del agua que se extrae del pozo, por lo que es el resultado de la mezcla de aguas que se produce. Está vinculado a la operación de las redes de monitoreo de la calidad del agua y en el caso cubano, con los resultados de la Red e Observaciones de la Calidad del Agua (RedCal), bajo la dirección del INRH.

El ICAsub puede variar según los periodos menos lluvioso y lluvioso, por lo que es recomendable calcularlo en ambos de manera anual para considerar, como tendencia, la calidad del agua del pozo en sus menores y mayores, respectivamente.

A manera de ilustrar lo expuesto, en el gráfico a continuación se ejemplifica como seleccionar el periodo de muestreo. En él, el muestreo en periodo seco para el pozo es en abril y en el periodo lluvioso es en agosto.

Gráfico 5. Periodo de muestrear

Mes	Nivel (m)
1	16
2	17
3	15
4	15
5	16
6	17
7	18
8	21
9	20
10	19
11	17
12	16



Ejemplo de cálculo

Cálculo del ICAsub

El ejemplo de cálculo del ICAsub se refiere a los datos de la RedCal en la provincia de Pinar del Río, Cuenca Cuyaguaje para el periodo seco 2014 - 2015., se monitorearon 28 estaciones de aguas subterráneas.

En la tabla 4 se pueden ver las concentraciones de cada variable

Tabla 4. Resultados de los análisis de la RedCal

Estación	CE	DQO	NO ₃	CTT
RCY-2 Isabel Rubio Peralejal	884	1.36	51	2
RCY S/N Isabel Rubio Cantera	805	0.64	30	2
CR Los Portales	424	1.20	11	30
Las Cuevitas Pta de la Sierra	401	3.22	20	11
RCY 218 Entronque Catalinas	320	1.36	0	2
RCY-218	508	7.68	14	2
RCY-269	318	6.16	0	2
RCY-S/N Ac. Pto de Control	890	6.80	0	2
Ac. La Güira	280	7.52	4	2
Ac. Cueva Oscura	443	7.28	8	23
Ac. Pta de la Sierra	202	6.56	0	13
RCY 206 Juan Gómez	806	6.96	0	2
RCY S/N AC. San Carlos	311	7.28	7	22
RS 42 20 de Mayo	530	6.80	3	2
RCY S/N C. Rural Los Portales	441	6.88	6	23
RCY-182 Isabel María	573	7.60	6	23
Ac. Pica Pica	595	6.96	0	4
Ac. Cantarana	174	5.76	0	2

Se sigue el procedimiento de cálculo explicado anteriormente, donde se llevaron a cabo los cálculos en una hoja de Excel.

En el caso de la variable (CTT) los valores < de 2 NMP/100 ml de (CTT) se consideran como: 2 NMP/100 ml de (CTT)
Los resultados del ICAsup para el ejemplo son:

Tabla 5. Resultados del ICAsub

Estación	Valor	Clasificación
	ICAsub	
RCY-2 Isabel Rubio Peralejal	61.76	(C)
RCY S/N Isabel Rubio Cantera	74.06	(MC)
CR Los Portales	73.47	(MC)
Las Cuevitas Pta de la Sierra	76.85	(MC)
RCY 218 Entronque Catalinas	97.44	(Ex)
RCY-218	81.79	(A)
RCY-269	92.64	(Ex)
RCY-S/N Ac. Pto de Control	86.20	(A)
Ac. La Güira	88.42	(AC)
Ac. Cueva Oscura	73.49	(C)
Ac. Pta de la Sierra	85.64	(A)
RCY 206 Juan Gómez	87.72	(A)
RCY S/N AC. San Carlos	74.85	(MC)
RS 42 20 de Mayo	90.00	(A)
RCY S/N C. Rural Los Portales	75.32	(A)
RCY-182 Isabel María	74.60	(MC)
Ac. Pica Pica	90.64	(Ex)
Ac. Cantarrana	93.04	(MC)
Promedio	82.11	A

Como se observa el promedio del ICAsub para la cuenca es de 80.65 con una categoría de aceptable calidad.

Los clasificadores en % son las siguientes:

Tabla 6. Clasificaciones en %

Calificaciones	No.	≈ %
EX	5	28
A	5	28
MC	7	39
C	1	6
AC	0	0

Como se nota en la tabla 6 la suma de los % entre las estaciones (EX) y (A) dan un valor de 56%.

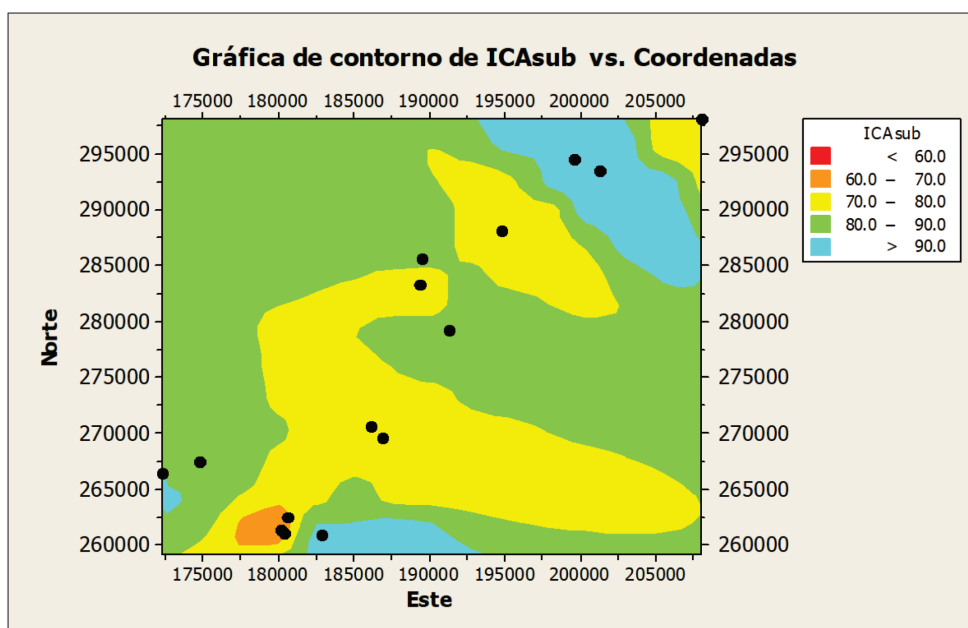
Representación del ICAsub (Mapa de calidad)

Para la representación del mapa del ICAsub a escala de cuenca se necesita:

- Listado de estaciones con sus coordenadas.
- Valores del ICAsub obtenidos para cada estación.
- Software adecuado para llevar a cabo la representación en forma de mapa.
- Crear la capa del ICAsub y agregarla al SIG o proyecto.

Al igual se pueden utilizar otros softwares más sencillos que permitan llevar cabo los gráficos de contorno, por ejemplo, MINITAB, ver a continuación.

Gráfico 6. Representación del ICAsub: Cuenca Cuyaguaje (PS 2014 – 2015):



Como se puede observar el ICAsub presenta mejores valores en la parte alta de la cuenca. Los peores valores se localizan en las inmediaciones de los asentamientos humanos.

CONCLUSIONES

- Dado el tratamiento de los resultados y la metodología empleada, puede decirse que el ICAsub se corresponde con la línea de investigación ya utilizada en años anteriores por los autores cubanos, la que ha demostrado su efectividad para explicar el impacto de la actividad económica y social sobre la calidad de las aguas subterráneas.
- Las variables de calidad seleccionadas, están en correspondencia con los principales impactos de la actividad económica y social a las aguas subterráneas.
- Los pesos relativos y escala de valores del ICAsub están acorde a la evaluación del impacto de las actividades que disminuyen la calidad de las aguas subterráneas y en correspondencia con las normativas sobre el tema vigentes.
- El ICAsub a través de su implementación gradual se puede convertir en una importante herramienta para evaluar la calidad de las aguas subterráneas y el impacto negativo de la contaminación. La identificación de áreas de mala calidad permite identificar las fuentes de contaminación y dar lugar a implementar acciones en beneficio de mejorar su calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Battelle. (1973). Memorial Institute, Planning design and operation of comprehensive water monitoring system. WHO – PHO Report 1973
- Brown N., (1970). A water quality index-Do we dare. Water and Sewage Works, Vol 11, pp 339-343.
- García J.M., Beato O., Gutiérrez J., (1983). Un índice para evaluar la calidad de las aguas superficiales. Voluntad Hidráulica, Vol.62, año 1983, Cuba.
- García J.M., Gutiérrez J., (1982). Un índice regional de calidad de aguas para los acuíferos cárnicos. Coloquio Internacional sobre Hidrología Cársica en la Región del Caribe. UNESCO. PHI. Palacio de las Convenciones, la Habana, Cuba. Memorias pp. 525-536. Diciembre de 1982.
- García J.M., Gutiérrez J., (2015). *Un índice para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales en cuencas hidrográficas (ICAsp 2014)*. Voluntad Hidráulica. La Habana, Agosto de 2015 / No. 113 / ISSN 0505-9461
- González A., Gutiérrez J., (1974). Un Índice de Contaminación. Publicación interna Grupo Hidráulico Nacional, DAP, Folleto 42 pp. Cuba.
- Gutiérrez J., García J.M., Beato O., (1979). Un índice de calidad para las aguas subterráneas. Instituto de Hidroeconomía, MICONs. Publicación interna. Folleto 25 pp. Cuba.
- Instituto de Hidroeconomía, (1981). Resumen Nacional del Mapa de Calidad de las Aguas Subterráneas de la República de Cuba. Escala 1:250000. Departamento de Química Aplicada y Biología de las Aguas, IHE. MICONs. 1981.
- Instituto de Hidroeconomía, (1984). La Contaminación de las Aguas Interiores de la República de Cuba. Resumen Nacional. Dirección de Hidrología, IHE. MICONs. Folleto mimeografiado, 107 p. Octubre de 1984.

NANOFILTROS: NANOTECNOLOGÍA PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA DEL AGUA¹

**voluntad
HIDRAULICA**

**COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL
NOVEDADES**

RESUMEN

Conseguir agua potable o apta para el consumo humano es un problema que podría ser superado gracias a la nanotecnología, mediante la construcción de un nanofiltro hecha de nanotubos de carbono, que limpiaría el agua de manera eficiente. Estos con su estructura cilíndrica, mil millones de veces menor a la del cabello humano, funcionarían en red como un filtro perfecto que dejaría pasar el agua, pero no las impurezas, además, sería capaz de eliminar bacterias, virus y metales; claro, para que funcione tendría que evaluarse el nivel de contaminación del agua.

Palabras claves: Nanotubos, nano partículas, nano catalizadores, nano materiales.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), 1300 millones de personas (una sexta parte de la población mundial) carecen de acceso a agua potable, y 2600 millones de individuos no disponen siquiera de las instalaciones de saneamiento más elementales. Más de una tercera parte de la población en áreas rurales de África, Asia, y América Latina no tienen agua potable. Más de 2 millones de niños mueren cada año por enfermedades como diarrea, cólera y esquistosomiasis como resultado del uso de fuentes de abastecimiento de agua potencialmente nocivas. Asimismo, sustancias contaminantes como arsénico, compuestos a base de flúor y nitratos amenazan las reservas de agua potable en muchas regiones del planeta.

La nanotecnología ofrece a los países en desarrollo la oportunidad de encontrar soluciones a sus problemas de agua, ya sea por sus propios medios o asociándose con otros países del mundo desarrollado. Pero cualquier esfuerzo de este tipo exige una transferencia tecnológica exitosa, lo cual implica crear alianzas sólidas entre los científicos que conciben las soluciones tecnológicas y las comunidades que las emplean, para asegurarse de que la investigación es relevante. También requiere un fuerte compromiso, tanto de instituciones públicas como privadas, que permita poner en marcha y apoyar dichas iniciativas de cooperación.

Con frecuencia los enfoques humanitarios adoptados para proveer de agua limpia a ciertas comunidades locales no tienen en cuenta sus necesidades, ni sus prioridades y por eso los proyectos no se consolidan.

1. Esquistosomiasis

Es una infección producida por unos gusanos que penetran por la piel en contacto con el agua, ocasionando una urticaria en ella, para localizarse luego en las venas de diferentes órganos, principalmente el hígado e intestino, en el caso de la esquistosomiasis intestinal, o en las de la vejiga en el de la esquistosomiasis vesical, donde producen reacciones inflamatorias y cicatrices. Como consecuencia de ellas aparece hipertensión portal y fibrosis hepática en la forma intestinal, o alteraciones urinarias en la vesical.

2. NANOFILTRO

2.1 ¿Que es un nanofiltro?

Es un tubo dentro de otro tubo que consiste en un conjunto de nanotubos

orientados de forma radial, embalados como un puñado de espaguetis y pegados juntos. Esta estructura se puede extraer del cuarzo. Al tapar una de sus puntas e introducir agua a través de la otra, este cilindro actúa como un filtro. Las moléculas de agua pueden salir por huecos nanométricos en las paredes, pero bacteria del tipo E, coli y virus tipo polio se atascan.

Las estructuras son resistentes al calor y tan fuerte que pueden ser limpiadas de forma repetido con autoclaves o aparatos de ultrasonido que permite que puedan utilizarse muchas veces.

