

GACETA

DEL INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

COORDINACIÓN DE GEOTECNIA

Participación del IIUNAM
en aspectos geotécnicos
del diseño y construcción
del Nuevo Aeropuerto
Internacional de la Ciudad
de México

Recimentación
y renivelación de un edificio
mediante pilotes de control
y subexcavación

Propiedades resilientes
de los suelos del ex-Lago
de Texcoco

Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Este número de la Gaceta del Instituto de Ingeniería está dedicado a la Coordinación de Geotecnia, con la finalidad de difundir la investigación que en ella se lleva a cabo, así como sus laboratorios y el personal que la conforman. Coincidiendo con la elaboración de este escrito, Efraín Ovando Shelley asumió el cargo de Subdirector de Estructuras y Geotecnia, y Norma Patricia López Acosta tomó el relevo de la Coordinación de Geotecnia.

La misión de la Coordinación de Geotecnia es realizar investigación fundamental y aplicada, preferentemente dirigida a la solución de problemas de interés nacional. Desde la fundación del Instituto de Ingeniería, esta Coordinación ha colaborado en obras de vital importancia para el desarrollo económico de México con el propósito y la convicción de contribuir al progreso del país y al bienestar de la sociedad a través de la investigación en ingeniería, la formación de recursos humanos y la vinculación con la sociedad. El personal académico y administrativo que la conforma ha constituido un grupo consolidado que ha incidido positivamente en muchas de las obras de infraestructura más importantes construidas en México desde 1956. Tal es el caso de las presas, de los túneles de todo tipo, de obras portuarias, del drenaje profundo de la Ciudad de México, de vialidades importantes en diversas partes del país, de las nuevas obras para transporte masivo, de investigaciones en ambientes marinos para obras fuera de la costa y del nuevo aeropuerto de la capital, entre muchas otras.

El grupo debe continuar participando en la solución de los problemas geotécnicos de las grandes obras de infraestructura de nuestro país y deberá seguir generando nuevos conocimientos, además de incidir positivamente en la definición del camino a seguir en el desarrollo de la geotecnia nacional. La importancia de esta participación no sólo se ha magnificado, también se ha vuelto crítica en los años recientes, ante la llegada a nuestro país de grandes firmas internacionales de ingeniería, las cuales tienden a desplazar o relegar a la ingeniería civil mexicana, incluida la Ingeniería Geotécnica. En las obras emblemáticas que se han venido desarrollando últimamente se ha constatado que la ingeniería nacional requiere de especialistas de gran calidad como los de la Coordinación de Geotecnia que sirvan como contrapeso y como referente a esas firmas.

Norma Patricia López Acosta

Coordinadora de Geotecnia

Efraín Ovando Shelley

Subdirector de Estructuras y Geotecnia

UNAM

Rector
Dr. Enrique Graue Wiechers
Secretario General
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario Administrativo
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario de Desarrollo Institucional
Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa
Secretario de Atención a la Comunidad Universitaria
Dr. César Iván Astudillo Reyes
Abogada General
Dra. Mónica González Contró
Coordinador de la Investigación Científica
Dr. William Lee Alardín
Director General de Comunicación Social
Mtro. Néstor Martínez Cristo

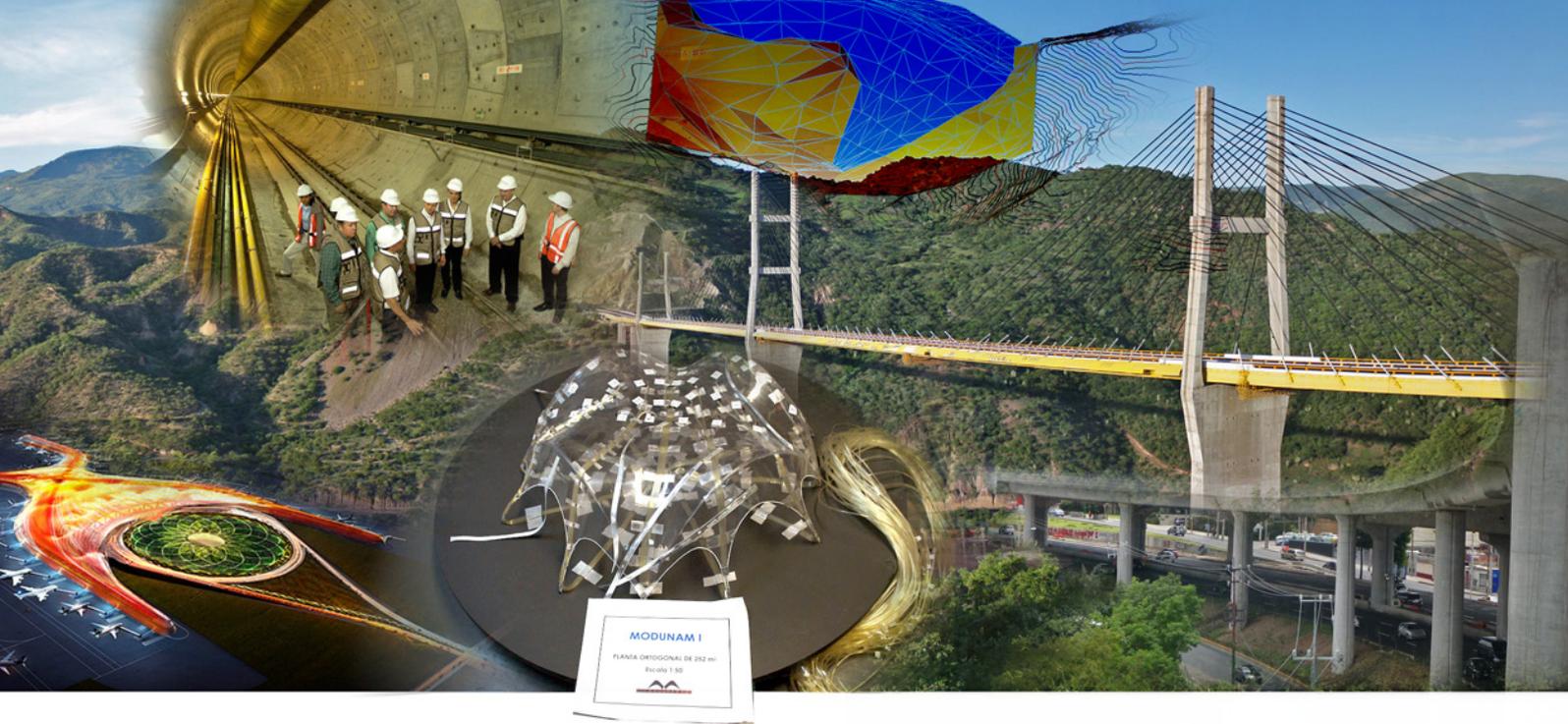
GACETA DEL IIUNAM

IIUNAM

Director
Dr. Luis A. Álvarez Icaza Longoria
Secretaría Académica
Dra. Rosa María Ramírez Zamora
Subdirector de Estructuras y Geotecnia
Dr. Efraín Ovando Shelley
Subdirector de Hidráulica y Ambiental
Dr. Moisés Berezowsky Verduzco
Subdirector de Electromecánica
Dr. Arturo Palacio Pérez
Subdirector de Unidades Académicas Foráneas
Dr. Germán Buitrón Méndez
Secretario Administrativo
Lic. Salvador Barba Echavarría
Secretario Técnico
Arq. Aurelio López Espíndola
Secretario de Telecomunicaciones e Informática
Ing. Marco Ambriz Maguey
Secretario Técnico de Vinculación
Lic. Luis Francisco Sañudo Chávez
Jefe de la Unidad de Promoción y Comunicación
Lic. Israel Chávez Reséndiz

GACETA DEL IIUNAM

Editor responsable
Lic. Israel Chávez Reséndiz
Reportera
Lic. Verónica Benítez Escudero
Fotografías
Archivo Fotográfico del IIUNAM
Natalia Cristel Gómez Cabral
Sandra Lozano Bolaños
Fotografía de portada
NAICM, Presidencia de la República
Diseño
Sandra Lozano Bolaños
Corrección de estilo
Gabriel Sánchez Domínguez
Impresión
Grupo Espinosa
Distribución
Guadalupe De Gante Ramírez



LA COORDINACIÓN DE GEOTECNIA

En noviembre de 2010 las coordinaciones de Geotecnia y Vías Terrestres se fusionaron, por acuerdo del Consejo Interno de nuestro instituto. El personal académico de la Coordinación de Geotecnia está formado por once investigadores y cinco técnicos académicos. De los cuales siete pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), uno es Investigador Emérito de la UNAM y otro es Investigador Nacional Emérito del SNI. La coordinación tradicionalmente ha dado cabida a un importante número de becarios; actualmente cuenta con 12 estudiantes de doctorado y post doctorado, 16 de maestría y post maestría y 21 de licenciatura y post licenciatura.

Esta Coordinación dispone de un Laboratorio de Mecánica de Suelos, otro de Vías Terrestres y uno más de Geoinformática, todos con gran prestigio.

Los intereses de los investigadores de la Coordinación son diversos, como lo son los enfoques con los que abordan los problemas geotécnicos. En la diversidad está buena parte de la riqueza que han acumulado sus miembros, la cual se ha expresado en líneas de investigación como las que se indican:

- Mitigación de peligros geotécnicos naturales o antropogénicos.
- Desarrollo y rehabilitación de obras de infraestructura.
- Ingeniería sísmica y geosísmica.
- Descubrimiento y explotación de recursos naturales.
- Exploración del océano.
- Métodos alternos en el análisis de problemas geotécnicos.
- Caracterización y comportamiento de suelos.

- Ingeniería de cimentaciones.
- Conservación de sitios y monumentos históricos.
- Desarrollo de sistemas de medición en campo y laboratorio.
- Comportamiento de cimentaciones reales instrumentadas.
- Flujo de agua en suelos saturados y parcialmente saturados.
- Estudio de asfaltos convencionales y modificados.
- Diseño y caracterización de mezclas asfálticas.
- Caracterización de bases y sub-bases.
- Comportamiento de pavimentos a escala natural.
- Análisis de vida a fatiga de materiales asfálticos.

Los proyectos de esta Coordinación son patrocinados por el sector público y la iniciativa privada nacional, además de colaboraciones internacionales, y centros de apoyo a la investigación y enseñanza. Los investigadores de la Coordinación contribuyen a la formación de recursos humanos a través de la docencia impartiendo clases de licenciatura y posgrado, y dirigiendo tesis. También tienen una participación importante en la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica (SMIG) y en la International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE), dictando cursos, conferencias y *webinars* de vanguardia, dirigiendo sesiones técnicas en sus congresos y presidiendo comités técnicos nacionales e internacionales. |

Norma Patricia López Acosta

Coordinadora de Geotecnia

Efraín Ovando Shelley

Subdirector de Estructuras y Geotecnia



(CC) Adrián Cerón

PARTICIPACIÓN DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA EN ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

MANUEL JESÚS MENDOZA LÓPEZ

Hace 17 años fuimos consultados por las autoridades aeroportuarias del país acerca de la viabilidad técnica y geotécnica para construir un nuevo aeropuerto en la Ciudad de México, en el lecho del antiguo Lago de Texcoco, Estado de México. Se planteaba alternativamente otro sitio en Zapotlán de Juárez, Hidalgo. Al involucrarse MITRE, empresa norteamericana surgida del MIT y que se ocupa de la localización de los grandes aeropuertos en el mundo, se tuvo luz acerca del asunto. Ellos concluyeron enfáticamente después de un cuidadoso estudio muy detallado, independiente, costoso y prolongado, que el sitio en el lecho del antiguo Lago de Texcoco era el idóneo para la construcción del aeropuerto desde un punto de vista aeronáutico, cercanía a la ciudad, potencial de crecimiento y con ello, tiempo de vida útil. En efecto, el espacio disponible en el valle donde se alojaría en Zapotlán es tal que sólo se habrían podido construir dos pares de pistas para operaciones simultáneas, en tanto que en el sitio actual se cuenta con el espacio físico y aéreo para disponer de tres pares, seis pistas en total a futuro; en esta primera etapa de construcción se contará con las pistas 2, 3 y 6.

