



# FINGUACH

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA



Desarrollos recientes en restauración biológica del concreto

Entrevista  
Lic. Carlos Marín Castañeda Márquez  
Coordinador General de Tecnologías de la Información de la UACH



SEP-NOV 2015  
Año 2 Núm. 5

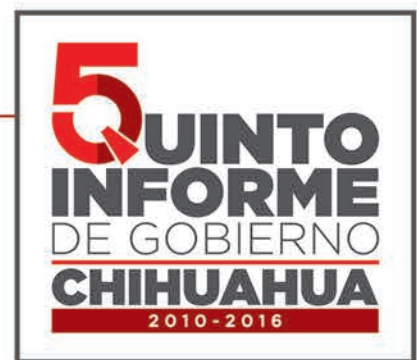




# Juntos

LOGRAMOS MEJORES  
TIEMPOS PARA CHIHUAHUA

- Con la Universidad a Distancia los jóvenes de la zona serrana tiene acceso a estudiar una carrera profesional.
- Más escuelas de Tiempo Completo donde niños y niñas reciben alimentación, clases de inglés y computación.
- Todos los alumnos y alumnas de quinto año de primarias públicas recibieron tablets.
- Hoy tenemos oferta de educación media superior y superior en todas las regiones del estado.



**Chihuahua**  
Gobierno del Estado





ADMINISTRATIVO



Carta editorial

En el marco de la XLII Conferencia Nacional de la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI) se realizó la primera reunión de trabajo de la Región 1. El evento estuvo a cargo de la Facultad de Ingeniería de esta región, la cual está conformada por instituciones educativas que ofrecen programas de ingeniería en los estados de Baja California Sur, Baja California Norte, Sonora, Sinaloa y Chihuahua. El tema central del evento fue dar impulso a la investigación, al registro de patentes y a la movilidad de profesores y alumnos. Nuestra Facultad contribuyó en el evento con tres ponencias.

Por otro lado felicito al Escultor Rafael Acosta Castillo, profesor de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) por la obra que acaba de concluir en el acceso a la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Químicas, el mural escultórico al que titulé en dos partes "Herencia de Paquimé" y "El esfuerzo al triunfo".

Como es tradición cada año, las Jornadas de Otoño se realizarán del 19 al 23 de octubre, donde tendremos eventos deportivos y académicos. Para los eventos académicos contaremos con conferencias de profesores investigadores de nuestra universidad y de otras instituciones educativas de México. La Facultad de Ingeniería les hace una cordial invitación a este extraordinario evento académico y deportivo.

Finalmente, agradezco al Lic. Carlos Castañeda, Coordinador General de Tecnologías de Información de la Universidad Autónoma de Chihuahua, por habernos concedido la entrevista, en donde nos habló sobre los alcances del trabajo de este centro de Tecnologías de Información, y la incidencia que tienen a nivel nacional e internacional.



Atentamente

M.I.  
Ricardo Ramón Torres Knight

Vinculación



FINGUACH  
REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

# CONTE- NIDO

- 3 ➤ Mural Escultórico  
Lic. Karla Loya Durán
- 4 ➤ Desarrollos recientes  
en restauración biológica del concreto  
Dra. Cecilia Olague Caballero
- 6 ➤ Relatividad de Einstein  
Parte II: Teoría especial  
Dr. Héctor Hugo Hernández Hernández
- 9 ➤ Reunión de trabajo de la región 1,  
Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería  
(ANFEI)
- 10 ➤ ¿Por qué es complicado invertir  
en la obra civil pluvial?  
I.C. Eduardo Hernández Samaniego
- 12 ➤ Entrevista  
Lic. Luis Carlos Castañeda Márquez
- 14 ➤ Sistema de soporte  
a las decisiones para la administración de agua  
subterránea en Chihuahua, México  
M.I. Ana Lucía Corral Flores, M.I. Ricardo Ramón Torres Knight,  
M.I. Jesús Roberto López Santillán, M.I. David Maloof Flores



M.C. Jesús Enrique Seáñez Sáenz  
**Rector**

M.I. Ricardo Ramón Torres Knight  
**Director**

M.I. Javier González Cantú  
**Secretario Académico**

Dr. Mario César Rodríguez Ramírez  
**Secretario de Investigación y Posgrado**

M.I. Adrián Isaac Orpinel Ureña  
**Secretario de Planeación**

M.I. Leticia Méndez Mariscal  
**Secretaria Administrativa**

M.I. Jesús Roberto López Santillán  
**Secretario de Extensión y Difusión Cultural**

M.I. José Santos García  
**Gerente de Laboratorios**

## DIREC- TORIO

FINGUACH es la edición institucional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), en la que predominan actividades de ciencia y tecnología con un sentido sustentable para impulsar el desarrollo económico y social, regional, nacional e internacional. El contenido de la publicación es principalmente desarrollado por investigadores de la UACH, así como de otras instituciones gubernamentales y privadas. El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores por lo que no necesariamente refleja el punto de vista de la institución.

Es una edición trimestral gratuita con distribución estatal y nacional en otras universidades, colegios de ingenieros, abogados, arquitectos, ciencias de la información, mineros, geólogos y topógrafos; cámaras empresariales, dependencias gubernamentales, centros de investigación y congresos tecnológicos.

FINGUACH, Año 2, Núm. 5, septiembre-noviembre 2015, es una publicación trimestral editada por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Secretaría de Extensión y Difusión por la Facultad de Ingeniería, Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua, Chih. Tel: (614) 4429502, www.fing.uach.mx, finguch@uach.mx. Editor responsable: Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-071312482200-102, ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Carmona impresores, Blvd. Paseo del Sol #115, Jardines del Sol, 27014 Torreón, Coah., este número se terminó de imprimir el 28 de agosto de 2015 con un tiraje de 1,000 ejemplares.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Los contenidos podrán ser utilizados con fines académicos previa cita de la fuente sin excepción.

**Fotografía de portada**  
Francisco Muñoz Muñoz

## CONSEJO EDITORIAL

M.I. Ricardo Ramón Torres Knight  
**Presidente**

Dr. Alejandro Villalobos Aragón  
**Editor adjunto**

Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos  
**Editor en jefe**

Dra. Cecilia Olague Caballero  
**Editora adjunta**

M.I. Guadalupe Irma Estrada  
Gutiérrez  
**Editora adjunta**

Dr. José Luis Herrera Aguilar  
**Editor adjunto**



Av. San Felipe No. 5 Col. San Felipe  
C.P 31203 Chihuahua, Chih.  
(614) 413.9779  
www.roodcomunicacion.com



► Lic. Karla Loya Durán

Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua  
Finguach Año 2, Núm. 5 septiembre-noviembre 2015

# Mural Escultórico

Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Químicas

Con 25 años de experiencia como escultor, Rafael Acosta Castillo es el creador del Mural Escultórico de la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Químicas.