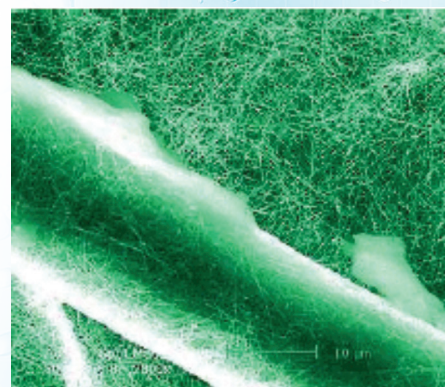


Fig. 1 Imagen realizada por microscopía electrónica de nanofiltro muestra los nanocables de plata y los nanotubos de carbono - las fibras más grandes son las fibras de algodón

2.2. Historia

Históricamente, la tecnología ha sido importante para el abastecimiento de agua potable y el riego de los cultivos para el consumo humano. De hecho, las personas han contado con tecnologías para el agua durante miles de años: los romanos ya usaban acueductos para transportar el agua potable alrededor del año 300 AC. Sin embargo, hacer que la tecnología moderna sea accesible y al alcance del bolsillo de los pobres del mundo es una tarea difícil.

¹ Autora Bety Condori Segovia. Universidad Mayor de San Andrés. Carrera de Informática. Teoría de la Información y Codificación. Correo: bety-4567@hotmail.com / Revista de Información, Tecnología y Sociedad. versión impresa ISSN 1997-4044 RITS n.5. La Paz, Nov. 2010

2.3 El Potencial de la Nanotecnología en la problemática del agua

La nanociencia y la nanotecnología suponen estudiar y trabajar con materia a escala ultra pequeña. Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro y un solo cabello humano tiene unos 80.000 nanómetros de ancho.

La escala nanométrica tiene que ver con las partes más diminutas de la materia que se pueden manipular (átomos y moléculas). En aplicaciones como la filtración de aguas, son capaces de filtrar metales pesados y toxinas biológicas.

Los materiales trabajados a escala nanométrica suelen tener propiedades ópticas o eléctricas distintas a los mismos materiales manipulados a escala micro o macro. Por ejemplo, el nanoóxido de titanio es un catalizador más eficaz que el óxido de titanio fabricado a escala micro, y puede ser utilizado en el tratamiento de aguas para degradar contaminantes orgánicos.



Fig. 2 La nanotecnología puede resolver el desafío técnico de quitar la sal del agua. La Ingeniería de UCLA.

Las nanotecnologías podrían paliar los problemas del agua si resuelven los retos técnicos que presenta la remoción de contaminantes como bacterias, virus, arsénico, mercurio, pesticidas y sal.

2.4 Catalizadores, Imanes y Detectores Nano

Los nanocatalizadores deben sus mejores propiedades catalíticas a su diminuto tamaño o al hecho de ser mo-

dificados a escala nanométrica. Pueden degradar los contaminantes químicamente, sin tener que desplazarlos de un lugar a otro. Las nanopartículas magnéticas ocupan grandes superficies en proporción a su volumen y se unen con facilidad a sustancias químicas. En las aplicaciones destinadas al tratamiento de aguas, pueden utilizarse para unirse a contaminantes como el arsénico o el petróleo y luego ser eliminadas mediante un imán.

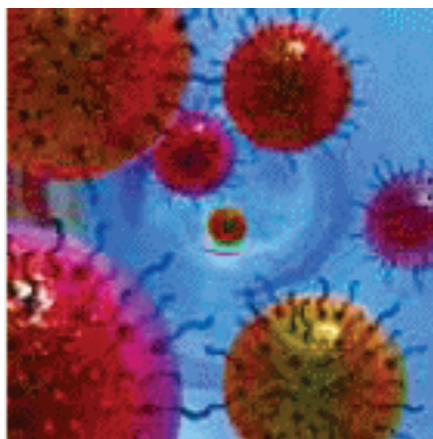


Fig. 3 Nanorust y arsénico.

Además de servir para tratar el agua, la nanotecnología es capaz de detectar contaminantes transportados por ella. Los investigadores desarrollan nuevas tecnologías de sensores que combinan el micro y la nano fabricación para la creación de sensores pequeños, portátiles y ultra precisos, que pueden detectar en el agua células individuales de determinadas sustancias químicas y bioquímicas.

2.5 La Investigación Nano en el Mundo en Desarrollo

La inversión en el campo de la nanotecnología se ha convertido en una importante generación de recursos tecnológicos en la última década. Países desarrollados como Norteamérica, Europa y Asia ven varias posibilidades en la solución del problema del agua e invierten grandes cantidades de dinero en desarrollar tecnologías que puedan ayudar a la humanidad en un futuro. Uno de ellos trabaja en el uso de la nanotecnología para tratar el agua. Por ejemplo, estudia las nanomembranas para la filtración de agua. India también

ha invertido mucho en nanotecnología, aunque las cifras son difíciles de comprobar, en parte porque la inversión a menudo proviene de alianzas entre el gobierno y el sector privado. Otros países en desarrollo perciben cada vez con mayor claridad la necesidad de apoyar la nanociencia, incluida la investigación sobre cómo puede ayudar la nanotecnología a llevar agua limpia a la población. Brasil, Cuba, Arabia Saudita y Sri Lanka, tienen todos centros nanotecnológicos que trabajan en el tema.

2.6 Desarrollos Para Los Países En Desarrollo

Producto: Nanoesponjas	
Cómo funciona	Combinan polímeros y nanopartículas de vidrio que se pueden estampar en superficies como las telas para absorber agua
Relevancia	La captación del agua lluvia es cada vez más importante en países como China, Nepal y Tailandia. La nanoesponja es mucho más eficiente que las tradicionales redes de recolección de agua de niebla
Responsable	Instituto Tecnológico de Massachusetts, (EE. UU.)
Producto: Nano óxido para la remoción de arsénico	
Cómo funciona	Las nanopartículas magnéticas de óxido de hierro suspendidas en agua se unen al arsénico, que luego se quita con un imán
Relevancia	En India, Bangladesh y otros países en desarrollo se producen miles de casos de intoxicación por arsénico al año, asociados a pozos envenenados.
Responsable	Universidad de Rice (EE. UU.)
Producto: Membranas desalinizadoras	
Cómo funciona	Combinación de polímeros y nanopartículas que atraen iones de agua y repele sales disueltas
Relevancia	Ya disponible en el mercado, la membrana permite desalinizar con menores costos energéticos que la ósmosis inversa
Responsable	Universidad de Rice (EE. UU.)
Producto: Membranas de nanofiltración	
Cómo funciona	Membrana hecha de polímeros con poros de entre 0,1 y 10nm
Relevancia	Superó ensayos de campo para tratar agua potable en China y desalinizarla en Irán.
Responsable	Saehan Industries (Corea)
Producto: Tubo con nanomalla	
Cómo funciona	Dispositivo de filtración semejante a una pajita, hecha con nanotubos de carbono colocados sobre un material poroso y flexible
Relevancia	La pajita – o pitillo– limpia el agua a medida que se bebe. Médicos de África usan un prototipo y el producto final estará disponible a precio módico en países en desarrollo.
Responsable	Seldon Laboratories (EE. UU.)
Producto: Filtro mundial	
Cómo funciona	Filtro que usa una lámina de nanofibra hecha a base de polímeros, resinas, cerámica y otros materiales, capaz de eliminar contaminantes
Relevancia	Diseñado especialmente para uso doméstico o comunitario en países en desarrollo. Es eficaz, fácil de usar y no requiere mantenimiento
Responsable	KX Industries (EE.UU.)

2.7 Riesgos y Oportunidades

Preocupa que la mayor reactividad de las nanopartículas vuelva al agua, más tóxicas. Su reducido tamaño también implicaría que son difíciles de retener, y que se podrían dispersar más fácilmente en el aire y dañar la vida acuática. Todavía se desconocen todos los efectos de la exposición a los nanomateriales, desde su manipulación en plantas de tratamiento hasta su consumo a través del agua tratada. Las nanopartículas pasivas, como las que se usan para revestir un material, no presentarían ni más ni menos riesgo que otros procesos de fabricación. En cambio, las activas, que pueden dispersarse en el ambiente, implicarían riesgos asociados a su control y contención.

3. MUNDO EN DESARROLLO AVANZA EN TRATAMIENTO NANO DEL AGUA

3.1 Acción conjunta

La iniciativa nanotecnológica IBSA, un programa de colaboración en investigación y desarrollo entre los departamentos de Ciencia y Tecnología de la India, Brasil y Sudáfrica, demuestra que la cooperación Sur-Sur es capaz de fomentar el uso de la nanotecnología para obtener agua limpia y pone de manifiesto los avances que se están realizando en estos países.

El programa IBSA identifica como prioritarias tres áreas de investigación: membranas de nano y ultrafiltración; sistemas de purificación del agua basados en nanotecnologías, destinados a zonas rurales y remotas; y nanogeles, nanotubos y nanofibras de carbono.

Si bien los proyectos para desarrollar nanotubos de carbono aún se encuentran en la fase inicial de planificación, se está avanzando mucho en las demás áreas prioritarias.

CONCLUSIONES

¿Pueden las nanotecnologías resolver realmente los problemas del agua de los países en desarrollo?

- En primer lugar, los profesionales y científicos que se ocupan del tema del agua involucran cada vez más a las comunidades locales en diálogos efectivos para la comprensión de los problemas y las oportunidades, derivados del uso de la nanotecnología aplicada al mejoramiento del agua.
- En segundo lugar, puesto que la comercialización de la nanotecnología aún está dando sus primeros pasos, podemos esperar que el diálogo entre los investigadores, las comunidades y la industria aliente a científicos y empresarios a desarrollar modelos de negocio adecuados para el aprovechamiento de sus invenciones.
- Actualmente cada día de 3000 a 6000 personas en el mundo se mueren por enfermedades causadas por agua contaminada o por los escasos de la misma. Poner una solución, barata y accesible, a esta problemática en tiempos de alta tecnología es una meta a la que van varios países que poco a poco se ven afectados por el problema del agua y ven que la cuenta para solucionar el mismo cada vez es más corta.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.scidev.net/es/new-technologies/nanotechnology-for-clean-water/feature/nanotecnologia-para-obtener-agua-limpia-hechos-y-c.html>
- [2] <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewArticle/160/409>
- [3] www.cbtic.com/.../281-nanofiltros-para-obtener-agua-pura
- [4] www.nanotecnologica.com/un-nanofiltro-hacia-la-ayuda-en-zonas-de-catastrofes
- [5] <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanofiltro-a-ligado-eletricidade-matar-acterias&id=010165100901>
- [6] <http://www.galeon.com/saludyviajes/Enfermedades/Esquistosomiasis.html>





Solo el sonido del agua invita a reflexionar, solo el tintineo de cada gota sobre la tierra seca y áspera permite hacer crecer el universo. debemos amar y cuidar a este elemento que da vida, pero que es finito y se agota.

Desde hace 20 años el Concurso TRAZAGUAS permite que nuestros niños, jóvenes y por qué no, la familia, a través de dibujos, poemas, cuentos y audiovisuales; convoquen a toda la sociedad cubana a preservar este indispensable recurso; EL AGUA

Hoy tras los huracanes y en las sequias, se hace más necesario el cuidado del "Oro Azul". Estos trabajos recogen los sueños, pensamientos y fantasías de aquellos que saben querer, de los mejores comunicadores de la bondad y el amor.

Agradecemos a todos su participación y hermosos mensajes que han hecho llegar, por Cuba, por el ahorro y el cuidado de nuestra infraestructura hidráulica y el recurso máspreciado: EL AGUA.

Unamos las manos para seguir construyendo y protegiendo nuestros recursos naturales y el Planeta.

Con infinito amor,
Inés María Chapman Waugh
Presidenta INRH

PREM



PREMIACIÓN

cero
DERROCHE 2017



“DÍA CERO”: 4 CLAVES PARA ENTENDER POR QUÉ CIUDAD DEL CABO PUEDE SER LA PRIMERA GRAN CIUDAD DEL MUNDO EN QUEDARSE SIN AGUA¹

**voluntad
HIDRAULICA**

**COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL
NOVEDADES**



A partir del 1 de febrero, los habitantes de Ciudad del Cabo solo podrán utilizar 50 litros de agua al día.

Es una de las nuevas restricciones que entrará en vigor para tratar de evitar lo que se conoce como el ‘Día cero’: el momento en que por primera vez los grifos de una gran ciudad del mundo podrían quedarse sin agua ante la falta de reservas.

Si los niveles en las presas no mejoran, las autoridades pronostican que a partir del 12 de abril la población tendrá que acudir a uno de los 200 puntos de distribución de agua que se abrirán en la ciudad para recoger un máximo de 25 litros diarios.

“Mi esposa ya ni se ducha”: las desesperadas estrategias de los habitantes de Ciudad del Cabo para evitar convertirse en la primera urbe del mundo en quedarse sin agua.



¹ Agencia de prensa BBC Mundo. Publicado el 30 de enero de 2018.



El “día cero” en el que por primera vez una gran ciudad del mundo podría quedarse sin agua.

“Tienen que ahorrar agua como si su vida dependiera de ello, porque depende de ello (...). Nadie debería estar duchándose más de dos veces a la semana”, dijo la jefa de gobierno provincial, Helen Zille, quien continúa convencida de poder evitar la emergencia.

Pero ¿cómo es posible que la segunda ciudad más poblada de Sudáfrica y uno de los principales destinos turísticos del mundo haya llegado a esta crisis que su alcaldesa denominó como “punto sin retorno”?

