



# Mente & Materia

UNA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD PANAMEÑA

Edición 2012 No. 3

ISSN 2219-9861



*“Camino a la excelencia a través del mejoramiento continuo”.*



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

## Editorial



**Ramiro Vargas**  
 Director  
 Centro Experimental de Ingeniería  
 Universidad Tecnológica de Panamá

Nos complace enormemente presentarles esta Edición Especial de la Revista Mente y Materia, en conmemoración del Aniversario 55 del Centro Experimental de Ingeniería (CEI). Durante más de medio siglo de funcionamiento ininterrumpido, el CEI se ha convertido en un referente nacional en el ámbito de la ingeniería, con alta calidad demostrada en los servicios técnicos, consultorías, e investigaciones científicas que día a día desarrollamos. Todos nuestros esfuerzos están orientados siempre al mejoramiento de la calidad de vida de nuestra sociedad. Es innegable la influencia que ha tenido el CEI en el desarrollo de nuestro país, sobre todo, a partir de la creación de la Universidad Tecnológica de Panamá en 1981. Sin duda alguna, nuestro impacto se ha extendido en toda la geografía panameña. Con nuestro trabajo hemos subido a la cima de los edificios más altos, explorado las profundidades más hondas de la tierra, escalado montañas, analizado tanto las aguas de nuestros ríos como los desechos de nuestras fábricas, ensayado todo tipo de materiales y estructuras, y un largo etcétera de experiencias vividas. De igual forma, contribuimos a la capacitación de profesionales y técnicos, y brindamos nuestros servicios de responsabilidad social en nuestro entorno; ya que somos una unidad de investigación comprometida con el servicio a la sociedad panameña. Es por ello que en esta edición resaltamos la labor desempeñada por todos los hombres y mujeres de esta gran familia, que día a día, se hermanan en esta encomiable labor. En especial destacamos la figura del Ing. Víctor Cano, quien en su momento fue Director del CEI, y quien por más de 40 años ha contribuido a la formación de profesionales que ven en su ejemplo de ética y alta capacidad, un modelo a seguir. Luego de 55 años recorridos, renovamos nuestro compromiso con nuestra Universidad y con la sociedad, y recibimos con optimismo los nuevos retos que tenemos por delante. ¡Enhorabuena!

## Contenido



06

Laboratorio de Suelos y Materiales, Chiriquí: responsabilidad y eficiencia con calidad

### HOY POR HOY



16

Profesor de 35 generaciones de ingenieros

### PERFILES



20

El Laboratorio de Estructura y su papel en el uso de Nuevas Tecnologías de Construcción en Panamá

### LO QUE HACEMOS



26

Superior PERforming Asphalt PAVements (SUPERPAVE)

### LO QUE HACEMOS

## Equipo



### AUTORIDADES

**Ing. Marcela Paredes de Vásquez**  
 Rectora

**Ing. Luis Barahona G.**  
 Vicerrector Académico

**Dr. Martín Candanedo**  
 Vicerrector de Investigación,  
 Postgrado y Extensión

**Ing. Myriam González**  
 Vicerrectora Administrativa

**Dr. Ramiro Vargas**  
 Sub Director del CEI

### COMITÉ TÉCNICO

**Dr. Ramiro Vargas**  
 Subdirector del CEI

**Ing. Zulay González**  
 Coordinadora

### DICOMES

**Mgter. Bárbara Bloise**  
 Directora de Comunicación Estratégica

**Producción Gráfica UTP**  
 Diseño Gráfico y Diagramación

**Fotografía**  
 Producción Audiovisual y el CEI

**Impresión**  
 Imprenta UTP

**Licda. Liseth Lezcano**  
**Profa. Milagros de Calvo**  
 Corrección de Estilo

Editor: "Centro Experimental de Ingeniería"  
 Universidad Tecnológica de Panamá  
 Panamá, Ciudad de Panamá  
 Tels.: 290-8408 / 290-8409 / Telefax: 290-8410  
 Correo electrónico: cei@utp.ac.pa  
 www.utp.ac.pa



## Ing. Marcela Paredes de Vásquez RECTORA

Universidad Tecnológica de Panamá

# Mensaje de la Rectora

La Universidad Tecnológica de Panamá como institución rectora del conocimiento científico- tecnológico, mantiene una gama de servicios especializados, dirigidos a beneficiar a empresas privadas, instituciones públicas y otras organizaciones. Con estos servicios la Universidad ofrece alternativas de solución a diversos problemas existentes, brindando de esta manera su aporte al desarrollo del país y afianzando su vínculo con la sociedad. Hoy, el Centro Experimental de Ingeniería (CEI) presenta con orgullo, positivos resultados a través de la implementación de tecnologías en diversas áreas de la ingeniería y las ciencias aplicadas, para atender las necesidades que demanda el país en estos campos.

La calidad no está en los bienes o servicios, sino en las personas que los producen, por eso es imprescindible contar con capital humano competente, con conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores; comprometidos con su desarrollo personal y profesional. Estas cualidades distinguen al personal técnico del CEI, que emite informes de resultados confiables, cumpliendo con las normas técnicas y de calidad vigentes, y manteniendo certificaciones como la del reconocido American Concrete Institute.

Un logro que el Centro Experimental de Ingeniería presenta con entusiasmo es su revista *Mente y Materia*, que ya lleva dos ediciones, en las cuales se plasma el quehacer del CEI y sus colaboradores, los nuevos ensayos y servicios, su integración en toda la geografía nacional, y donde se destacan los perfiles de personalidades que con sus aportes han contribuido al engrandecimiento de la Ingeniería en nuestro país.

Con gran regocijo, este año, el CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA celebra 55 años de existencia, mejorando y ofreciendo servicios de la más alta calidad. Es un orgullo para la Universidad Tecnológica de Panamá, contar con laboratorios técnicamente competentes que durante su trayectoria han aportado al desarrollo científico-tecnológico, a la educación y a la industria de nuestro país, mejorando la calidad de vida de la sociedad panameña.

Es propicia la oportunidad para agradecer al Gobierno Nacional, a la empresa privada, a las organizaciones sin fines de lucro y a la comunidad en general, por todo el apoyo que nos han brindado, con recursos, donaciones, experiencias e intercambios, que han contribuido a fortalecer nuestra labor como primera institución de educación superior especializada en ingeniería y tecnología.

¡Felicitaciones a todos!

Ing. Marcela Paredes de Vásquez

*Marcela P. de Vásquez*



**Dr. Martín E. Candanedo G.**  
Vicerrector de Investigación,  
Postgrado y Extensión

## Mente y materia

Poco a poco y de manera firme, la revista Mente y Materia, se consolida como el medio de difusión de las actividades de extensión e investigación del Centro Experimental de Ingeniería, lo cual nos llena de orgullo y satisfacción. Este nuevo número resalta la celebración del aniversario 55 del CEI, aniversario que llega acompañado de muchas novedades y tradiciones.

Buenas nuevas como lo es la recertificación ISO 17025 de LABAICA, la adquisición de nuevos equipos para el Centro, y el reconocimiento de la labor de investigación a través de la inclusión de investigadores del CEI en el Sistema Nacional de Investigación (SNI).

Entre los retos a corto y mediano plazo podemos mencionar el incremento de la participación de nuestros investigadores en las labores docentes para aumentar la producción científica de la Universidad, y los beneficios directos para nuestros estudiantes en su formación universitaria.

Este reto debe ir acompañado del traslado, como mínimo, del Laboratorio de Investigaciones en Ingeniería y Ciencias Aplicadas del Centro, al Campus Víctor Levi Sasso.

Por otro lado, el CEI se mantiene sin lugar a dudas como el Centro de mayor generación de labores de extensión y servicio a la comunidad e industria de nuestro país.

Este hecho lo convierte en la unidad que más contribuye con la labor de autogestión universitaria, actividad vital para el apropiado desarrollo de las actividades de toda la Universidad.

Extiendo mis felicitaciones a cada uno de los hombres y mujeres que constituyen el Centro Experimental de Ingeniería, y les exhorto a continuar con la cultura de compromiso y servicio, que es motor inspirador y guía de nuestra comunidad universitaria, y que mantiene un estrecho vínculo con el sector productivo del país.



# CEI, trabaja por su acreditación en la Norma ISO/IEC 17020

## Ing. Nieves Bernal Ingeniera Electromecánica

El Centro Experimental de Ingeniería (CEI), cuenta en la actualidad con un Sistema de Gestión de Calidad basado en la Norma ISO/IEC 17025, con el cual se asegura que los resultados de los ensayos y calibraciones se realicen de manera conforme a los requisitos, y cumplan con las exigencias del cliente.

Los servicios que ofrece el CEI se pueden dividir en términos generales en: ensayos, calibraciones, inspecciones y asesorías, de los cuales, los ensayos y calibraciones se rigen bajo la Norma ISO /IEC 17205, y en las Inspecciones se evalúa su conformidad de acuerdo a la Norma ISO/IEC 17020.

Para poder acreditar las inspecciones, se debe cumplir con una serie de procedimientos, llevar a cabo un plan de acción, elaborar manuales, registros y otros documentos que permitan plasmar de forma ordenada la información que se genera durante los procesos de inspección.

Las auditorías internas y externas, así como las capacitaciones continuas, constituyen una herramienta para subsanar inconformidades, y mejorar continuamente, con el objeto de lograr la acreditación.

El Laboratorio de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (LIICA), en su área de Ingeniería Civil y Metalurgia, contempla las inspecciones preliminares a estructuras existentes; cuenta con instructivos, registros y ha sido auditado

internamente en la Norma ISO/IEC 17020.

Se cuenta con un personal idóneo y calificado que realiza las inspecciones, y está capacitado en la norma de acreditación de inspecciones.

La Acreditación es un reconocimiento de la conformidad de un Organismo de Certificación a los requisitos de las Normas antes mencionadas.