Al cuestionamiento mencionado en el párrafo previo, nuestra respuesta fue categórica: si sólo se tuviese que comparar

geotécnicamente hablando el subsuelo de las dos opciones, sin duda Zapotlán ofrecería condiciones mejores para desplantar la infraestructura por construir. También fuimos muy claros en establecer que, no obstante las difíciles condiciones del subsuelo para edificar el aeropuerto, era viable su construcción en el ex-Lago de Texcoco. Advertimos, sin embargo, que su construcción no sería convencional, sino que demandaría la puesta en juego de técnicas particulares para adecuarse a las condiciones del terreno, a fin de cumplir los requerimientos que demandaba un aeropuerto moderno de clase mundial.

A fin de coadyuvar en la toma de decisiones, primero con ASA y luego con el Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México SA de CV (GACM) nos hemos constituido en su asesor y soporte técnico para dar seguimiento al diseño y construcción tanto de las llamadas obras del lado aire (OLA) (aeropistas, calles de rodaje y plataformas) como de las obras del lado tierra (OLT) (edificio terminal, torre de control, centro de transferencia terrestre y otras edificaciones). Ello tanto por lo que corresponde al área de ingeniería geotécnica como de ingeniería estructural.

Es claro que el conjunto de problemas para la construcción de esta magna obra de infraestructura gira alrededor de un subsuelo arcilloso muy blando, de gran compresibilidad, de muy baja resistencia al esfuerzo cortante y con alta salinidad. A ello se suma la frecuencia de acciones sísmicas cuyas amplitudes se ven amplificadas al pasar por esos estratos arcillosos; y si algo faltaba, la zona sufre la ocurrencia de abatimiento piezométrico a profundidad, lo que determina el fenómeno de hundimiento regional. Dada esta situación, no es de extrañarse que en la actualidad aproximadamente 80% de la fuerza de trabajo de la Coordinación de Geotecnia, esté dedicada a los estudios relacionados con el diseño y construcción del NAICM. La mayoría de los investigadores, técnicos académicos, becarios, honoristas y laboratoristas laboran en los muy diversos aspectos geotécnicos que hemos propuesto, o los que

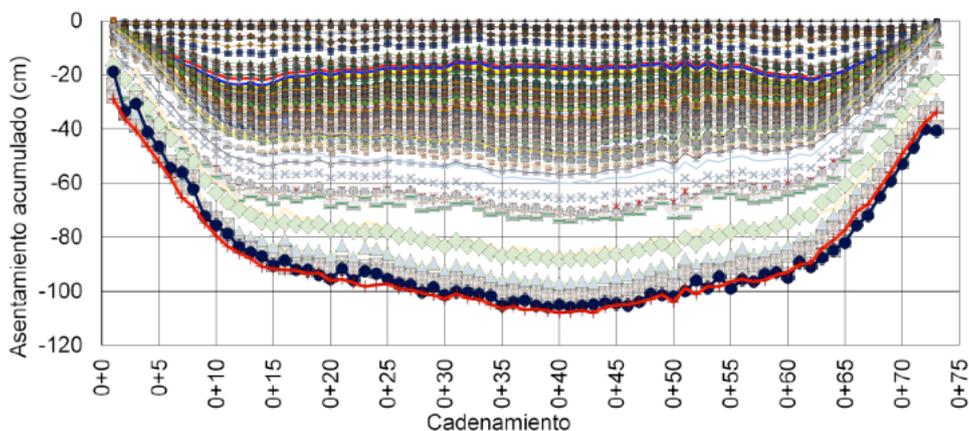
nos requieren el GACM. En diciembre de 2016 concluimos la primera etapa de los estudios e investigaciones realizadas para el GACM, y actualmente llevamos a cabo las gestiones necesarias para firmar el convenio a través del cual se establezcan los alcances y objetivos de nuestra participación en el diseño y construcción de las OLA y OLT del NAICM.

Múltiples estudios emprendimos en los últimos tres años, retomando aquellos iniciados cuando la pretensión de diseñar y construir el NAICM en 2001 hubo de posponerse. Hemos participado desde la definición de qué, cómo y dónde llevar a cabo una diversidad amplia de sondeos exploratorios del subsuelo, ensayos especiales de laboratorio que no pueden realizar otros laboratorios, u otros de campo como el de sonda suspendida para determinar propiedades dinámicas del subsuelo, con equipo de nuestro haber que es único en el país. También se ha avanzado en el análisis geoestadístico y despliegue gráfico para la caracterización mecánica de las diferentes unidades geológicas que constituyen el subsuelo del sitio. Se ha participado en el levantamiento y distinción de anomalías geotécnicas tales como agrietamientos del terreno, canales, pozos abandonados y rellenos de escombros, que impactarían con su presencia la construcción de pistas y las cimentaciones de otras estructuras. Se han realizado análisis dinámicos para caracterizar la respuesta de las diversas zonas del predio ante acciones sísmicas, y se han efectuado estudios analíticos y numéricos para modelar la evolución de los niveles piezométricos del agua del subsuelo, a fin de predecir finalmente la magnitud de los asentamientos futuros en el predio, ya que tienen una incidencia directa en el comportamiento de las OLA y OLT.

En la búsqueda de medios para desplantar las OLA del aeropuerto, los investigadores del IIUNAM propusimos, y el GACM aprobó, la construcción de tramos de prueba en los que se materializaron diversas soluciones conceptuales de las que finalmente se seleccionó la que se está poniendo en práctica actualmente para la construcción de las aeropistas 2 y 3, y otras soluciones que eventualmente se adopten para plataformas de estacionamiento de las aeronaves. Además de un terraplén de referencia de 60 x 60 m y 2.1 m de altura, construido sin tratamiento alguno de su cimentación, se construyeron las primeras seis opciones siguientes, a las que se añadieron las dos últimas, propuestas por una empresa mexicana:

- Plataforma compensada.
- Terraplén con precarga y drenes verticales de arena.
- Terraplén con precarga y drenes verticales artificiales.
- Terraplén estructural sobre pilotes de fricción.
- Terraplén sobre inclusiones rígidas.
- Plataforma de concreto con celdas estructuradas.
- Plataforma de concreto con cajones estructurales postensados.
- Plataforma de concreto con cajones estructurales postensados y sobre inclusiones rígidas.

A cada una de estas potenciales soluciones se les diseñó y colocó instrumentación geotécnica para cuantificar deformaciones, asentamientos y presiones. Personal del IIUNAM se ocupa actualmente del monitoreo de esos instrumentos y de su interpretación, a fin de conocer el comportamiento de cada una de esas posibles soluciones, a dos años y medio de su construcción. A propuesta de otra empresa privada y con la venia del GACM, se agregó recientemente a las soluciones anteriores,



Asentamiento medido en terraplén de referencia de Sept 2014 a Feb 2017

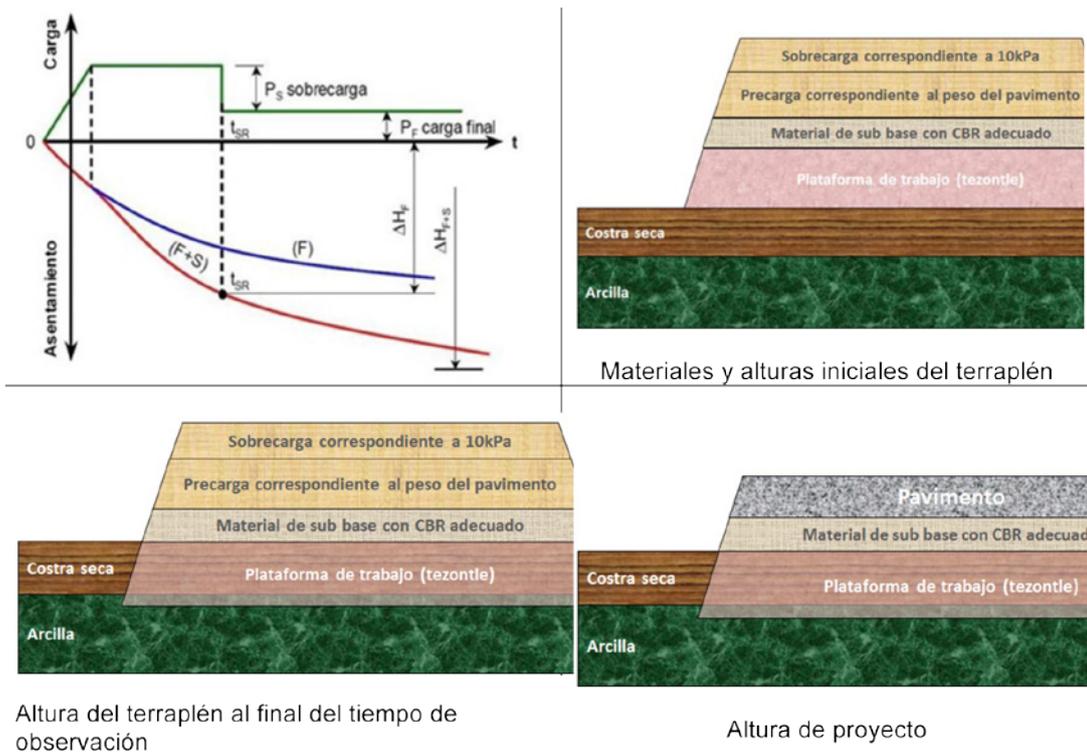
un tramo de prueba consistente en una plataforma con un terraplén de sobrecarga y un sistema de vacío aplicado dren a dren (verticales); el GACM ha solicitado al IIUNAM interpretar también el comportamiento de tal tramo. Cada una de esas soluciones requirió detallados análisis numéricos con la idea de modelar la evolución de su comportamiento; en los últimos meses hemos tenido oportunidad de contrastar esas predicciones y previsiones con los resultados reales medidos.

El diseño de los pavimentos de tipo flexible para las aeropistas ha sido motivo de atención del personal del IIUNAM, no sólo por lo que toca a la discusión de enfoques de diseño con el Ingeniero Civil Maestro (ICM), sino aportando de manera relevante las propiedades de resiliencia de los estratos arcillosos someros del sitio, así como de las propiedades mecánicas de tezontles, que son los materiales que por millones de metros cúbicos se están empleando para la construcción de las OLA del NAICM.

La solución adoptada para las pistas 2 y 3, actualmente en construcción, es aquella en la que se aplica una precarga al terreno, previa colocación de drenes verticales artificiales

en la formación arcillosa superior. La idea central es generar una compresión y estado de preconsolidación al subsuelo con el peso de esa sobrecarga, acelerada con la inclusión de los drenes, para que una vez que sea removida y sustituida por el pavimento de las pistas, su asentamiento sea reducido y aceptable para la operación de las mismas. Si bien se entiende que requerirá trabajos futuros de mantenimiento necesarios para conservar la rasante de las pistas dentro de la tolerancia normativa, se pretende que éstos sean lo más distantes en el tiempo.