1. La peor sequía del siglo

La ausencia de lluvias continuada en el tiempo es, sin lugar a dudas, uno de los motivos principales por los que Ciudad del Cabo ha llegado a este punto.

Después de varios años consecutivos con escasas precipitaciones en medio de una de las peores sequías del siglo en la región, los niveles de las presas de la ciudad cayeron en picado.

Si en 2014 se encontraban casi llenos, a inicios de este año estaban en el 28% de su capacidad.

La esperanza más cercana de que la situación pueda mejorar no llegaría hasta mayo, cuando comience la temporada de lluvias.

Pero pueden volver a no ser suficientes y, en todo caso, la crisis no se solucionaría de manera inmediata.

“Llevará varios meses que las presas comiencen a rellenarse aunque sea un poco, y años antes de que se recuperen

por completo”, según publicó en el sitio Earther Christian Alexander, especialista en sostenibilidad y planificación urbana basado en Ciudad del Cabo.

El fenómeno meteorológico “El Niño” es el principal responsable de la situación climática que afecta a la región, y que provoca que el extremo sur de África se convierta en una de las zonas más secas.

Sin embargo ¿por qué Ciudad del Cabo llegó a esta situación de emergencia si el fenómeno también afecta a otros países?

2. Aumento de la población

La principal explicación es el continuo aumento de la población que Ciudad del Cabo experimentó en los últimos años.

Se calcula que desde 1995 el número de habitantes creció en torno a un 80%, de 2,4 millones a los 4,3 millones que se estima viven en la actualidad.

La capital acoge a cerca del 65% de toda la población de su provincia, Cabo Occidental, donde las proyecciones también estiman que el número de habitantes continuará creciendo en las próximas décadas.

También cada vez son más los visitantes que convirtieron a Ciudad del Cabo en uno de los principales destinos turísticos de toda África.

Parte de la población local cuestionó que los turistas no fueran a contribuir al ahorro de consumo de agua, pese a que la ciudad quiere que sigan las mismas medidas y recomendaciones.

Pese a todo, lo cierto es que los turistas internacionales suponen solo el 1% de la población de Ciudad del Cabo en temporada alta, según la agencia promotora de turismo provincial Wesgro.

3. Escasez de fuentes alternativas

Frente a este aumento de la demanda de agua por parte de una población que casi se duplicó en dos décadas, las infraestructuras y la provisión de fuentes alternativas en la zona no parecen haber avanzado a la misma velocidad.

Es cierto que se realizaron obras importantes, como la inauguración en 2009 de la presa del río Berg que aporta casi el 20% de capacidad de la red local de suministro de agua. Los muros de otras presas fueron elevados para aumentar su capacidad.

Las autoridades iniciaron otros proyectos alternativos como plantas de desalinización para hacer potable el agua del mar que rodea prácticamente todo Ciudad del Cabo. También apostaron por sistemas de reciclaje de agua o de extracción de agua subterránea.

Pero la mayoría de estos proyectos aún se encuentran al 50% de su construcción, por lo que muchos acusan al gobierno de no haber actuado con la previsión suficiente para hacer frente a esta crisis en una zona ya afectada previamente por otras sequías.

Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) en Sudáfrica, el aprovechamiento de los acuíferos que abundan en la zona puede ser clave en este momento crítico.

“La vida después del ‘Día cero’ presentará circunstancias excepcionales, y esperamos que se establezcan regla-

mentos de emergencia para permitir usar y compartir aguas subterráneas con los vecinos para más usos”, dijo en un comunicado.

Según WWF, en Ciudad del Cabo existen 22.000 perforaciones registradas que se gestionan de manera privada.

Sin embargo, el acceso libre a esta agua subterránea no dejaría de ser una solución parcial, ya que no se puede utilizar para consumo humano sin un análisis y tratamiento previos.



4. Falta de concienciación

Aunque el consumo de agua entre la población general se redujo en las últimas semanas, parte de los habitantes se resiste a cumplir las medidas de ahorro impuestas por el gobierno.

Según los últimos datos, solo el 40% de la población limita su consumo de agua a los 87 litros diarios recomendados actualmente.





Y estas cifras no arrojan buenas perspectivas de cara al nuevo límite de 50 litros al día que entra en vigor el 1 de febrero.

Antes de la crisis, los residentes de la urbe usaban entre 250 y 350 litros al día, según el doctor Kevin Winter, del instituto Future Water de la Universidad de Ciudad del Cabo.

Las grandes diferencias en la cantidad de consumo entre zonas también son reflejo de las desigualdades existentes en la ciudad.

“Los asentamientos informales y empobrecidos, que constituyen la mayor parte de la población, usan menos

del 5% del agua municipal total”, según el experto en sostenibilidad Christian Alexander.

Las tasas de consumo son desproporcionadamente más altas en los barrios más ricos, de baja densidad y con muchas viviendas habitadas por una sola persona.

Serán estos sectores de la población los que más notarán las restricciones a partir del 12 de abril.

Para las zonas más pobres de la periferia, donde se concentra gran parte de la inmigración llegada de países cercanos, el ‘Día cero’ de consumo de agua es ya una realidad desde hace años. 💧

125 ANIVERSARIO DEL ACUEDUCTO DE ALBEAR¹

**voluntad
HIDRAULICA**

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

El acceso al agua constituyó un complejo problema desde la propia ubicación definitiva de San Cristóbal de la Habana en 1519, al oeste de la bahía que aún hoy ostenta su propio nombre. Así, durante los primeros tiempos, los habitantes de la villa se valieron de los pozos que abrieron en un entorno caracterizado por un suelo calcáreo, donde el manto freático se encontraba a poca profundidad; uno de los más conocidos fue el de “La Anoria”, cuya explotación data de 1559, y sus aguas alejadas como estaban a no menos de 800 metros de la ribera del puerto, eran de buena calidad y abundantes en su caudal.

Otras fuentes utilizadas por aquel entonces fueron las del río Luyanó, que desaguaban en la bahía, y las del río La Chorrera (hoy Almendares), situado a unos 10 km hacia el oeste. El primero de los casos se trataba de un río poco caudaloso, cuyas aguas con una composición muy alta en sales no se prestaban para el consumo de la población, mientras que la lejanía del segundo, obligaba a cargar en toneles el agua potable, y transportarla por mar o mediante bestias de carga a través de una zona intrincada. Ahora bien, a las dificultades con la lejanía de esta última toma de agua, se sumaba la presencia creciente de naves atraídas por la seguridad del puerto y su localización estratégica en la nueva ruta de retorno de la Nueva España a Sevilla, lo que creó una demanda que sólo podía ser resuelta si se disponía del caudal del mayor río próximo a la Villa: la Chorrera.

La construcción de la Zanja, iniciada en 1566, y concluida en 1575, resultó una obra muy imperfecta, hasta el punto de ser cegada un año más tarde como resultado de la acción de un huracán. Por tal motivo, en 1589, el



gobernador de la Isla, Juan de Texeda, nombró a Bautista Antonelli para que, como Ingeniero, se encargase de concluir las obras de la Zanja, llevándolas a feliz término en 1592, año en que se le concedió a La Habana el título de Ciudad, y el derecho a utilizar el escudo que aun hoy ostenta. Como resultado de lo anterior, la capital de la Isla dispuso de su primer acueducto, con una descarga de 70 000 m³ diarios, de los cuales a la población llegaban 20.000 m³, y el resto a los regadíos.

Lo cierto es que, si bien a inicios del siglo XVI la escasa población del territorio aún no había incidido negativamente en el grado de contaminación de las aguas, las cuales sólo resultaban enturbiadas con las crecidas del río, dos centurias más tarde, y ante el empeoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias, las autoridades locales se vieron obligadas en 1792, a dictar medidas prohibiendo el uso de la Zanja como baño público y aseo de animales.

Esta situación, unida al crecimiento de la población y al desarrollo socio-económico, convirtió la necesidad de un nuevo acueducto en un imperativo para la capital. Fue por ello que, bajo el gobierno del capitán general Dionisio Vives, y promovido por el superintendente de Hacienda,

Claudio Martínez de Pinillos (conde de Villanueva), se elevó al rey la solicitud de que se autorizase la obra, lo cual fue concedido por Real Decreto de fecha 11 de Enero de 1831. Encomendada la dirección de los trabajos del futuro Acueducto de Fernando VII a los ingenieros Manuel Pastor y Nicolás Tamayo, se acometieron estos entre 1831 y 1835.

Partiendo de la toma en el río Almendares, próxima a la presa del Husillo para aprovechar la altura de las aguas represadas, estas eran conducidas por un canal construido en la margen derecha del río, a través de una compuerta intermedia, hacia la casa de filtros, consistente en un estanque de decantación y dos de recepción; el agua pasaba a través de unos bastidores de tela metálica, ubicados en almenas que circundaban los tanques, colocando en el intermedio grava y arena. No obstante, la reducida capacidad de los estanques, unido a la lenta velocidad del agua en su paso por los filtros, así como el enturbiamiento de aquellas en los periodos de crecidas, lo cual obligaba a continuas limpiezas del sistema que no resolvían del todo el problema, hacían de este acueducto un fracaso en lo concerniente a la calidad de las aguas.

Con respecto al sistema de conducción, se previó la utilización de tubos

¹ Por: Dr. Rolando García Blanco. Profesor e Investigador Titular, y Miembro Concurrente de la Academia de la Historia de Cuba. Intervención en el acto por el 125 aniversario del Acueducto de Albear, que tuvo lugar en la Taza de Vento, municipio de Boyeros, el 23 de enero de 2018. / fotos PepeSuq.



Galardonados con el Premio Albear: Ing. Alejandro Vilá Noya y Ing. Antonio J. Castillo Pérez.

de hierro para conducir el agua a lo largo de 7.5 km hasta la Puerta de Tierra, mediante un desnivel de 22 m, con una pendiente media de 3 milésimas. Sin embargo, un error de cálculo al utilizar tubos de 11 pulgadas de diámetro interior, desde el Cerro hasta el Campo de Marte, dio como resultado una descarga de 3.850 m³ diarios, frente a los 40.000 previstos en el proyecto; la sustitución ulterior de dicha tubería por otra de 14 pulgadas de diámetro interior, elevó dicha descarga a sólo 5 300 m³ diarios, lo que resultaba también insuficiente para las necesidades de la capital.

En resumen, a mediados del siglo XIX la ciudad de La Habana contaba con la Zanja Real y el Acueducto de Fernando VII, así como con 895 aljibes y 2.976 pozos, según las estadísticas de 1846, pero todo ello no alcanzaba para satisfacer adecuadamente, ni en cantidad ni en calidad, las crecientes necesidades de una población que ascendía ya a unos 100.000 habitantes.

Fue así como, a la altura de 1852, el capitán general José Gutiérrez de la Concha creó una comisión, presidida por el ya prestigioso coronel de infantería y comandante del Real Cuerpo de Ingenieros, Francisco de Albear y Fernández de Lara, con el objetivo de estudiar el problema y proponer la mejor alternativa. Como parte de la referida comisión fue designado el entonces director del Instituto de Investigaciones Químicas de la Habana, José Luis Casaseca, quien el 20 de junio de 1852 presentó un informe



Rafael Feitó Olivera. Presidente de la Sociedad de Ingenieros Hidráulicos de la UNAICC.



Representantes UNAICC, Aguas de La Habana, INRH.

donde afirmaba que los manantiales de Vento tenían “distinto origen que el río Almendares, y esta es la razón porque los copiosos aguaceros no enturbian la transparencia de sus aguas. Son superiores en su composición a las de dicho río, casi tan buenas como las del Sena, que son las mejores de las cercanías de París y reputadas muy buenas aguas”.²

A pesar de este intento, hubo que esperar tres años para que una segunda comisión, encargada de igual forma a Francisco de Albear, lograra concluir una serie de estudios geológicos e hidrológicos, que arrojasen la seguridad de que la variante más apropiada para resolver los problemas del abastecimiento de agua a la capital era, sin lugar a dudas, los manantiales de Vento, ubicados a unos 11 km del extremo occidental de la bahía de La Habana, y capaces de suministrar un volumen ascendente a los 102.000 m³ diarios de agua de la mayor calidad. Fue así como, el 25 de noviembre de 1855, Francisco de Albear elevó al capitán general José Gutiérrez de la Concha un trascendental documento, que pasaría a la historia de Cuba bajo la denominación de: Memoria sobre el Proyecto de conducción a la Habana de las aguas de los manantiales de Vento.

Con respecto a la elección de Vento como fuente de suministro, la propia captación presentaba serias complejidades técnicas, atendiendo a las características del terreno donde se encontraban los manantiales, a su ubicación en las cercanías del río Almendares, muy por debajo de su nivel, por lo cual este los cubría durante sus crecidas, y a la dificultad adicional de que los principales manantiales se encontraban en la orilla opuesta de La Habana, obligando a la conducción a pasar por encima o por debajo de su cauce. Sin embargo, la variante de Vento presentaba ventajas muy favorables, que fueron expuestas en la Memoria, tales como: la cota sobre

el nivel del mar a una altura de 41,194 m, la cantidad de agua disponible, calculada en unos 120.000 m³/día, y su calidad.