Esto les brinda a nuestros clientes la confianza de recibir un servicio cuyos resultados son confiables, imparciales y desarrollados con las competencias técnicas necesarias, y de igual forma, mantiene el grado de compromiso, excelencia y competitividad de nuestro personal en los servicios que ofrecemos.

Hoy el Centro Experimental de Ingeniería ha dado inicio al proceso de acreditación en inspecciones, capacitando a su personal y trabajando en el Sistema de Gestión de Calidad que se amerita, para poder cumplir con los requisitos técnicos y administrativos.

Con la experiencia de la acreditación en la Norma ISO/IEC 17025 y los avances logrados a la fecha en la Norma ISO/IEC 17020, se espera en un futuro próximo acreditar el servicio de inspección que brinda el CEI.



# Laboratorio de Suelos y Materiales, Chiriquí: responsabilidad y eficiencia con calidad

**Ing. Jorge Ureta**  
Ingeniero Civil



En los últimos años, en la Provincia de Chiriquí, se ha incrementado la necesidad de contar con los servicios técnicos y especializados en las áreas de análisis de suelos y de concreto, que certifiquen la calidad de los materiales que son utilizados en proyectos de ingeniería.

El 26 de junio de 2009 se firmó la Declaración de Obligatoriedad entre la Sede Regional de Chiriquí y el Centro Experimental de Ingeniería (CEI) de la Universidad Tecnológica de Panamá, dado que el CEI implementa el sistema de la calidad en todos sus laboratorios, bajo los requisitos de la norma ISO/IEC 17025, "Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Ensayo y/o Calidad", y es de estricto cumplimiento que los laboratorios implementen esta norma de calidad.



En la implementación de este sistema de calidad, el Centro Experimental de Ingeniería se compromete a orientar a la Sede Regional de Chiriquí, ofreciéndole capacitación y documentación de referencia, relevantes para el proceso de acreditación bajo esta norma.

Por tal razón, el CEI coordinará las fechas de auditoría interna que será, una vez al año, y posteriormente se hará auditoría de seguimiento.

El Laboratorio de Suelos y Materiales de Chiriquí, tiene entre sus objetivos, ofrecer servicios técnicos y de asesoría, entre otros, dirigidos a las entidades públicas y a personas naturales o jurídicas, que lo demanden.

Su "Misión" es proporcionar servicios eficientes y de calidad en las pruebas de laboratorio, de acuerdo con normas internacionales como las ASTM y AASHTO, garantizando

seguridad a la comunidad en general y confianza, a los organismos que regulan el sector de la construcción, en relación a los resultados obtenidos de dichas pruebas.

Para ello contamos con la participación de un recurso humano idóneo y con experiencia.

Ejemplos de la gama de servicios que podemos ofrecer a nuestros clientes son:

1-Concreto: control de calidad del concreto, martillo de impacto, ensayo de bloques de 4", 6" y 8", ensayo de alcantarillas, granulometría y gravedad específica de arena y grava.

2-Suelos: capacidad de soporte, percolación, granulometría de suelos, CBR, clasificación de suelos con límites, corte directo.



# Instrumentación sísmica de edificios en Panamá

## Evolución histórica y perspectivas futuras

**Ing. Ramiro Vargas, Ph.D.**  
Ingeniero Civil y Estructural

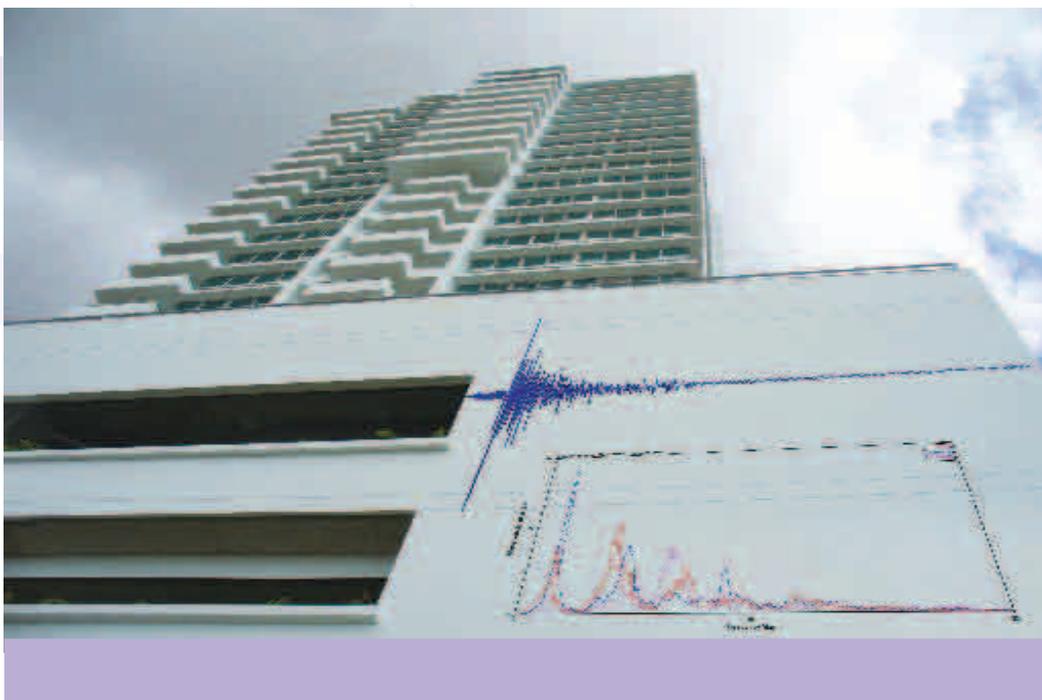
En Panamá la instrumentación sísmica de edificios comenzó en el año 1999 con la Resolución No.365 del 9 de Diciembre de 1998, de la Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura, mediante la cual se adoptó la Norma de Instrumentación Sísmica, promulgada por el Reglamento para el Diseño Estructural en la República de Panamá (REP-94). De esta manera, Panamá se sumaba a países de la región como México, Colombia, Venezuela, Chile, Costa Rica, y otros, que cuentan con normativas para el monitoreo de vibraciones sísmicas en edificios.

Nuestra instrumentación sísmica de edificios es relativamente joven, si se compara con la experiencia mexicana, en donde el primer edificio instrumentado fue la Torre Latinoamericana en 1957. Sin embargo, es propicio destacar que Panamá es el primer país del Hemisferio Occidental que contó con un sismógrafo, cuando la Compañía del Canal de Panamá instaló uno de estos equipos en el año 1882. Posteriormente, a inicios del siglo XX entró en funcionamiento la estación sismológica de Balboa, que operó de manera continua hasta el año 1976. Luego del cierre de esta estación, los equipos fueron donados al Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, el cual había sido recientemente creado en el año 1977.

En síntesis, se puede observar que tanto históricamente como en la actualidad, las mediciones de vibraciones sísmicas en nuestro país han sido registradas por la Autoridad del Canal de Panamá, la Universidad de Panamá y la Universidad Tecnológica de Panamá; cada una, con sus propios objetivos específicos.

En la década de los 90 comienza a darse un fenómeno constructivo interesante en la ciudad de Panamá. De manera generalizada, se adopta entre los diseñadores y constructores la estructuración con base en losas de placa plana postensadas, en conjunto con un sistema de muros de cortante y columnas para resistir las cargas laterales impuestas por vientos o sismos. En la comunidad ingenieril internacional es aceptado que este sistema estructural se puede emplear de manera efectiva para edificios de menos 25 pisos.

Sin embargo, en Panamá, a mediados de los 90 este sistema de estructuración comienza gradualmente a extenderse a edificios de más de 30 y 40 pisos de altura. Algunos ejemplos de estos edificios son el Platinum Tower (1996, 47 pisos) y la Torre Mirage (1997, 48 pisos); ambos construidos en Punta Paitilla. De allí, surge la necesidad de monitorear el comportamiento sísmico de edificios con estas características únicas, y de uso prácticamente exclusivo de la ciudad de Panamá.



De igual forma, además de estudiar la respuesta dinámica de los edificios durante un sismo, la información registrada iba a ser fundamental para validar las hipótesis del comportamiento estructural empleadas en los modelos de análisis y diseño, cuantificar la influencia de las condiciones locales del sitio, y caracterizar la incidencia de elementos no estructurales en la respuesta sísmica.

Estos estudios también permitirían hacer una estimación global del daño en caso de eventos severos en estructuras, lo cual abriría el compás para utilizar estos resultados en estrategias efectivas de rehabilitación sísmica. Con estos antecedentes nació el texto de la Norma de Instrumentación Sísmica de 1999.

La Universidad Tecnológica de Panamá a través del Centro Experimental de Ingeniería ha mantenido desde entonces la responsabilidad de instalar, operar y mantener los acelerógrafos instalados en los edificios que, por ley, califican para ser instrumentados.

Luego de 13 años de implementación de la norma sísmica se han instrumentado en la ciudad de Panamá más de 150 edificios, de los cuales más del 90% se encuentran en Punta Paitilla, Punta Pacífica, San Francisco y Costa del Este.

Es importante destacar el hecho de que la ciudad de Panamá es quizás una de las ciudades más densamente instrumentadas con acelerógrafos, en contraste con la ciudad de México en donde, luego de medio siglo de instrumentación, se estima que existen menos de 30 edificios instrumentados.

El caso de Panamá es, por consiguiente, sólo comparable a Estados Unidos y Japón, donde existen cientos de edificios instrumentados.

Durante este tiempo se han registrados eventos sísmicos de importancia en nuestro país, los cuales han permitido generar dentro de la UTP, reportes técnicos e investigaciones, entre las que podemos mencionar: Reporte del sismo registrado el 13 de agosto de 2003 (Ramírez, O. , et al. 2003), Detección acelerográfica de sismos en varios edificios de la Ciudad de Panamá (Toral, J. y Ho, C., 2006), Evaluación de la Respuesta de Edificios con Instrumentación Sísmica (Méndez, R., 2010), Cartografía de los Parámetros Sísmicos en Ingeniería Estructural para la ciudad de Panamá (Solís, J., 2010), entre otros.