También participamos activamente en la discusión de los enfoques de diseño para la cimentación de importantes OLT tales como el Edificio Terminal, la Torre de Control Aéreo y el Edificio de Transferencia Terrestre. Nuestra posición ha sido la de evitar excavaciones a cielo abierto profundas, aspecto que se ha ratificado en una excavación piloto a la que también le hemos dado acompañamiento y de la que se derivan lecciones interesantes para el Arquitecto Maestro (AM) mismas que limitan la profundidad de excavación, cuando incluso se realizan con taludes 4:1 (H:V). El AM es el responsable del diseño de las OLT.



Proceso de precarga y descarga en el tiempo

Por otra parte, hemos participado en las discusiones sobre los aspectos geotécnicos de los proyectos del drenaje en el predio del NAICM, alejando toda posibilidad de que las OLA y OLT se inunden; para ello, y otros requerimientos de la operación del aeropuerto tales como vialidades interiores y transportes de carga y equipaje, se requiere la construcción de túneles cuyo trazo, se ha insistido, no debe atravesar las pistas, para que su presencia no incida en la rasante o perfil de las pistas.

Sin duda esta experiencia ha sido muy benéfica a la investigación geotécnica de nuestra institución, ya que nos permite participar al más alto nivel técnico en la obra de infraestructura más importante en décadas en nuestro país, con lo que la UNAM cumple con el deber social elemental como universidad pública y con uno de los objetivos principales de nuestra dependencia al contribuir a la solución de problemas técnicos nacionales de nuestra competencia. Tecnológica y científicamente hablando ha sido una experiencia muy estimulante donde hemos puesto en juego muchos años de experiencia y saberes de investigadores e ingenieros que nos antecedieron, a la que sumamos el conocimiento, experiencia, esfuerzo y talento de los participantes actuales. Esta mezcla da como resultado lo que podemos distinguir como la experiencia mexicana en la ingeniería geotécnica de suelos blandos. Hemos podido constatar el valor y la riqueza de ésta cuando revisamos los análisis y soluciones que pretenden imponer el ICM y el AM, consorcios responsables del diseño de las OLA y las OLT, respectivamente, ambos liderados por ingenieros de empresas extranjeras. En los hechos, nos hemos constituido en la parte técnica mexicana que cuestiona y muchas veces argumenta en contra de propuestas del ICM o AM que nuestros análisis y experiencias así lo dictan. El proceso no es terso, es muy demandante porque nos exige realizar análisis múltiples para sustentar nuestros argumentos; las discusiones técnicas son frecuentes y no siempre nuestras razones son escuchadas. La responsabilidad del diseño es del ICM y el AM; la nuestra es de asesorar, realizar estudios geotécnicos especiales de naturaleza analítica, experimental y numérica, investigar y caracterizar el medio físico, sugerir y llevar a cabo pruebas especiales como las de carga sobre pilotes instrumentados, y proponer soluciones a múltiples aspectos geotécnicos que se suscitan en el análisis y la construcción del NAICM. Cuidamos que todos nuestros resultados y posicionamientos sean comunicados por escrito al GACM, a través de notas técnicas e informes periódicos totalmente documentados.

RECIMENTACIÓN Y RENIVELACIÓN DE UN EDIFICIO MEDIANTE PILOTES DE CONTROL Y SUBEXCAVACIÓN

NORMA PATRICIA LÓPEZ ACOSTA
Y EDUARDO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

En este artículo se describe brevemente el primer caso donde se emplean tanto arreglos de cubos de madera como cilindros poliméricos en los pilotes de control para la recimentación y renivelación de un inmueble ubicado en la Zona III: Lacustre, de la Ciudad de México. El sistema tradicional de pilotes de control consta de tres elementos principales: el pilote, el marco de carga (unido rígidamente a la losa de fondo del cajón de cimentación) y la celda de deformación, constituida por un arreglo de tres niveles de cubos de madera de caobilla de 5 cm de lado, con láminas galvanizadas entre niveles. Los inconvenientes asociados a la madera (como su heterogeneidad, la colocación arbitraria de cubos en los arreglos, y las deformaciones no uniformes) han motivado que se pretenda sustituirla por otros materiales como el neopreno de dureza controlada o elementos cilíndricos de material polimérico. El estudio con ensayos

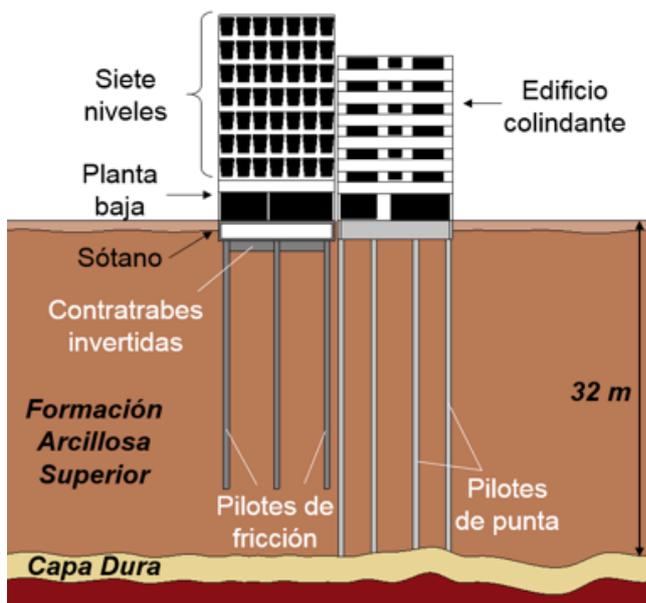


Figura 1. Características del edificio intervenido

de laboratorio con arreglos de madera de caobilla y de cilindros poliméricos ha permitido discernir la forma más apropiada de colocar los cubos de madera para que las celdas de deformación desempeñen un trabajo eficiente. Asimismo, se ha determinado que los cilindros poliméricos alcanzan una disminución máxima de su altura inicial de aproximadamente 5 cm (similar a la madera pero de manera más uniforme), sin embargo no presentan un comportamiento elastoplástico evidente como el de la madera. Estos cilindros poliméricos se utilizaron recientemente en pilotes de control para la recimentación y nivelación de un edificio ubicado en la Ciudad de México.

El edificio intervenido fue construido en 1964. Tiene un sótano, planta baja y siete niveles. Su cimentación original está constituida por contratrabes centrales invertidas, y está complementado con 35 pilotes de fricción. Desde junio de 1990 manifestó ligeros desplomos y asentamientos diferenciales que aumentaron con los años debido al hundimiento regional de la Ciudad de México y a la colindancia con un edificio cimentado con pilotes de punta (Fig. 1). En 2015, el asentamiento diferencial máximo registrado en el inmueble fue 43.6 cm (de la esquina surponiente a la esquina nororiente) y un desplomo máximo de 32.1 cm (con dirección nororiente), por lo que se decidió intervenirlo.

Los trabajos de recimentación (julio 2015 a junio 2016) consistieron en: a) demolición en secciones de la losa fondo del sótano, b) excavación manual en las zonas para alojar los sistemas de control, c) extracción del material de la excavación, d) habilitado del acero de los muros, losa de fondo y dados estructurales del nuevo cajón de cimentación, e) cimbrado, colado y curado de los nuevos elementos estructurales, f) montaje y nivelación del equipo de perforación mecánica hasta

alcanzar el estrato resistente (capa dura, aproximadamente a 32 m), g) hincado del pilote a presión (45 cm de diámetro, seccionado en tramos de 91 cm), h) colocación del sistema de control (celda de deformación y marco de carga), i) precarga con el sistema doble puente. Con este procedimiento se instalaron 26 nuevos pilotes de control (16 con arreglos de 6×6 cubos de madera y 10 con cilindros poliméricos de 100 t de capacidad nominal, Fig. 2). La ubicación de los cilindros fue arbitraria, pues un arreglo de 6×6 cubos equivale a un cilindro de 100 t.

La nivelación (noviembre 2016 a enero 2017) consistió en excavar túneles para llegar al fuste de los pilotes originales (de fricción), y desconectar algunos de ellos para permitir el movimiento vertical de la estructura. Estos trabajos se realizaron al mismo tiempo que la demolición de una junta (no estructural) de concreto y desperdicio ubicada entre el edificio intervenido y el colindante. Posteriormente, se efectuó la subexcavación manual en las zonas con menor asentamiento, complementándola con la liberación de las tuercas de los sistemas de control para favorecer el descenso de la estructura hasta el nivel deseado, que una vez alcanzado, se recortaron las cabezas de los pilotes de control y se precargó cada pilote. Los pilotes de fricción desconectados se volvieron a conectar soldando sus varillas centrales, pues trabajan a tensión. Con la nivelación, el asentamiento diferencial máximo disminuyó a 14.9 cm (dirección poniente a oriente) y el desplomo máximo a 12.9 cm (en dirección nororiente). No fue posible llegar a un valor nulo de desplomo, ya que el edificio colindante tiene un desplomo de 21 cm en dirección del edificio intervenido.

Agradecemos a la empresa Pilotes de Control SA por las visitas de campo y la información técnica para documentar este caso.

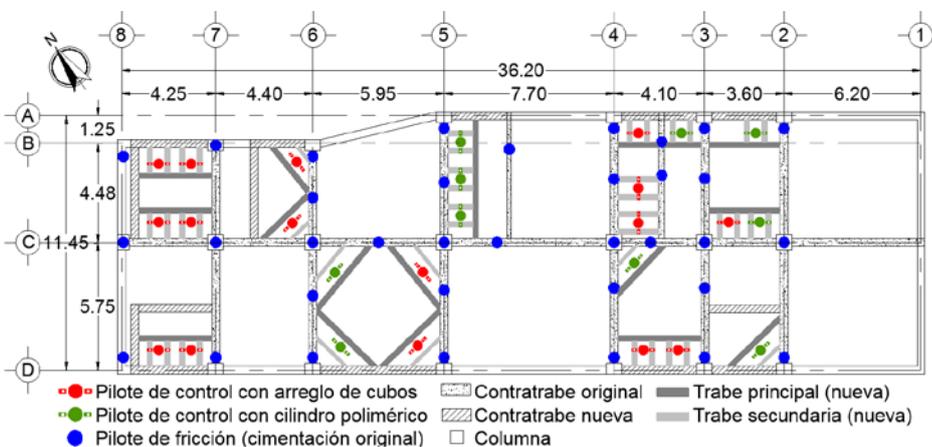


Figura 2. Ubicación de los pilotes de control

PROPIEDADES RESILIENTES DE LOS SUELOS DEL EX-LAGO DE TEXCOCO

ALEXANDRA OSSA, CÉSAR LERMA Y MARIO FLORES

Dentro de la ingeniería de pavimentos, el esfuerzo ocasionado por el rodaje de vehículos es pequeño en comparación con la resistencia de los materiales empleados, sin embargo, este esfuerzo es aplicado un gran número de veces produciendo deformaciones en los materiales de tipo permanente y recuperable. Para el caso particular de los materiales térreos, durante los primeros ciclos de aplicación de carga se generan deformaciones plásticas o permanentes que disminuyen debido a una densificación del material, en adelante el comportamiento de dicho material se puede considerar elástico. El término módulo de resiliencia fue introducido por primera vez en 1955, este parámetro representa la rigidez (deformabilidad) de los materiales que conforman y sobre el cual se apoya una estructura de pavimento y ha sido utilizado para predecir el comportamiento de un pavimento expuesto a cargas cíclicas representativas del paso repetido de vehículos o aeronaves.