Es de destacar la profesionalidad de Albear, quien a partir de sus experiencias obtenidas en Europa y de las realidades existentes en Cuba, formuló las propuestas de forma creativa, como evidencian sus cálculos para la dotación de agua de la capital. Así, para las necesidades particulares proyectó unos 70 litros diarios por persona, alrededor de 20 más que en varias ciudades europeas, donde el clima no demandaba tan elevados consumos en bebida y aseo, y que para las necesidades públicas calculó en 21.000 m³/día, lo cual ascendía a un total de 42.000 m³/día. Con el objetivo de ejemplificar las ventajas del acueducto propuesto, Albear lo comparó con la dotación de otras 17 ciudades del mundo.

Como necesidades adicionales, calculó que para el riego de unas 2.400 ha., a razón de 8 litros por m² y para el riego simultáneo de 1/4 del área regada, se requerían 48.000 m³/día, a la vez que para el uso de sierras, molinos, máquinas hidráulicas y otros usos, las necesidades ascenderían a 60.000 m³/día, las cuales, sumadas a las cantidades previstas para consumos particulares y públicos, ascenderían a 102.000 m³/día, destinados a una población de 300.000 habitantes, es decir, tres veces superior a La Habana de mediados del siglo XIX, para una dotación global de 340 litros diarios por persona.

En lo concerniente a la obra de captación de los manantiales, es de destacar que la decisión de conducir el agua por gravedad constituyó una de las particularidades más destacadas de este acueducto, que permitió la conducción del agua de forma prácticamente gratuita. Con respecto al trazado del Canal, un aspecto fundamental consistió en el paso del río,

para el cual Albear comparó distintas variantes, tanto para determinar el punto exacto, como sus características; en este último aspecto, se decidió por el túnel bajo el lecho del río, al permitir el adecuado montaje de los tubos del sifón, su desagüe, inspección y reparación ulterior. Para el resto del trazado, realizó un profundo estudio, tanto de la red hidrográfica como de la topografía del terreno, comparando variantes, y efectuando un detenido análisis de los presupuestos requeridos.

Al valorar el tipo de conducto a utilizar, propuso el canal revestido y cubierto, atendiendo a su menor costo con respecto a las tuberías de hierro fundido, a que no requería de reparaciones periódicas, a las posibilidades de la ventilación para la calidad del agua, y a las ventajas de tipo sanitarias en comparación con un canal al descubierto. Por otra parte, al abordar el problema de los gastos y efectuar una comparación con los acueductos de París, Madrid, New York y Marsella, su autor consideró a la obra propuesta para La Habana como moderada, atendiendo a las características de esta ciudad. Finalmente, con respecto a la realización de la obra, su autor se manifestó a favor de adoptar un sistema similar al del Canal de Isabel II en Madrid, atendiendo a la existencia de abundante material de alta calidad, en particular de cal hidráulica, lo que favoreció la posibilidad de utilizar preferentemente el hormigón.

Tomando en consideración la extraordinaria complejidad de la obra, y valorando que las características del terreno propiciaban el paso del canal de conducción a unos 400 m de los estanques de los filtros del acueducto de Fernando VII, Albear propuso utilizar sus instalaciones para adelantar la llegada de las aguas de Vento a La Habana, concibiendo la ejecución del proyecto en dos etapas: primera, desde los propios manantiales hasta los referidos

² Casaseca, José Luis: “Informe sobre los análisis de las aguas del Almendares y de Vento”, en *Memoria sobre el Proyecto de conducción a la Habana de las aguas de los manantiales de Vento*, redactada por D. Francisco de Albear y Lara, Imprenta del Gobierno y Capitanía General por S. M., Habana, 1856, Apéndices, p. 23 (Se mantiene la ortografía de la fuente original. Nota del Autor).

estanques; y segunda, el resto de la conducción hasta el depósito.

El elevado rigor de los estudios presentados por Albear, donde junto a la valoración de los elementos técnicos se consideraban los aspectos económicos, así como la integración de sus resultados en el contexto del entorno ambiental, fueron reconocidos por el propio capitán general Gutiérrez de la Concha, quien el 22 de enero de 1856 expresara al respecto: “Este Jefe ha terminado su cometido de una manera que hace resaltar su capacidad y conocimientos, tanto como el celo que ha puesto en el desempeño del encargo que se le confirió”.³ Poco después, el 19 de febrero, Concha informaría al gobierno central su decisión de que Albear viajase a España, para conocer más en detalle las obras que se realizaban en el Canal de Isabel II de Madrid, y solicitaba apoyo para que se pudiese trasladar a París y Bruselas, con vistas a ampliar sus estudios hidráulicos.

Como resultado de lo anterior, el 21 de febrero embarcaba Albear con destino a la Península. Entretanto, el Ayuntamiento habanero publicó la Memoria, y más adelante, el 11 de julio de 1856 el capitán general elevó copias del documento al gobierno de la Metrópoli. Así, el 5 de octubre de 1858 fue rubricado el Real Decreto sobre conducción a La Habana de las aguas de los manantiales de Vento, en que se aprobaba el Proyecto en toda su extensión, y se adoptaban las decisiones requeridas con vistas a su ejecución. Poco después, la Real Orden de 18 de Noviembre de 1858 consideró concluida la misión de Albear en España, ordenándosele regresar a La Habana, a donde arribó el 5 de enero siguiente.

Con respecto a la ejecución de la magna obra aprobada, el 26 de junio del año 1861 se colocó la primera

piedra sillar correspondiente a los cimientos del muro proyectado, para impedir que las aguas del Almendares anegasen los manantiales de Vento en el momento de sus crecidas.

Es necesario resaltar el hecho de que, como consecuencia de la lenta, pero cada vez más evidente transformación del “criollo” en “cubano”, de la crisis económica de 1857-1866 y del fracaso del movimiento reformista, el 10 de octubre de 1868 se produjo el estallido independentista de la “Guerra de los Diez Años”, lo cual agravaría aún más los problemas económicos en la Isla, y de lo que no podían estar en modo alguno eximidos los trabajos de Vento.

Con la firma del Pacto del Zanjón, el 10 de febrero de 1878, las autoridades españolas lograron que un grupo de jefes revolucionarios depusiera las armas, a cambio de promesas que no contemplaban las aspiraciones independentistas, por las cuales se había sostenido un sangriento conflicto armado por espacio de una década, en cuyo crisol había quedado plasmada la nacionalidad cubana. Como parte de su estrategia pacificadora, el capitán general, Arsenio Martínez Campos, logró el cese total de las hostilidades, aunque el general del Ejército Libertador, Antonio Maceo, legara a la posteridad el gesto inmortal de la Protesta de Baraguá, continuando las acciones hasta su partida en busca del apoyo de la emigración.

No fue por ende casual, que la por tanto tiempo dilatada conclusión de la primera parte de las obras del por entonces “Acueducto Isabel II” de La Habana, se produjese el 23 de junio de 1878, y que al acto de conexión del Canal de Vento con los filtros del Acueducto de Fernando VII asistiese el propio capitán general, con lo que se pretendía demostrar el inicio de un

proceso de estabilidad social, al inaugurar una obra dilatada por espacio de dos décadas, ante la no asignación de los recursos imprescindibles que tanto reclamara Albear, y mediante la cual arribaban a la capital las aguas de los ansiados manantiales, comenzando a disminuir las muertes por cólera, que habían constituido epidemia entre 1850 y 1856, en 1865 y en el trienio 1867-1870, así como la mortalidad por disentería y otras enfermedades de transmisión hídrica.

La quebrantada salud del brigadier Francisco de Albear no fue obstáculo para que continuara cumpliendo sus misiones relacionadas con el Canal de Vento. Sin embargo, su vida no alcanzó para poder dirigir la última fase de las obras de su acueducto, que a partir de 1887 estuvieron a cargo de su discípulo, el coronel de ingenieros Joaquín Ruiz, quien concluyó los proyectos originales, en lo referido al Depósito de Palatino y a la red de distribución de aguas a través de la ciudad.

No obstante, su autor tuvo la satisfacción de ver el Proyecto de conducción a la Habana de las aguas de los manantiales de Vento premiado en la Exposición Universal de París de 1878, donde obtuvo medalla de oro, con la mención honorífica siguiente: “Como premio a su trabajo, digno de estudio hasta en sus menores detalles, y que puede ser considerada como una Obra Maestra”.⁴

Al valorar los méritos de tan trascendental obra ingeniera, que en honor a su creador y con toda justicia histórica pasó a denominarse como “Acueducto Albear de La Habana”, a partir de su inauguración el 23 de enero de 1893, resultan esclarecedoras las propias palabras del coronel de ingenieros Joaquín Ruiz, cuando expresara:


³ “Comunicación del Escelentísimo Señor Gobernador Capitán General al Señor Gobernador Presidente del Escelentísimo Ayuntamiento, remitiéndole el Proyecto de Conduccion a la Habana de las Aguas de los Manantiales de Vento. Habana. 22 de Enero de 1856”, en *Memoria sobre el Proyecto de conduccion a la Habana de las aguas de los manantiales de Vento*, redactada por D. Francisco de Albear y Lara, Imprenta del Gobierno y Capitanía General por S.M., Habana, 1856 (Se mantiene la ortografía de la fuente original. Nota del Autor).

⁴ Montolieu y de la Torre, Enrique José: “Elogio de Albear”, en: *Anales de la Real Academia de Ciencias Médicas Físicas y Naturales de La Habana*, t. 74, La Habana, 1937, p. 400.



“La elección del punto de toma, el análisis de las aguas, el cálculo del consumo necesario, el alumbrado y aforo de los manantiales, operación ingeniosa y difícil; la no menos delicada de su captación; su recogida en un espacio común; la preservación del agua de toda influencia nociva, y la erección de obras que la defienden de toda mezcla o confusión con orígenes enturbiados; su conducción luego a larga distancia en condiciones higiénicas a través de toda suerte de obstáculos, salvando cauces de ríos, arroyos, caminos, ramblas, cerros y trincheras hasta el vasto depósito que las almacena y reposa, asegurando la uniformidad y la constancia en el consumo; su distribución luego científicamente estudiada para esparcir el agua subdividiendo y aprovechando a la par la fuerza que la impulsa desde su partida; todo esto... da lugar a estudios de química, higiene pública, estadística, geología, mecánica de las construcciones e hidráulica, y otros muchos ramos del saber”.⁵

Por todo lo anterior, al conmemorarse el 125 aniversario del Acueducto de Albear vale reconocer, una vez más, la importancia de una obra que nació verdaderamente monumental, y que no en balde ha sido considerada por nuestros ingenieros actuales como una de las Siete Maravillas de la Ingeniería Civil Cubana. En tal sentido, rindamos gloria eterna al genio cubano universal que fuera Francisco de Albear y Fernández de Lara, para quien son totalmente válidas aquellas ideas inmortales de nuestro Apóstol, cuando el 27 de noviembre de 1891, en su trascendental discurso conocido por “Los Pinos Nuevos”, expresara que:

“Del semillero de las tumbas levántase impalpable, como los vahos del amanecer, la virtud inmortal, orea la tierra tímida, azota los rostros viles, empapa el aire, entra triunfante en los corazones de los vivos: la muerte da jefes, la muerte da lecciones y ejemplos, la muerte nos lleva el dedo por sobre el libro de la vida: ¡así, de esos enlaces continuos invisibles, se va tejiendo el alma de la patria!”.⁶ 

⁵ Ruiz, Joaquín: “El Brigadier Albear. Necrología, en: *Anales de la Real Academia de Ciencias Médicas Físicas y Naturales de La Habana*, t. 52, Habana, 1915-1916, p. 851.

⁶ Martí Pérez, José: “Discurso en conmemoración del 27 de noviembre de 1871, en Tampa. 27 de noviembre de 1891”, en: *Obras Completas*, Editorial Nacional de Cuba, La Habana, 1963, p. 284.

MIELES DE CONSAGRACIÓN¹

La Asamblea de Balance del trabajo desplegado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) en el 2017, efectuada el 15 de marzo de 2018, en el Palacio de Convenciones de La Habana, devino oportunidad insustituible para rendirle honores a quienes honores merecen, cual “grano de maíz” aludido por nuestro Héroe Nacional José Martí, donde cabe toda la gloria del mundo.

El Comandante de la Revolución Ramiro Valdés Menéndez, integrante del Buró Político del Partido, Vicepresidente de los Consejos de Estado y de Ministros, Héroe de la República de Cuba y Héroe del Trabajo de la República de Cuba, recibió de manos de Inés María Chapman Waugh, presidenta del INRH, un diploma de gratitud por su consagración al empuje del desarrollo hidráulico del país, y como “...justo reconocimiento a la obra de una vida entera consagrada a la Revolución...”, al decir del Presidente Cubano, Raúl Castro.

También la Ingeniera Eulalia López Álvarez, el General de Brigada Pedro José Astraín Rodríguez, el Coronel Alberto Hernández Marichal, el Doctor en Ciencias Técnicas Jorge Mario García Fernández, y el Ingeniero Alberto Antonio Porto Varona, recibieron congratulaciones por acumular todos decenas de años en los cuales han dejado huellas indiscutibles que han contribuido al sostenimiento del desarrollo hidráulico de nuestro país.

Asimismo, fueron estimulados un grupo de colectivos que escribieron páginas significativas durante el dos mil diecisiete para continuar consolidando la obra hidráulica de la Revolución. A nivel de Delegación Territorial los lauros recayeron en: Ciego de Ávila, La Habana, y Holguín.



¹ Autor: M.Sc. Fidel Sagó Arrastre. INRH correo: fidel@hidro.cu / Fotos: Del autor.