El desarrollo urbano en Panamá ha causado que

## LO QUE HACEMOS



la instrumentación sísmica se encuentre altamente focalizada en ciertos sectores de la ciudad, con pocos edificios instrumentados en otras áreas (ejemplo: cuatro edificios en David, Chiriquí y dos en Coronado), lo cual ha impedido la conformación efectiva de una red nacional para el monitoreo de vibraciones sísmicas.

Basado en esto, la UTP ha trabajado en una propuesta de modificación de la norma de instrumentación sísmica, con el objeto de desarrollar un Programa de Instrumentación Sísmica (PINS), que a grandes rasgos, contemplará la conformación de una red de instrumentación a nivel urbano y nacional, y un sistema de instrumentación con arreglos multisensores.

Este programa será administrado por personal o especialistas de la UTP, quienes seleccionará las áreas y edificios a ser instrumentados tomando en cuenta las características dinámicas de la estructura, condiciones geotécnicas del sitio y amenaza sísmica, entre otros.

Como parte del programa, se instrumentarán edificaciones de valor histórico y facilidades críticas (museos, escuelas, hospitales, centros de salud, cuarteles de bomberos, puentes, presas, entre otros), y se instalarán equipos a campo abierto tanto en superficie como en roca.

El texto de las modificaciones a la norma sísmica se encuentra en su etapa de revisión final, para ser sometido a evaluación y aprobación por parte de la Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura.

Con el avance desarrollado hasta el momento, es muy probable que antes que finalice el año 2012, se cuente en Panamá con un nuevo programa científico de instrumentación sísmica, para un mejor aprovechamiento de la data registrada por los acelerógrafos instalados.



*Inauguración del Muro-Piso de Reacción en el Laboratorio de Estructura-año 2002.*



*El Ing. Víctor Cano observando una prueba de losa de los estudiantes de Hormigón II -año 1982.*

## Fotos Históricas

# 55 años lleno de vivencias

Desde siempre el CEI ha trabajado con gente comprometida y calificada.



*Estudiantes de hormigón II probando una losa para verificar la capacidad calculada.*



*El Sr. José Meneses operando la máquina Forney de capacidad de 200 ton.-1982.*



*El Ing. Nicanor Yau moviendo bloques para una prueba de carga.*



*Prueba de postensado no adherido y adherido -Tesis de graduación-1987.*



**por: Dr. Nelson Barranco  
Químico**

## Electrólisis de Salmuera para el Suministro de agua potable en poblaciones marginadas

En nuestro país el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) es el responsable de dotar a toda la población panameña de agua potable. Sin embargo las comunidades con menos 1,500 habitantes son atendidas por el MINSA, por los llamados acueductos rurales; los cuales son manejados por las mismas comunidades. La mayoría de estos acueductos rurales operan con muchas deficiencias. Por lo cual, la disponibilidad de agua potable a estas poblaciones rurales es muy insegura.

Precediendo a esta razón expuesta, y analizando

los distintos sistemas de desinfección para agua potable, especialmente para zonas rurales, seleccionamos la Electrólisis de Salmuera, como una buena alternativa.

Este método, además de ser de bajo costo en mantenimiento y operación, requiere como materia prima sal de cocina, o agua de mar; disponibles en cualquier sitio, para producir hipoclorito de sodio, generado por la electrólisis.

A través de la introducción del sistema de electrólisis de salmuera, el cual operará usando fuentes de energía renovables (fotovoltaica), lo hace autosostenible, lo cual



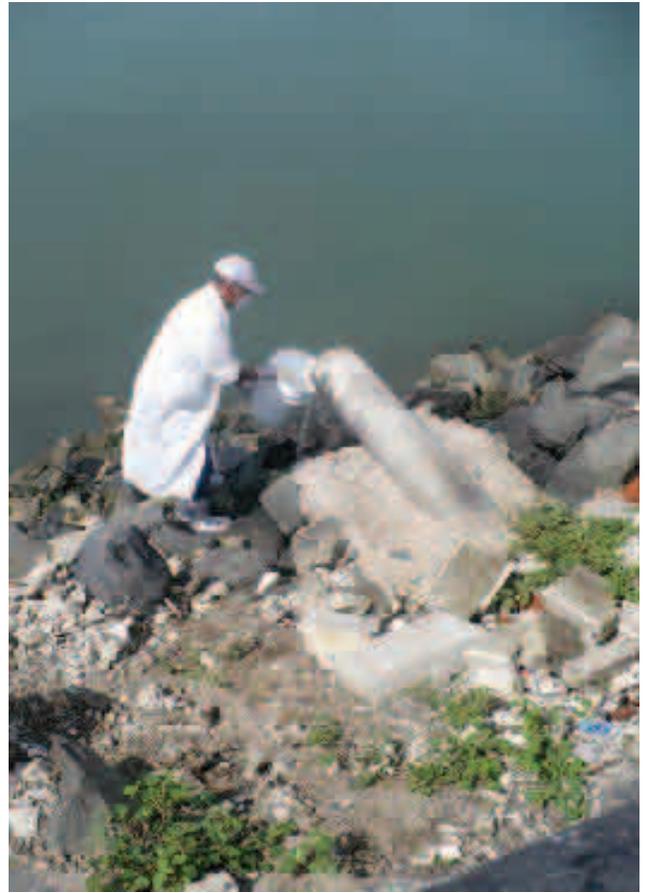
resulta especialmente importante para lugares de difícil acceso y en situaciones de desastres naturales.

El principal beneficiado será la comunidad de Ipetí Emberá, que cuenta con una población de unos 540 habitantes (entre hombres, mujeres y niños) junto con las comunidades vecinas, como también sus visitantes, producto de las actividades ecoturísticas de la región, contarán con agua potable para su consumo humano, y preparación de alimentos.

El proyecto contará con la colaboración del personal técnico del Laboratorio de Análisis Industrial y Ciencias Ambientales (LABAICA) del Centro Experimental de Ingeniería, y la

instalación de las celdas fotovoltaicas por parte del Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (CINEMI), de la Universidad Tecnológica de Panamá; además relacionaremos al Ministerio de Salud (MINSA), al cual solicitaremos que se encarguen de las pruebas de laboratorio clínicos de la comunidad, para levantar la línea base de salud de la comunidad en cuestión, antes y después de la ejecución del proyecto.

Avalado y sustentado económicamente por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).



**Por:**  
**Ing. Pablo E. Martínez Nieto**  
**Ingeniero Civil**

# Aforo de Aguas Residuales

Una vez determinados el tipo de descarga y la ubicación del sitio donde se va a realizar la caracterización, se diseña el plan de aforo y muestreo. Para la determinación de los caudales debe adoptarse la forma más práctica de aforar dependiendo del tipo de descarga que se tenga; si se hace necesario adecuar el sitio de muestreo, se deben dar las instrucciones necesarias a la empresa solicitante del servicio para la implementación de la adecuación. Los factores que se han de tener en cuenta en el momento de seleccionar un sistema de medición son los siguientes:

- Tipo de conducto y accesibilidad.
- El intervalo de medida debe cubrir con la mejor precisión posible, los caudales máximo y mínimo previstos teóricamente
- El método seleccionado deberá producir la mínima pérdida posible de carga.
- Máxima sencillez de manejo y lectura.
- Características del agua residual a medir, y su influencia en el equipo (corrosión, abrasión, ataque químico, taponamiento, etc).
- El personal se dotará con la protección adecuada.

Entre los métodos de aforos más utilizados para aguas residuales tenemos los siguientes:

**1. Medición volumétrica manual.** La medición del caudal se realiza de forma manual utilizando un cronómetro y un recipiente calibrado.

El procedimiento a seguir es tomar un volumen de muestra cualquiera y medir el tiempo transcurrido desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal en ese instante de tiempo. Se debe tener un especial cuidado en el momento de la toma de muestra y la medición del tiempo, ya que es un proceso simultáneo donde el tiempo comienza a tomarse en el preciso instante que el recipiente se introduce a la descarga y se detiene en el momento en que se retira de ella. Siendo  $Q$  = caudal en L/s,  $V$  = volumen en L, y  $t$  = tiempo en s, el caudal se calcula como:

$$Q = V / t$$

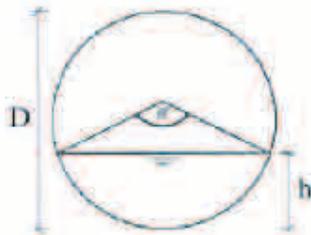
Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que sale por la descarga. Entre sus desventajas se cuenta que la mayoría de veces es necesario adecuar el sitio de aforo y toma de muestras para evitar pérdida de muestra en el momento de aforar; también se deben evitar represamientos que permitan la acumulación de sólidos y grasas.

**2. Medición en tubería parcialmente llena.** Este método generalmente lo utilizamos en donde el método volumétrico no es de fácil aplicación. El método es práctico y fácilmente aplicable, solamente tenemos que tomar algunos datos geométricos en campo de la tubería como lo es el diámetro,



la pendiente de la misma y nos toca medir solamente el tirante hidráulico que varía en el tiempo. Luego en gabinete aplicamos la fórmula utilizada para el cálculo del caudal que es la siguiente:

Estos métodos son los más utilizados en aguas residuales pero existen otros métodos que podemos aplicar y que no son tratados en este momento.



El ángulo central  $\theta'$  (en grado sexagesimal).

$$\theta' = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2h}{D} \right)$$

☞ Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \text{sen} \theta'}{2\pi \theta'} \right)$$

$$V = \frac{0,397 D^{\frac{2}{3}}}{n} \left( 1 - \frac{360 \text{sen} \theta'}{2\pi \theta'} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

En función del caudal:

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257,15 n (2\pi \theta')^{\frac{2}{3}}} (2\pi \theta' - 360 \text{sen} \theta')^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$



**Por: Licda. Liseth Lezcano**

## Ing. Víctor Manuel Cano Palm

**Profesor de 35 generaciones de ingenieros Distinguido por su alta vocación de servicio**

Un hombre que ha dejado impresa en su trayectoria profesional y personal, su pasión y vocación en cada tarea que hace en la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), es el Dr. Víctor Manuel Cano Palm.