La rigidez de los materiales pétreos y de los suelos de subrasante en pavimentos es caracterizada por el módulo resiliente (MR) el cual se define como la relación entre el esfuerzo desviador cíclico (σ_d) y la deformación recuperable (ϵ_r).

En la etapa experimental esta investigación evaluó el módulo resiliente, MR de 3 muestras de suelo de 7 cm de diámetro y 15 cm de altura provenientes del ex-Lago de Texcoco extraídas a una profundidad promedio de 1.5 metros. Dicho suelo se caracteriza por ser altamente deformable y tener baja resistencia al esfuerzo cortante. Debido a que los niveles de esfuerzos desviadores cíclicos definidos por la norma AASHTO T 307-99 para la determinación del módulo resiliente resultaba cercanos y en algunos casos alcanzaban a los esfuerzos en los cuales los suelos del sitio presentan la condición de falla, se diseñó una nueva secuencia de esfuerzos que permite evaluar el comportamiento resiliente de los suelos del ex-Lago de Texcoco de manera adecuada, la cual se presenta en la Tabla 1.

Con el fin de conocer los valores del módulo resiliente de las muestras de suelo, se realizaron pruebas triaxiales cíclicas de acuerdo a la norma AASHTO T- 307 en las cuales se aplicó una secuencia de esfuerzos desviadores cíclicos de tipo Haversiano tal como la que se describe en la Tabla 1. Para ello se utilizó el marco de carga y la cámara triaxial automatizada del Laboratorio de Vías Terrestres (ver Figura 1). A fin de estimar las propiedades resilientes del suelo, bajo condición *in situ* y bajo diferentes niveles de esfuerzo, se realizaron pruebas de carga controlada bajo condiciones no consolidadas-no drenadas (UU) a diferentes presiones de confinamiento σ_3 . Posteriormente, las probetas de suelo se saturaron y consolidaron a un esfuerzo efectivo promedio de 40 kPa. Una vez que se dispó el exceso de presión de poro, se determinó el módulo resiliente de la probeta sin permitir el drenaje (condición CU). Este proceso se repitió para cada esfuerzo efectivo promedio indicado en la Figura 2. En dicha figura se observa la secuencia de esfuerzos efectivos promedio σ' , aplicados en la probeta, la cual se divide en tres etapas de consolidación correspondientes a las etapas en las que el suelo se encuentra en estado normalmente consolidado (puntos A, D y G). Cada etapa de consolidación tiene una

Secuencia	σ^* kPa	$\sigma_{ciclico}$ kPa	$\sigma_{contacto}$ kPa	No. de Ciclos
0	41.4	5.10	0.51	500-1000
1	41.4	2.55	0.26	100
2	41.4	5.10	0.51	100
3	41.4	7.65	0.77	100
4	41.4	10.20	1.02	100
5	41.4	12.75	1.27	100
6	27.6	2.55	0.26	100
7	27.6	5.10	0.51	100
8	27.6	7.65	0.77	100
9	27.6	10.20	1.02	100
10	27.6	12.75	1.27	100
11	13.8	2.55	0.26	100
12	13.8	5.10	0.51	100
13	13.8	7.65	0.77	100
14	13.8	10.20	1.02	100
15	13.8	12.75	1.27	100

σ^* = Presión de cámara

Tabla 1. Secuencia de prueba para arcillas del ex-Lago de Texcoco

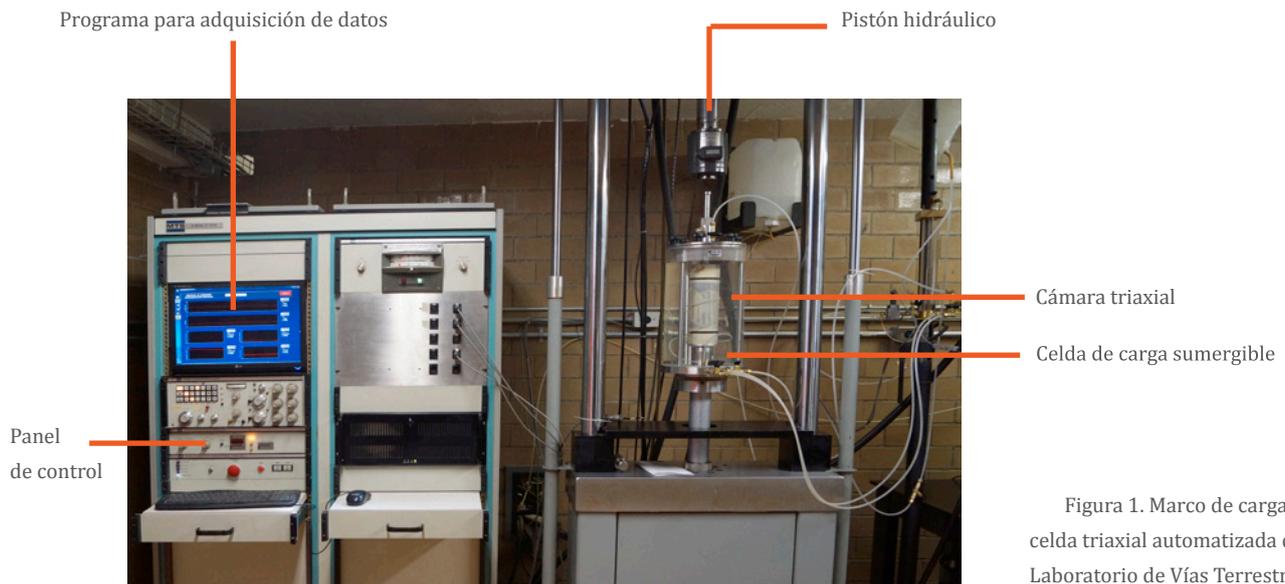


Figura 1. Marco de carga y celda triaxial automatizada del Laboratorio de Vías Terrestres

etapa de descarga y de recarga equivalente a una relación de sobre consolidación (OCR) de 2 y 1.5.

En las Figuras 3 a 5, se presentan los resultados de las pruebas de módulo resiliente llevadas a cabo en las muestras 2.1, 2.2 y 2.3 para diferentes condiciones de esfuerzo desviador y bajo condiciones no consolidadas-no drenadas (UU) y consolidadas-no drenadas (CU). Dichos resultados indican que los valores del módulo resiliente de los suelos del ex-Lago de Texcoco a profundidades someras son muy bajos y varían entre 2 y 5 MPa. Así mismo, ante un incremento de esfuerzo efectivo dichos valores tienden a aumentar pero continúan siendo bajos. Dichas figuras permiten identificar además, que en el rango de esfuerzos desviadores cíclicos evaluados, no se presenta una variación significativa en los módulos de resiliencia. De igual forma, se observa en cada una de las etapas de prueba llevadas a cabo bajo condiciones consolidadas que los valores del módulo de resiliencia no presentan cambios significativos en cada secuencia de carga y descarga, lo cual obedece a que cuando el suelo pasa de un estado a otro (p.e. puntos A, B, C), no experimenta cambios volumétricos significativos.

En esta investigación se llevaron a cabo pruebas de módulo de resiliencia en tres muestras de suelo provenientes del ex-Lago de Texcoco, las cuales fueron sometidas a diferentes niveles de esfuerzo. Los resultados de estas pruebas indican que los suelos presentan valores del módulo resiliente en

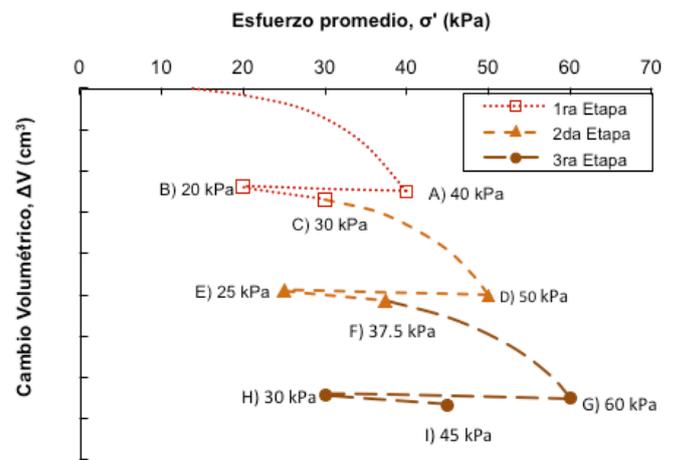


Figura 2. secuencia de esfuerzos efectivos promedio (σ') aplicados en el ensaye

condiciones no consolidadas no drenadas bajas, que varían entre 2 a 5 MPa, los cuales incrementan conforme aumenta el esfuerzo efectivo del suelo debido a la disminución en la relación de vacíos que experimenta el material. No obstante, pese al cambio en la rigidez que sufre el material por efecto de la consolidación, su deformabilidad continua siendo alta en comparación con otro tipo de suelos, condición que deberá tomarse en cuenta en la proyección de vías aéreas o carreteras en el sitio de estudio.

Figura 3. Resultados de pruebas de módulo de resiliencia en muestra 2.1

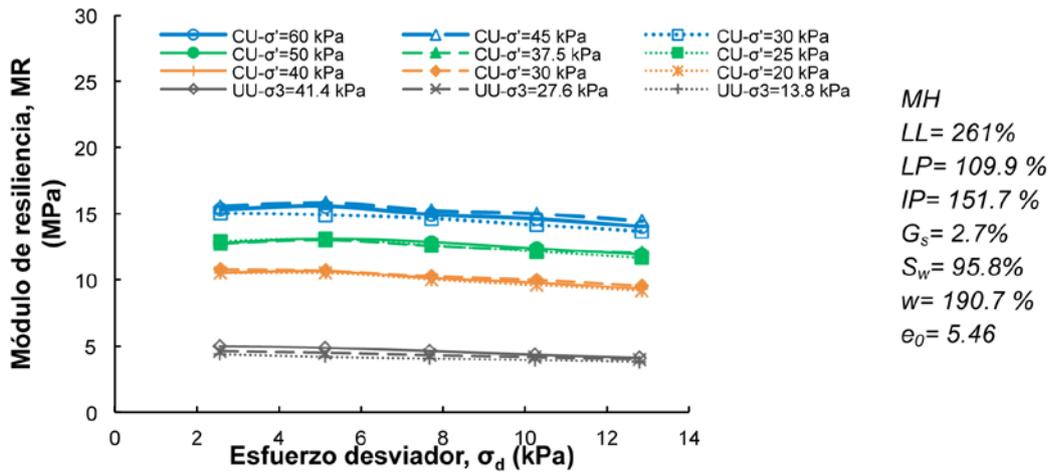


Figura 4. Resultados de pruebas de módulo de resiliencia en muestra 2.2

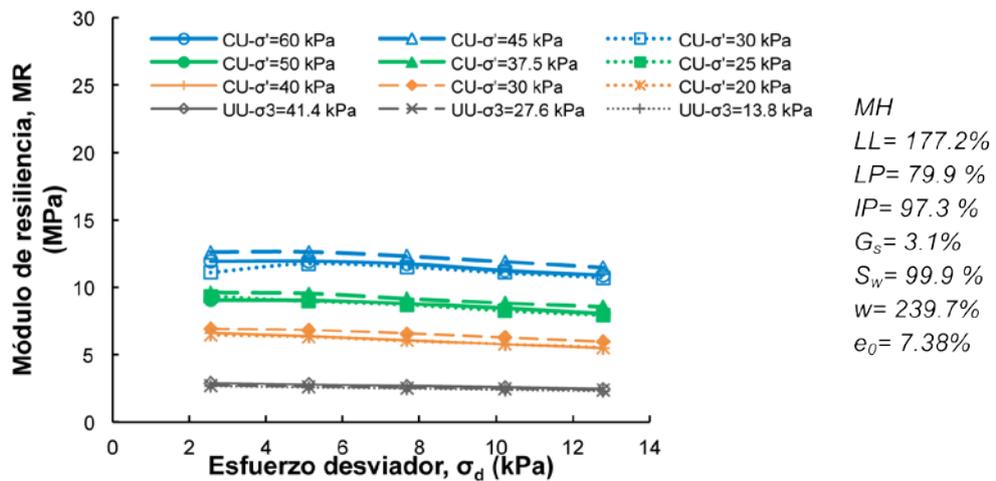
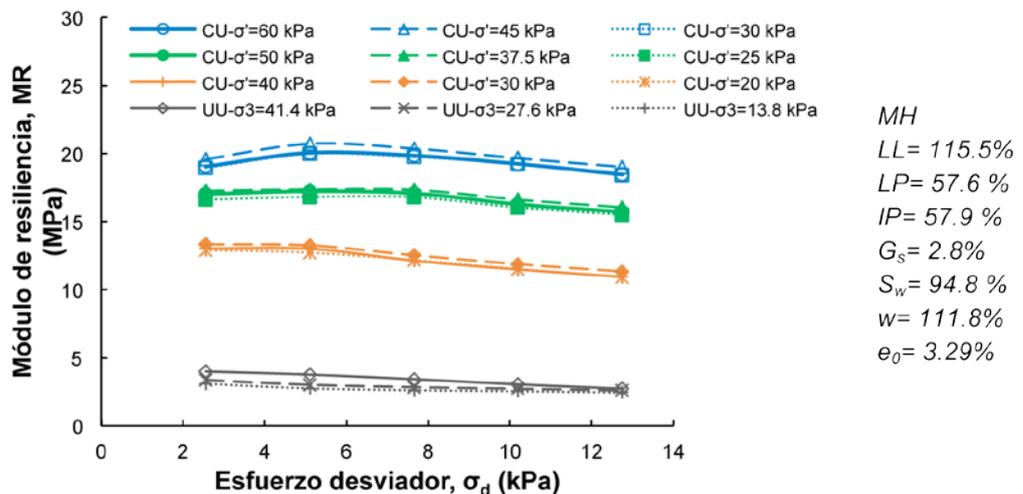


Figura 5. Resultados de pruebas de módulo de resiliencia en muestra 2.3



LABORATORIOS DE LA COORDINACIÓN DE GEOTECNIA

Esta Coordinación cuenta con el Laboratorio de Mecánica de Suelos, el Laboratorio de Vías Terrestres Fernando Espinosa Gutiérrez y el Laboratorio de Geoinformática, todos ellos equipados con tecnología de punta, lo que permite al personal académico del IIUNAM participar en los proyectos más ambiciosos para el desarrollo de la infraestructura de México.

Laboratorio de Mecánica de Suelos

Osvaldo Flores Castrellón y Zaira Hernández Flores

El Laboratorio de Mecánica de Suelos del Instituto de Ingeniería, ubicado en el edificio 4, Raúl J Marsal, cuenta con equipos en condiciones de instrumentación y automatización que garantizan resultados experimentales confiables que lo colocan a la vanguardia a nivel nacional e internacional.

Descripción de equipos de laboratorio

El sistema de control y adquisición de datos está compuesto por sensores para medir variables de interés, los acondicionadores de señal y un programa de control y adquisición de datos, con algunas pequeñas variantes, según el equipo en cuestión. En la mayoría de los equipos que se describen en este documento, el sistema ha sido desarrollado por personal del propio instituto, con un trabajo conjunto entre las coordinaciones de Geotecnia y Electrónica.

Enseguida se hace una descripción general de algunos de los equipos, haciendo énfasis en la instrumentación instalada, el tipo de ensaye que se puede realizar y los parámetros mecánicos que se obtienen.

Equipos triaxiales cíclicos ELE. En estos equipos se pueden ejecutar ensayos estáticos con cargas monotónicas o cíclicas con señal periódica senoidal, a esfuerzo o desplazamiento controlado, bajo consolidación isótropa y condiciones de falla drenada o no drenada. En condiciones dinámicas permite obtener el módulo de rigidez al corte dinámico, el amortiguamiento y su variación con la distorsión angular de valores altos hasta la falla. En condiciones estáticas permite obtener las curvas esfuerzo desviador y la presión de poro vs deformación unitaria axial.

Existen cuatro equipos, con dos sistemas de control y adquisición que permiten operar dos cámaras a la vez y realizar ensayos en condiciones isótropas.

Para la aplicación de la excitación axial opera con una servoválvula neumática; para medir y controlar la carga o el desplazamiento hay una celda de carga hidrostáticamente compensada de 150 kg de capacidad, y un LVDT de 50 mm de carrera; para la aplicación de los esfuerzos y los registrados en las diferentes etapas se miden con tres sensores de presión de 7 kg/cm² de capacidad (confinamiento, contrapresión y presión de poro); y para registrar el agua que entra o expulsa la probeta de suelo en las diferentes etapas de la prueba se utiliza un sensor de cambio de volumen de 30 cm³ de capacidad. Se pueden ensayar probetas de 3.6 cm de diámetro por 9 cm de altura.

Equipo SBEL. Cada equipo cuenta con una celda de carga hidrostáticamente compensada de 150 kg de capacidad y con un LVDT de 50 mm de carrera; para la aplicación de los esfuerzos en las diferentes etapas se tiene tres sensores de presión de 7 kg/cm²; para medir el confinamiento, la contrapresión y la presión de poro, y para registrar el agua que entra o expulsa la probeta de suelo en las diferentes etapas de la prueba se ocupa un sensor de cambio de volumen de 100 cm³ de capacidad. Para la aplicación de la excitación axial (a esfuerzo o desplazamiento controlado) se cuenta con una servoválvula neumática.

Hay tres equipos con un sistema de control y adquisición que permite operarlos a la vez. Tiene la posibilidad de ensayar probetas de 3.6 o 7 cm de diámetro por 9 o 17 cm de altura, respectivamente.

Equipo MTS. La excitación se aplica con una servoválvula hidráulica, con capacidad de hasta 5 t de carga axial. La cámara que aloja la muestra soporta presiones de hasta 25 kg/cm² y se pueden montar probetas desde 3.6 cm de diámetro por 9 cm de altura, hasta 15.2 cm de diámetro por 28 cm de altura. Al igual que los otros equipos triaxiales, se pueden ejecutar ensayos monotónicos y cíclicos a esfuerzo o desplazamiento controlado, con consolidación isótropa.

La instrumentación instalada consiste en una celda de carga axial de 1 t, un sensor de desplazamiento de 50 mm, tres sensores de presión (confinamiento, contrapresión y presión de poro) de 7 kg/cm² y uno de cambio de volumen de 200 cm³. Por sus dimensiones, este equipo tiene la posibilidad de colocar instrumentación al interior de la cámara (Figura 1a).

En este equipo se actualizó recientemente el sistema de control y adquisición de datos, y se colocaron acondicionadores para alojar al menos ocho sensores adicionales a los mencionados en el párrafo anterior.

Equipo triaxial de altas presiones (GCTS). Con este equipo (Figura 1b) se aplica la excitación axial con una servoválvula hidráulica, tiene una instrumentación compuesta por una celda de carga externa de 10 t, tres sensores de presión de 200 kg/cm² (confinante, contrapresión y presión de poro), un sensor de desplazamiento lineal (LVDT) de 125 mm de carrera, un sensor de cambio de volumen de 80 cm³, con la posibilidad de instarle sensores de desplazamiento axial y radial internos, así como cabezales instrumentados con elementos bender para medir velocidades de onda de corte y compresión. Adicionalmente, se puede variar la temperatura del fluido confinante. Tiene la posibilidad de aplicar carga axial hasta 10 t y presiones que pueden llegar hasta 700 kg/cm².

Columna resonante. Estos equipos someten la muestra a vibración forzada en la parte superior de una probeta de suelo, manteniéndola empotrada en la base. También obtienen el módulo de rigidez al corte dinámico y el amortiguamiento para distorsiones angulares pequeñas.

La excitación se aplica con un sistema de imanes y bobinas que se energizan de tal forma que, por medio de una placa unida a los imanes y al cabezal que hace contacto con la probeta permiten aplicarle una torsión en forma periódica senoidal. La respuesta de la muestra se registra en un acelerómetro unidimensional empotrado en la placa. La excitación y adquisición de datos se hace de forma automática.

Se tienen instalados dos sensores de presión de 7 kg/cm² de capacidad (confinamiento y contrapresión/presión de poro) y un sensor de desplazamiento axial de 25 mm de carrera. En la Figura 2 se muestran los dos equipos con los que se cuenta.

Cristales piezoeléctricos. Este laboratorio tiene un sistema de medición de velocidades de onda de cortante y compresión con el uso de cristales piezoeléctricos; integrado por un generador de funciones, un osciloscopio y un sistema de adquisición de datos. Está montado de tal forma que se puede desplazar para utilizarse en varios equipos.

Corte residual. Este equipo determina la resistencia al cortante residual de suelo remoldeado, montado sobre un molde anular y consolidado a un esfuerzo axial. Cuenta con un sistema para aplicar una distorsión angular a baja velocidad. La deformación axial durante la consolidación se mide con un sensor de 10 mm de carrera y la carga durante

la etapa de falla con dos celdas de 100 kg de capacidad (Figura 3).



Figura 1. Equipos triaxiales cíclicos



Figura 2. Equipo resonante



Figura 3. Corte residual

Equipos triaxiales estáticos. En estos equipos se pueden ejecutar ensayos monotónicos bajo consolidación anisótropa, la triaxial neumática, e isótropa, la de alambres y condiciones de falla drenada o no drenada. Permite obtener las curvas esfuerzo desviador y la presión de poro vs deformación unitaria axial.

Equipo triaxial neumático. El equipo aplica la carga por medio de un pistón neumático controlado con motores de pasos, tiene instalados una celda de carga hidrostáticamente compensada de 150 kg de capacidad, tres sensores de presión de 7 kg/cm² (confinamiento, contrapresión y presión de poro), un transductor de desplazamiento axial externo de 50 mm de carrera, cuatro sensores de desplazamiento axial sumergibles de 5 mm de carrera instalados dentro de la cámara, y un sensor de cambio volumétrico de 30 cm³. Adicionalmente, se tienen instrumentados el cabezal y pedestal para medir velocidades de onda de cortante y compresión con cristales piezoeléctricos.

Equipo triaxial de alambres. El equipo tiene un sistema de contrapesos que permite aplicar el esfuerzo desviador axial al descargar uno de los portapesas y transferir la carga a la muestra. Esta aplicación de carga se hace a velocidad de desplazamiento controlado haciendo uso de un equipo electromecánico con el cual se descarga el portapesas. La adquisición de datos se hace de forma automática con una interfaz gráfica; además de tres equipos, los cuales dos de ellos tienen instalados una celda de carga externa de 50 y 75 kg de capacidad y la tercera hidrostáticamente compensada de 150 kg; dos transductores de presión (confinamiento y presión de poro/contrapresión) de 7 kg/cm² y un sensor de desplazamiento tipo LVDT de 50 mm de carrera total.

Consolidómetros neumáticos. Con estos equipos se determinan los parámetros de compresibilidad de suelos cohesivos. Permiten ejecutar ensayos con carga incremental (celdas Rowe) y carga incremental con velocidad de desplazamiento o carga controlada, en el caso del consolidómetro automático (Figura 4).

Tienen instalados cuatro sensores de presión de 7 kg/cm² (axial, contrapresión, poro y presión de línea), un sensor de desplazamiento de 18 mm de carrera total. En el caso del consolidómetro automático cuenta además con dos reguladores eléctricos y dos válvulas de cierre automático. Estos elementos sumados al sistema de condicionamiento de señal, junto con la tarjeta de adquisición de datos permiten la autonomía al equipo.

Permeámetro de carga constante. Para determinar el coeficiente de permeabilidad de suelos de mediana a baja permeabilidad se tienen dos permeámetros de carga constante. El equipo permite determinar el coeficiente de permeabilidad en suelos saturados bajo carga hidráulica constante.

Cuenta con tres sensores de presión (confinamiento, contrapresión inferior y contrapresión superior) y dos de cambio de volumen (inferior y superior).

Mesa vibradora unidireccional. La mesa vibradora opera con un sistema hidráulico, se compone de la estructura, una servoválvula hidráulica, un pistón y un sensor de desplazamiento de 30 cm de carrera. La plataforma tiene la capacidad de alojar modelos de hasta 1 t (Figura 5).

El sistema de control y adquisición de datos permite operar el equipo a desplazamiento controlado y tiene la posibilidad de conectar hasta 32 sensores que pueden ser de carga, presión, desplazamiento o aceleración, según lo requiera el modelo a ensayar.



Figura 4. Consolidómetro neumático



Figura 5. Mesa vibradora

Laboratorio de Vías Terrestres *Fernando Espinosa Gutiérrez*
Alexandra Ossa

El laboratorio de Vías Terrestres *Fernando Espinosa Gutiérrez*, ubicado en el edificio 6 del IIUNAM, inició sus actividades en 1970; desde entonces, las investigaciones ahí realizadas han tenido impacto significativo en la elaboración de los criterios y las técnicas de ingeniería utilizados para el diseño de pavimentos, tanto a nivel nacional como en el ámbito internacional. Este laboratorio cuenta con infraestructura y equipo acordes con las técnicas experimentales vigentes para la evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales con los que se construyen las capas de los pavimentos.

Para el estudio de los concretos asfálticos, el Laboratorio de Vías Terrestres cuenta con una prensa electrohidráulica con cámara ambiental (Figura 2), equipo para tensión indirecta con medidores LVDT, dispositivo para determinación del módulo dinámico, dispositivos para pruebas de flexión a cuatro puntos en fatiga, un compactador neumático de rodillo, un aparato de rueda cargada, así como compactadores giratorios y de impacto. También cuenta con un reómetro DSR para el estudio del comportamiento viscoelástico de los cementos asfálticos convencionales y modificados. Este laboratorio tiene una prensa electrohidráulica con una cámara triaxial para el estudio de la resistencia y propiedades resilientes de los materiales térreos (Figura 1). Adicionalmente, tiene dos fosos de prueba y una pista circular que permite

evaluar el comportamiento de pavimentos rígidos o flexibles construidos a escala real y sometidos a cargas de tipo cíclico.



Figura 1. Prensa hidráulica con cámara térmica para el estudio del comportamiento mecánico del concreto asfáltico



Figura 2. Prensa hidráulica con cámara triaxial para el estudio de materiales térreos para pavimentos





Laboratorio de Geoinformática

Gabriel Auvinet y Edgar Méndez

El Laboratorio de Geoinformática inició sus actividades en 1992. Tiene como principal objetivo desarrollar técnicas que permitan describir con precisión la estratigrafía y la variación espacial de las características geotécnicas del subsuelo de la República Mexicana, particularmente de la Cuenca de México. Asimismo, realiza evaluaciones de los riesgos geotécnicos asociados a fenómenos como el hundimiento regional y el agrietamiento del suelo en el Valle de México. En 2014, el laboratorio fue objeto de una renovación de sus equipos y ampliación de su espacio físico.

El laboratorio recurre al empleo de novedosas herramientas de análisis espacial que se basan en el uso de técnicas matemáticas de la Geoestadística, en las tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica, en el aprovechamiento de la información recolectada por potentes sensores montados en aeronaves, y en recientes satélites artificiales en órbita. Sus líneas de investigación comprenden investigación básica en procesamiento de datos, caracterización geotécnica, evaluación y mapeo de riesgos tanto geotécnicos como geoambientales en la cuenca de México y análisis de confiabilidad en ingeniería geotécnica. Actualmente el Laboratorio cuenta con un acervo importante de información geotécnica enriquecido gracias a la colaboración de instituciones públicas y empresas privadas. El laboratorio recibe apoyo de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica (SMIG), GDF, CONACyT, DGAPA y de diversos patrocinadores de proyectos específicos.

En los últimos años, se ha logrado consolidar el acervo del laboratorio y actualmente cuenta con un robusto banco de datos que contiene información puntual y directa sobre el subsuelo (más de 10 000 sondeos geotécnicos); y otro equivalente concerniente a las características físicas, geográficas, históricas y sociales de la Cuenca de México. A partir de esta información, se pudo definir una zonificación geotécnica actualizada de la Cuenca de México que ya está integrada a las nuevas Normas Técnicas para Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal. El laboratorio ha proporcionado soporte a múltiples investigaciones relacionadas con el subsuelo, y a proyectos de gran envergadura en la Cuenca (edificios de gran altura, vías rápidas de dos niveles, aeropuertos, túneles, entre otros). Se ha participado en más de 80 proyectos de investigación ofreciendo servicios de asesoría para la planeación y diseño de obras civiles públicas y privadas en el país.

El laboratorio, que está adscrito a la Coordinación de Geotecnia, se encuentra ubicado en el piso 2, ala Sur, de la Torre de Ingeniería y esta a cargo del Dr. Gabriel Auvinet Guichard, con la participación del M.I. Edgar Méndez Sánchez y del Dr. Moisés Juárez Camarena. En 2016 participaron en la edición del volumen tres del libro “El Subsuelo de la Ciudad de México” con motivo del 60 aniversario del IIUNAM, que contiene una revisión de los avances en el conocimiento del subsuelo de la Ciudad de México (1959-2016). Colaboran con ellos numerosos becarios de nivel licenciatura, maestría y doctorado. |

CEMIE-OCÉANO

Con el objeto de dar inicio oficialmente a los trabajos que desarrollará el Centro Mexicano de Innovación en Energías del Océano (CEMIE-Océano), se llevó a cabo la Primera Reunión Técnica a la que asistió personal de las 42 instituciones que la integran.

Al dar la bienvenida Luis Álvarez Icaza, director del IIUNAM, dijo que el CEMIE Océano ha arrancado en un tiempo record; los felicitó porque han podido enfrentar los retos técnicos y de tecnología gracias a una organización formidable coordinada por el Dr. Rodolfo Silva Casarín. El CEMIE será un camino para poder fomentar la transferencia de tecnología. Les deseo la mejor de las suertes y que todo salga como lo pensaron –concluyó–.

Al tomar la palabra Carlos Roberto Ortiz Gómez de la SENER, afirmó que lo importante del CEMIE es agregar valor al sector; la idea –continuó– es que el trabajo de investigación que realiza la academia esté orientado hacia la industria considerando robustecer nuestras capacidades.

Por su parte, José Antonio Lazcano Ponce del CONACYT, comentó que los CEMIE son el resultado de varios años de trabajo en los que se ha ido creando infraestructura y personal altamente capacitado para lograr una vinculación con los sectores productivos de tal forma que se tenga un impacto social.

Ernesto Hernández Montoya del Fondo Sectorial de la SENER, explicó la manera en la que serán administrados los

fondos a través de un fideicomiso, donde el IIUNAM será el responsable de distribuir el financiamiento para que éste sea utilizado correctamente entre las 42 instituciones para desarrollar innovación tecnológica en el campo de la energía renovable y fomentar la transferencia de tecnología.

Néstor Díaz del Fondo Sectorial de CONACYT felicitó a los integrantes del CEMIE Océano porque están uniendo esfuerzos a nivel nacional, porque a nivel internacional están tratando de establecer una interlocución, y muy especialmente, al IIUNAM porque logró convocar a un gran número de instituciones interesadas en participar, lo que hace de éste un proyecto exitoso.

La energía de las olas nunca se agotará –afirmó Rodolfo Silva–, debemos enfocarnos a la generación de energía de fuentes no fósiles. Agradezco al Fondo el apoyo brindado ya que a lo largo de estos meses me he sentido acompañado, el grupo está realmente comprometido con el proyecto, es un trabajo en equipo y sé que obtendremos excelentes resultados.

Para finalizar, el Coordinador de la Investigación Científica William Lee subrayó que los CEMIE abordan temas de importancia estratégica para el país, en especial –dijo– debemos aprovechar mejor nuestros litorales por lo que la UNAM tiene especial interés en apoyar este proyecto. Felicitó a Rodolfo Silva por el esfuerzo realizado ya que los logros son responsabilidad de todos –concluyó–.



ANÁLISIS DE MIGRACIÓN E INGENIERÍA DE SISTEMAS URBANOS EN LA FRONTERA MÉXICO-EUA

Es el título de la conferencia que impartió el maestro Luis Javier Castro Castro, el 9 de marzo en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

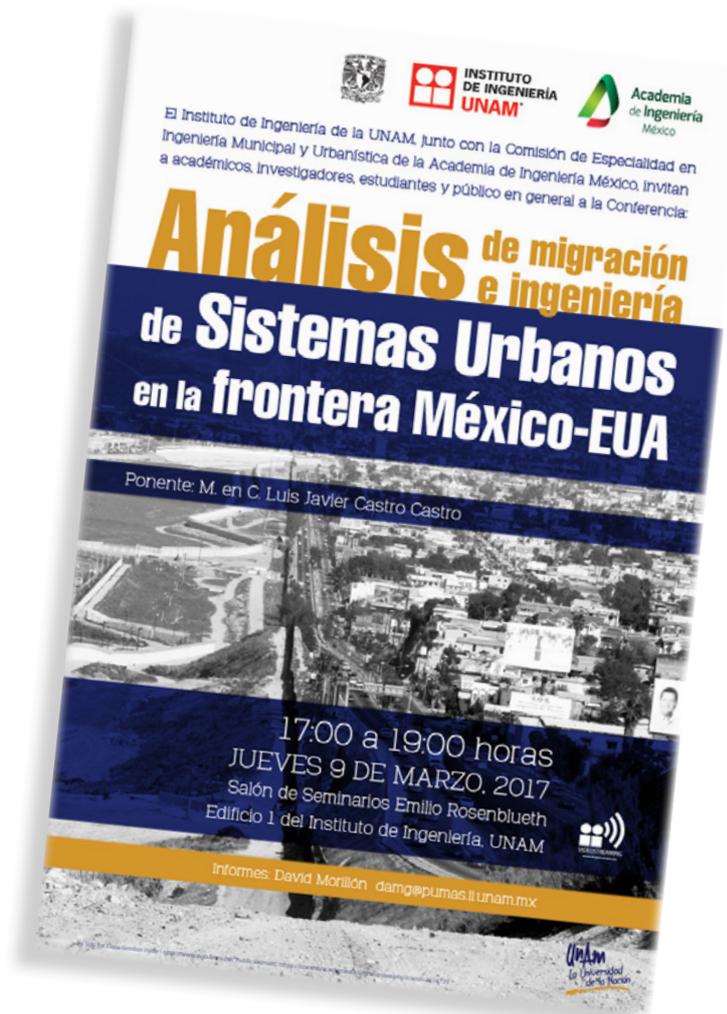
Este tema es 100% actual y de mucho interés, ya que México y EU comparten una frontera de 3,185 km de longitud con 56 cruces y puentes donde se realiza el mayor intercambio de mercancías y flujos de personas entre dos países a nivel mundial, por ello debemos llevar a cabo una planeación integral regional.