Mientras, entre las entidades del sistema de los Recursos Hidráulicos en el país, las más sobresalientes por sus resultados integrales en el pasado año son:

- Empresa de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos de la provincia de Sancti Spíritus.
- Empresa Ciegoplast.
- Empresa Aguas de La Habana
- Empresa Hidroplast.
- Empresa de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos de la provincia de Matanzas.
- Empresa de Mantenimiento y Rehabilitación de Obras Hidráulicas de Occidente (EMARHO).
- Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (Raudal).
- Empresa de Mantenimiento y Rehabilitación de Obras Hidráulicas “Cuito Cuanavale”.
- Empresa Holplast.
- Empresa Central de Equipos Hidráulicos (Cubahidráulica)
- Empresa Nacional de Perforación y Construcciones.
- Empresa de Servicios Ingenieros (ESI), de la Dirección Integrada de Proyectos (DIP) Tránsito.
- Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST).

Instantáneas de cada uno de esos momentos de acercamientos emocionales y espirituales que hacen palpitar corazones, hasta de aquellos que se alojan en el medio del pecho, aparecen al final de este apartado para continuar corroborando, con rotunda frecuencia, que “una imagen vale más que mil palabras”, máxime cuando están enrutadas en el ascenso de nuevas colinas donde convergen mujeres y hombres en pos de la construcción de una obra vivificante, anclada en el universo hidráulico. 💧



CELEBRACIÓN DEL DÍA INTERNACIONAL DE LA MUJER¹

**voluntad
HIDRAULICA**

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL



El siglo XXI fue declarado por la Organización de Naciones Unidas (ONU) como el siglo de la mujer. La primera propuesta para la celebración del Día Internacional de la Mujer Trabajadora se realizó en 1910, dentro del marco de la II Conferencia Internacional de Mujeres Socialistas celebrada en Copenhague (Dinamarca). Clara Zetkin, dirigente del Partido Socialdemócrata Alemán, propuso fijar el 8 de marzo como fecha para homenajear a aquellas damas que reclamaban su derecho al voto, al trabajo, y a su emancipación política. Años después, en 1975, la Asamblea General de las Naciones Unidas, lo oficializó como Día Internacional de la Mujer. La propuesta de Zetkin tuvo gran repercusión a nivel internacional, y se implementó al año siguiente, en 1911, en Austria, Dinamarca, Suiza y Alemania.

El Día Internacional de la Mujer se celebra por primera vez en Cuba el 8 de marzo de 1931. El encuentro fue organizado por la Central de Trabajadores Nacionales de Cuba y la Federación de Trabajadores de La Habana. Desde entonces, las mujeres han destinado la mayor parte de sus ingresos al bienestar de su familia, y su contribución al desarrollo de los hogares ha sido muy significativa.

Con la presencia femenina de varias direcciones, el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), celebró este 8 de marzo, el Día Internacional de la Mujer. Una representación de la Sección Sindical, el Comité del Partido Comunista de Cuba, la Dirección Administrativa y los Jóvenes del Centro, prepararon una actividad reconociendo el aporte que las féminas ofrecen a nuestra sede. El encuentro, constituyó una celebración oportuna para realzar las potencialidades y desafíos que enfrentan las mujeres en la contemporaneidad.

Para finalizar, me gustaría señalar como dato curioso que, en nuestra institución, existen alrededor de 90 mujeres trabajadoras, y su participación en el sector hidráulico ha promovido el avance para el logro del desarrollo sostenible, y el pleno respeto de los derechos humanos en condiciones de igualdad con los hombres. 💧



Clara Zetkin. Feminista alemana que luchó por los derechos de la mujer

¹ Autora: Lic. Evelyn Garriga Arias. INRH. evelyn.arias@hidro.gob.cu

PREMIACIÓN OCCIDENTAL DEL CONCURSO TRAZAGUAS 2018¹ COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

**voluntad
HIDRAULICA**

El domingo 25 de marzo, se efectuó el evento de premiación en el Occidente del país, del Concurso Trazaguas 2018, en lo que devino también festividad por su XX Aniversario y celebración por el día Mundial del Agua.

Participaron niñas, niños y adolescentes acompañados de familiares y maestros que arrollaron en comparsa tropical cubanísima, junto a los personajes de María Silvia y Elpidio Valdés, desde la sede de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC) hasta el teatro del Ministerio del Comercio Exterior (MINCEX) en La Rampa capitalina. Allí los aguardaban para darles la bienvenida, las ansiosas y risueñas abejas de la Colmena, al tiempo que se vislumbraba un espacio engalanado para la ocasión con globos en diferentes tonalidades de azul y una exposición con las obras premiadas en la modalidad de artes plásticas.

Entre danzas, canciones y poesías, se entregaron los premios a las ganadoras y ganadores de esta edición del Concurso en las modalidades de audiovisual, artes plásticas,

fotografía, historieta, juegos didácticos y poesía. Sus trabajos creativos, expresaron la preocupación por preservar el agua y enfrentar la sequía. Fue una lluvia de alegría donde el Grupo Ecologista Cubanos en la Red convidó a bailar al joven auditorio.

El evento constituyó una oportunidad para dar visibilidad a los proyectos comunitarios que mediante el talento de las niñas y los niños promueven la toma de conciencia respecto al cuidado del preciado recurso al convertirse en actores del ahorro del agua y el cuidado del medio ambiente.

Presidieron la actividad, Abel Salas García, Vicepresidente Primero del INRH, Ana Lidya Hernández González, Directora de GIT, Amneris Carreras Rodríguez, Coordinadora Nacional del Proyecto Agua Amiga de las Niñas y los Niños, Pedro Luis García Pérez, Presidente de la UNAICC de La Habana, Luis Berriz, Presidente de CUBASOLAR, Yoandra Tur, Especialista de colaboración del MINREX y María Machicado Terán, Representante del UNICEF en Cuba.



Directivos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos: Ana Lidya Hernández, Directora de GIT y Abel Salas García, Vicepresidente Primero, junto a la Representante de UNICEF en Cuba, disfrutan del evento de premiación.

¹ Por: M.Sc. Yureici Piñeiro Salmón. Especialista de la Dirección Técnica de la Empresa de Servicios Ingenieros Hidráulicos Occidente (ESIHO) y Promotora del Proyecto Agua Amiga de las Niñas y los Niños.



La Representante del UNICEF en Cuba, María Machicado Terán, destacó: “Esta es una forma de movilizar a las niñas y los niños para que creen conciencia sobre la importancia de preservar el agua y de educar al resto de la familia y la comunidad, y del riesgo frente al cambio climático”.



Momentos de la hermosa actuación de los pioneros de la escuela Solidaridad con Panamá y entrega del diploma a Víctor Manuel Hernández Gómez, Mención Fotografía.



PREMIACIÓN CONCURSO CERO DERROCHE

Momentos de la Premiación del Concurso de fotografía infantil Cero Derroche 2017 celebrada el 24 de febrero de 2018 en la sede de la UNAICC de la provincia La Habana.



Promotores del ahorro del agua: Pioneros que resultaron premiados en el concurso de fotografía infantil Cero Derroche. Sus trabajos contribuirán a tomar conciencia sobre la necesidad de preservar este preciado recurso natural.



Maria Machicado Terán, Representante del UNICEF en Cuba, observa las fotografías ganadoras junto a la Directora de GIT, Ana Lidya Hernández.

cero DERROCHE 2017



Los presentes se deleitaron con la presentación de los pioneros del círculo de interés Amiguitos de la ESIHO "Forjando Hidráulicos" de la Escuela Adalberto Gómez Núñez, quienes luego, junto a los premiados disfrutaron y bailaron con Cubanos en la RED.

CELEBRADO DÍA DEL INGENIERO CUBANO. OTORGADOS LOS PREMIOS NACIONALES DE LAS INGENIERÍAS¹

**voluntad
HIDRAULICA**

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Una felicitación a todos los ingenieros de nuestro país y muy especialmente a los que recibieron el Premio Nacional de las Ingenierías 2018, transmitió la MSc. Arq. Mercedes Elesther Savigne, presidenta de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba, UNAICC, al clausurar el acto central por el Día del Ingeniero Cubano.

La sala Granma del Ministerio de la Construcción sirvió de sede a la ceremonia donde se entregaron los diplomas a los galardonados: Sergio Betancourt, por la Sociedad de Ingeniería Civil; Antonio Silvestre Martínez, por la de Hidráulica; Clara Beatriz Bello, por la de Ingenierías de las Geociencias y la Química; y Alfredo Correa, por la de las Ingenierías de la Mecánica, Eléctrica e Industrial.

Además, se concedieron diplomas de reconocimiento a los restantes Nominados, todos con una amplia trayectoria y exitoso desempeño en sus decenas de años de labor.

A nombre de sus colegas, el MSc. Ing. Alfredo Correa, expresó en unas breves y sencillas palabras que el reconocimiento lo reciben con la humildad y el compromiso de los profesionales que han dedicado su vida a la obra de la Revolución, a la lealtad y a los principios éticos, al Líder de la Revolución Cubana Fidel Castro y a los héroes y mártires de la Patria.

Añadió, además, que el Premio Nacional a la Vida y Obra de las Ingenierías 2018, lo aceptaban agradeciendo a sus familiares y a sus compañeros del colectivo, que hicieron posible que el trabajo que ellos desarrollaron resultara destacado.

La presidenta de la UNAICC en su discurso, calificó de muy difícil la labor de los jurados en la elección de los premiados, porque entre los nominados había mucha experiencia y aportes acumulados.



Galardonados con el Premio Nacional Vida y Obra de Ingeniería Civil



Galardonados con el Premio Nacional Vida y Obra de Ingenierías Mecánica, Eléctrica e Industrial.

¹ Autora: Mireya Santana. Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba, UNAICC. Publicado: 12 Enero 2018. / fotos PepeSuq



Galardoneados Premio Nacional Vida y Obra de Ingeniería Hidráulica.



Galardoneados Premio Nacional Vida y Obra de Ingenierías de las Geociencias y Química.



Ing. Alfredo Correa Álvarez. Premio Nacional Vida y Obra de Ingenierías Mecánica, Eléctrica e Industrial.



Ing. Antonio Silvestre Martínez Suárez. Premio Nacional Vida y Obra de Ingeniería Hidráulica.



Ing. Clara Beatriz Bello Robaina. Premio Nacional Vida y Obra de Ingenierías de las Geociencias y Química.



Ing. Sergio Betancourt Rodríguez. Premio Nacional Vida y Obra de Ingeniería Civil.

En este 2018 se cumplen 20 años de que la asociación comenzara a otorgar los Premios Nacionales a la Vida y Obra de las Ingenierías, distinción que ya ostentan 182 profesionales.

El Ing. Antonio Guerrero, Héroe de la República de Cuba y Asociado de Honor de la UNAICC, presidía el acto junto a directivos del MICONS, el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, y de la organización.

El Día del Ingeniero Cubano se instituyó el 11 de enero de 1946 en homenaje al nacimiento de Don Francisco

de Albear y Fernández de Lara, reconocido como el más eminente ingeniero cubano del siglo XIX, autor de numerosas obras de beneficio social en nuestro país.

La Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba, fundada en 1983 y que en la actualidad cuenta con más de 13 mil afiliados, se prepara para realizar la semana entrante, del 18 al 20 de enero, su VIII Congreso en el Palacio de Convenciones de La Habana. 💧

DÍA MUNDIAL DEL AGUA¹

voluntad
HIDRAULICA

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Por iniciativa de la UNESCO, se decide declarar el 22 de marzo de cada año a partir de 1993 como el Día Mundial del Agua, teniendo en cuenta las provisiones del Capítulo 18 de la Agenda 21.

El Comité Cubano para el Programa Hidrológico Internacional (PHI) y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos participan cada año en las actividades que por este día se desarrollan en nuestro país encaminadas a fomentar un espíritu de conservación y desarrollo de los recursos hidráulicos entre los ciudadanos de todo el país.

Este 22 de marzo el lema es **Soluciones para el agua basadas en la naturaleza**, o sea acciones para proteger y gestionar de forma sostenible ecosistemas naturales o modificados. Estas soluciones están destinadas a apoyar el alcance de los objetivos de desarrollo de la sociedad y se han diseñado para abordar los principales desafíos sociales, el cambio climático, la seguridad hídrica, la seguridad alimentaria, la salud humana, el desarrollo social y económico y la prevención de desastres naturales.



Consuelo Vidal. Representante del PENUD



Grupo de teatro Juglaritos en conjunto con el Grupo Cubanos en la Red.

¹ Por Ing. Amneris Carreras Rodríguez. INRH.



El acto central nacional por el Día Mundial del Agua realizado en el teatro del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos estuvo presidido por el Ing. Abel Salas García, Vicepresidente primero del IINRH, contando además con la presencia de Ana Lidya Hernández González, Directora GIT del referido organismo, Consuelo Vidal, Coordinadora Residente del Sistema de Naciones Unidas y el PNUD, Laura Melo, del Programa Mundial de Alimentos, María Machicado, Representante del UNICEF en Cuba, así como directivos, funcionarios y trabajadores del INRH y otros organismos.