Su forma de escuchar, hablar y de mirar el mundo denota mucha sabiduría y paciencia.

El Ing. Cano nació en la ciudad de Panamá, pero creció en la provincia de Colón.

Realizó estudios primarios en la Escuela Pablo Arosemena y Enrique Geenzier, en la ciudad de Colón. En el Colegio Javier (ciudad de Panamá), realizó sus estudios secundarios.

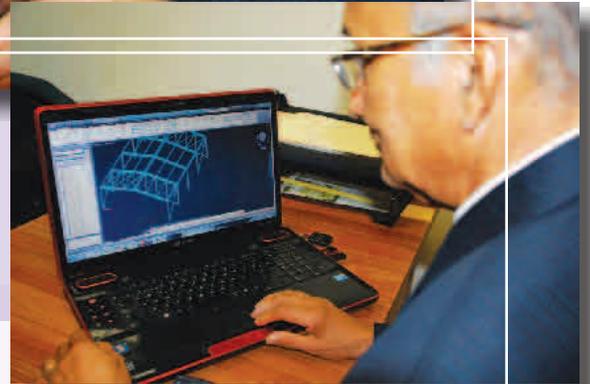
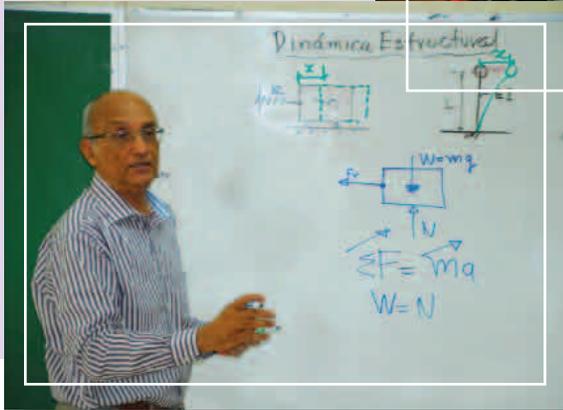
Se graduó con el índice académico más alto de su promoción en la Licenciatura en Ingeniería Civil. Posteriormente realiza estudios de Maestría en Mecánica Estructural, en la Universidad de Panamá.

Su carrera docente la inició en junio de 1964, luego de tratar inútilmente de obtener un empleo, dada la situación económica

del país, y a raíz de los trágicos sucesos del 9 de enero, aceptó la oferta del entonces Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Panamá, profesor Alberto de Saint Malo, como asistente a tiempo completo en los cursos de mecánica estructural.

Se le conoce como un docente en todo el sentido de la palabra. Ha sido profesor de unas 35 generaciones de ingenieros y algunos de ellos han ejercido y ejercen como autoridades de la UTP, mientras que muchos otros han logrado el éxito profesional en diferentes ámbitos en el que se desempeñan. Es un entregado a su labor, hecho que le ha merecido el respeto, méritos y múltiples reconocimientos de quienes lo conocen y han trabajado muy cerca de él.

Tuvo la oportunidad de ser asistente del Dr. Víctor Levi Sasso, primer Director del Centro Experimental de Ingeniería (CEI), y gestor de la UTP, quien a su juicio, cambió drásticamente la forma de enseñar y aprender los conceptos fundamentales de



la mecánica estructural. Además, logró que los colaboradores del CEI se interesaran en el área de investigación, el cual se dedicaba principalmente a pruebas de resistencia en materiales de construcción en especial del concreto, bloques y refuerzo, gracias a un acuerdo municipal.

El profesor Cano fue Jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales, Director del Centro Experimental de Ingeniería, Miembro de la Junta de Facultad de Ingeniería Civil, miembro del Consejo General Universitario y Director de Planificación y Currículum del Instituto Politécnico de Panamá.

El logro más importante y el que según él le ha dado muchas satisfacciones es el de haber contribuido a formar cientos de ingenieros y técnicos con conocimientos y capacidad de análisis y síntesis, para resolver problemas de la profesión. Además, de haberles transmitido valores cívicos y morales. Considera que el capital humano es el que hace de un país, una verdadera Nación.

Como Jefe del Laboratorio de Ensayos de Materiales y como Director del CEI, logró ampliar la oferta de servicios técnicos al país, contribuyendo a engrandecer el nombre del CEI, gracias a la calidad humana y al entusiasmo de todos y cada uno de los que laboraron y aún colaboran en este prestigioso Centro de Investigación.

Recuerda que uno de los proyectos de gran envergadura de aquél entonces en el que participó activamente el CEI, fue en el control de calidad de los materiales de construcción de la Represa del Bayano.

El profesor Cano fue uno de los colaboradores cercanos al Dr. Levi. Al igual que otros destacados profesionales creía que no podían quedarse solamente con la tiza y el borrador, sino convertirse en un factor estratégico para el desarrollo del país, y fue entonces como se emprendió un movimiento revolucionario que se tomó la gran tarea de crear la Universidad Tecnológica de Panamá.



# Instrumentos Reglamentados y No Reglamentados.

**Por: Ing. Lisandro Díaz**  
**Ingeniero Mecánico**



La Metrología está definida como la ciencia de las mediciones. Tiene por objeto el estudio de las propiedades medibles, las escalas de medida, los sistemas de medición, los métodos y las técnicas de medición y de la evolución de estos; así como la valoración de la calidad de las mediciones y su mejora constante, para facilitar el progreso científico, el desarrollo tecnológico, el bienestar social y la calidad de vida.

El Laboratorio de Metrología del Centro Experimental de Ingeniería ha ofrecido, desde sus inicios, el servicio de apoyo de calidad por medio de la calibración de instrumentos de medición.

Este servicio lo brinda al sector industrial y tecnológico de Panamá, en las áreas de Masas y Balanzas, Volumen, Metrología Dimensional, Fuerza y Par Torsional, Temperatura, Presión y Electricidad.

La calibración de instrumentos de medición requiere el uso de documentos de referencia. Estos documentos son generados por organismos internacionales de metrología y son llamados normas técnicas. Estas normas indican las reglas, directrices y características que son utilizadas por los laboratorios de calibración para evaluar el adecuado funcionamiento de los instrumentos de medición.

En la República de Panamá, la Dirección General de Normas y Tecnología Industrial (DGNTI), del Ministerio de Comercio e Industrias, es el organismo nacional de normalización técnica, evaluación de



**GLOBAL ELITE**  
CORPORATION

Equipos y Accesorios para Ensayos de Materiales:  
Suelos, Concreto, Hormigón, Asfalto, Agregados,  
Metales, etc....



Centro Comercial Aventura, El Dorado Local #423  
Apartado 0819-00327, El Dorado, Panamá Rep. De Panamá  
Teléfono: 210-3310 - Fax: 210-5413  
E-mail: [info@global elitescorp.com](mailto:info@global elitescorp.com)

conformidad, certificación de calidad, metrología y conversión al sistema internacional de unidades (SI) (Artículo 93, Título II, Ley 23 de 1997). Además de la DGNTI, el Ministerio de Comercio e Industrias cuenta con la Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas, la cual sirve como organismo asesor de este Ministerio.

Actualmente en Panamá, en materia metrológica, se cuenta con los reglamentos Técnicos: DGNTI-COPANIT 51-2005."Calibración y Verificación de Surtidores de Combustibles Líquidos", DGNTI-COPANIT 76-2003."Masas Patrón de clases E1, E2, F1, F2, M1, M2, M3", DGNTI-COPANIT 38-2001."Masas Patrón Iguales o Mayores de 50 kg", DGNTI-COPANIT 37-2002."Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático".

De los reglamentos técnicos mencionados anteriormente, los correspondientes al sector de masas y balanzas han sido adoptados a partir de las recomendaciones internacionales publicadas por la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML).

Es una función de la DGNTI velar por la creación de reglamentos técnicos en base a objetivos legítimos, como la prevención de prácticas que pueden inducir errores, protección de la salud o seguridad humana, de la vida o salud vegetal o animal, o del medio ambiente y la seguridad nacional.



**Ing. Erick Chavarría**  
**Ingeniero Civil**

## El Laboratorio de Estructura y el uso de Nuevas Tecnologías de Construcción en Panamá

En la industria de la construcción en Panamá, desde hace ya varios años, se permite el uso de nuevas tecnologías, basadas en materiales que reemplacen al tradicional bloque de concreto, incluyendo elementos estructurales como vigas y columnas de concreto reforzado.

A estas tecnologías se les conoce como "Sistemas Alternativos", los cuales deben estar debidamente autorizados por la Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura (JTIA), para ser utilizados en nuestro país.

Para su aprobación, la Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura (JTIA), exige una serie de ensayos que son realizados por la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), a través del Laboratorio de Estructuras (LABEST) del Centro Experimental de Ingeniería (CEI). Estos ensayos permiten validar la capacidad estructural de tales materiales atendiendo a la metodología de construcción, sugerida por los fabricantes.

En este sentido, la UTP ha realizado estudios a más de 15 sistemas alternativos diferentes, que varían según el tamaño, forma y tipo de materiales, entre otros.

En términos generales podemos mencionar sistemas alternativos fabricados con los siguientes materiales:

- Perfiles de acero con láminas de fibrocemento.
- Paneles compuestos por una malla de acero electrosoldadas, rellenas de un material liviano (poliestireno o similar) y repellada en ambas caras.

- Vigas, columnas y paredes de madera laminada.
- Bloques espaciales de concretos, unidos con unas barras, sin utilizar mortero.
- Paneles de concreto prefabricado y estructura metálica unida mediante pernos.