Lo que quiero transmitir de manera general –comentó el maestro Castro– está enfocado hacia la infraestructura, la competitividad y la sustentabilidad, puntos importantes para tener una mejor calidad de vida.

Claro que existen algunos problemas que afectan la calidad de vida de las ciudades de la frontera norte de México, y son la oferta fluctuante de empleo; el alto crecimiento de la población debido a la inmigración; la oferta masiva de vivienda social ubicada en suelo de bajo costo; el congestionamiento vial en la red urbana; el presupuesto municipal constante rebasado por altas demandas crecientes; y largos periodos de espera en los puertos de entrada. Con los nuevos sistemas de comunicación se mantendrían informados sobre qué cruces son los menos congestionados.

Con los modelos de equilibrio general (MEG) en sistemas urbanos y regionales, se puede evaluar cómo reacciona sectorialmente la economía de una ciudad a cualquier cambio exógeno; también se utilizan para analizar los efectos de diferentes políticas públicas en la emigración hacia zonas urbanas y flujos interregionales; y se pueden analizar las políticas de transporte público y uso de suelo en la dinámica de una ciudad. Los MEG funcionan con combinaciones de submodelos de diferentes componentes o procesos de cambio; UrbanSim es un tipo de MGE usado por organizaciones de planificación metropolitana en varios países que puede representar procesos de demanda de agua en diferentes zonas urbanas, y usa una plataforma amigable de *software* de código abierto llamada OPUS.

En México no existe una buena planeación, no se utilizan los recursos de manera innovadora. En cuanto a la vivienda social hay otras opciones para resolver este problema. Aquí es donde entra la Ingeniería de Sistemas Urbanos, que nos proporciona herramientas como los modelos de optimización que se usan para llegar a un equilibrio con diferentes componentes, y que llamamos modelos de equilibrio general. La característica más importante es que involucra a varias especialidades para crear una metodología cuantitativa reflejada en un modelo sencillo para saber cómo se comporta algo respecto a otra cosa a corto plazo, generalmente a cinco años o incrementos de un año. Integra a varios sectores, no sólo el de vivienda o transportes, sino servicios de agua, de energía eléctrica, etc. Los componentes de una ciudad tienen que diseñarse integralmente para obtener mejores resultados y gastar menos; ya no se puede dejar de lado la incorporación de tecnología de la información y comunicación –concluyó–.



DR. BRUNO DOUINE. PROFESOR VISITANTE DE LA UNIVERSIDAD DE LORRAINE

CONFERENCIA: APPLICATIONS OF SUPERCONDUCTORS IN ELECTRICAL ENGINEERING

El Dr. Douine afirmó que la ventaja de usar superconductores en el campo de la energía eléctrica es el ahorro de energía, lo que repercute económicamente ya que el costo baja de manera significativa.

Los superconductores –continuó diciendo– tienen un uso relevante cuando se requiere una densidad de energía muy grande, me refiero a aquellos sistemas que se utilizan en los barcos o submarinos, aquí no sólo es importante el ahorro de energía, también el peso de los equipos es un punto que debemos considerar. Los superconductores tienen presencia muy destacada en la medicina, en especial para las tomografías por resonancia magnética, ya que permiten observar con detalle los órganos que se desea estudiar, y por supuesto, también se aplican en operaciones militares.

El estudio de los superconductores y los desarrollos tecnológicos en el campo de la energía eléctrica están enfocados al ahorro de la energía eléctrica y hasta el momento no existe otra forma de alcanzar estos objetivos, por ello, países como China, Japón, Corea, Estados Unidos y los europeos, además de los integrantes del G8, están invirtiendo grandes cantidades de dinero para apoyar estos proyectos.

Por su parte, el Dr. Frederic Trillaud, investigador del IUNAM, comentó que conoció a Bruno en una Conferencia Internacional en 2013 y platicaron sobre lo que está haciendo en México y en menos de dos años empezaron a colaborar en el tema de las pastillas superconductoras que se utilizan en los motores. Ahora –agregó– estamos abordando el tema de aspectos multifísicos interdisciplinarios en materiales, en física e ingeniería. Tenemos tres años colaborando, pero no hemos formalizado, es un punto que vamos a atender pronto a través de la UNAM. En esta ocasión, personal de la Universidad de Lorraine hizo un recorrido por instituciones de educación superior en México y después de varias reuniones, pláticas

y seminarios de investigación, la UNAM fue ratificada como una de las universidades con alto potencial para colaborar con ellos.

Nos interesa –continúa Frederic– hacer un doctorado conjunto, queremos generar interés en estos temas para atraer buenos estudiantes del posgrado con la idea de que realicen una estancia en Francia y viceversa. Queremos realizar trabajo multidisciplinario y hemos invitado a la Dra. Elizabeth Chavira, experta en materiales, para que colaboremos en un proyecto de desarrollo de pastillas para su aplicación en motores.

Nuestra idea es armar proyectos multidisciplinarios con varios institutos en el país y con universidades extranjeras para impartir cursos sobre la superconductividad aplicada a partir de América Latina. Para ello tenemos al profesor Douine en la parte francesa, yo en la parte mexicana, pero siempre con la intención de invitar a otros colegas interesados en el tema para trabajar de manera conjunta.

Durante la estancia de la delegación francesa los invitamos al centro de investigación de desarrollo de la empresa CONDUMEX, y el profesor Douine quedó gratamente sorprendido de la capacidad que tenemos en México para realizar cables de sistemas de potencia en superconductividad. CONDUMEX tienen un laboratorio muy grande de primer mundo y nos interesa trabajar en un proyecto que sin duda sería de mucho provecho para México y para los otros países también –concluyó–.

VINCULACIÓN UNIVERSIDAD-EMPRESA-GOBIERNO, UN RETO NACIONAL

El maestro Juan Alberto González Piñón, secretario de Vinculación de la Escuela de Ciencias Económicas y Empresariales, impartió una conferencia donde abordó la importancia de la participación conjunta de estos tres sectores; subrayó que los dos problemas que se presentan con mayor frecuencia para que esto se logre son: la falta de comunicación y la falta de interés de las empresas en un proceso que implique investigar para tener una solución que pueda comercializarse. Estos

problemas dificultan la elaboración de proyectos conjuntos en innovación, emprendimiento y transparencia tecnológica.

La falta de comunicación puede resolverse a través de las agencias de innovación quienes se encargan de la intermediación entre todos los sectores que están implícitos en la innovación para que el conocimiento pueda ser comercializado. El gobierno debería implementar una agencia nacional de innovación con personal capacitado en cuestiones legales y normativas, de tal manera que se pudieran fortalecer las políticas científicas y tecnológicas del país.

A nivel institucional las universidades deben tener oficinas que se encarguen de gestionar el traslado del conocimiento, esto es un tema de vinculación y extensión, saber cómo ayudar a gestionar el conocimiento en valor comercial.

Sería muy importante que tanto el gobierno como las empresas apoyaran una política industrial para generar una economía más competitiva a través de la incorporación del conocimiento, y por ende, de especialistas que con sus innovaciones generen valor y riqueza. Para que esto se dé, se requieren fuertes incentivos económicos que sin duda reeditarán beneficios a las empresas.

El CONACyT ha hecho una labor interesante para incrementar tanto los recursos como la asignación de becas, incluso en formar parte de la construcción de las agendas estatales de innovación que tiene cada Estado de la República; pero a pesar de esto, hace falta robustecer que estas líneas de investigación y las becas asignadas estén vinculadas a una capacidad receptiva de las empresas de tal suerte que estos estudiantes puedan incorporarse al sector productivo cuanto antes para beneficio de ellos y de la industria –concluyó–.

BECA AIDIS

Sebastián Escobar Alonso egresado de la Universidad Nacional de Colombia realizó una estancia académica en el Instituto de Ingeniería al hacerse acreedor a la beca AIDIS. A lo largo de seis meses trabajó en la remoción de la materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) de las aguas domésticas empleando sistemas microalgas-bacterias. Dijo que estos dos elementos se encuentran en este tipo de aguas y que es importante removerlos ya que de no hacerlo se presentan problemas ambientales. La materia orgánica –dijo– al degradarse consu-

me oxígeno y esto afecta a la fauna acuática, pues carecen de este elemento que es vital para su supervivencia; en cuanto al amonio, de no removerse se produce el problema de eutrofización, lo que hace que se genere un crecimiento acelerado de plantas.

Para la remoción de la materia orgánica y del nitrógeno amoniacal se utilizaron dos tipos de microorganismos: bacterias y microalgas. Las microalgas consumen el CO₂ producido por las bacterias al degradar la materia orgánica. A su vez, las bacterias utilizan el oxígeno producido por las microalgas. El nitrógeno es asimilado por las microalgas. De esta forma se obtiene un sistema simbiótico.

Esta investigación se realizó en la Unidad Académica Juriquilla en Querétaro, trabajé con el doctor Germán Buitrón y fue una magnífica experiencia. Juriquilla es un grupo pequeño de investigadores pero con una producción académica bastante grande. Mi meta es quedarme en México para realizar estudios de maestría –concluyó–.





1ª JORNADA REDMEREE

La Red de Mujeres en Energía Renovable y Eficiencia Energética (REDMEREE) a través de sus Nodos Ciudad de México y Chiapas organizaron la 1ª Jornada REDMEREE el pasado 24 de marzo, con el fin de fortalecer la capacitación apoyándose en la vinculación de la Red con la industria y el sector académico.

Durante tres días los participantes recibieron capacitación por parte de la empresa Spirax Sarco para la gestión de sistemas integrales de vapor y ahorro de energía; visitaron a la empresa Intertecnica para aprender sobre aplicaciones del vapor en marmitas y uso de energía, e hicieron un recorrido por la planta; estuvieron en el laboratorio de la Planta Solar del Instituto de Ingeniería; posteriormente, la Ing. Juana Hernández del nodo Chiapas y la Mtra. Lourdes Angélica Quiñonez del nodo Ciudad de México impartieron la plática “Retos y desafíos de la mujer en el sector Energías Renovables y Eficiencia Energética”; la Mtra. Sandra Caballero del organismo GIZ fungió como moderadora, para terminar con un *workshop* de Cocinas Solares en la UAM campus Xochimilco.