El grupo de teatro Los Juglaritos dirigido por Manuel Romero interpretó la obra Agua y Cubanos en la Red hicieron el cierre de este 22 de marzo, Día Mundial del Agua. 💧

TRIBUTO AL CMDTE. FAUSTINO PÉREZ HERNÁNDEZ¹

**voluntad
HIDRAULICA**

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Con motivo del aniversario 98 del natalicio del Cmdte. Faustino Pérez

Hernández, la Sociedad de Ingeniería Hidráulica de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba de conjunto con el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos rindió un sentido homenaje. Recordar a Faustino Pérez es reconocer al fiel combatiente que asumió con responsabilidad todas las tareas que le asignaron, y que por indicaciones del Comandante en Jefe Fidel Castro, fundó en 1962 el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, siendo su primer Presidente.

Al recordarle viene a nuestras mentes su firmeza de carácter, su modestia y austeridad, que unidos a su capacidad para dirigir lo hicieron acreedor del respeto y admiración de todos los que tuvieron el privilegio de conocerle.

Durante los primeros años de la creación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, demostró la capacidad de aunar voluntades, educar y entusiasmar a cuantos estuvieron a su lado en este empeño. sin ser un especialista en hidráulica pues era médico de profesión, logró apoyarse en sus colaboradores cualesquiera que fueran sus niveles de conocimiento o su papel en el Organismo.

Faustino supo estructurar, y echar a andar, con un grupo reducido de técnicos, la Voluntad Hidráulica trazada por la Revolución Cubana, para ejecutar las numerosas misiones que requería la nación en su transformación socio-económica.

Hoy Cuba puede mostrar con orgullo la inmensa obra hidráulica lograda, resultado del esfuerzo y tesón de los trabajadores de este sector, quienes contaron durante años, con su conducción, inteligencia y sabiduría y con la colaboración de especialistas soviéticos y búlgaros.

Son muchas e importantes las tareas que enfrenta actualmente el país, tanto en el plano interno como en el internacional, que nos involucran a todos. Relevancia especial tiene la actualización del modelo económico cubano y la implementación de los Lineamientos aprobados por el VI Congreso del Partido, la Ley de las Aguas Terrestres y su Reglamento y el Programa de Desarrollo Hidráulico hasta el 2030.

En medio de estos grandes retos y transformaciones, Faustino es para nosotros, los trabajadores hidráulicos, el mejor ejemplo de tenacidad, entrega y sacrificio a la lucha y al quehacer diario, lo que nos compromete más a todos, pues su obra la desarrolló con modestia, valentía y amor.



*"... finas manos de doctor
fueron manos de mambí
y cambiaste el bisturí
por el fusil redentor..."*

*"...tu firmeza de diamante
sembró leyendas y asombros
hasta que brilló en tus hombros
la estrella de Comandante..."*

Ninón Alfonso Benítez



Foto histórica Faustino, Fidel otros combatientes.

¹ Por. Ing. Amneris Carreras Rodríguez



Exposición sobre la vida y obra de Faustino Pérez.



Familiares de Faustino y representantes del INRH.



Homenaje brindado por los adolescentes.

Directivos y trabajadores del INRH y la UNAICC junto a familiares y amigos depositaron una ofrenda floral en la tarja que preside el lobby del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y que perpetúa su memoria. Posteriormente en la sede de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba se inauguró una exposición de fotografías de gran parte de su fructífera vida. La

actuación del coro integrado por alumnos de octavo grado, entre ellos su nieta Amalia Díaz Pérez, de la escuela Secundaria Básica Fructuoso Rodríguez del Vedado y dirigido por Magalys Martínez interpretó bellas canciones y poemas que hicieron el cierre de este sencillo homenaje al legendario combatiente Faustino Pérez Hernández este 15 de febrero en su 98 cumpleaños. 💧

AMPLÍA CUBA INVERSIONES EN EL SECTOR HIDRÁULICO¹

**voluntad
HIDRAULICA**

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

El año 2017 se caracterizó por contemplar períodos de sequías, situaciones epidemiológicas y desastres naturales, que unidos a la situación financiera del país obligaron a realizar redistribuciones para lograr los objetivos propuestos realizando un mejor uso de recursos financieros, materiales y energéticos. En este sentido, las ejecuciones fueron las más altas de los últimos 10 años, con más de 450 millones de pesos ejecutados.

En el programa de Agua Potable y Saneamiento se ejecutaron más de 330 kilómetros de redes, 255 kilómetros de conductoras, 41 kilómetros de alcantarillado y 12 kilómetros de colectores y drenajes. Se terminaron 275 obras, de ellas 206 con valor de uso, que beneficiaron a más de 1 millón 687 mil personas por mejoras en los servicios de abasto, marcados los mayores beneficios en las provincias de La Habana, Santiago de Cuba, Ciego de Ávila y Camagüey.

En cuanto al Programa de trasvases y nuevas obras, se cumplieron los objetivos previstos en un 90.5 por ciento, sus principales impactos son:

TRASVASE ESTE-OESTE

Canal Biran- Báguanos

- Se terminaron los 2.01 kilómetros de canales previstos en plan.
- Se garantizó el abasto a las áreas planificadas poner bajo riego de los sectores de agricultura y Azcuba.

Canal Nipe Deleite-Cosme Herrera

- Se cumplen con los indicadores físicos planificados para el año en las actividades de excavación, terraplén y revestimiento
- Se garantizó el abasto a las áreas planificadas poner bajo riego para la agricultura.

Sistemas de riego Manglito

Se concluye el año con sistemas de abasto terminados para 700 ha, las que se pondrán bajo riego progresivamente en el año 2018.

Canal magistral Zaza

Se cumplen los alcances planificados para el año en un 83%. La principal afectación a estas obras se produce por el traslado de fuerzas constructoras a las tareas de recuperación en el cuarto trimestre.




Programa hidráulico infraestructura del turismo

Se cumple el plan de ejecución de nuevas inversiones en los polos de la Cayería Norte de Cuba y Varadero al 87%. En el cuarto trimestre del año, fue necesario destinar todas las fuerzas constructivas a la recuperación de las instalaciones y la infraestructura, dañada por el fenómeno atmosférico Irma.

Para el 2018 se proponen alcances similares a los planificados en el 2017, previéndose la continuidad de las rehabilitaciones que se financian por proyectos de colaboración, y se reducen a lo imprescindible las ejecuciones a financiar centralmente, haciendo uso de inventarios que reducen importaciones. A la vez, se trabaja por la obtención de nuevas fuentes financieras externas para respalda la continuidad del Programa Hidráulico Nacional.

Principales acciones a ejecutar

- Programa de rehabilitación de redes y conductoras (incluye un nivel para el saneamiento), potabilización y desalinización, que representa el 45.2% del plan para el año.
- Programa del Turismo (Cayería Norte Varadero y otras inversiones en diferentes provincias), que representa el 22% del plan para el año.
- Programa de trasvases y nuevas obras que abarca el 20% del plan previsto para el 2018. 

¹ Dirección de Gestión de las Inversiones. INRH.

ANÁLISIS DE LLUVIAS, EMBALSES Y ACUÍFEROS¹

Transcurridos tres meses del año 2018, el promedio de precipitación observado en el país ha sido de 157,2 mm (106 % de la media histórica), que insertan el período en la categoría “cercano a lo normal” del SPI. Entre los comportamientos regionales, el de Occidente, con 45 % de su media histórica a partir de un acumulado absoluto de 69,5 mm, es el único desfavorable. En Centro y Oriente se superaron las respectivas medias históricas. En el primer caso se acumuló el 111 % mientras que en el segundo se acumuló el 150 % a partir de respectivos registros absolutos de 141,4 mm y 251,5 mm. Las medias históricas para el período han sido superadas en 75 municipios, mientras en otros 30 no se alcanza el 50 % del acumulado histórico. Perico (Matanzas) es el municipio con el menor acumulado absoluto y relativo (27,6 mm y 19 %). Baracoa (Guantánamo) es el municipio con el mayor acumulado absoluto con 911,9 mm, equivalentes al 167 %; mientras que Puerto Padre en la provincia de Las Tunas, presenta el mayor acumulado relativo con 316 % (347,9 mm).

El desfavorable acumulado de la lluvia del mes de marzo en todo el país, ha incidido en que haya descendido de forma sostenida el volumen de agua embalsado a nivel nacional durante todo el mes hasta un total de 504,92 hm³, que superan los 431,81 hm³ identificados como descenso promedio para marzo. En Occidente, donde se registró el menor acumulado de lluvia los embalses tuvieron el comportamiento esperado para la fecha. En la región central, aunque con mejor comportamiento pluvial que en Occidente, se produjo la mayor reducción del almacenamiento debido a que también fue la región con las mayores entregas a de agua a los usuarios y los mayores vertimientos. También ha disminuido desde, 96 hasta 92, la cantidad de acuíferos con el nivel de la superficie freática en la zona normal de almacenamiento, a la vez que ha aumentado, así como la cantidad acuíferos con tendencia al descenso del nivel freático, desde 43 hasta 63.

En los embalses del país se almacenan 6985,57 hm³ de agua (77 % de la capacidad total), con una porción



utilizable de 6960,11 hm³ (74 % de la capacidad útil). El volumen de agua almacenado representa 3471,74 hm³ más que en marzo del pasado año y una disminución de 504,92 hm³ respecto al mes de febrero de 2018. Además, se encuentra 1911,09 hm³ por encima del promedio histórico para la fecha. Existen 60 embalses con menos del 50 % de llenado útil y, de ellos, 23 por debajo del 25 %, dentro de los cuales se encuentran nueve secos. Se presentan 4 embalses vertiendo. La Habana (30 %) es el territorio que se encuentra con llenado inferior al 50 % de su capacidad útil.

De un total de 101 acuíferos controlados, 92 se encuentran en la zona normal. Los nueve restantes, asociados las provincias Mayabeque, Camagüey y al municipio especial Isla de la Juventud, se encuentran en la zona desfavorable tendiendo seis (HS-5 “Melena-Nueva Paz”, C-I-1 “Florida”, C-I-2 “Florida”, C-I-3 “Florida”, C-I-7 “Vertientes” y C-I-14 “Sierra Maestra”) al descenso, uno (IJ-I-5 “Gerona”) a la estabilidad y dos (C-I- 16-a “Najasa” y C-I-16-b “Najasa”) al ascenso.

De los 15 acuíferos de categoría I vinculadas al abasto de agua a las principales ciudades y polos turísticos del país, todos se encuentran en estado normal (nueve ascendiendo, dos estables y cuatro ascendiendo).

¹ Boletín Hidrológico. Dirección de Uso Racional del Agua. Servicio Hidrológico y Disponibilidad. INRH.

DIPUTADOS Y ASAMBLEÍSTAS EN RECURSOS HIDRÁULICOS¹

voluntad
HIDRAULICA

COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL

Una amplia delegación de candidatos a diputados a la Asamblea Nacional del Poder Popular por la capital del País, así como nominados a delegados de la Asamblea Provincial de Gobierno de La Habana, designados por el municipio Plaza de la Revolución, visitaron la sede central del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), como parte del proceso de intercambios que sostienen dichos elegidos con diversas estructuras del pueblo que representarán.

Inés María Chapman Waugh, presidenta del INRH, junto a otros miembros del consejo de dirección del Organismo, factores políticos, sindicales y trabajadores de la institución, dispensaron un cálido recibimiento a los comisionados, los que pudieron profundizar su preparación acerca de la dinámica del sector a través de audiovisuales institucionales, una exposición especializada sobre el comportamiento de las variables hidrológicas, y el intercambio de impresiones con directivos de la rama.

Los actuales diputados, José Luis Toledo Santander, Presidente de la Comisión de Asuntos Constitucionales y Jurídicos de la Asamblea Nacional del Poder Popular; y la Doctora en Ciencias Mariela Castro Espín, directora del Centro Nacional de Educación Sexual, así como el Doctor Orlando Gutiérrez Boza, de la Asociación Abacúa de Cuba, manifestaron emotivas expresiones de asimilación en torno a la trascendencia del manejo del recurso agua, un líquido vital para la supervivencia humana, el desarrollo socio-económico y el equilibrio medio ambiental, al tiempo que resaltaron lo mucho que aún falta por hacer.

La Presidenta del INRH subrayó que el país cuenta con un ejército de trabajadores hidráulicos, integrado por más de 34 000 efectivos, comprometidos con darle continuidad a la vasta obra de la Revolución en este terreno, como legítimo legado del Comandante en Jefe, Fidel Castro. Puntualizó el momento oportuno que se presenta actualmente con la próxima entrada en vigor de la Ley de las Aguas Terrestres, el 14 de febrero venidero, lo que debe redundar en un robustecimiento de la política del Gobierno y el Estado en el campo hidráulico, para el bien de la economía y toda la sociedad. 💧



Representación de los diputados a la asamblea nacional y directivos del INRH

¹ M.Sc. Fidel Sagó Arrastre. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Correo: fidel@hidro.cu / Fotos: Del autor.

COMO LA PALMA DE SU MANO CONOCE RAFAEL EL ACUÍFERO AVILEÑO¹

**voluntad
HIDRAULICA**
*de esos héroes
anónimos nuestros...*

Como el aire, el fuego y la tierra, el agua tiene el poder de dar vida o de destruir. El 97 por ciento de ella se encuentra en mares y océanos y no es apta para el consumo humano. Eso bien lo sabe Rafael González-Abreu Fernández, un avileño que se ha dedicado durante años a buscar las vías para, desde sus conocimientos, penetrar el subsuelo y estudiarlo con el objetivo de darle un uso más adecuado a ese recurso natural, cuyo empleo en el mundo se ha triplicado en los últimos 50 años.