Para el desarrollo de un estudio de sistemas alternativos, inicialmente se requiere revisar la información técnica, suministrada por el promotor del sistema, con miras a diseñar una serie de especímenes de prueba y su respectiva instrumentación para equipos de fuerza y deformación. Los especímenes a ensayar generalmente consisten en paredes con o sin ventanas o puertas, sometidos a cargas de compresión (verticales) y cargas laterales. También se estudian unión de paredes en forma de U, en forma de L o en forma de T.

Dependiendo del tipo de material, en algunos casos, también se estudian las propiedades mecánicas de los materiales individuales o se realizan ensayos de flexión y cortante a elementos por separado.

Los especímenes de prueba, son construidos a escala natural, por el promotor del sistema, dentro de las instalaciones de Laboratorio de Estructuras, cuyo personal inspeccionará rigurosamente el proceso de construcción, con el objeto de documentarlo y vigilar que los mismos se hayan realizado de forma homogénea.

La instrumentación, será responsabilidad del personal experimentado del laboratorio, bajo la supervisión del ingeniero especialista encargado del proyecto.

Luego de realizar todos los ensayos, el laboratorio emite un informe con gráficos y tablas de resultados, conclusiones y recomendaciones, el cual es utilizado como referencia, durante el proceso de aprobación.

# Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Licda. María Janeiro**  
**Química**

En el Laboratorio de Análisis Industriales y Ciencias Ambientales del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá, se realiza la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en muestras de agua superficiales, subterráneas y residuales, utilizando el método colorimétrico de reflujo cerrado 5220D.

DQO es la medida de oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por un oxidante químico y se expresa en mg O<sub>2</sub>/L. En el método de reflujo cerrado, la muestra se oxida con una cantidad de dicromato de potasio, en medio ácido en presencia de catalizadores a 150 ± 2°C y aplica a muestras con valores de DQO entre 0 y 1000 mgO<sub>2</sub>/L. Entre las sustancias que interfieren en esta determinación encontramos la piridina y compuestos relacionados que se resisten a la oxidación, al igual que los compuestos orgánicos volátiles, ya que estos reaccionan en proporción a su contacto con el oxidante. Los compuestos alifáticos de cadena lineal son oxidados más eficientemente en presencia del catalizador de sulfato de plata.

Sin embargo, la interferencia más común para éste método es la presencia de iones cloruro. Estos reaccionan con la plata para generar un precipitado insoluble de cloruro de plata, lo que inhibe su acción catalizadora. Otros haluros como el yodo o el bromo pueden interferir debido al mismo principio. Esta interferencia puede ser minimizada por la adición de sulfato de mercurio. Se ha demostrado que hasta 2000mg/L de cloruros pueden ser acomplejados por 1 gramo de sulfato de mercurio. Existen técnicas para la medición de la DQO en aguas con salinidades altas, ya que esta metodología no puede aplicarse a muestras de agua de mar.

La muestra puede tomarse de forma puntual o compuesta dependiendo del tipo de muestreo. Debe colectarse en un envase de vidrio ámbar, preservarse con ácido sulfúrico a un pH menor de 2 y almacenarse a 4°C hasta el día que se va a realizar la determinación.

Espere que la muestra se encuentre a temperatura ambiente, homogenícela coloque una porción de esta en un tubo de ensayo y adiciónale sulfato de mercurio para iniciar el análisis.

La DQO puede determinarse en bajo rango de 0 a 100 mgO<sub>2</sub>/L a 420nm utilizando la solución de digestión de bajo rango que contiene 1,022g de dicromato de potasio, o en alto rango de 100 a 1000 mgO<sub>2</sub>/L a 600nm utilizando la solución de digestión de alto rango que contiene 10,216g de dicromato de potasio.

Si la muestra es de agua superficial, subterránea o residual de una planta de tratamiento residencial que está iniciando operaciones la



determinación puede realizarse en bajo rango a 420nm y si procede de una planta de tratamiento de una empresa que se dedica a actividades avícolas, porcinas, alimenticias, tenerías entre otras, debe realizarse la determinación en alto rango a 600nm.

A partir de la solución estándar de 500 mg O<sub>2</sub>/L se preparan los patrones de 0,000; 0,025; 0,075; 0,125; 0,175 y 0, 225 mg O<sub>2</sub> para bajo rango y a partir de la solución estándar de 1000 mg O<sub>2</sub>/L se preparan los patrones de 0,000; 0,25; 0,75; 1,25; 1,75 y 2,25 mg O<sub>2</sub> para alto rango.

Para preparar las muestras y los patrones se utilizan tubos de digestión de 16 x 100 mm a los cuales se les adiciona 2,5mL de muestra, 1,5mL de la solución de digestión y 3,5mL del reactivo catalizador.

Las muestras en bajo rango se sirven directas, es decir, 2,5mL de muestra, en alto rango si la muestra contiene un valor de DQO mayor de 1000 mgO<sub>2</sub>/L la muestra se diluye y se hacen las correcciones para reportar el valor obtenido.

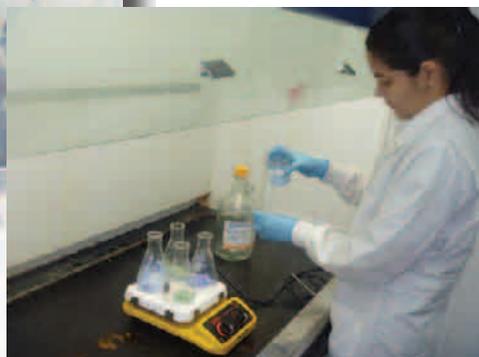
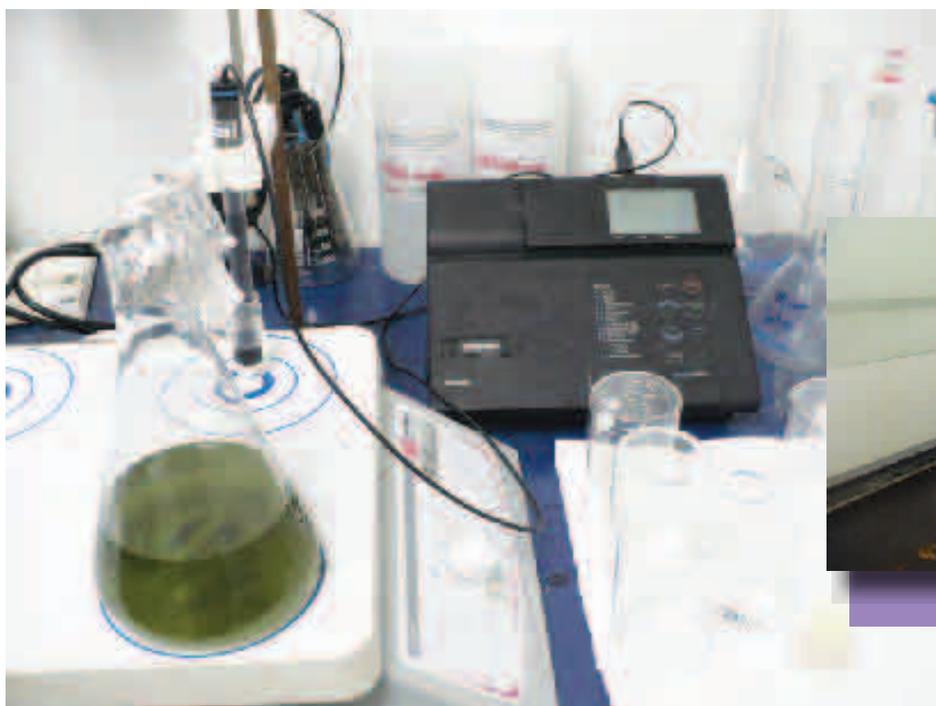
Las muestras y los patrones se colocan en el digestor de DQO (Foto No.1) a 150°C durante 120 minutos, luego se enfrían y se procede a realizar las lecturas en el espectrofotómetro UV-Vis (Foto No.2) a 400nm para bajo rango y a 600nm para alto rango. Graficamos los valores de Absorbancia vs los mgO<sub>2</sub> para alto rango y para bajo rango debe restarse a la absorbancia del blanco, cada absorbancia de los patrones y valor obtenido se grafica vs los mgO<sub>2</sub>.

El valor de DQO a reportar se obtiene con la siguiente ecuación: mgO<sub>2</sub>/L= (mg O<sub>2</sub> x1000)/mL de muestra.

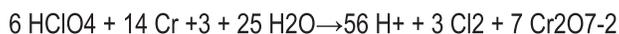
Para determinar la concentración de DQO de las muestras en bajo rango debe restarse a la absorbancia del blanco, la absorbancia de cada muestra y después utilizar esta diferencia para calcular los mgO<sub>2</sub> con la ecuación de la curva de calibración de bajo rango.

Para alto rango se utilizan las absorbancias directas de las muestras y al final se les resta la concentración del blanco, calculada con la ecuación de la curva de alto rango.

A nivel nacional la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), establece en los reglamentos técnicos 35:2000 y 39:2000 para descarga de aguas residuales que los límites máximos permitidos deben ser 100 mgO<sub>2</sub>/L y 700 mgO<sub>2</sub>/L respectivamente.



esta manera podemos saber si realmente es cuero el material con que están fabricados. Al cuero se le realiza una prueba química en la cual determinamos el porcentaje de cromo, pues como sabemos en el curtido del cuero se utilizan sales de cromo. En esta prueba se observa una oxidación del cromo trivalente a cromo hexavalente, mediante la siguiente reacción química:



La UMBRM es el único laboratorio que brinda este servicio en todo el territorio nacional, que es de mucha importancia para las empresas que necesitan verificar la calidad mínima del producto que ofrecen o desean adquirir. En años anteriores, la UMBRM colaboró con el Ministerio de Comercio e Industrias en la revisión técnica de la Norma COPANIT 400-2008, con la que deben cumplir todos los calzados de seguridad en Panamá. También realizó la evaluación de las botas impermeables, conocidas comercialmente como botas de caucho, la cual fue solicitada por el Ministerio de la Presidencia. Gracias a este antecedente, el Despacho de la Primera Dama solicitó nuestra colaboración para definir las especificaciones de las botas impermeables para el sector escolar de la población indígena del país.