El principal reto que las mujeres tenemos que enfrentar – afirma la maestra Quiñones –, es el cambio de paradigma para lograr una igualdad sustantiva, lo que hará un sector energético que empodere a las mujeres y las posicione como un agente de cambio. En este punto, la Investigación y la academia juegan un papel fundamental, ya que por ser una etapa de formación, los alumnos comenzarán a tener la referencia femenina, y esto nos ayudará a visibilizar la participación de las mujeres en puestos de decisión.

Para que las mujeres tengamos mayor participación en cualquier área es necesario fomentar el fortalecimiento de sus capacidades, difundir las oportunidades educativas y generar mecanismos para adquisición de experiencias. Es necesario saber cómo administrar nuestro tiempo, pero con el apoyo de la familia y la institución donde se labore, se puede obtener éxito tanto profesional como familiar. En especial el sector energético está masculinizado, desafortunadamente todavía abunda la desconfianza en las habilidades técnicas de

las mujeres, lo que representa un reto que obliga a esforzarnos por estar a la vanguardia

Actualmente –continúa Angélica Quiñones– la red está integrada por alrededor de 150 personas; mujeres y hombres que quieren romper el paradigma y organizaciones que crean en la equidad de género.

Debemos hacer hincapié en que el empoderamiento intelectual dará voz a las mujeres, por eso es muy importante continuar con la vinculación académica, promoviendo la investigación e innovación hecha por mujeres. |

GEOSPATIAL TECH DAY UNAM

El 24 de marzo se llevó a cabo la presentación de un nuevo portafolio que ofrece una amplia información en percepción remota y en Sistemas de Información Geográfica enfocado a las soluciones geoespaciales.

El portafolio que hemos desarrollado –afirma el Ing. Héctor Betancourt, director general de Bits Geospatial– además de ser muy amigable, está dirigido a todas las áreas del conocimiento: agricultura, forestal, minería, prevención y protección civil, infraestructura, y todo lo que tiene que ver con desarrollo urbano; realmente la percepción remota es muy amplia.

La idea es que entidades de gobierno proporcionen los recursos económicos para comprar la plataforma a fin de diseminarla en todos los esquemas; lo mismo estamos haciendo en la UNAM, el IPN, la Universidad Agrícola de Chapingo y todas las universidades públicas del país.

La plataforma está lista, pero estamos esperando la autorización de las autoridades correspondientes para hacerla pública a los tres niveles de Gobierno e Instituciones Educativas Públicas, lo que representará una magnífica oportunidad para el desarrollo de proyectos de investigación y en la optimización de la aplicación de recursos –concluyó–. |



RUMBO Y CARÁCTER

El Dr. Luis Álvarez Icaza, director del IIUNAM, dio la bienvenida a la presentación del libro Rumbo y Carácter que se editó como parte de los eventos para conmemorar el 60 aniversario del Instituto de Ingeniería. En Rumbo y Carácter –subrayó Álvarez Icaza– se captura la historia y biografía de cuatro de los directores del Instituto de Ingeniería: Roger Díaz de Cossío, Daniel Ruiz Fernández, Daniel Reséndiz Núñez, Luis Esteva Maraboto y de dos investigadores eméritos, Roberto Meli Piralla y el Profesor José Luis Sánchez Bribiesca. Tenemos la fortuna de que estén presentes los biografiados, a excepción del Prof. Sánchez Bribiesca. Me pareció oportuno que comentaran este libro tres exdirectores del IIUNAM, José Luis Fernández Zayas, Francisco Sánchez Sesma y Sergio Alcocer Martínez de Castro a quienes cedo la palabra.

El primero en participar fue José Luis Fernández Zayas quien felicitó al Instituto por tener la voluntad de reunir opiniones, ideas, muchas anécdotas, testimonios y recuerdos históricos que aparecen en el libro. Se lee muy fácil y nos da el contexto para comprender que éste es el momento en el que se marca el rumbo del desarrollo de la tecnología

en México, y se le da el carácter universitario que el esfuerzo amerita. Creo adicionalmente que hay que pensar en que este libro se dedica fundamentalmente a seis súper ingenieros que tienen la noble fortaleza de que sí marcaron el rumbo y definieron el carácter de nuestra institución.

Por su parte, Francisco José Sánchez Sesma mencionó que es importante la tarea de reflexión y revisión para retomar los detalles de las vidas de los participantes en la creación del Instituto. Rumbo y Carácter es la continuación del libro Fundadores, Inteligencia y Pasión, en ambos se plasma la biografía de personajes que imprimieron su sello en el Instituto como constructores visionarios del México moderno.

La presentación de un libro siempre es un asunto importante, de gozo y beneplácito –afirmó Sergio Alcocer– en especial la presentación de un libro como éste, nos permite preservar nuestra Memoria, Memoria con mayúscula, ya que ofrece a las generaciones presentes y futuras la oportunidad de consultar las ideas, las motivaciones, las experiencias de estos grandes ingenieros, aprendiendo de la vida de aquellos con quienes colaboramos estrechamente invitándonos, por supuesto, a la reflexión.

Los tres comentaristas coincidieron en que los personajes biografiados poseen cualidades similares entre las que se encuentran la versatilidad, tenacidad, inteligencia, responsabilidad, compromiso, abnegación, generosidad, gran capacidad de trabajo, todos ellos nacionalistas. Además, compartieron con la audiencia numerosas anécdotas de los biografiados donde reconocieron los hábitos, el interés por la música y la cultura, el compromiso con la educación y la inteligencia sobresaliente de estos destacados ingenieros. Agradecieron a Roger Díaz de Cossío por promover la edición de estos libros y a Sol Lavín por su excelente trabajo que, además de mostrar la personalidad de los biografiados, logra ubicar al lector en el contexto histórico en el que se desarrollaron los hechos. |



MARCADORES DISCURSIVOS

Son unidades lingüísticas invariables que pertenecen a diferentes categorías gramaticales y se utilizan para conectar e interpretar de forma coherente un texto, ya sea de forma oral o escrita.

Características:

- Se encuentran encerrados entre comas (se identifican por la entonación).
- Son invariables (no admiten números ni géneros).
- No presentan una posición fija (pueden aparecer en posición inicial, media o final).
- Inciden en todo el discurso (independientemente de su sintaxis o de su léxico).
- Sirven de guía en la creación de ideas.

Empleo en la expresión oral y escrita

En la expresión oral: unen las preguntas y respuestas, mantienen y finalizan la comunicación.

En la expresión escrita: organizan las partes del texto, relacionan los hechos e ideas entre sí y ayudan a darle prioridad a la información.

Existen varias clasificaciones, pero las más aceptadas son la de Portolés (1998) y Martín Zorraquino y Portolés (1999), quienes dividen los marcadores discursivos en cinco grupos.

En esta cápsula se presentarán los dos primeros grupos:

1. Estructuradores de la información: señalan la organización informativa de los discursos.

Se clasifican en:

Comentadores: dan continuidad al discurso

- pues, pues bien, así las cosas.

Ordenadores: ordenan el texto y pueden ser de apertura, de continuidad o de cierre.

- en primer lugar/en segundo lugar; por una parte/por otra parte; de un lado/de otro lado, etc.

Disgresores: introducen comentarios al margen, sin tanta relación con el texto.

- por cierto, a todo esto, a propósito.

2. Conectores: conectan de forma lógica dos o más partes del discurso.

Se dividen en:

Aditivos: añaden más información al texto

- además, encima, aparte, incluso, etc.

Consecutivos: introducen una parte del discurso como consecuencia de la anterior.

- por tanto, por consiguiente, por ende, en consecuencia, de ahí, entonces, pues, así, así pues, etc.

Contraargumentativos: sirven para marcar una oposición o contraste.

- en cambio, por el contrario, por contra, antes bien, sin embargo, no obstante, con todo. |

Referencias

- <http://lenguas.azc.uam.mx/investigacion/redaccionU/marcadores.pdf>
- <http://redactarmeior.blogspot.mx/2012/01/los-marcadores-del-discurso.html>
- <https://www.blogdelenguaje.com/marcadores-discursivos.html>
- http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/marcadoresdiscurso.htm
- <https://www.profedelee.es/gramatica/marcadores-discursivos-conectores/>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Marcadores_del_discurso

UNAM
Global

**A un clic de
la información**

¡Consúltala!

**Comunicación para la era digital.
Noticias, innovación y vida cotidiana.
De la Universidad y del mundo.**

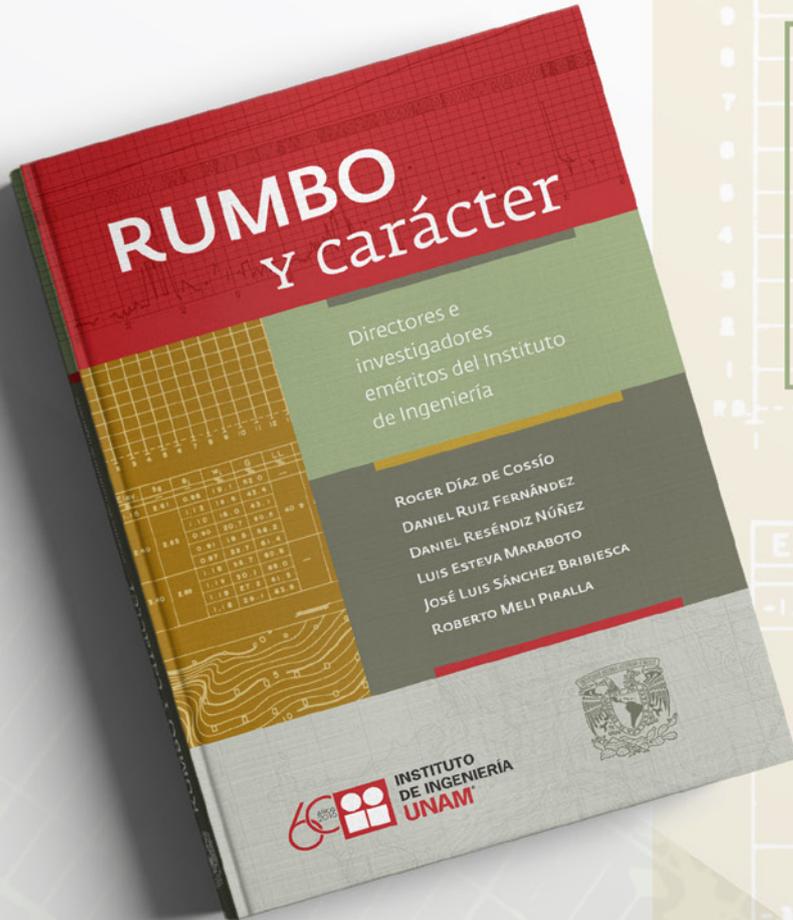
<http://www.unamglobal.unam.mx>





“RUMBO Y CARÁCTER”

Directores e investigadores eméritos
del Instituto de Ingeniería



Precio general:

\$320

\$160

Precio especial
para Comunidad UNAM
con credencial vigente.

**A LA VENTA EN LA UNIDAD DE PROMOCIÓN Y COMUNICACIÓN
EDIFICIO 1 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM**

Solicitar a Guadalupe De Gante
GDeGanteR@iingen.unam.mx / Tel. 5623 3615
horario de 9:00 a 13:00 y 17:00 a 19:00 horas