Sobre su formación académica comentó: *"tengo un diplomado en artes y estoy estudiando la Licenciatura en Educación Artística, con especialidad en Artes Plásticas"*. Actualmente trabaja en la Facultad de Bellas Artes como jefe de producción de proyectos y como encargado de los talleres de tallado en madera.

En su entrevista, el escultor Acosta dijo haber titulado al Mural Escultórico *"Herencia de Paquimé"*, (parte de la escultura que está modelada en concreto); mientras que las figuras humanas de alambazón que van en la parte superior llevan el título de *"El esfuerzo al triunfo"*.

El mural representa las bases prehispánicas y a un chamán que emerge de las ruinas, éste reparte el conocimiento a las dos facultades; en su tiempo, los chamanes eran guías espirituales.

Cada elemento de la tabla periódica dentro del mural simboliza a cada una de las licenciaturas de la Facultad de Ciencias Químicas.

En lo concerniente a la Facultad de Ingeniería, el camino y los ductos de agua representan a la ingeniería civil; el brazo del chamán, a la ingeniería en el área de la robótica; la ingeniería en minas y metalurgias está representada por la entrada a la boca de la mina y un carrito de carga; las carreras de ingeniería de *software* y de sistemas computacionales en *hardware*, están figuradas con una línea de computadoras; la ingeniería espacial aparece como el transbordador espacial *Columbus*; y finalmente, las carreras de ingeniería física y matemática están presentes en los cubos, raíces cuadradas y números potenciales.

Las grecas son un simbolismo de la cultura de Paquimé, mientras que las esculturas de metal denominadas en conjunto como *"Esfuerzo al triunfo"*, son el caminar del estudiante a través de su vida académica.

La idea sobre el mural surgió una vez que se le comentó al escultor sobre un proyecto en una columna de concreto para ambas facultades, y al respecto dijo: *"automáticamente pensé en Mesoamérica. Tomé de referencia a Paquimé como oriundo chihuahuense"*.

El mural se inició en febrero del 2015, el trabajo fue de ocho meses y entre los colaboradores que apoyaron al escultor, estuvieron el profesor Pedro Ibarra Esparza, Roberto Solís del área de mantenimiento y Josué Ibarra, hijo del profesor y estudiante de la Facultad de Bellas Artes.





**Figura 1.** Proceso convencional de reparación de agrietamientos en el concreto (resulta costoso y complejo).

### Introducción

La reparación del concreto hidráulico deteriorado es una tarea costosa y compleja. El concreto hidráulico es propenso a agrietarse, cuando esto sucede, el agua del medio ambiente se infiltra y degrada al concreto facilitando el proceso de corrosión del acero de refuerzo, y reduciendo en gran medida la vida útil de las estructuras. Tradicionalmente la reparación de estos agrietamientos consiste en la aplicación de morteros adicionados a la superficie dañada, pero estos a menudo resultan difíciles de aplicar y costosos (ver figura 1).

Bang S. (2001) planteó la posibilidad de utilizar bacterias en el concreto, para autorepararlo. "La restauración biológica de éste consiste en adicionar una bacteria que produce carbonato de calcio, un cementante natural que permite autosanar los agrietamientos del concreto en cuanto aparecen" (Stocks-Fischer, S et al, 1999). Las bacterias estudiadas son de tipo endolítico, es decir, que pueden vivir dentro de piedras y en ambientes altamente alcalinos, produciendo esporas comparables a las semillas de plantas. Las aplicaciones del concreto biológico autorreparable van desde revestimiento de túneles, paredes de sótanos estructurales, puentes de carreteras, pisos de concreto y estructuras marinas, entre otras. Recientes investigaciones en el área de restauración biológica del concreto admiten que los agrietamientos se sellan con la adición de bacterias que pueden producir relleno de piedra caliza tan pronto como una microgrieta empieza a formarse. (Ramachandran, et al 2001; De Muynck, W. et al, 2008). Sin embargo, necesitan realizarse más investigaciones a fin de determinar la resistencia final alcanzada, así como la durabilidad final de las estructuras tratadas biológicamente para su restauración.

### Mecanismo de actuación de la reparación microbiológica del concreto

El mecanismo de actuación de la bacteria, junto con un nutriente conocido como lactato de calcio, nitrógeno y fósforo añadidos desde el mezclado del concreto, permiten que en presencia de agua filtrada a través de las grietas las bacterias germinen. Las bacterias se alimentan con el lactato de calcio produciendo verdadera piedra caliza, este mecanismo imita el proceso natural del cuerpo humano mediante el cual las fracturas de huesos se curan por células osteoblásticas que mineralizan para volver a formar el hueso (De Muynck, W., 2010).

Una vez activado el proceso de germinación de las bacterias, éstas se reproducen y multiplican rápidamente, sellando en cuestión de semanas el concreto.

### Procedimiento de aplicación de la bacteria en el concreto

Cuando se trata de una mezcla nueva, las esporas bacterianas y los nutrientes a base de lactato de calcio pueden introducirse en el concreto dentro de bolitas de arcilla expansiva, separadas entre 2 y 4mm de ancho que aseguren que los agentes no se activarán durante el proceso de mezclado. Estos agentes se estima que pueden permanecer en estado latente hasta por 200 años.



# DESARROLLOS RECIENTES EN RESTAURACIÓN BIOLÓGICA DEL CONCRETO

Otro procedimiento de aplicación consiste en adicionar al concreto microcápsulas conteniendo esta bacteria, mismas que al contacto con el agua se liberan y reaccionan con el concreto para precipitar una solución de carbonato de calcio que es un cementante natural y sella las grietas y fisuras del concreto hidráulico.

## Retos para el desarrollo masivo del concreto autoreparable

El primero está relacionado con el hecho de que las bolitas de arcilla que contienen el nutriente y la bacteria comprenden cerca del 20% del concreto, el cual normalmente sería grave debilitando la mezcla de concreto hasta en un 25%, reduciendo significativamente la resistencia a la compresión. Sin embargo, esta situación no será crítica en la mayoría de los casos excepto en edificios de gran altura que requieren de grandes resistencias a la compresión.

El segundo reto es su costo que se estima actualmente como al doble del concreto convencional. Sin embargo, se compensa con el hecho de que la vida útil de la estructura se pudiese ampliar hasta un 30%.

## Conclusión

El desarrollo de materiales para la reparación biológica del concreto hidráulico resulta una alternativa muy interesante desde el punto de vista de la reducción de las emisiones de CO<sup>2</sup> al disminuir los costos del ciclo de vida de la infraestructura, si consideramos que más del 7% de las emisiones mundiales de CO<sup>2</sup> proceden de la producción de cemento.



**Figura 2.** Agrietamientos reparados con la acción de bacterias.

Disminuye también la necesidad de hacer reparaciones periódicas costosas. Se estima que sería posible extender la vida de los pavimentos y estructuras hasta en un 50% eliminando la necesidad de reparación manual.

## Referencias:

- Stocks-Fischer, S., Galinat, J. K., & Bang, S. S. (1999). *Microbiological precipitation of CaCO<sub>3</sub>*. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(11), 1563-1571.
- Ramachandran, S. K., Ramakrishnan, V., & Bang, S. S. (2001). *Remediation of concrete using microorganisms*. *ACI Materials journal*, 98(1).
- Bang, S. S., Galinat, J. K., & Ramakrishnan, V. (2001). *Calcite precipitation induced by polyurethane-immobilized Bacillus pasteurii*. *Enzyme and microbial technology*, 28(4), 404-409.
- De Muynck, W., Debrouwer, D., De Belie, N., & Verstraete, W. (2008). *Bacterial carbonate precipitation improves the durability of cementitious materials*. *Cement and concrete research*, 38(7), 1005-1014.
- De Muynck, W., De Belie, N., & Verstraete, W. (2010). *Microbial carbonate precipitation in construction materials: a review*. *Ecological Engineering*, 36(2), 118-136.
- Gómez Paniagua, E. L. (2006) *Evaluación de las propiedades geotécnicas de suelos arenosos tratados con bacterias calcificantes* (Disertación doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Medellín).

# Einstein

## La relatividad de

### Parte II: Teoría especial



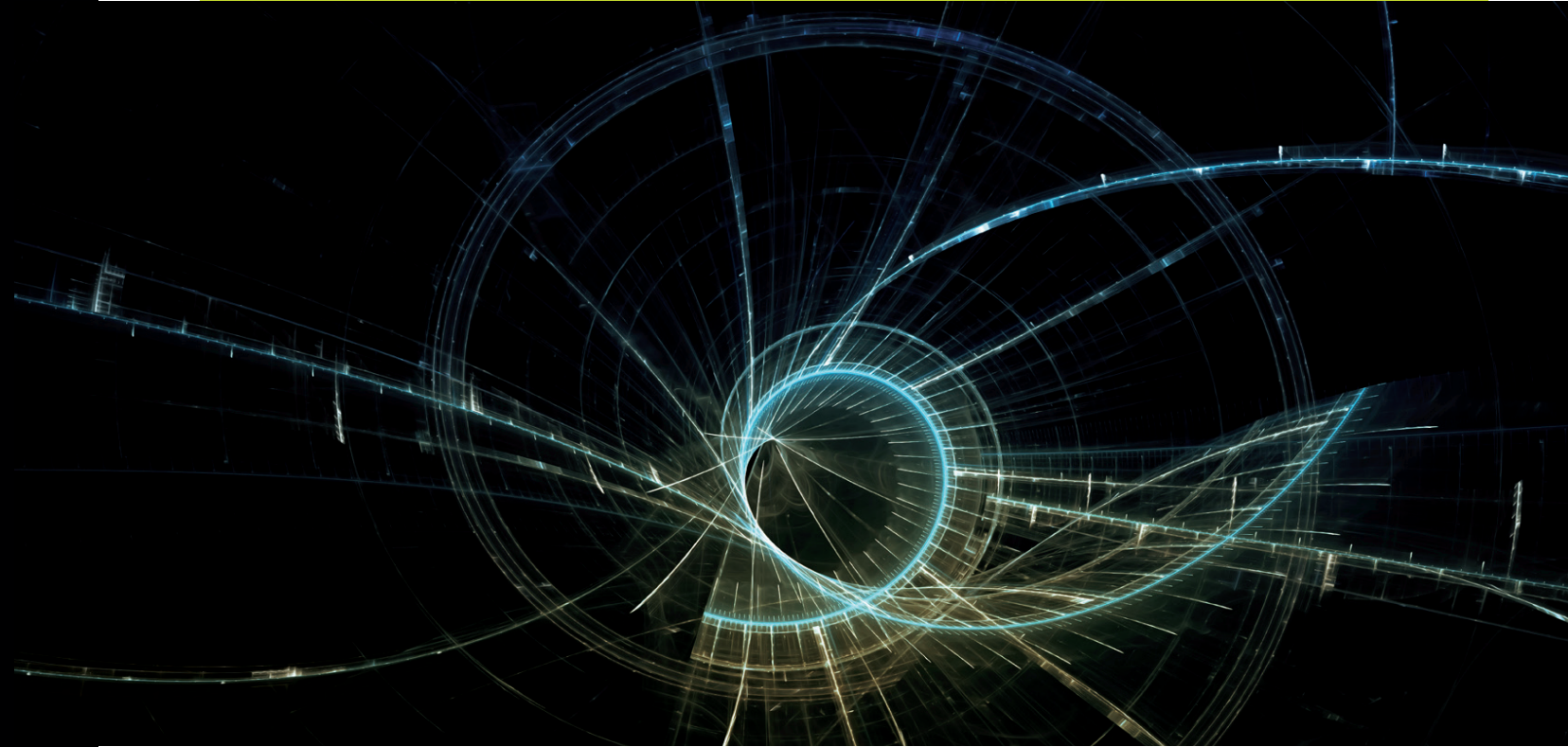
La teoría general de la relatividad es una teoría de gravitación y para entender sus antecedentes necesitamos analizar la evolución del estudio de la gravedad, como la filosofía aristotélica, que argumentaba que las fuerzas sólo podían ser de contacto y no a distancia, siendo esto un impedimento para el desarrollo del conocimiento de la física.

El estudio de Copérnico del sistema solar permitió, considerablemente, el avance en el entendimiento de la gravitación; las leyes del movimiento planetario de Kepler y el estudio de la caída de los cuerpos de Galileo, entonces sentó las bases para la teoría de gravitación de Newton, presentada en su *"Principia"* en 1687. La ley de gravitación universal de Newton se expresa como:  $F = G \frac{M_1 M_2}{d^2}$ , donde  $M_1$  y  $M_2$  son las masas de los cuerpos gravitantes,  $d$  es su distancia y  $G$  es la constante de gravitación universal.

En 1900 Lorentz argumentó que la gravitación podría deberse a la acción de la fuerza que se propaga a la velocidad de la luz; Poincaré, en 1905 (unos días antes de que Einstein enviara su artículo sobre la relatividad especial) comentó que todas las fuerzas deberían ser las mismas bajo las transformaciones de Lorentz, argumentando que debería modificarse la ley de gravitación de Newton ya que no cumplía este principio, debido a esto introdujo el concepto de ondas gravitacionales que se mueven a la velocidad de la luz.

En 1907, dos años después de dar a conocer su teoría especial de la relatividad, Einstein se preguntó cómo debería modificarse la teoría de Newton para ser consistente con la relatividad especial. Bajo este razonamiento dedujo cómo un observador que está en caída libre no siente el campo gravitacional (esto, en sus propias palabras, fue la idea más feliz de su vida). Por ello propuso el principio de equivalencia: *"De esta forma asumimos la equivalencia física de un campo gravitacional y el correspondiente marco de referencia acelerado, extendiendo con esto el principio de relatividad especial al caso del movimiento uniformemente acelerado del sistema de referencia"*. Hacia 1907 publicó un trabajo sobre la deflexión de la luz en presencia de un campo gravitacional, que era una consecuencia del principio de equivalencia, y cómo esto podía ser comprobado experimentalmente por medio de observaciones astronómicas, ya que en experimentos terrestres resultaba imposible corroborarlo.





Einstein determinó que las transformaciones de Lorentz no son válidas en la formulación general y que las ecuaciones del campo gravitacional serían no lineales y, por lo tanto, muy complicadas. Entonces se dio cuenta de que la geometría tiene consecuencias directas en la física, ya que él mismo había estudiado la teoría de Gauss de superficies. Discutiendo ideas con su amigo Marcel Grossman, éste le habló de los trabajos de Riemann, Ricci y Levi-Civita, después de lo cual comentó: *"En toda mi vida no he trabajado tan arduamente y me he empapado de un gran respeto por las matemáticas, cuya parte más sutil había considerado como un lujo, hasta ahora"*. En 1913 Einstein y Grossman publicaron un artículo en el que usaron el cálculo tensorial para sus avances. Grossman le presentó a Einstein el tensor de Riemann-Christoffel que se convirtió en la máxima herramienta de la teoría futura. Aunque ésta todavía no estaba completa, ya se describía en términos del tensor métrico, a pesar de que Planck le aconsejó que no siguiera en esa dirección ya que sería erróneo o nadie le creería.

En la segunda mitad de 1915 Einstein finalmente terminó su teoría. Después de escribir un artículo de análisis tensorial en 1914 comenzó un intercambio de ideas con Levi-Civita, donde éste último le hizo saber de errores técnicos en tensores, sentando así las bases para su trabajo final, además de contar con la empatía de este gran científico por su trabajo de relatividad.

El 18 de noviembre de 1915 escribió sobre la explicación al problema del avance del perihelio de Mercurio. Esta problemática, con más de medio siglo sin solución, había sido descubierta por Le Verrier. El perihelio (el punto más cercano de la órbita al sol) tenía un avance de 38 segundos de arco cada siglo mayor a lo que se podía describir por otras causas. Se propusieron varias soluciones, como el que Venus fuera un 10% más pesado, que hubiera otro planeta interior a la órbita de Mercurio, que el sol fuera más oblató (achatado) de lo que se observa, que Mercurio tuviera una luna o que la ley del inverso cuadrado de la distancia de Newton fuera incorrecta. Einstein trató de explicar el problema de la precesión de Mercurio junto con Freundlich, con el propósito de darle evidencia observacional a su teoría simultáneamente. Ese día de noviembre Einstein publicó la explicación del problema de la precesión mediante la aplicación de su relatividad general, obteniendo concordancia perfecta con el dato astronómico.

Einstein publicó otro trabajo, donde calcula que la desviación de la luz que había predicho en otro trabajo (1911) tenía un error por un factor de 2. Después de muchos intentos fallidos por medir esta desviación, dos expediciones científicas británicas pudieron confirmar su predicción en 1919.





El 25 de noviembre envió para su publicación el artículo *"Las ecuaciones de campo"* con la forma correcta de las ecuaciones de la relatividad general. Cinco días antes que él, Hilbert envió su trabajo *"Los fundamentos de la física"* con las mismas ecuaciones e incluso contribuyó con ingredientes extras, como el uso del principio variacional y el teorema de Emmy Noether, una herramienta vital en la física teórica, de la cual Hilbert esperaba que se pudieran unificar las teorías de gravitación y del electromagnetismo.

En diciembre, Ehrenfest le escribió a Lorentz discutiendo la labor de Einstein y mantuvieron correspondencia por dos meses, tratando de entender por completo la teoría. Finalmente, cuando Lorentz la entendió, Ehrenfest respondió: *"El hecho que la hayas entendido es, para mí, como cuando un masón reconoce a otro por medio de un saludo secreto"*.

Hoy la relatividad general juega un papel fundamental en muchas áreas, como la cosmología y la teoría del Big Bang, entre muchas otras. Además, se están realizando muchos experimentos para comprobar su exactitud con una precisión increíble, sin contar con los avances tecnológicos que ha permitido desarrollar, como el GPS y tecnología satelital y espacial.



- \* Cursos de Capacitación
- \* Información sobre Licitaciones de Obra Pública
- \* Trámites ante el Padrón Único de Contratistas de Gobierno del Estado
- \* Convenios Comerciales de Descuento
- \* Representación y Gestión ante Dependencias de Gobierno
- \* Catálogos de Costos y Precios Unitarios en formato electrónico
- \* Información Estadística, Económica y sobre Normatividad
- \* Trámite de Registro ante el SIEM
- \* Renta de Salones y Aulas para Capacitación
- \* Bolsa de Trabajo
- \* Asistencia Secretarial para Socios Foráneos
- \* Revista En CONCRETO
- \* Línea telefónica sin costo 01 800 400 09 43
- Página web [www.cmicdelegacionchihuahua.org](http://www.cmicdelegacionchihuahua.org)



**Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción**

**Av. Universidad 2739  
Col. San Felipe C.P. 31203  
Tel. 414-62-20  
Chihuahua, Chih.**



En el marco de la XLII Conferencia Nacional de ANFEI, realizada del 15 al 18 de junio del 2015, en Ensenada BC. El M.I. Ricardo Torres Knight, Director de la Facultad de Ingeniería de la UACH, presidió la primera reunión de la región 1 de la ANFEI, 2015-2016. A la que asistieron directores y directoras de las facultades y escuelas de ingeniería de los estados de Baja California Sur, Baja California Norte, Sonora, Sinaloa y Chihuahua.

Como invitada especial estuvo la Maestra María Elena Barraza Bustillos, Directora General del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. (CACEI).

Para fortalecer la formación de los ingenieros en México, se abordaron los temas: *"Impulso a la investigación científica"*, *"Registro de patentes"* y *"El Intercambio de instancias para profesores y alumnos"*.

## Reunión de trabajo de la región 1, Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI)

Ciudad de Ensenada, B. C. el 15 de junio del 2015



Por otra parte, la Facultad de Ingeniería de la UACH participó con tres ponencias, dos en modalidad oral y una en cartel. Las temáticas tratadas fueron *"Parques tecnológicos y vinculación con universidades"*, *"Formación de ingenieros en programas binacionales, un reto para los organismos evaluadores y acreditadores"* y *"Factores que llevaron al programa de ingeniería civil a obtener de manera consecutiva la acreditación"*. Los autores fueron el M. en I. Ricardo Ramón Torres Knight, la Lic. Osiris Abril Méndez Morales y el Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos.

Además, se dio una conferencia magistral sobre *"El clúster metal mecánico, de la ciudad de Chihuahua"* por el Ing. Juan Carlos Orozco Robles, teniendo un gran éxito.

La siguiente reunión se fijó para el 8 de octubre, en la ciudad de Mexicali, BC.

# ¿Por qué es en la obra

Las Obras Civiles Pluviales (OCP); comúnmente desarrolladas por ingenieros civiles, son aquellas destinadas a prevenir y/o mitigar los riesgos causados por los fenómenos hidrometeorológicos, en especial los relacionados con la lluvia que puedan tener afectaciones en la sociedad y el desarrollo de sus actividades cotidianas. Dentro de las principales OCP se pueden mencionar: *“El alcantarillado pluvial, los canales, estanques de detención o retención, presas rompepicos, estaciones de bombeo, diques, terraplenes, rectificaciones de arroyos y ríos, encauzamientos, entre muchas otras”* (Campos, 2015).

Estas obras cuentan con características que dificultan el interés de inversión en ellas. La primera es que la mayoría de las OCP no son visibles, ni están en contacto con la ciudadanía, pues se encuentran por debajo del suelo como infraestructura, por ejemplo, el alcantarillado pluvial; o en algunas situaciones en las partes no habitadas de los cerros, como sucede con los diques. En caso de que llegaran a ser visibles, probablemente se trate de un mal funcionamiento, como cuando son obstruidas por basura.

La segunda es que: *“Los fenómenos meteorológicos de lluvia son infrecuentes y prácticamente impredecibles, por tanto, el servicio que proporcionan estas obras es igualmente esporádico y poco frecuente, a diferencia de otros servicios públicos como lo son la recolección de basura, el patrullaje policiaco, la limpieza de calles, entre otras cosas, en los cuales los ciudadanos pueden corroborar que se están llevando a cabo y sus resultados son tangibles”* (CENAPRED, 2015).

Estas características crean una ilusión, hacen pensar que estas obras son de poca importancia, pues su servicio no es muy predecible y al no poder verlas muchos desconocen su existencia, por ello no tenemos como sociedad un recordatorio de su verdadero valor, ni de la importancia de la protección que brindan contra los fenómenos ya mencionados, los cuales pueden provocar desde pérdidas humanas hasta daños materiales de importancia.



# complicado invertir civil pluviual?

Además de las dos características comentadas anteriormente, hay otro factor a considerar para invertir en las OCP, y éste refiere que en general no se cuenta con una planificación urbana que considere integralmente el manejo del agua de lluvia, la cual contemple las características actuales y futuras del terreno que recolecta el agua, y que respete, o mínimo tenga en cuenta, el patrón natural de escurrimiento del terreno. Por lo cual gran parte de las OCP son correctivas en lugar de preventivas, haciéndolas más costosas, tardadas e incluso llegan a generar afectaciones a la sociedad al construirlas.

Esta ilusión junto con la falta de planificación, son la causa de que sea difícil destinar los recursos monetario y humano, y sobre todo el tiempo requerido para la correcta planificación, proyección y realización de las OCP. Por lo que en la práctica, para una administración pública, no es conveniente invertir en este rubro, debido a que la sociedad no podrá ver los resultados de su gestión, haciendo pensar que, o se hizo una mala inversión de los recursos públicos, aunque estos fueron correctamente invertidos; o pensar que, por desgracia, debido a la realidad de corrupción de nuestro país, se desviaron dichos recursos mediante actos ilícitos. Además, cuando las OCP son correctivas representan un gasto elevado, y por los inconvenientes causados durante su construcción generan molestia en la sociedad.

Sabiendo que la *"poca importancia"* de dichas obras es meramente una ilusión, es nuestro deber como gremio de la ingeniería civil, y sociedad en general, generar una mayor conciencia de su verdadero valor, fomentar su inversión para poder prevenir desastres y contingencias como las presentadas este año, o en el pasado en la ciudad de Chihuahua, Parral y Juárez; así como otras partes del estado, donde las lluvias han causado desde problemas viales hasta pérdidas materiales y, por desgracia, también humanas. A su vez, debemos impulsar la correcta planificación de estas obras, para evitar problemas al realizarlas de manera correctiva en lugar de preventiva.

Por todo lo anterior, se puede concluir en palabras coloquiales, que las acciones de prevención se critican cuando fallan y se ignoran cuando funcionan, aun así: *"más vale prevenir que lamentar"*.

*"Si mi teoría de la relatividad resulta exitosa, Alemania me reclamará como alemán y Francia declarará que soy un ciudadano del mundo. Si mi teoría resulta equivocada, Francia dirá que soy alemán y Alemania declarará que soy judío"*.  
Albert Einstein.

#### Referencias:

- Secretaría de Gobernación. CENAPRED. Riesgos Hidrometeorológicos. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/riesgos-hidrometeorologicos> Consulta: 20/08/15
- Introducción a la Hidrología Urbana, Daniel Francisco Campos Aranda, Marzo 2010, Reimpresión Julio 2015.
- [http://josegazpeiti.blogspot.mx/2010/04/algun-persone-dijo\\_21.html](http://josegazpeiti.blogspot.mx/2010/04/algun-persone-dijo_21.html)



En entrevista para la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, *FINGUACH*, el Lic. Carlos Martín Castañeda Márquez, actual Coordinador General de Tecnologías de la Información de la UACH, habló sobre el papel que la universidad ha desempeñado en cuanto al uso y desarrollo de las tecnologías de la información, así mismo expuso algunos de los proyectos que la institución ha realizado a favor del manejo de las nuevas tecnologías para mejorar la calidad educativa y compartió su opinión en cuanto al papel que éstas mismas sostienen con las futuras generaciones de estudiantes.

Economista de la Universidad Autónoma de Chihuahua, con una Maestría en Economía con Especialidad en Políticas de la Innovación, el Lic. Carlos Castañeda se mostró optimista ante el papel que la UACH sustenta en cuanto a innovación y actualización de las tecnologías de la información y la repercusión que ello ha tenido en distintas áreas de la sociedad chihuahuense.

Al preguntársele por su formación académica y el cargo que ocupa en la universidad, mencionó: *"Siempre los economistas hemos visto que la economía va transformándose de acuerdo a los cambios que sufre la tecnología; los avances tecnológicos definen las nuevas eras económicas; de ahí que nosotros los economistas tenemos mucha protección al estudiar la parte tecnológica"*.

# Lic. Carlos Martín C

El interés y conocimiento del uso y desarrollo de las tecnologías de la información en la sociedad chihuahuense llevaron al Lic. Castañeda a ocupar el cargo de Coordinador General de Tecnologías de la Información. Al respecto, habló de los principales proyectos que resguarda la UACH: *"Tenemos el único laboratorio en América Latina de ciencias para aprendizaje de National Geographic. Vendemos tecnología educativa a países como Perú, Argentina y Colombia, y estamos por iniciar tratos con Italia. La universidad se ha convertido en un ente que no sólo está generando innovaciones en investigaciones en el interior, sino también hacia el exterior"*.





En el 2014 el *Information Week* reconoció a la Universidad Autónoma de Chihuahua como la organización pública más innovadora de México, mientras que este año por primera vez se asistió al *Concilium Electronic Show*, donde se presentó: “*La tendencia de la realidad virtual aplicada a la educación*” ante cuarenta países en el foro, destacando la UACH como una institución educativa de vanguardia en materias de innovación.

Actualmente la universidad tiene uno de los anchos de banda más grandes de México, rebasando al de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); cuenta también con una gran red de *acces point* que se pretende duplicar este semestre; y cuenta con el sistema en servicios informáticos más grande de Chihuahua, el cual está coordinado con la Fiscalía General del Estado. Asimismo, se capacita a 120 universidades al año sobre temas de seguridad de cómputo.

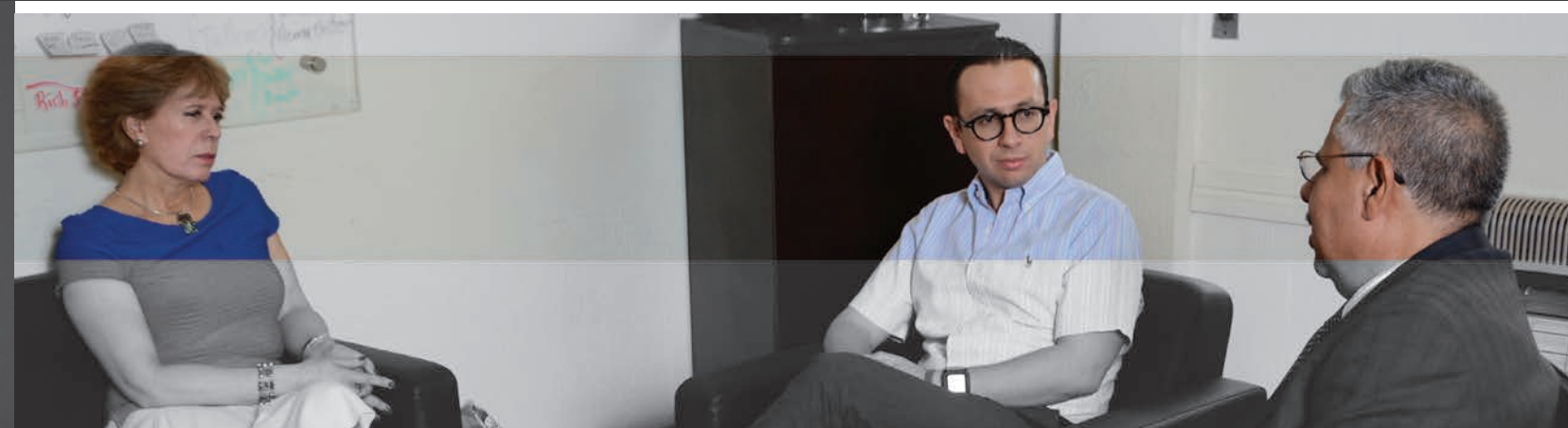
El Lic. Castañeda comentó sobre los recursos limitados con los que cuenta la UACH: “*El laboratorio que tenemos con National Geographic le deja regalías a la universidad por cada producto que se vende. La cuestión es generar proyectos que ingresen recursos*”. La limitación de los recursos no ha sido un problema a la hora de la gestión de nuevos proyectos con diferentes facultades, por ejemplo: “*Las aulas de lectura digital, un simulador médico de ataques cardíacos en medicina, simulación de prótesis para niños en odontología, entre otros. Este año se tienen previstos proyectos en el ámbito experimental y cultural, como los métodos de aprendizaje fuera de la escuela. Todo esto nos ayuda a generar una red de investigación y fortalecer la cuestión de las tecnologías de la información*”.

El Lic. Castañeda dejó claro que en la universidad se está trabajando para impulsar a los jóvenes y el rector ha sido un gran aliado en dicho proyecto. Por ejemplo, la UACH acaba de sacar *Campus Link*, un espacio de tecnología para los estudiantes, el cual ha contado con la presentación de destacadas personalidades en el ámbito tecnológico como el director de *Gourmax*, exploradores de *National Geographic*, el fundador de *Linux*, entre otros.

En las posibles estrategias que se continúan gestando para el mejoramiento del nivel educativo, el licenciado Castañeda reconoció que la preparación de los maestros es clave: “*Debemos identificar la ventaja de que los maestros tengan los conocimientos básicos sobre las redes sociales, sistemas de almacenamiento, entre otros, y que estén preparados para los nuevos cambios y así se pierda el miedo. Necesitamos un esquema más estructurado para trabajar con las diversas áreas de la universidad, y así otorgar la capacitación docente*”.

Para finalizar, habló sobre las nuevas generaciones y la responsabilidad que la universidad tiene con los jóvenes: “*Las nuevas generaciones están definiendo nuevas formas de interacción social; lo vemos con las mismas empresas que ahora contratan a través de plataformas sociales, como Linked in. Y lo que nosotros buscamos son jóvenes que transformen el futuro, brindando su apoyo a las nuevas problemáticas. Ésa es la ventaja que tenemos con las tecnologías de la información, generar creatividad e innovación. Asimismo, ayudar al alumno a tener una formación crítica. Lo que me interesa recalcar es el papel tan importante que está desempeñando la universidad en la cuestión de las tecnologías de la información, adoptando una actitud humilde de aceptar que no lo sabemos todo y por ello tenemos que estar involucrados en un aprendizaje continuo, considerando que estamos inmersos en un mundo de constante cambio, lo cual nos plantea muchos retos para seguir trabajando*”.

# Castañeda Márquez



M.I. Guadalupe Irma Estrada Gutiérrez, Lic. Carlos Martín Castañeda Márquez y el Dr. Fernando Rafael Astorga Bustillos

# Sistema de soporte a las decisiones para la administración de agua subterránea en Chihuahua, México

## Introducción

Los mantos acuíferos en el estado de Chihuahua presentan problemáticas asociadas a sus condiciones naturales, ya que están en una región árida que se caracteriza por la baja precipitación pluvial e intensa evaporación. Aunado a lo anterior, reciben constantes presiones por la extracción de aguas, para la agricultura. Desafortunadamente, en el pasado la expansión del suministro de agua no ha sido planeada ni gestionada.

Por lo tanto, se presenta un sistema para gestionar la información de los aprovechamientos de agua subterránea y un sistema de soporte a las decisiones para el almacenamiento de la información existente, visualizar la información geográficamente e interpretarla con la finalidad de brindar apoyo para la toma de decisiones en la administración de agua subterránea.

## Metodología

Se creó una metodología para cada uno de los objetivos planteados. Primeramente, se consultó la información de almacenes de datos de agua subterránea; los sistemas relacionados con el agua existían en México y se consultó con expertos la utilidad del proyecto. Posteriormente, se realizó el diseño de una base de datos con la información de los aprovechamientos de agua subterránea, creándose un diccionario de datos, una interfaz de usuario y desarrollándose la inserción de datos desde ésta, mediante una aplicación JEE con una arquitectura modelo, vista y controlador. Como herramientas se empleó *MySQL Workbench*, *NetBeans IDE*, *Argo UML* y *Java Enterprise Edition* (JEE). Finalmente, se desarrolló el Sistema de Soporte a las Decisiones, donde primeramente se creó el Sistema de Predicción, luego el almacén de datos y el Sistema de Información Geográfica, ahí se muestra la ubicación de los pozos y sus características. Se hizo uso de *Java EE* y del API de *JavaScript* de *Google Maps*.

## Resultados

A continuación se mencionan algunos de los sistemas relacionados con el agua desarrollados en México, en su mayoría por parte de la Comisión Nacional del Agua.



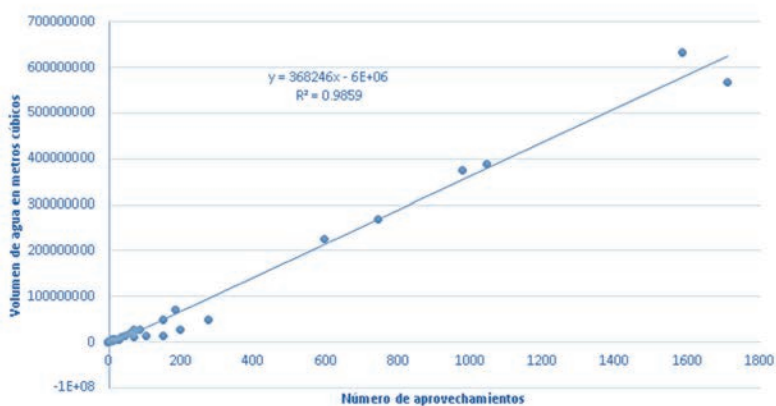
Figura 1. Sistemas relacionados con el agua en México. (Comisión Nacional del Agua, 2013).

Los expertos consideran que la utilidad del proyecto puede ser una buena herramienta para tener idea de la situación hidráulica de pozos en las unidades acuíferas. Como ejemplo: la hidrometría, niveles piezométricos y calidad del agua, entre otras decisiones que impactan directamente a la optimización del recurso. Perciben como refrescante que personas ajenas al ambiente hidrogeológico se interesen en este tipo de problemas (Villalobos Aragón, Velázquez Cázares, & De la Garza Aguilar, 2014).

Asimismo, se elaboraron el Diagrama Entidad-Relación, el Diccionario de Datos, el *Script* de la base de datos y la aplicación JEE para el ingreso de información a la base de datos.

El sistema de predicción se desarrolló con el modelo presentado en la figura 1. Éste sistema una clara dependencia de la relación entre el número de acuíferos y el volumen extraído. Al probar las diferentes funciones de regresión se obtuvieron los siguientes resultados, siendo  $x$  el número de aprovechamientos y el volumen  $y$ .





Gráfica 1. Dispersión de los datos. La línea es el modelo obtenido.

En el almacén de datos se integró la información más relevante de la base de datos operacional, para procesarlos y analizarlos desde diferentes perspectivas y a diferente nivel de detalle. Se organizaron por temas para facilitar el acceso y entendimiento del almacén.

Por ejemplo, alrededor de la tabla de hechos (*facts*) está la de las características de los aprovechamientos (*well*), la de los datos referentes a la ubicación (*location*) y otra tabla con las fechas de recolección de los datos (*calendar*). De las primeras dos, *wells* y *location*, se desprenden los catálogos, con la información detallada de los aprovechamientos y la ubicación de los mismos.

El Sistema de Información Geográfica tiene tres funcionalidades principales:

1.- Mostrar todos los aprovechamientos de agua subterránea en el estado de Chihuahua.

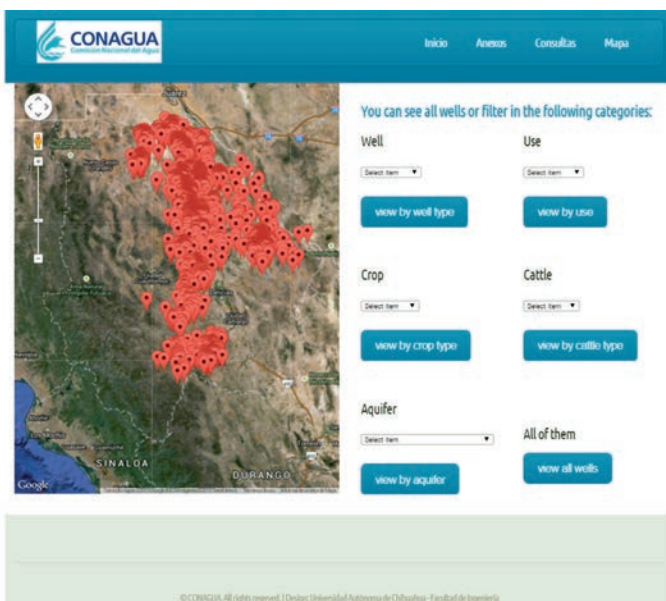


Figura 2. Interfaz del Sistema de Información Geográfica.

2.- Visualización de los aprovechamientos filtrándolos en diferentes categorías.

Tabla 1. Categorías para filtrar la visualización de los aprovechamientos en el mapa.

Categorías	Opciones
Tipo de aprovechamiento	Pozo profundo
	Noria
	Tajo
	Galería Filtrante
Tipo de uso	Agrícola
	Doméstico
	Industrial
	Múltiples, diferentes usos
	Pecuario
	Público / Urbano
	Servicios
Tipo de Cultivo	Alfalfa
	Algodón
	Avena
	Cacahuete
	Calabaza
	Cebolla
	Chile
	Frijol
	Maíz
	Melón
	Nogal
	Pasto
	Sandía
	Sorgo
	Trigo
	Varios
	Tipo de Ganado
Bovino / Vacuno	
Equino	
Ovino	
Porcino	
Varios	
Acuífero	Todos los acuíferos del Estado de Chihuahua.

3.- Muestra los metadatos de cada aprovechamiento dando clic al marcador.

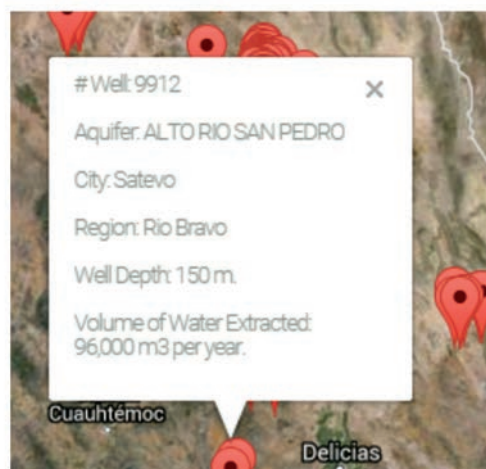


Figura 3. Impresión de pantalla donde muestra que al seleccionar un aprovechamiento muestra sus metadatos.

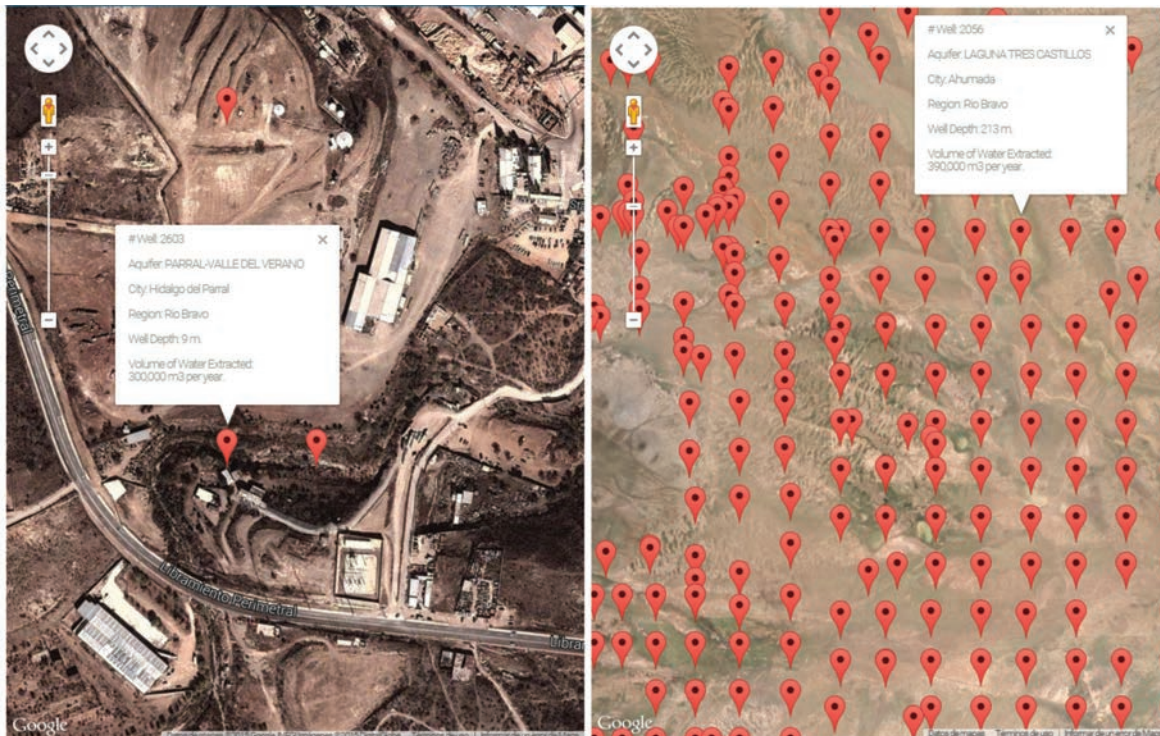


Figura 4. Impresiones de pantalla del Sistema para visualizar los aprovechamientos en el entorno donde se encuentran.

## Conclusiones

El desarrollar proyectos con el sector industrial o de servicios de nuestro país conlleva grandes beneficios, entre ellos, la solución de problemas reales, fortaleciendo la vinculación con el exterior y la participación conjunta de maestros y alumnos en proyectos de investigación como éste.

Referente al Sistema de predicción, se decidió buscar en los datos cuál era la variable que tiene más influencia sobre el volumen de extracción de agua. Después de realizar el análisis, se supo que dicha variable es la cantidad de los aprovechamientos que hay por acuífero. El mejor modelo que se obtuvo, fue el de regresión lineal. Al realizarle pruebas al modelo, se pudo observar que los valores que predice son muy cercanos a los esperados.

Los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), fueron procesados y mostrados espacialmente de acuerdo al tipo de aprovechamiento, tipo de uso (agricultura, ganadería o acuífero) al que corresponden. Así mismo, se muestran sus metadatos, entre ellos, el número de aprovechamiento, el nombre de la ciudad y la región en la que se ubican, la profundidad del aprovechamiento y los metros cúbicos de agua que se extraen al año.

## Reconocimientos

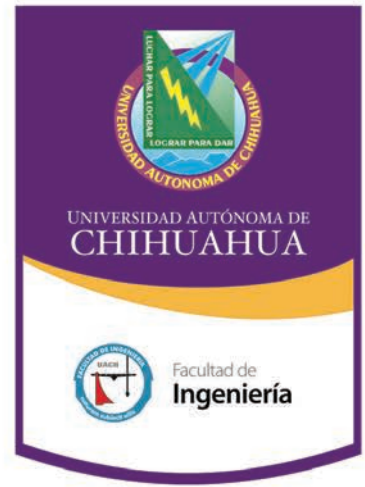
Este trabajo fue realizado con apoyo del Consejo de la Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), a través de la Facultad de Ingeniería.

## Referencias:

- Arreguín Cortés, F. I. (2013). *Dictamen Técnico 96 Acuíferos*. Comisión Nacional del Agua. (2012). <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60>.
- El Sawah, S., Hicks, A., Manger, P., Athanasiadis, I., Croke, B., & Jakeman, A. (2011). *A web-based platform for integrated groundwater data management. 19th International Congress on Modelling and Simulation. State Government of Victoria - Department of Environment and Primary Industries*. (3 de Noviembre de 2014). <http://data.water.vic.gov.au/monitoring.htm>
- U.S. Geological Survey . (11 de Noviembre de 2014). *NAWQA Data Export*. [http://cida.usgs.gov/nawqa\\_queries\\_public/](http://cida.usgs.gov/nawqa_queries_public/)
- United States Environmental Protection Agency. (20 de Abril de 2012). *STORET/WQX*. <http://www.epa.gov/storet/>
- University of New Brunswick. (2008). *NB Aquatic Data Warehouse*. <http://www.unb.ca/research/institutes/cri/nbaquatic/dataset.html#watermon>
- Vila, A., Sedano, M., & López, A. (2009). Correlación lineal y análisis de regresión.
- Villalobos Aragón, A., Velázquez Cázares, M. A., & De la Garza Aguilar, R. (26 de Noviembre de 2014). Solicitud de apoyo a expertos en Hidrología Subterránea. (A. L. Corral Flores, Entrevistador)



# JORNADAS DE OTOÑO FING 2015



Actividades Académicas  
y Culturales

Facultad de Ingeniería  
19-23 de Octubre 2015



**FING**UACH

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

## Distribución

Ingenieros  
Abogados  
Arquitectos  
Ciencias de la Información  
Mineros  
Geólogos y topógrafos  
Cámaras empresariales  
Dependencias gubernamentales  
Centros de investigación  
Congresos tecnológicos

Revista de  
ciencia y  
tecnología

## ANÚNCIATE, aquí



[www.fing.uach.mx](http://www.fing.uach.mx)





# NUESTRAS RAÍCES, SON EL CEMENTO DE ÉSTA TIERRA



Encuentra éste y más productos en [www.gcc.com](http://www.gcc.com)