Otra prueba que realiza la UMBRM es la evaluación del espesor de la capa galvánica de los metales, la cual es una pequeña capa de aluminio o zinc que los recubre para evitar su deterioro por la corrosión.

Químicamente se puede medir, mediante un proceso llamado decapado, que consiste en hacer reaccionar la capa que cubre el metal con ácido clorhídrico (HCl), disolviendo el galvanizado y quedando el metal sin recubrimiento; el residuo insoluble se pesa, y la proporción del componente soluble se calcula a partir de la pérdida de masa.

Todos nuestros equipos de análisis como la máquina de tensión universal, balanzas analíticas y termómetros cuentan con su correspondiente certificado de calibración. También se llevan controles de temperatura y humedad relativa del sitio donde se realiza el ensayo, para garantizar la reproducibilidad del ensayo.

La Asamblea General de la ONU proclamó el 2011 como Año Internacional de la Química bajo el lema "Química: nuestra vida, nuestro futuro". Todos los fenómenos que nos rodean pueden explicarse y expresarse a través de la química. El mundo entero celebra este año la Química tanto desde un punto de vista artístico como científico, así como sus importantes contribuciones al conocimiento, a la protección medioambiental, a la mejora de la salud y al desarrollo económico. En este artículo hemos querido presentar la aplicación de los conceptos químicos a un área de pruebas muy importantes para la salud y seguridad, y que no es muy conocida dentro de la comunidad científica panameña.

**Por Ing. Oscar Patiño**  
**Ingeniero Civil**

# Criterio hidrodinámico para el diseño de tanques de almacenamiento de líquidos

Los tanques para almacenamiento de líquidos, son de gran interés a nivel local e internacional, por su importancia para el abastecimiento de agua potable. En general, estos pueden clasificarse en tanques soportados sobre el suelo natural y tanques elevados. Para el diseño estructural de estas instalaciones deberán seguirse las siguientes normativas: a) ACI350.3-01 Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures, y b) ACI 371R-98 Guide for the Analysis, Design, and Construction of Concrete-Pedestal Water Towers. También deben observarse las recomendaciones ACI 318-08 y del ACI 350-01, donde sean aplicables.

Los tanques de agua son estructuras que requieren especial atención, debido a las fuerzas inerciales generadas por el fenómeno hidrodinámico, cuando están sometidos a aceleraciones, como las inducidas por los sismos. El interés de este artículo consiste en presentar un resumen de los criterios para determinar las fuerzas de diseño debido al fenómeno hidrodinámico sobre tanques cilíndricos de concreto reforzado.

## Reseña de los estudios

Cuando un tanque de almacenamiento de líquido experimenta aceleraciones, la parte del fluido más cercana al fondo se mueve en conjunto con la estructura aportando masa a las propiedades inerciales de ésta, acción conocida como comportamiento impulsivo. Pero en zonas cercanas a la superficie, el líquido tiende a moverse en sentido opuesto al movimiento del tanque, con una componente de desplazamiento vertical, fenómeno que genera un oleaje, provocando un comportamiento convectivo.

De una revisión histórica, la primera solución de tal problema fue propuesta por Westergaard (1933) quien determinó la presión en una represa vertical rectangular sometida a una aceleración horizontal. Jacobsen (1949) resolvió el correspondiente problema para un estanque de forma cilíndrica, ya sea conteniendo líquido o rodeado de líquido. Werner y Sundquist (1949) extendieron el trabajo de Jacobsen para incluir estanques de forma rectangular, semicircular, triangular y hemisférica. Graham y Rodríguez (1952) desarrollaron un análisis muy completo para determinar las presiones impulsivas y convectivas en un estanque rectangular.

Para el caso de tanques circulares, siendo  $H$ , la altura y  $D=2R$ , el diámetro del tanque, se ha demostrado que a mayor relación  $H/D$  (tanques altos y delgados) mayor parte de la masa trabaja en condiciones impulsivas, mientras que a menores valores  $H/D$  (tanques bajos y anchos) mayor parte de la masa se comporta en forma convectiva.

## Modelo Mecánico equivalente de Housner

En 1954 Housner propuso un modelo mecánico equivalente para representar el movimiento del agua, donde una parte ( $M_0$ ) de la masa total del agua ( $M$ ) permanece fija a las paredes del estanque, mientras que el movimiento oscilatorio es representado por una serie de masas móviles ( $M_1, \dots, M_n$ ) unidas a las paredes por medio de resortes de rigidez  $K$ . Posteriormente, en 1963, el mismo Housner propone considerar una sola masa convectiva y una sola masa impulsiva, planteando ecuaciones para evaluar tales masas, sus respectivas alturas desde la base del tanque, y la rigidez del resorte que actúa junto a la masa convectiva (Ver Figura 1). Mayor información puede encontrarse en Housner, G.W., Earthquake

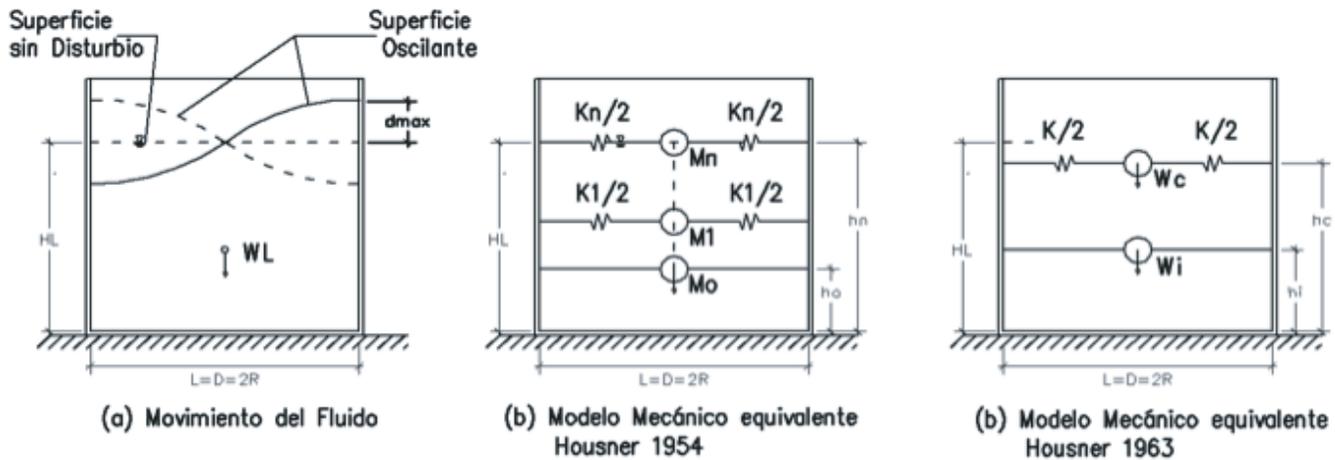


Figura 1. Modelos dinámicos de un tanque de pared rígida

pressures on Fluid Containers, Eight Technical Report under Office Naval Research-California Institute of Technology, USA, 1954.

### Cálculo de fuerzas según el ACI

Las disposiciones sobre fuerzas impulsivas y convectivas han sido consideradas no sólo en el ACI sino también en otros códigos del mundo, como los son el EURODE-8, TEC-06 de Turquía, o NZS 3106 en Nueva Zelanda, entre otros.

Para el caso de tanques apoyados sobre el suelo, el ACI 350.3-01 ha dispuesto ecuaciones y un procedimiento que permite analizar la estructura de una manera simplificada, usando un modelo mecánico similar al propuesto por Housner y otros investigadores; es decir, usando una masa impulsiva y una convectiva. Las expresiones, aunque presentan otro arreglo algebraico, son las mismas derivadas por Housner.

El procedimiento del ACI 350.3-01, permite realizar los cálculos manualmente. Sin embargo, con la disposición de programas de análisis y diseño estructural, es posible preparar un modelo integral que represente las propiedades de tanque y el fluido contenido, usando las masas impulsiva,  $M_i$ , y convectiva,  $M_c$ , a las alturas  $h_i$  y  $h_c$ , respectivamente, desde la base del tanque. En este caso, se debe calcular la rigidez del resorte,  $K$ , que conecta la masa convectiva con las paredes del tanque y distribuirlo radialmente. El ACI 350.3 también indica que para tanques montados sobre pedestales, se puede usar este procedimiento, siempre que se definan las masas impulsiva y convectiva sobre la base del tanque, integrado al resto de la estructura.

Otros aspectos que deben ser tomados en cuenta en el modelo sea manual o computarizado son: el peso propio del tanque, el peso de la

tapa del tanque, las propiedades del suelo y las características de los materiales del tanque. De manera especial, hay que seleccionar el espectro de aceleraciones para el diseño sísmico.

### REFERENCIAS

- [1]Ministerio de Obras Públicas-Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura, Reglamento para el Diseño Estructural en la República de Panamá, 2004.
- [2]American Concrete Institute, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.ACI 318-08 USA, 2002.
- [3]American Concrete Institute, Code Requirements for Environmental Engineering Concrete and Commentary.ACI 350-01 USA, 2001.
- [4]American Concrete Institute, Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures, ACI 350.3-01, USA, 2001.
- [5]American Concrete Institute, Guide for the Analysis, Design, and Construction of Concrete-Pedestal Water Towers. USA, ACI317R-98, USA, 1998.
- [6]Ballantyne, Donald B., Minimizando el daño sísmico: Guía para los proveedores de agua; American Water Works Association Denver, US; s.f, 1994. (Versión al español por la Organización Panamericana de la Salud).
- [7]Housner, G.W., Earthquake pressures on Fluid Containers, Eight Technical Report under Office Naval Research-California Institute of Technology, USA, 1954.
- [8]Housner, G.W., The Dynamic Behavior or Water Tanks, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 53, No. 2, pp. 381-387, USA, Febrero 1963.
- [9]LİVAOĞLU, Ramazan and DOĞANGÜN, Adem., Dynamic Behavior and Seismic Performance of Elevated Tanks due to Ground Types Defined in EC-8 and TEC-06. 2006. Primera conferencia europea sobre Ingeniería Sísmica y Sismológica, 2006.