Rafael se desempeña como especialista principal de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Ciego de Ávila, y es, a no dudarlo, el que más conoce el manto freático del territorio, sin necesidad de darse una “vueltecita” a sus entrañas.

“No me considero sabio, pero sí disfruto lo que hago desde mi puesto de trabajo, máxime cuando avizoro lo que puede suceder cuando hay escasez de agua y contribuir a minimizar las consecuencias”, dice este hombre, que, además de ser ingeniero hidráulico, es especialista en modelación matemática, hidrogeólogo, geofísico y más-ter en gestión ambiental.

“Nadie como yo sabe de cuantos sustos dieron los más de 40 meses de sequía hidrológica al desarrollo económico y social y al abasto a la población de la provincia”, dice Rafael, no con orgullo, sino con un gran compromiso con lo que hace.

Este avileño es el autor de una tecnología para la determinación de los niveles de alerta y alarma en caso de agotamiento del manto acuífero por sequía o intensa explotación, la cual se generaliza en todo el país y recibió el Premio de Mayor Impacto Económico y/o Social 2017, que confiere la Asociación Nacional de Innovadores y Racionalizadores.

También obtuvo en días recientes el Premio a la Innovación Tecnológica en Ciego de Ávila como parte de las actividades por el Día de la Ciencia Cubana.

La inventiva constituye el resultado de 20 años de estudio, pues “el cambio climático está ante nuestras narices y no podemos cruzarnos de brazos, sino buscar las mejores soluciones para proteger el recurso agua en los reiterados periodos pocos lluviosos”, comenta Rafael.

“Hay mucha bibliografía en Internet relacionada con las categorías de alerta y alarma sobre aguas superficiales, pero



Ing. Hidráulico Rafael González-Abreu Fernández.

nada con las fuentes subterráneas, de ahí que lo primero en hacer fue una selección de las redes hidrológicas, lo cual permitió conocer el comportamiento real del subsuelo para realizar trabajos de correlación lluvia-recarga”.

Ese mecanismo nos facilitó concretar los límites del acuífero, para establecer categorías que nos proporcionaran calificar su situación en estado favorable, desfavorable, muy desfavorable y crítico, explica.

Gracias a su aplicación, las tres fuentes del acueducto Ruspoli no colapsaron, lo cual impidió que más de 49 mil personas, de la parte norte de la ciudad capital, recibieran el servicio a través de carros pipa, rememora Rafael.

Por el continuo descenso del manto freático, la tecnología fue muy útil en la toma de decisiones del territorio, mediante ella se hicieron análisis puntuales tales como las curvas de agotamiento, la determinación de las fases de alerta y alarma y el pronóstico del nivel de llenado de los acuíferos para conocer las zonas más vulnerables y proceder a las medidas de ahorro.

Según vaticinios formulados hace más de una década por científicos, en el año 2025, alrededor de tres mil 500 millones de personas (casi la mitad de la población mundial actual) sufrirán problemas con el agua.

Gratifica saber que la iniciativa de Rafael, con aplicación efectiva y demostrada, resulta precisa en eventos de este tipo, pues es capaz de avizorar el posible agotamiento del acuífero con seis meses de antelación y permite conocer las disponibilidades de agua para la explotación de acuerdo con las prioridades establecidas en el balance hídrico anual. 💧

¹ Autor: Lubia Ulloa Trujillo / Agencia Cubana de Noticias (ACN) 26 Enero 2018. / ACN Foto: Osvaldo Gutiérrez Gómez

CUBA REITERA EN FORO MUNDIAL QUE ACCESO AL AGUA ES UN DERECHO HUMANO¹

**voluntad
HIDRAULICA**
**COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL
QUE DICE LA PRENSA**

Cuba reiteró ante el VIII Foro Mundial del Agua que el acceso a este recurso constituye un derecho humano cuyo disfrute por todos los ciudadanos es responsabilidad de los gobiernos, dijo este miércoles un alto funcionario del sector.

El mayor éxito de un encuentro como éste sería tener la capacidad de distinguir acciones y establecer compromisos concretos y tangibles, orientados a alcanzar el acceso equitativo y suficiente de agua y saneamiento para quienes no lo tienen, dijo a Prensa Latina el Ingeniero Antonio Rodríguez, Vicepresidente del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).



Según expresa el directivo, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS-6) (garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos), “nos coloca frente a metas exigentes” cuyo cumplimiento requiere el compromiso y la responsabilidad de los gobiernos.

Además de ello, exige complementar los esfuerzos nacionales con una sólida cooperación internacional, la cual debe incluir formas novedosas como la colaboración triangular y Sur-Sur, “todo ello para garantizar que efectivamente no dejemos a nadie atrás”, enfatizó.

Rodríguez valoró que el Foro posibilita también que países con más experiencia les transmitan a los que tienen mayores dificultades, y poder cumplir con ODS-6. Recordó que Cuba trabaja desde hace mucho tiempo en función de alcanzar este objetivo.

En la actualidad, el 95,5 por ciento de la población cubana tiene cobertura de agua potable, una cifra que en el mundo pueden exhibir pocas naciones y que en América Latina solo puede mostrar también Uruguay.

Desde el año 2012, abundó, fue aprobada la Política Nacional del Agua, que fortaleció el control del Estado sobre los recursos hídricos, en la que quedaron definidos 22 principios y cuatro prioridades, la primera de las cuales es su uso racional.

Además son prioritarios el uso eficiente de la infraestructura existente; y la percepción de riesgo sobre la calidad del agua y los eventos climáticos, explicó.

Hoy, Cuba está enfrascada en un amplio programa de reducción de pérdidas; lleva adelante fuertes inversiones para la construcción de trasvases, el despliegue de plantas desalinizadoras y la construcción de plantas para el tratamiento de residuales, y para transformar la matriz energética de los sistemas de abastecimiento de agua, relató.

Por otra parte, significó que durante su intervención en la Conferencia Ministerial reiteró el compromiso del gobierno cubano de continuar elevando la calidad de vida de sus ciudadanos por estas vías, y la disposición a “compartir de manera solidaria y modesta su experiencia y resultados con quienes más lo necesiten”.

Durante su estancia aquí, el vicepresidente del INRH y la delegación que lo acompaña sostuvieron encuentros de trabajo con sus similares de Suráfrica y Haití, esta última nación favorecida por proyectos de cooperación entre Cuba, España y Francia, y tienen previsto reunirse con participantes de República Dominicana y Nicaragua, entre otros. 💧

¹ Publicado por Agencia Prensa Latina el 21 de marzo de 2018.

AGUA PURA Y ENVASE SEGURO EN MAISÍ¹

**voluntad
HIDRAULICA**
COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL
QUE DICE LA PRENSA

Cinco plantas purificadoras beneficiarán a más de mil familias en el extremo oriental de la Isla.



Unas 350 familias del poblado intramontano de La Asunción comenzarán a recibir agua potable de excelente calidad, tras el montaje y puesta en funcionamiento de la primera de cinco plantas purificadoras del vital líquido que se instalarán en este municipio del extremo oriental de Cuba, uno de los más áridos de la Isla.

En fase de prueba y con la más avanzada tecnología que a nivel global se emplea en la purificación de agua para consumo humano (ósmosis inversa), y con cero empleo de sustancias químicas, la planta, donada por el Gobierno de México, clarifica el agua mediante un implemento filtrante con membranas semipermeables de fabricación alemana; y es capaz de eliminar del líquido la turbiedad y la presencia de nitratos, pesticidas, bacterias, virus, microbios, amianto, herbicidas, cal, mercurio, plomo y otros metales pesados.

Giorvis Constanten Pelegrín, director de la Unidad Empresarial de Base de Acueducto y Alcantarillado en ese territorio, informó a Juventud Rebelde que a las familias beneficiadas se les proveyó gratuitamente de pomos plásticos de diez litros para transportar el agua desde la

purificadora y de un tanque de 150 litros para almacenarla en casa.

Con igual tecnología y el apoyo material de diferentes países que colaboran en este propósito a través de la Organización No Gubernamental Oxfam Intermón —presente en Cuba desde hace 25 años respaldando labores de saneamiento ambiental y del agua— se monta otra planta en la comunidad de Los Llanos y dos en La Máquina, donde en estos momentos una brigada constructora de Acueducto y Alcantarillado del municipio ejecuta la obra civil, agregó la fuente.

El Director municipal de Acueducto precisó que esas instalaciones, de conjunto, favorecerán a 1 112 familias de Maisí, donde después del paso del huracán Matthew, en octubre de 2016, Oxfam implementó un programa de saneamiento de agua e hizo entrega de filtros, tanques, pastillas potabilizadoras, mosquiteros, colchones y módulos de higiene a familias damnificadas en este territorio, con el apoyo de los Órganos Locales del Poder Popular, la Defensa Civil y la Federación de Mujeres Cubanas.

¹ Haydee León Moya. Publicado: miércoles 21 febrero 2018. Periódico Juventud Rebelde.

CUBA PROTEGE SUS AGUAS PARA EL BIEN DE TODOS¹

**voluntad
HIDRAULICA**
**COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL
QUE DICE LA PRENSA**

El agua es un bien preciado y, debido a su valor esencial para el desarrollo de la vida, es necesario garantizar su gestión sostenible y saneamiento.

Cuba es una de las naciones que cuenta con una legislación y su reglamento como muestra de la ocupación y preocupación del Estado con el medio ambiente y los bienes naturales, aseguró la presidenta del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), Inés Chapman, en entrevista exclusiva con Prensa Latina.

A propósito de la entrada en vigor el 14 de febrero de 2017 de la Ley de las Aguas Terrestres en Cuba y su Reglamento, Chapman explicó su importancia y novedades.

Significó que a través de esta legislación se reorganiza el empleo racional y productivo del recurso hídrico sobre la base de las cuencas hidrográficas, regula que no se sobreexploten y que se protejan para las generaciones actuales y futuras.

La titular del INRH amplió que esta norma recoge toda la gestión del agua potable y su saneamiento, lo cual se encuentra en correspondencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La Ley y su Reglamento, precisó, está compatibilizada con la Política Nacional del Agua, los ODS, los objetivos del INRH y el Plan Hidráulico Nacional hasta 2030.

Esa legislación, añadió, también permite realizar un balance del agua para distribuirla equitativamente en el país, regula a quién corresponde la autoridad sobre el líquido, los responsables de protegerla, cuidarla y de enfrentar las indisciplinas sociales, así como los factores y actores que están relacionados con el recurso y cómo utilizarlo con un impacto positivo en la sociedad.



M.Sc. Inés María Chapman Waugh, presidenta del INRH.

Entre otros temas de importancia, agregó la norma establece cómo cuidar del agua, velar para evitar la contaminación, afrontar la intrusión marina y la protección de las costas, y aborda también la reubicación de asentamientos afectados por inundaciones ante intensas lluvias o severas sequías.

Recordó que nadie puede vivir sin agua, por tanto es un recurso vital tanto para la economía como para el medio ambiente, y explicó que en sí misma tiene un cálculo económico, porque necesita una serie de requerimientos para tratarla, conducirla y llevarla a toda la sociedad.

NOVEDADES

Esta ley abarca temas novedosos, explicó Chapman, como el registro de las aguas terrestres, concesiones y autorizaciones para la inversión extranjera, organización de las cuencas hidrográficas, y el tratamiento a los cuentapropistas y cooperativas y las servidumbres voluntarias y legales.

Este último elemento se refiere a la posesión de los pozos o cisternas que se encuentran en áreas comunes y la obligatoriedad de ofrecer el servicio, porque el agua es para todos no para una persona en particular, por tanto se regula a nivel de los particulares como entidades estatales, remarcó la directiva.

Entre otros elementos, se incorporan las regulaciones para las nuevas provincias de Artemisa y Mayabeque, propuestas de prioridades ante situaciones de extrema sequía, el Plan Hidráulico Nacional y la aplicación de las nuevas tecnologías, como son las plantas desalinizadoras.

¹ Autora: Teyuné Díaz. Periodista de la Redacción de Economía de Prensa Latina. Publicado el 17 de abril de 2018. Fotos de la autora.

Unido a ello, se adiciona el Balance de Agua para todos los organismos de la administración central de Estado, cuestiones sobre el drenaje pluvial, tratamiento de las aguas residuales, y las obligaciones de los mencionados organismos en la captación de agua de lluvia, enumeró.

UN RECURSO RENOVABLE, PERO LIMITADO

La titular del INRH recordó que la única fuente de agua en Cuba son las lluvias, y al ser una isla larga y estrecha con dos regímenes fundamentales -etapa de sequía y de lluvia-, debemos conservarla, porque es un recurso renovable pero limitado, apuntó.

Su preservación y cuidado son necesarios, explicó y amplió que pese a contar con 242 presas y varias micropresas que permiten preservar el agua de lluvia, siempre ocurren pérdidas.

Chapman significó que los embalses se construyeron gracias a la visión del Líder Histórico de la Revolución Fidel Castro.

El agua proveniente de las precipitaciones no se puede almacenar totalmente, una parte se infiltra al manto freático y alimenta el agua subterránea y otra se pierde, ya sea por la evaporación, por infiltración a los suelos o por las entregas que se realizan, dijo.

A ese proceso se suma la contaminación, lo cual afecta su uso, puntualizó la presidenta del INRH.

ALGUNOS ANTECEDENTES

La Ley de las Aguas Terrestres fue precedida, entre otros antecedentes, por la Política Nacional del Agua, aprobada por el Consejo de Ministros en diciembre de 2012, en cumplimiento de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución del VI Congreso de Partido, los cuales fueron actualizados en el VII Congreso.

Tras un proceso de discusión iniciado en 2013, y la modificación de muchos de sus elementos, la norma consta de 13 títulos, 15 secciones, 29 capítulos y 127 artículos.

Chapman explicó que para conformar la ley cubana se nutrieron de experiencias de legislaciones de países del área, como Ecuador, y de algunas naciones de Europa y China. En la revisión se tuvo en cuenta, además, cómo se aplica, cómo la hacen valer y qué autoridades la rigen.

Como dato curioso, agregó que debido a la tecnicidad de la política, la legislación cuenta con un glosario para facilitar su comprensión.

Cuba cuenta con un instrumento legal que regula y controla el empleo del agua, concluyó. 



INTEGRACIÓN DEL COMITÉ TÉCNICO DE JÓVENES DE LA UNAICC CON LOS JÓVENES HIDRÁULICOS: JUVENTUD DEL PRESENTE, GARANTÍA DEL FUTURO¹

**voluntad
HIDRAULICA**
COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL
NOTI JÓVENES

Fueron jóvenes los que comenzaron, convocados por el líder histórico de la Revolución Cubana Fidel Castro, la Voluntad Hidráulica que dio vida a la gestión eficiente del agua en Cuba. De igual manera, fueron jóvenes los que impulsaron el desarrollo profesional de los primeros ingenieros hidráulicos desde las aulas y en las más importantes obras hidráulicas concebidas hace ya más de 50 años. Hoy somos jóvenes los que nos sentimos herederos de estas proezas y comprometidos con el futuro de la hidráulica en Cuba.

Bajo estos principios, la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC) y el Comité Técnico de Jóvenes (CTJ) han trabajado, de conjunto con la Sociedad de Ingeniería Hidráulica (SIH) y el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Cuba (INRH), para cohesionar las fuerzas jóvenes y contribuir al desarrollo ético-profesional de las nuevas generaciones de hidráulicos en Cuba.

La iniciativa tuvo sus inicios en el XXXIII Congreso Internacional de la Unión Panamericana de Ingenieros (UPADI) celebrado en La Habana, donde se mostró la necesidad, desde la óptica gremial, de trabajar con las nuevas generaciones de profesionales con el fin de imprimir en ellos buenas prácticas en el ejercicio de su profesión (Figura 1). Siguió encuentros cruciales que fueron cohesionando el trabajo de los jóvenes dentro de la UNAICC hasta llegar a la formación del CTJ.

Bajo todo este escenario, durante la celebración del Congreso y Feria Comercial Cubagua 2017, sesionó el Foro Jóvenes Profesionales del Agua. El Foro resultó ser un punto excepcional de transmisión de experiencias, de intercambio inter-generacional, de reflexión y debate so-



Figura 1. Presentación del Comité de Jóvenes de UPADI durante el XXXIII Congreso de la organización en La Habana.

bre el futuro visto desde la óptica más crítica de jóvenes comprometidos con su tiempo. Fue un espacio donde se tuvo la oportunidad de explorar experiencias de docentes, académicos, estudiantes y empresarios nacionales y foráneos. Quedaba trazado un camino en el que lo más importante era trabajar con los jóvenes profesionales del agua: cohesionar, crear, hacer, era la propuesta.

Durante el II Taller Nacional de Gestión de Acueductos en Cuba, se dio cita un importante número de jóvenes profesionales como parte del Foro Jóvenes en la gestión de acueductos (Figura 2). Fue una excelente oportunidad para que el CTJ y la SIH presentaran sus propuestas de trabajo e integraran a los jóvenes que dedican su actuar profesional a la gestión del agua en los sistemas de acueducto del país. En la cita, fue presentada la experiencia del Programa de Adiestramiento del Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado (GEAAL) como herramien-

¹ Autor: MSc. Ing. Yoany Sánchez Cruz. Empresa Aguas de La Habana, La Habana, Cuba. Teléfono 7-643 49 50 correo: yoany@ahabana.co.cu

ta fundamental de inserción laboral. Como resultado final, se logró la integración de los jóvenes en torno a una red colaborativa para apoyar el desarrollo de los recién graduados.



Figura 2. Jóvenes delegados al II Taller Nacional Gestión de Acueductos en Cuba.

A las puertas del 8vo Congreso de la UNAICC, el CTJ de La Habana convocó a un encuentro con los jóvenes hidráulicos con el objetivo de debatir el informe central al Congreso y canalizar cada una de las cuestiones de interés gremial (Figura 3). Los jóvenes hidráulicos fueron críticos en sus planteamientos mostrando madurez profesional y responsabilidad social con su actuar como profesionales.



Figura 3. Encuentro del Comité Técnico de Jóvenes de la UNAICC.

En la actualidad, el CTJ tiene como estrategias, seguir apoyando el quehacer del joven ingeniero. Con los jóvenes hidráulicos, se trabaja en la incorporación de pro-

yectos tan importantes como Agua amiga de las niñas y los niños y sus salidas a través del Concurso Trazaguas y Cero derroche, rectorados por el INRH y el UNICEF en Cuba. Importante resulta el trabajo en pos de un desarrollo profesional integral basado en las normas éticas del profesional cubano.


Se encuentra en fase de exploración por parte de los directivos de la UNAICC y el CTJ, la incorporación de los jóvenes hidráulicos al Young Water Professional (YWP) de la International Water Association (IWA), una de las más prestigiosas organizaciones gremiales en materia de agua. Como paso inicial, el Capítulo YWP-México, ha hecho extensiva una invitación a la SIH para participar y formar parte del Comité Organizador de la 1ra Conferencia Latinoamericana y Caribeña de Jóvenes Profesionales del Agua a celebrarse en la ciudad de Querétaro, México, en el mes de noviembre del presente año.

Oportunidades para que jóvenes investigadores del agua en Cuba publiquen sus resultados científicos en revistas de impacto internacional, están siendo canalizadas con la Red de Jóvenes Profesionales (YPN, por sus siglas en inglés), perteneciente a la Asociación Internacional de Ingeniería e Investigación Hidro-Ambiental (IAHR, por sus siglas en inglés) a través del vínculo con la Revista Hidrolatinoamericana de Jóvenes Investigadores y Profesionales.

El trabajo es extenso, en el Centro, el compromiso de los jóvenes hidráulicos: ser la garantía del futuro. 💧

ENCUENTRO DE LOS JÓVENES DEL INRH CON LA PRESIDENTA INÉS M. CHAPMAN WAUGH¹

En la sesión matutina del 16 de febrero, un grupo de jóvenes del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, sostuvieron un encuentro con la Presidenta del Centro, Inés María Chapman Waugh. El objetivo principal fue propiciar un ambiente de intercambio con los jóvenes que laboran en la sede central, respondiendo a la política de la máxima dirección del país, de preparar y dar empoderamiento a la juventud, depositarios, siempre de la confianza que en ellos tiene la Revolución. En el caso del Instituto la acción va encaminada a atender de forma diferenciada a los jóvenes para garantizar la sostenibilidad del desarrollo hidráulico en el país.

En la reunión se trataron temas de interés común relacionados con el funcionamiento interno del Centro; ello se expuso de una manera cordial y amena, se hizo alusión, además, a interacciones que la Presidenta ha efectuado con jóvenes fuera del edificio, pero relacionados con el sistema hidráulico, donde se percató que la juventud está llena de sorpresas, con preparación y disposición; e hizo un llamado a la capacitación integral, para una mejor preparación hacia el futuro. En este acercamiento se expusieron las vivencias pronunciadas por algunos de mayor experiencia en la rama, que fueron invitados a esta cita donde expresaron con júbilo el orgullo de pertenecer a esta institución. 



¹ Autora: Lic. Leaner Oria Ramírez Sifontes. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH).
Email: leaner.sifontes@hidro.gob.cu

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

Amigo Lector,

Nuestra revista se encuentra abierta a la recepción de contribuciones de autores nacionales y extranjeros que contribuyan al cumplimiento de la misión de la misma y que acepten y respeten las normas y procedimientos que se han establecido como Política Editorial. **Se aceptan las siguientes contribuciones:**

- **Artículos informativos de divulgación científico-técnica:** Con resultados o nuevos aportes para ser difundidos y del área temática de la revista; no deben exceder las 10 páginas incluyendo el resumen, las tablas, las figuras, mapas y las referencias bibliográficas.

Normas de presentación:

Los artículos informativos de divulgación científico-técnica deben ser originales o inéditos, no deben estar postulados para publicarse en otras revistas, deben estar en concordancia con el perfil temático de la revista y sus objetivos y cumplir además con las orientaciones que se dan a continuación:

1. Los autores que postulen ceden los derechos de difusión de estos contenidos a la revista *Voluntad Hidráulica*, con permiso de reproducir sus contenidos en conferencias, congresos, talleres científicos, en la página Web de la institución y en otras actividades docentes o académicas.
2. Presentación y estructura:

Tipo de letra y espaciado

En el cuerpo del texto se empleará el tipo de letra Arial, puntaje 12, texto justificado y con un interlineado de 1,5 simple espacio, a excepción de los títulos de las contribuciones que se escribirán en mayúsculas, centrados y con el tipo de letra Arial, puntaje 14.

Los epígrafes y sub-epígrafes

Los epígrafes y sub-epígrafes serán numerados de manera ordenada y consecutiva hasta el tercer nivel de agregación, se empleará la negrita en cada caso. Ejemplo:

1. Desarrollo

1.1. Los acueductos en las zonas costeras

1.1.1. Fuentes de contaminación

A partir del tercer nivel los sub-epígrafes se enunciarán en negrita y sin numeración.

Normas de estructuración del contenido del trabajo

Título: No excederá de 20 palabras, debe ser conciso, evitar las siglas, y expresar la idea central del trabajo.

Datos de los autores: De cada autor se debe enunciar nombres y apellidos completos, la institución a la que pertenece, correo electrónico, ciudad y país. En caso de que los autores pertenezcan a la misma institución no es necesario repetirla, se debe colocar en cada nombre del autor un superíndice y solamente al autor principal se le enunciará la institución.

Resumen: El resumen tendrá una extensión entre 75 y 150 palabras, no será estructurado y se escribirá a un solo párrafo, empleando la tercera persona y de manera impersonal. Debe exponer el objetivo, los métodos/procedimientos generales empleados, los resultados y conclusiones principales.

Palabras claves: Se escribirán separadas por un guión, deben ser como mínimo 4 y como máximo 7.

Introducción: Debe reflejar el problema y los objetivos del trabajo, así como la importancia del aporte que presenta el autor/es.

Desarrollo: Es la sección donde se presentan los procesos/técnicas empleadas, así como los resultados con sus respectivos análisis.

Conclusiones: Se expondrán las contribuciones científicas o resultados obtenidos y deben estar en correspondencia con los objetivos planteados en la introducción.

Bibliografía: Las referencias bibliográficas se realizarán siguiendo la norma **NC 1: 2005 "EDICIÓN DE PUBLICACIONES NO PERIÓDICAS. REQUISITOS GENERALES"**, Oficina Nacional de Normalización.

Ejemplos:

MILANÉS, J. J.: *Obras completas*, Ed. Consejo Nacional de Cultura, t. 1, La Habana, 1963.

PAZOS ÁLVAREZ, V., NORMA ROJAS HERNÁNDEZ y DORA VIERA LÓPEZ-MARÍN: *Temas de Bacteriología*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1985.

"La calidad de vida en el adulto mayor", en: *La Tercera Edad*, pp. 42-60, Madrid, España, 1987.

UNIÓN DE ESCRITORES Y ARTISTAS DE CUBA: *Estatutos de la UNEAC y reglamentos de las secciones*, 52 pp., Ed. UNIÓN, La Habana, 1979.

ADJABENG, SENYO M.: "Tour-Point Strategy To Taming Your Biases In Mediation"; disponible en: www.mediate.com/articles; consultado en Junio 2007.

Tablas, esquemas, figuras y fotos

Deben venir acompañadas de su título, deben estar en JPG y tener una calidad igual o superior a 300 dpi.

- **Novedades:** Artículos que realicen una valoración de un avance científico-técnico o de nuevas tecnologías, a partir del estudio de fuentes especializadas de información.
- **Comunicación:** Pueden ser entrevistas, reportajes, crónicas, notas técnicas, anuncios o comunicaciones, sobre un tema en particular que tiene relevancia para el público de la revista.
- **Reseñas:** Son textos valorativos acerca de una obra hidráulica de relevancia o una valoración bibliográfica acerca de un tema disciplinar acorde a la temática de la revista.

Los artículos de Novedades, Comunicaciones y Reseñas tendrán una extensión máxima entre 6 y 10 páginas.

Todos los artículos presentados serán sometidos al proceso de revisión editorial y en el caso de los Artículos Informativos de Divulgación Científico-técnica serán sometidos además al proceso de revisión por pares a doble ciego y por árbitros externos a la entidad del autor.

Le saludamos afectuosamente y deseamos que se convierta en este 2016, además de en asiduo lector, en nuestro contribuyente más entusiasta.

Comité de Redacción de la Revista



**PARQUE NATURAL
TOPES DE COLLANTES**