**Por:**  
**Ing. Rosalín Méndez, M.Sc.**  
**Ingeniera Civil**

# SUperior PERforming Asphalt PAVEments (SUPERPAVE)

El asfalto puede encontrarse en forma natural, como lagos o rocas de asfalto. Sin embargo, a pesar de la calidad del asfalto natural y su fácil explotación; el asfalto para fines industriales mayormente se obtiene como un producto de desecho de las refinerías petroleras, debido que es mucho más económico.

El primer registro del uso del asfalto como material para la construcción de calles procede de Babilonia desde los años 625 y 604 A.C., en la región del Rey Nabopolassar. Desde entonces, la historia presenta al asfalto como un material ampliamente utilizado por diferentes civilizaciones en aplicaciones como impermeabilización de barcos y construcción de pavimentos; siendo estos de gran interés a nivel mundial.

Las mezclas de concreto asfáltico en caliente para pavimentos, se dosifican siguiendo los procedimientos de diseño de acuerdo al método Marshall u otros menos comunes, como el método Hveem. Adicionalmente, las bases abiertas de HMA (Hot Mix Asphalt), que se comenzaron a utilizar al inicio del siglo pasado, han sido estudiadas con mayor empeño, para incrementar la resistencia ante cargas más elevadas y con mayor repetibilidad; también se han incluido aditivos para mejorar su estabilidad ante el efecto de temperaturas altas o bajas en pavimentos HMA.

En general, las metodologías de diseño de concreto asfáltico tienen en común los siguientes aspectos: determinar la cantidad suficiente de aglutinante asfáltico para asegurar un pavimento durable, lograr estabilidad bajo las cargas debido al tráfico, proveer un contenido suficiente de vacíos para prevenir el daño producido por intemperismo y permitir su densificación debido a las cargas del tráfico, y lograr la trabajabilidad de la mezcla.

Sin embargo, debido a la evolución en la filosofía de diseño, recientes investigaciones orientadas a la optimización de la resistencia de las mezclas asfálticas ante las deformaciones permanentes, la fatiga y los agrietamientos han originado una metodología de diseño basada en desempeño, la cual se conoce como SUPERPAVE.

Superpave (SUperior PERforming Asphalt PAVEments) es un sistema basado en desempeño para el diseño de pavimentos de asfaltos; con el objetivo de lograr pavimentos más durables ante las acciones de temperaturas extremas y altas demandas de tráfico. Se espera que con la implementación de esta metodología de diseño, se pudiera invertir más eficientemente los fondos públicos, extendiendo el periodo de vida de los pavimentos y disminuyendo los costos de mantenimiento. El resultado de esto sería mayor seguridad y comodidad en el manejo debido a las superficies más suaves, en mejores carreteras y a un costo menor.

El primer pavimento Superpave en Estados Unidos fue construido en 1992, cuando the Mathy Construction Company de Onalaska, Wisconsin y el Departamento de Transporte de Wisconsin colocaron los primeros 150m de mezcla de asfalto caliente conforme a las especificaciones prototipo del ligante y la mezcla asfáltica. Esta sobrecapa de tres pulgadas de espesor medio, fue parte de un estudio piloto para evaluar el desempeño del pavimento más extenso diseñado para validar el sistema SUPERPAVE. Los primeros 95 proyectos a gran escala de producción, diseñados de acuerdo con el sistema SUPERPAVE se colocaron en 1996.

El método de diseño SUPERPAVE mantiene las propiedades volumétricas básicas utilizadas en el método de diseño Marshall pero con un nuevo compactador y requerimientos más definidos para los agregados basados en las cargas del tráfico.



Estas propiedades de los agregados incluyen AASHTO T304, contenido de vacíos de los agregados no compactados; ASTM D5821, determinación del porcentaje de partículas fracturadas en agregados gruesos; ASTM D4791; partículas planas, elongadas o planas y elongadas de agregados gruesos; y AASHTO T176, materiales finos en agregados y suelos mediante pruebas de equivalente de arena. Los requerimientos de los agregados están basados en niveles de tráfico, independientemente de los niveles de compactación obtenidos con el compactador giratorio SUPERPAVE.

A continuación se presenta un resumen entre los requerimientos de ensayos de las metodologías Marshall y SUPERPAVE:

#### Marshall

Utiliza especímenes de prueba estándar de 64mm (2½") de alto y 102mm (4") de diámetro; se preparan mediante un procedimiento calentando, combinando y compactando mezclas de asfalto-agregado (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método Marshall son la densidad-análisis de vacíos y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados; cabe mencionar que este proceso de diseño no tiene especificado pruebas para agregados ni para cementos asfálticos.

Determinación de la gravedad específica

Prueba de estabilidad y flujo

#### SUPERPAVE

Este método evalúa los componentes de la mezcla asfáltica en forma individual (agregado mineral y asfalto), y su interacción cuando están mezclados.

Pruebas a los materiales.

1. Pruebas a los agregados.

Hay de dos tipos: pruebas de consenso (angularidad, partículas alargadas y planas y equivalente de arena); propiedades de la fuente de origen (desgaste de Los Ángeles, intemperismo acelerado y materiales deletéreos).

2. Pruebas al cemento asfáltico.

Horno rotatorio de película delgada (RTFO), vasija de envejecimiento a presión: Evaluación de las características debido al envejecimiento del asfalto.

Reómetro de corte dinámico (DSR): Se pretende el estudio de las propiedades del asfalto a temperaturas altas e intermedias.

Viscosímetro rotacional (RV): Mide las propiedades del asfalto a altas temperaturas.

Reómetro de viga en flexión (BBR) y ensayo de tensión directa (DTT):

Mide las propiedades del asfalto a bajas temperaturas. Requerimientos volumétricos de la mezcla.

Contenido de vacíos de aire, de agregado mineral y vacíos llenos de asfalto.

Proporción de polvo.

Susceptibilidad a la humedad.

La metodología SUPERPAVE evalúa las propiedades volumétricas de las muestras compactadas.

Dichas propiedades incluyen contenido de aire (Va), vacíos en los agregados (VMA) y vacíos rellenos con el ligante asfáltico (VFA); y la relación de fino a ligante. Los requerimientos volumétricos para el diseño son: Va es fijo (4% en el compactador SUPERPAVE); el criterio para VFA es una función de los niveles de tráfico; y el criterio para la relación fino a ligante es una función del tamaño máximo nominal del agregado. Las propiedades volumétricas en conjunto de Va, VMA y VFA definen la estructura de vacíos y los requerimientos para una mezcla asfáltica.

El diseño de la mezcla comienza con la selección de una gradación específica de agregados. Luego los agregados son combinados con el ligante asfáltico y compactados en el compactador giratorio de acuerdo a un nivel de esfuerzo especificado, donde seguidamente las propiedades volumétricas son evaluadas. La intención del proceso es determinar cómo la mezcla se consolidaría para asegurar que haya suficiente espacio para que el ligante provea durabilidad y que la estructura del agregado resista la densificación y las deformaciones plásticas debido a las cargas del tráfico.

Los estudios basados en la experiencia de Estados Unidos indican que la adopción del sistema SUPERPAVE no es barata. Nuevos equipos para ensayos deben ser comprados, instalados y el personal técnico debe ser entrenado en su uso. Recientemente, sin embargo, la decisión de adoptar el sistema SUPERPAVE ha estado determinada por la relación de los beneficios anticipados en el desempeño a los costos de construcción.

#### Referencias:

National Asphalt Pavement Association, NAPA. <http://www.hotmix.org>

European Asphalt Pavement Association, EAPA. <http://www.eapa.org/>

International Bitumen Emulsion Federation, IBEF. <http://www.ibef.net/en/compte.html>

Association of Asphalt Paving technologists.

<http://www.asphalttechnology.org/index.html>

Fuente: <http://www.il-asphalt.org/superpave.html>

**Ing. Tania Barrios**  
**Ingeniera Civil**



# Extracciones de concreto

El Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) ha prestado el servicio de compresión de núcleos de concreto para proyectos en construcción y estructuras antiguas, a nivel nacional. Ante la creciente concientización sobre la importancia de custodiar la calidad de los materiales utilizados en las obras, principalmente, ante la posibilidad que el concreto en elementos estructurales sea de baja resistencia y su capacidad de soportar cargas disminuya, aún este servicio se mantiene entre los primeros solicitados en nuestra unidad.

En un marco de confianza, nuestros clientes nos han transmitido la necesidad de recibir una asistencia completa de forma efectiva, colocando a la universidad como su primera opción, fundamentando esta elección en su prestigio, neutralidad y experiencia profesional de sus técnicos, y al ser el laboratorio que desarrolla estos trabajos una unidad con miras a la acreditación, basando sus procedimientos en normas nacionales e internacionales de amplia aceptación.

Es así como se adicionan a manera de servicios complementarios a la compresión, extracción de concreto en sitio y reparación de perforaciones, corte y dimensionamiento de los núcleos de concreto obtenidos.

Estos servicios han sufrido una mejora continua con el paso de los años, principalmente aquellos realizados en sitio, debido a los

cambios en las condiciones que se nos han presentado en las áreas de trabajo, visualizando mayor complejidad en las mismas. Esta situación ha generado una investigación incesante por parte de los técnicos del laboratorio con el propósito de mantener nuestros procedimientos actualizados en correspondencia con la normativa vigente.

El momento de magia de estos servicios se experimenta principalmente en campo al realizar las extracciones. El trabajo conjunto y fraternal de ingenieros, técnicos y asistentes de laboratorio hacen posible finalizar una jornada de extracciones donde la programación es nuestro as bajo la manga ante un mundo de acontecimientos inesperados. Se solicita previamente a nuestros clientes datos del sitio como accesibilidad, suministro de agua y electricidad en el área, y de los elementos donde se realizará la extracción como espaciamiento del acero de refuerzo, tamaño de agregado máximo, entre otros. De esta manera se minimizan las posibilidades de imprevistos, pero simultáneamente se abren un sinnúmero de experiencias enriquecedoras.

Una de ellas es el caso de extracciones en sitio abierto como en bases de pedestales donde en la excavación hemos encontramos conocidos naturales como sapos y ratones; en otro sitio el agua necesaria para el funcionamiento del equipo no se pudo obtener por gravedad, por lo que se tomó del río más cercano, pasando nuestro tanque, de mano en mano.

La lluvia fuerte y el sol picante son nuestros compañeros regulares, y



qué decir de alturas de hasta 20m en puentes y estructuras imponentes. En la infraestructura de un gimnasio abierto en construcción, tuvimos la experiencia de realizar una extracción en un piso con gran acumulación de lodo producto de la crecida de una quebrada cercana. Y qué decir de aquellas esperas para que el mar se retire, y proceder a realizar extracciones en pilotes de un gran y antiguo muelle de nuestras costas; para otros casos, donde los elementos se encuentran más cercanos al mar, la extracción se realiza colocando el equipo en una plataforma y perforando al vaivén de las olas.

En el caso de extracciones en sitio cerrado, se trabaja con precaución adicional para evitar daños en el sistema eléctrico, y con dificultades como el paso del personal que labora en el área, movilización y protección del mobiliario existente y acceso limitado. En estructuras antiguas, generalmente se trabaja con limitantes de agua y electricidad, poca iluminación y escombros con animales peligrosos.

La instrumentación correcta del equipo de perforación para los distintos casos es el resultado del conocimiento adquirido e instinto desarrollado por nuestros colaboradores, sin contar que conocen sobre accesorios y equipo menor necesario, al igual que con la fuerza para su traslado, siendo esta instrumentación un punto significativo para que el proceso finalice satisfactoriamente.

Al ser extraídas las muestras de concreto inicia un proceso minucioso de acondicionamiento de humedad tanto en campo como en laboratorio, se dimensionan y finaliza el proceso con el ensayo de compresión.

Desde el punto de vista ingenieril es de sumo interés el desarrollo de estos trabajos en campo, al realizar también la localización de barras de acero en elementos de concreto mediante el equipo datascan. La calidad del trabajo se ve reforzada al brindar servicios de ensayos no destructivos como esclerómetro, medición de impulsos ultrasónicos y tensión directa (pull off), cuyos datos de salida pueden correlacionarse con los resultados de compresión de núcleos.

Cada extracción ofrece una experiencia distinta, y toda situación difícil suele subsanarse con el trabajo experto desarrollado por nuestros asistentes de laboratorio en combinación con los conocimientos de los técnicos, convirtiéndose este personal en hombres y mujeres sin miedos y con gran profesionalismo..., sin duda, podemos considerarlos como los spiderman o superman de nuestro centro en tema de extracciones.

**Ing. Tony Valdés**  
**Ingeniero Civil**

# Ensayos de tuberías de concreto



**Falla de una tubería de concreto**

El Laboratorio de Estructuras es uno de los laboratorios del Centro Experimental de Ingeniería, donde se realizan ensayos a sistemas alternativos de construcción, pruebas de cargas a losas y elementos estructurales existentes, ensayos a sistemas de seguridad en la construcción y ensayos de elementos estructurales prefabricados y una de las principales son las tuberías de concreto. Todos estos servicios se brindan con el objetivo y compromiso primordial de “brindar servicios de calidad para contribuir con el desarrollo tecnológico del país”, tal como se encuentra plasmado en la visión de este laboratorio.

En lo que respecta a los ensayos de tuberías de concreto que se efectúan en esta unidad, se realizan con la finalidad de asegurar la calidad de las tuberías, que producen las empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de elementos pre-esforzados, pero además de garantizar a los clientes de estas empresas que el producto que usan en la infraestructuras sanitaria o pluvial, cumpla con los requerimientos mínimos de las normativas

nacionales reguladas por el Ministerio de Obras Públicas y normas internacionales como lo son: ASTM y AASHTO.

En el laboratorio de estructura se ensayan tuberías de concreto que van desde 0,30 m hasta 2,80 m. de diámetro; cada ensayo se realiza apegándose a lo establecido en la norma ASTM C-479 o la norma AASHTO T-280, por estas organizaciones. En esta norma se establece el equipo y las características particulares que debe poseer para la realización de los ensayos; además se incluye la metodología que se debe implementar para la realización de los ensayos.

En lo referente al criterio de aceptación de las tuberías de concreto según la clase o tabla, en el Laboratorio de Estructuras, se toma en cuenta la norma ASTM C-76 o la norma AASHTO M 170, para la aceptación de la carga que soporta la tubería a lo largo de su eje longitudinal y todo esto ligado directamente al diámetro de la tubería, además de una medición de elementos como: el diámetro interno y externo del tubo, la longitud de la tubería, el espesor de pared, la longitud espiga y campana.



**Vista de un ensayo de tuberías de concreto**



## LABORATORIOS DEL CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

- Ensayos no destructivos del concreto
- Pruebas físicas y mecánicas de hormigón fresco y endurecido.
- Asesorías técnicas en diseños de mezclas.
- Ensayos no destructivos a elementos metálicos.
- Ensayos físicos y mecánicos a elementos de metálicos.
- Calificación de soldadores y pruebas de soldaduras.
- Ensayos de Materiales sintéticos: PVC, GRP, Geotextiles, fibras, paletas de estibas.
- Ensayos mecánicos a tanques, válvulas, reguladores para LPG y equipos mecánicos e hidráulicos.
- Caracterización y pruebas mecánicas a cerámicos: vidrios de seguridad, bloques, pisos, techos cerámicos, entre otros.
- Seminarios y asesorías sobre control de Calidad de los materiales.
- Patología a materiales de estructuras existentes.
- Aseguramiento y control de calidad de los materiales.

### LABORATORIO DE GEOTECNIA

- Control de calidad de los agregados: Pruebas de granulometría, límites de Atterberg, desgase Los Ángeles, solidez por sulfatos, densidad específica y absorción, peso unitario, materia orgánica y contenido de agua.
- Exploraciones del subsuelo y estudios geotécnicos.
- Descripciones estratigráficas, nivel freático, clasificación, consolidación, expansión, capacidad portante y compresión no confinada en suelos y rocas.
- Control de rellenos: pruebas de densidad en campo, próctor estándar o modificado, CBR y pruebas de placa.
- Control de calidad de mezclas asfálticas: pruebas de estabilidad Marshall, granulometría y porcentaje de cemento asfáltico, ductilidad, penetración, punto de flama, viscosidad.
- Estudios de asentamientos en edificaciones y rellenos, estabilidad de taludes, expansión, filtraciones, movimientos de tierra y calidad de materiales pétreos.
- Análisis y diseño de cimentaciones, estructuras de retención y anclajes. Estabilizaciones del suelo, drenaje y diseño de mezclas asfálticas y estructuras de pavimentos.
- Peritajes.

### LABORATORIO DE METROLOGÍA

- Servicio de calibración en áreas de masas, balanzas, temperaturas, electricidad, fuerza y par torsional, volumen, presión y mecánica dimensional.

### LABORATORIO DE ANÁLISIS INDUSTRIALES Y CIENCIAS AMBIENTALES

- Análisis de aguas (potables, residuales, crudas e industriales).
- Análisis de cemento, concreto, morteros, cerámica, baldosas, vajillas, suelos, sedimentos y aditivos.
- Pruebas de composición y estructura química de metales, productos de corrosión, pinturas y sistemas protectores contra la corrosión, electroquímica, ensayos acelerados y de intemperismo.
- Análisis fisicoquímicos de textiles, cueros, calzados, cartón, papel, polímeros, fibras (vidrio, y asbesto) y otros.
- Asesorías ambientales e industriales, tesis de maestrías y proyectos especiales.
- Peritajes.

### LABORATORIO DE ESTRUCTURA

- Ensayo a sistemas alternativos.
- Ensayos a tubos de concreto, losas existentes, estantería industrial, cubiertas de techo metálicas, carriolas.
- Pruebas de carga a pilotes.
- Evaluación de equipos y estructuras de seguridad.

### LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

- Estudios de patologías y vulnerabilidad de estructuras.
- Inspecciones, evaluaciones y rehabilitación de estructuras.
- Instrumentación sísmica.
- Refracción sísmica para fines geotécnicos y estructurales, sondeos eléctricos y tomografías eléctricas con profundidad máxima de 25 metros.
- Monitoreos de vibraciones.
- Estimaciones de la ampliación sísmica de suelos.
- Investigaciones en ingeniería y ciencias aplicadas.

# 55 ANIVERSARIO



El Centro Experimental de Ingeniería ha recorrido un largo camino de 55 años de experiencias vividas, que nos llevan a sentirnos cada vez más orgullosos de formar parte de la Universidad Tecnológica de Panamá, institución pionera en tecnología en nuestro país.

El compromiso y la calidad del trabajo realizado por los técnicos, analistas, ingenieros e investigadores ha sido fundamental durante todos estos años, en los

cuales hemos servido con beneplácito a la sociedad, y aportado al crecimiento y progreso de Panamá.

Agradecemos a los exdirectores del CEI por todo el esfuerzo, profesionalismo y dedicación que le han brindado a este querido centro de investigación.

Hoy constituyen nuestro ejemplo a seguir, y en su honor dedicamos esta edición especial de Mente & Materia.



## CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA