



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

GACETA

DEL INSTITUTO
DE INGENIERÍA UNAM

NÚMERO 104 · OCTUBRE, 2014

ISSN 1870-347X

EDITORIAL

El nuevo aeropuerto internacional
de la ciudad de México

REPORTAJES DE INTERÉS

Evaluación comparativa de los impactos
ambientales de dos tipos de pavimentos

ENTREVISTA

Frederic Trillaud Pighi



UNAM

Rector

Dr. José Narro Robles

Secretario general

Dr. Eduardo Bárzana García

Secretario administrativo

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

Secretario de Desarrollo Institucional

Dr. Francisco José Trigo Tavera

Secretario de Servicios a la Comunidad

Lic. Enrique Balp Díaz

Abogado general

Lic. Luis Raúl González Pérez

Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz

Director general de Comunicación Social

Renato Dávalos López

INSTITUTO DE INGENIERÍA

Director

Dr. Adalberto Noyola Robles

Secretaria académica

Dra. Rosa María Ramírez Zamora

Subdirector de Estructuras y Geotecnia

Dr. Manuel Jesús Mendoza López

Subdirector de Hidráulica y Ambiental

Mtro. Alejandro Sánchez Huerta

Subdirector de Electromecánica

Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón

Secretario administrativo

Lic. Salvador Barba Echavarría

Secretario técnico

Arq. Aurelio López Espíndola

Jefe de la Unidad de Promoción y Comunicación

Lic. Guillermo Guerrero Arenas

GACETA DEL II

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual este muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, los cursos y los talleres que imparte, reportajes de interés e información general. Se publica los días 10 de cada mes, con un tiraje de 1500 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2005 041412241800 109. Certificados de Licitud de Título y de Contenido en trámite. Instituto de Ingeniería, UNAM, edificio Fernando Hiriar, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, México, DF, tel. 5623 3615.

Editor responsable

Lic. Guillermo Guerrero Arenas

Reportera

Lic. Verónica Benítez Escudero

Corrección de estilo

ArqIga. Elena Nieva Sánchez

Fotografías

Lic. Verónica Benítez Escudero

Sandra Lozano Bolaños

Lic. Ruth Eunice Pérez Pérez

Foto de portada

Pablo Fernando Ramírez Alcázar

Diseño

Lic. Ruth Eunice Pérez Pérez

Impresión

Navegantes S. A. de C. V.

Distribución

Guadalupe De Gante Ramírez

El nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México

El anuncio de la decisión por parte del Gobierno federal de iniciar el proyecto para la construcción del nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México, o mejor dicho de su zona metropolitana, ha generado mucha expectativa y también dudas y cuestionamientos. Esto se debe a la poca información formal que a la fecha circula en el medio y a la envergadura del proyecto, sin olvidar la carga negativa del intento fallido realizado hace ya 13 años, con el conflicto que se suscitó con los pobladores de San Salvador Atenco.

No es este el espacio para discutir los pros y contras de esa decisión del Ejecutivo federal. Las voces contrarias a este proyecto se han manifestado en diversos medios y no puede preverse si esa postura se mantendrá o se incrementará. Por lo pronto, el Instituto de Ingeniería está colaborando en forma decidida con la instancia de gobierno responsable de llevar a cabo ese proyecto, que será sin duda la obra de infraestructura más trascendente de este sexenio. Se habla de una inversión de 169 mil millones de pesos para su primera etapa, con tres pistas para operar en forma simultánea, funcionado en el año 2020.

Nuestros grupos especialistas en geotecnia, estructuras, hidráulica y ambiental están involucrados en varios convenios firmados con Aeropuertos y Servicios Auxiliares, que ha transferido la conducción de este macroproyecto al Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (GACM), con quien en lo sucesivo tendremos la colaboración. Otros grupos del Instituto podrán incorporarse conforme avanza el proyecto, en particular el de transporte y logística, que tiene mucho que aportar en estas disciplinas.

Se reconoce que uno de los principales retos ingenieriles que enfrenta esta obra es el relacionado con el tipo de suelo donde estará ubicada. La Coordinación de Geotecnia está involucrada en forma muy amplia y ha tomado un liderazgo importante al proponer diversas soluciones para la cimentación de las aeropistas, zonas de rodaje y plataformas. Lo anterior ha llevado a la construcción e instrumentación de siete tramos de prueba propuestos por nuestros especialistas, y dos más por una empresa constructora, con superficies de 30 m x 30 m y 60 m x 60 m, en un sitio que se ubica en la cabecera sur de la futura pista número 3. Este hecho es digno de reconocimiento para las autoridades responsables del proyecto, puesto que muy pocas veces se acepta la importancia de las pruebas piloto para lograr un adecuado diseño ingenieril. El IUNAM además procesará los datos y, con base en ellos, hará la recomendación del conjunto de soluciones más adecuadas. Y no solo eso, ya que se tiene contemplado que los tramos de prueba sean conservados en la fase operativa del aeropuerto, con el fin de monitorear su comportamiento a lo largo de los años.

Por otro lado, la Coordinación de Hidráulica tiene también un papel importante en estas primeras fases del proyecto. Está participando en la revisión y la propuesta de mejoras de los avances que empresas privadas han realizado en materia de conducción y regulación del agua pluvial captada en la zona oriente y sur-oriental de la cuenca del valle de México, además de la propia en el sitio, incluido el drenaje de las pistas y plataformas. Es de señalar la gran importancia que tienen los aspectos hidrológicos e hidráulicos en la correcta operación del nuevo aeropuerto, y en que esta obra no impacte en forma negativa el de por sí ya presionado sistema de regulación y drenaje de la zona metropolitana. Nuevos vasos y túneles de drenaje están considerados para atender esta problemática, aspecto en el cual también participan las coordinaciones de Geotecnia y de Estructuras.

La Coordinación de Estructuras y Materiales participará, además de en el apoyo dentro de los tramos de prueba, en el acompañamiento del proyecto ejecutivo por parte del grupo de arquitectos seleccionado para realizarlo. Tanto esta coordinación como la de Geotecnia estarán trabajando en

Los becarios de nuevo ingreso 2014

forma cercana con los ingenieros diseñadores para proponer soluciones de cimentación y estructuración de los edificios y gran cubierta del edificio terminal, incluida la torre de control, o señalar aspectos que deben ser mejorados en función de nuestra experiencia y del alcance acordado con el GACM.

La Coordinación de Ingeniería Ambiental ha desarrollado un estudio de análisis de riesgo ambiental relacionado con el manejo de la turbosina. Así mismo, se involucra en la revisión de los anteproyectos realizados por terceros para el saneamiento de los ríos del oriente de la cuenca, además de una posible colaboración para apoyar con el objetivo de lograr un aeropuerto con una huella hídrica muy reducida (abatimiento drástico en consumo y descarga de agua).

Como pretende mostrar este texto, el IIUNAM ha estado involucrado, y lo seguirá haciendo en los próximos cinco años, en este gran proyecto nacional. Nuestra participación, como en todos los casos de gran infraestructura en los que hemos colaborado, dará seguridad a las instancias de gobierno de que se tomarán las mejores decisiones en materia de criterios de diseño en las disciplinas de la ingeniería que cultivamos. Además, nuestro acompañamiento para proponer los ajustes o mejoras durante las diversas etapas que comprende la obra, dará certidumbre en la toma de decisiones.

En el IIUNAM identificamos al nuevo aeropuerto como una gran obra de infraestructura que detonará el desarrollo de la zona oriente de la cuenca, en buena medida marginada. El reto es que ese desarrollo se base en principios de sustentabilidad, para que así impacte positivamente en la región centro del país, en materia económica, social y ambiental, por los próximos cincuenta años. En ello participaremos de forma importante; estamos preparados.

Adalberto Noyola Robles
Director



El 30 de septiembre se llevó a cabo la Reunión Informativa para recibir a los becarios de nuevo ingreso, en el salón de seminarios Emilio Rosenblueth del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM). La finalidad de la reunión fue darles información sobre el Instituto para que puedan aprovechar su estancia y conocer los beneficios que pueden obtener.

El Instituto apoya a los estudiantes que quieran ser becarios para integrarse a los diversos proyectos que se desarrollan encabezados por los académicos que en él laboran.

El Dr. Adalberto Noyola Robles, director del IIUNAM, dio la bienvenida a los estudiantes y proporcionó información general de las actividades y los proyectos más representativos de nuestro instituto. También enfatizó la importancia que tienen los becarios en el quehacer académico del Instituto.

La Dra. Rosa María Ramírez Zamora, secretaria académica del IIUNAM, habló sobre el Programa de Becas (que cuenta con su propio reglamento), el cual permite que los estudiantes participen en proyectos de investigación y que, de acuerdo con su preparación académica, puedan desarrollar el programa general de trabajo elaborado por su tutor.

Cabe mencionar que la Lic. Abril Aránzazu Pérez Pérez se encarga de los asuntos relacionados con el Programa de Becas, el Reglamento del Programa de Becas del Instituto de Ingeniería (RP-BII), el Servicio Social y el Sistema de Control de Estudiantes (SICOE), todos ellos para apoyar y atender a los alumnos becarios.

El Lic. Armando González, jefe de personal, mencionó los trámites que los becarios deben realizar para obtener sus tarjetas, y así poder recibir su beca.

Después, la Lic. Guillermina Sánchez Nahuacatl, jefa de la Unidad de Servicios de Información-Biblioteca (USI-Biblioteca), habló de las funciones y los servicios que se ofrecen en la biblioteca.

Finalmente, es importante destacar que la Dra. Patricia Güereca presentó a los nuevos becarios las acciones que se están llevando a cabo para buscar la sostenibilidad del Instituto de Ingeniería.

Este semestre se renovaron 500 becas y se presentaron 100 becarios para integrarse a esos ya registrados en el Sistema de Control de Estudiantes.

¡Bienvenidos!

Medalla Alfonso Caso

Por Verónica Benítez Escudero

Gustavo Camacho Palacios, becario de doctorado de la Dra. Angélica Lozano, obtuvo la medalla Alfonso Caso, que otorga la Universidad Nacional Autónoma de México a los estudiantes con mejor promedio. En el caso del Mtro. Camacho Palacios, además de tener el mejor

promedio de la Maestría en Urbanismo del Programa de Posgrado de la UNAM, también está dentro de los tres primeros alumnos en titularse de su generación. La ceremonia tuvo lugar el 18 de septiembre.

¡Enhorabuena!



Cursos de la Coordinación de Ingeniería Ambiental

Por Verónica Benítez Escudero

La doctora Rosario Iturbe y la maestra Alejandrina Castro, de la Coordinación de Ingeniería Ambiental, organizaron dos cursos: "ArcGIS" y "Solución a la contaminación de suelos y acuíferos", que se llevaron a cabo el 2 de septiembre y del 3 al 5 de septiembre, respectivamente.

El objetivo del primer curso fue enseñar a los asistentes el manejo básico del *software* ArcGIS, así como la conceptualización de la tecnología relacionada con los sistemas de información geográfica (SIG). Actualmente los

SIG tienen muchas aplicaciones, y en el área de ingeniería ambiental los están utilizando para compilar información y hacer el análisis de los datos de los proyectos con algunas representaciones gráficas o de planos, lo que se puede lograr gracias a estos sistemas. Un ejemplo es el proyecto de Indicadores de Sostenibilidad en Acuíferos de la Coordinación de Ingeniería Ambiental, donde se requiere de los SIG para actualizar datos.

El curso lo impartió el geógrafo Alejandro Díaz Ponce, quien es experto en el *software*

ArcGIS, y estuvo dirigido a estudiantes y profesionistas de ingeniería, biología, geología, geografía, ciencias ambientales o afines al tema; se inscribieron 20 personas.

Por otra parte, el segundo curso permitió conocer la problemática de la contaminación de suelos y acuíferos, y algunas de sus soluciones. La situación de los acuíferos es un tema de mucho interés, pues conservar las reservas de agua es indispensable para poder vivir. En esta ocasión el curso estuvo impartido por los doctores Antonio Cardona, José Luz González, Rosa María Leal Bautista, José Antonio Hernández Espriú, Francisco Romero, Omar Delgado, Judith Ramos Hernández y Rosa María Flores Serrano; los maestros Jessica López Olvera, Pedro Soto Navarro, José Santos Jallath, Adriana Palma Nava y Alejandrina Castro Rodríguez; y los ingenieros Jerjes Pantoja Irys y Alberto Arias Paz, todos ellos expertos en el tema.

Este curso tuvo mucho éxito; asistieron 60 personas, entre las que se encontraban estudiantes, consultores y académicos.



Tesis sobre la interacción suelo-estructura

El 26 de junio pasado, el ingeniero Jorge Reyes Sánchez obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería Civil en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional (ESIA-IPN), con la tesis *Estudio de interacción suelo-estructura de una columna con cimentación mixta*, dirigida por los doctores David Murià Vila y Norberto Domínguez Ramírez, investigadores del IIUNAM y de la ESIA-IPN, respectivamente. Al final del examen el jurado determinó otorgarle la mención honorífica por su excelente trabajo y exposición.

En esta tesis se presenta el estudio de la interacción suelo-estructura (ISE) de una columna de concreto reforzado de una vía ele-

vada desplantada en suelo blando del área metropolitana de la ciudad de México, cuya cimentación es a base de una zapata con cuatro pilas. El objetivo principal del trabajo fue elaborar y calibrar un modelo numérico de elementos finitos para representar el efecto de la ISE de una columna ante cargas laterales. El modelo numérico fue generado con programas de cómputo de código abierto (Salome y Code-Aster) en el cual se incluyen las pilas, la zapata y la columna, así como las diferentes capas de suelo donde está desplantada.

En este estudio se plantearon varios modelos analíticos y con ellos se logró determinar cuáles eran las consideraciones de análisis más relevantes para lograr un modelo representativo del sistema suelo-estructura. Los resul-

tados numéricos se compararon con datos experimentales obtenidos de pruebas de campo realizadas por el Instituto de Ingeniería, con el fin de lograr un modelo calibrado. Este modelo analítico permitió reproducir las respuestas de desplazamiento registradas en la estructura. Para lograrlo se requirió tener en cuenta los efectos de la ISE, las características de los diferentes estratos del suelo y las características estructurales de la columna-zapata-pilas y del material empleado para rellenar el espacio perimetral de la excavación entre la zapata y el suelo. En la tesis se destaca la importancia de contemplar los diversos elementos que aportan rigidez y la relevancia de considerar los efectos de la ISE, con la finalidad de tener mejor estimación de su respuesta. |

Aniversario de la Red del Agua de la UNAM

Por Verónica Benítez Escudero

La Red del Agua de la UNAM cumplió cinco años de haber iniciado sus actividades, y su festejo coincidió con la organización del VI Encuentro Universitario del Agua, mismo que inauguró el doctor José Narro Robles, rector de la UNAM, quien estuvo acompañado por distinguidas personalidades.

Actualmente la Red está integrada por 750 académicos, quienes abordan el tema del agua desde varias áreas del conocimiento: ingeniería, ecología, economía, recursos naturales, ciencias sociales, biológicas y de la tierra, arquitectura y urbanismo, y a lo largo de estos cinco años ha fomentado la vinculación con otros sectores de la sociedad, tanto estatales como municipales.

Al tomar la palabra, el doctor Fernando González Villarreal, coordinador técnico de la Red del Agua de la UNAM, mencionó que uno de los objetivos de esta red fue poner en contacto a

casi 300 investigadores de 26 dependencias universitarias para unir esfuerzos a fin de enfrentar y resolver de la mejor manera los problemas hídricos emergentes, además de formar personal capacitado y difundir la cultura del agua.

Por su parte, el doctor Sergio Alcocer Martínez de Castro, subsecretario para América del Norte de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SER), junto con González Villarreal, recordó que la formación de este grupo fue en 2006, cuando México fue la sede del Foro Mundial del Agua. Manifestó su interés por extender esta red con otras existentes en Estados Unidos y Canadá.

Posteriormente, Emiliano Rodríguez Briño, subdirector general de Planeación de la CONAGUA, subrayó que el agua se debe estudiar, ya que es un recurso estratégico, escaso y fundamental para México, y afirmó que el agua se debe administrar de manera responsable.

Para concluir, el doctor Narro declaró que el aprovechamiento, desperdicio y manejo racional, inteligente y sensato del agua son temas de sumo interés para los investigadores de la UNAM. Por eso no es de extrañar el número de integrantes de esta red ni de los estudios y productos obtenidos del orden académico propositivo y de la relación con instancias estatales, federales y locales que tienen que ver con el manejo racional del agua. “Gracias a la Red también nos estamos vinculando con la comunidad y estamos colaborando para que la UNAM cumpla con su encomienda”.

Para finalizar dijo: “Quiero felicitar esta iniciativa de los doctores Alcocer y González Villarreal y congratular también a los integrantes de la Red por su compromiso. La Rectoría seguirá impulsando y apoyándolos a fin de seguir cosechando frutos para beneficio de la población académica y de la sociedad en general”. |

15 años del GIL: la ingeniería lingüística frente a los retos de la sociedad

Por Verónica Benítez Escudero

Con el objetivo de reflexionar en torno a las tecnologías del lenguaje y su impacto en la sociedad, el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) celebró el 6o Seminario de Ingeniería Lingüística (SIL), que se llevó a cabo los días 24, 25 y 26 de septiembre de 2014.

El evento fue organizado por el Grupo de Ingeniería Lingüística (GIL) en el marco del festejo de los 15 años de su fundación, e incluyó conferencias magistrales, presentación de herramientas y desarrollos tecnológicos.

Al inaugurar el evento el doctor Adalberto Noyola, director del IIUNAM, resaltó la labor del líder del GIL, doctor Gerardo Sierra, quien, en conjunto con la doctora Azucena Montes, se dio a la tarea de organizar este seminario, que “es una muestra de que el GIL no solo está interesado en contribuir en la investigación, sino en aplicar los conocimientos a la iniciativa privada”.

Al evento inaugural asistieron importantes académicos que han forjado el área de la ingeniería lingüística en México, un área por naturaleza multidisciplinaria donde es posible ver la estrecha relación que existe entre la ingeniería, las ciencias sociales y las humanidades, como refirió el doctor Sierra. Por su parte el doctor Luis Fernando Lara, distinguido investigador del COLMEX y del Colegio Nacional, relató su primer acercamiento a la lingüística computacional en la década de los 60, hecho que lo ha llevado ser considerado el primer lingüista computacional de Hispanoamérica. El doctor Lara enfatizó la importancia de las matemáticas y la computación en el estudio del lenguaje humano.

En la mesa inaugural también participó el doctor Alfonso Medina, quien actualmente es investigador del Colegio de México y fue pieza clave del GIL por casi 10 años.

Esta edición del SIL abordó tres ejes temáticos: (1) seguridad, donde se presentaron



temas de problemática jurídica y el impacto de la lingüística forense para darle solución a los problemas de esta índole; (2) multilingüismo, donde se analizó el papel de la ingeniería lingüística en el desarrollo de herramientas que puedan contribuir a disminuir la brecha de comunicación, sobre todo en países con gran diversidad lingüística como México; (3) sociedad de la información, donde se discutió sobre la forma como la información ha modificado a la sociedad y se resaltó la importancia de las tecnologías del lenguaje para generar una sociedad más equilibrada.

Destacados académicos y empresarios se dieron cita para exponer problemas existentes en diversos sectores de la sociedad, así como las soluciones que pueden ofrecer las tecnologías del lenguaje humano para enfrentar estos retos nacionales. Entre los desarrollos tecnológicos expuestos se encuentra la puesta en línea, por el Instituto de Investigaciones Bibliográficas, de dos sistemas para el náhuatl: GDN (gran diccionario náhuatl) y Tlachia (diccionario de códigos). Asimismo, se mostraron desarrollos para las humanidades digitales, la atribución automática de autoría, la extracción de información a partir de grandes corpus

de noticias y la construcción automática de memorias de la ciudad de México a partir de fotos y comentarios en Facebook.

El SIL contó con la presencia de Margarita Palacios Sierra, coordinadora del Seminario Universitario de Estudios sobre el Discurso Forense; Rosa María Rojas Torres, directora de investigación del INALI; Juan Ricardo Pérez Escamilla, empresario de la industria de los medios y la información; Ernesto Priani, secretario académico de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM; y el doctor Raúl Sierra Alcocer, coordinador de Ecoinformática de la CONABIO, entre otros invitados.

El evento finalizó con una mesa de prospectiva donde se reflexionó sobre el futuro de las tecnologías del lenguaje en México. Los participantes, provenientes de instituciones gubernamentales, privadas y académicas, expusieron la pertinencia y utilidad de la lingüística computacional en las tecnologías de la información, las humanidades digitales y en otras áreas. “El reto de nuestra área será la aplicación para darle solución a los problemas sociales y científicos”, concluyó la doctora Azucena Montes Rendón.

Para mayor información consulte www.iling.unam.mx.

Macrosimulacro

Por Ana Lizbeth Rubio

El pasado 19 de septiembre, Día Nacional de la Protección Civil, en respuesta a la Convocatoria de la Secretaría de Servicios a la Comunidad, el Instituto de Ingeniería realizó un macrosimulacro de sismo, en el que participaron autoridades, académicos, investigadores, estudiantes y personal sindicalizado y administrativo.

Previamente a ello, en el seno de la Comisión Local de Seguridad (CLS), se invitó a todo el personal del Instituto, a través de los jefes de los diferentes edificios que conforman esta institución, a participar en este evento. Así, en una reunión de trabajo con los jefes de edificio, convocados por el secretario administrativo y secretario de la CLS, se establecieron las estrategias y los protocolos para cada uno de los edificios, así como también el equipo (megáfonos, chalecos, cronómetros, pilas, silbatos, etc.), el cual fue proporcionado con toda oportunidad.

Durante la realización del simulacro se pudo observar una participación entusiasta del personal, que, en suma, alcanzó la cantidad de 448 personas, incluidos los 60 brigadistas con los que se cuenta.

Como todos saben, a raíz de los sismos de septiembre de 1985 el Gobierno mexicano crea el Sistema Nacional de Protección Civil como una respuesta institucionalizada para generar mejores condiciones de seguridad para todos los mexicanos ante la presencia de fenómenos naturales que, por su fuerza, han creado severos daños tanto humanos como materiales.

Por ello, todas las instituciones públicas tienen la obligación de formar parte de ese Sistema Nacional y, además, proporcionar los recursos y medios a su alcance para preparar a su personal para dotarlos de herramientas, conocimientos y habilidades que permitan mi-



REALIZACIÓN DEL MACROSIMULACRO 2014			
INFORMACIÓN PARA ENVÍO INMEDIATO AL TÉRMINO DEL EVENTO			
FECHA	NOMBRE DE LA ENTIDAD O DEPENDENCIA		
19 de septiembre de 2014	Instituto de Ingeniería, UNAM		
1 Nombre del inmueble:	Edificios 1, 2, 3, 4, 5, 5B, 6, 7, 8, 11, 12, 13 y 18		
2 Nombre del jefe de brigadas:	CLS-II		
3 Tiempo general de repliegue	55 segs.	9	Total de participantes
4 Tiempo general de la evacuación	1 min. 19 segs.	10	Total de brigadistas
5 Número de personas que participaron	448		388
6 Número de personas que no participaron	4		60
7 ¿Hubo incidentes reales? ¿Cuáles?	No		N/A
8 El sistema de alerta sísmica (SASMEX) se encuentra instalado y en operación			Sí

tigar los posibles daños que se presenten en situaciones de esta naturaleza.

El Instituto de Ingeniería, a través de su comisión local y sus respectivos comités internos, ha realizado diversas acciones en materia de protección civil para preparar y motivar la participación más amplia de la comunidad en estas actividades, con lo que se contribuye a incrementar la cultura de la protección civil, que no es más que la cultura de la prevención

para saber qué hacer antes, durante y después de algún suceso.

Finalmente, en una reunión de evaluación, los jefes de edificio presentaron los resultados de dicho macrosimulacro, cuyas cifras finales se presentan en la tabla:

Agradecemos a los brigadistas y a la comunidad del Instituto por su participación |

Estudio de casos de terminales de carga aérea en aeropuertos de países de la UNASUR

A consecuencia de la difusión que la Secretaría de Economía realizó con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) de los resultados del proyecto Competitividad de la Carga Aérea en México realizado en el Laboratorio de Transporte, Logística, Tráfico y Sistemas Territoriales del Instituto de Ingeniería (LTLST/IIUNAM), la Comisión de Infraestructura y Transporte de la IIRSA (Iniciativa de Integración Regional Sudamericana) de la UNASUR (Unión de Países de Sudamérica) invitó a Juan Pablo Antún y a Rodrigo Alarcón a participar en una comisión de especialistas que durante julio y agosto pasado realizaron cuatro misiones técnicas para llevar a cabo estudios de caso de terminales de carga aérea en aeropuertos de países de la UNASUR.

Se estudiaron los casos de seis terminales de carga aérea en el aeropuerto Arturo Merino

Benítez, de Santiago de Chile (SCL); dos en el aeropuerto internacional Jorge Chávez, de Lima (LIM); tres en el aeropuerto internacional Eduardo Gomes, de Manaus (MAO); y una en el aeropuerto internacional de Campinas, en Viracopos (VCP). Además tuvieron la oportunidad de visitar la terminal de carga aérea en el aeropuerto internacional de São Paulo Guarulhos.

La agenda de las misiones técnicas incluyó no solo extensas y detalladas visitas a las terminales de carga aérea, guiadas por los gerentes de Planeación y Desarrollo y de Operaciones, sino también entrevistas en las agencias nacionales de Aviación Civil de los Gobiernos de Chile, Perú y Brasil, a las agencias nacionales de Vigilancia Sanitaria Vegetal y Animal, a los operadores de los aeropuertos, a los operadores de las terminales de carga aérea, a las gerencias de la División Cargo

de las aerolíneas líderes, a los operadores de *handling* en rampa, a las gerencias de operaciones de integradores globales, así como a agentes de carga y agentes aduanales.

Con el propósito de conocer las características del desempeño de las operaciones en procesos logísticos vinculados a las cadenas de suministro con carga aérea, también pudieron reunirse con los generadores de carga, entre los que se destacan la Asociación de Exportadores de Frutas en Chile, la Asociación de Ejecutivos de Logística del Perú vinculados a cadenas de suministros con carga aérea, y los ejecutivos de logística de complejos industriales de envergadura en la zona franca de Manaus (Samsung, LG, etc.) y de la Asociación de Empresas de São Paulo.

También, las misiones técnicas permitieron conocer parques empresariales y almace-



Aeropuerto de Santiago de Chile

nes *in-bond*, que funcionan como centros logísticos de carga aérea en tercera línea, fuera del recinto aeroportuario, como la ENEA, en Santiago de Chile, y la EADI, en Manaos.

Los resultados de los estudios de caso se presentaron en el Taller de Integración Aérea de IIRSA/COSIPLAN, que organizó el gobierno de Brasil en Río de Janeiro la segunda semana de septiembre pasado.

Cabe señalar que anteriormente, en septiembre de 2013, Juan Pablo Antún participó en la Misión Técnica de Análisis de Plataformas Logísticas Relevantes en Asia que organizaron la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Economía, también con recursos del BID, que permitió conocer las características técnicas del Dubai Logistic World en desarrollo para el nuevo aeropuerto de Dubai, la recientemente inaugurada nueva terminal de carga aérea de Cathay Pacific en el aeropuerto de Hong Kong y el nuevo aeropuerto de Shanghai Pudong.

Se espera que los resultados de estas misiones técnicas, en particular en aspectos de planeación estratégica (microlocalización, conectividad interna con las terminales de pasajeros, conectividad vial con carreteras de altas especificaciones, etc), así como en normas técnicas innovadoras en relación con el capítulo sobre las terminales de carga aérea del Manual de Diseño de Aeropuertos de IATA (dimensionamiento rampa/"losa", puertas al lado aire, dimensionamiento de naves logísticas, altura libre, andenes del lado aire, características de las áreas para *breakdown*, equipamiento automático para operaciones de carga aérea en tránsito, así como para entregas a destinatario final, características de las áreas de unitarización/"producción", andenes del lado tierra, etc.), puedan transferirse al proyecto de la terminal de carga aérea del nuevo aeropuerto de la ciudad de México, en el marco de la colaboración que realiza nuestro instituto con este importante desarro-

llo para México, con la finalidad de que las operaciones en procesos logísticos con carga aérea se realicen de manera competitiva y alcancen los indicadores de desempeño de los aeropuertos en Asia, cuyos *benchmark* fueron identificados en el estudio citado realizado en el LTLTST/IIUNAM. |

SIGUE AL INSTITUTO DE INGENIERÍA EN LAS REDES SOCIALES



PERFIL: www.facebook.com/InstitutoIngenieriaUNAM
PÁGINA: www.facebook.com/iingenunam



twitter.com/IIUNAM



www.linkedin.com/company/instituto-de-ingenier-a-de-la-unam



www.youtube.com/IINGENUNAM

El IIUNAM detrás de una de las grandes obras de la ingeniería: el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México (NAICM)

Por Luis Francisco Sañudo Chávez

Uno de los proyectos más necesarios, pero a la vez más complicados de concretar y poner en marcha en los últimos lustros, es sin duda la construcción del nuevo aeropuerto de la zona metropolitana de la ciudad de México. Esta decisión no ha estado ni estará aislada de conflictos y de complejidad.

El valor estratégico de esta obra de infraestructura es determinante para el desarrollo del país. Diversos estudios han valorizado los impactos económico, social y político y la necesidad que representa modernizar todo el sistema aeroportuario del país, con base en una red estructurada en donde una pieza fundamental es la zona metropolitana de la ciudad de México, no solo en términos de movilización de pasajeros, sino también de carga

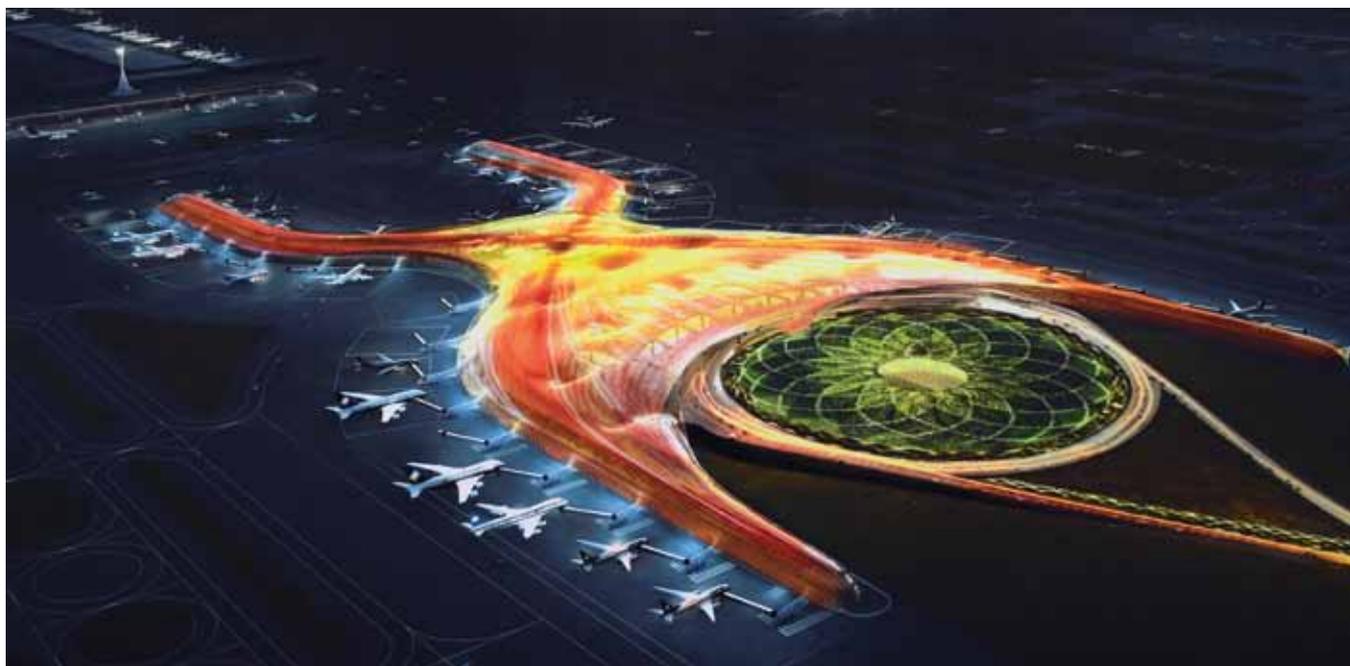
aérea, actividad que tiene mucho potencial por delante.

El actual aeropuerto de la ciudad de México cuenta con una capacidad instalada para 32 millones de pasajeros; en 2013 atendió a poco más de 31.5 millones, lo que representa el 34 % del total de pasajeros movilizadas en el conjunto de 65 aeropuertos con actividades comerciales del país, y se estima que alcanzará el máximo de su capacidad en 2016. En cuanto a carga, en 2013 se movieron 376350 toneladas, el 55.6 % del total de carga movilizada vía aérea. Ahora bien, si consideramos solo la carga internacional, el AICM concentra el 65 % de estas operaciones.

Las proyecciones indican que hacia 2050 el número de pasajeros que deberá atender el

AICM será de cerca de 55 millones y la carga rondará el millón de toneladas. Era pues impostergable la construcción del nuevo aeropuerto, ya que, de no hacerse, se tendría que seguir asumiendo un costo altísimo en términos de competitividad para México, la cual de por sí se ha venido deteriorando a nivel nacional (como lo muestra el más reciente reporte del Foro Económico Mundial), pero también a nivel de la infraestructura y la logística. México ocupa el lugar 49 en infraestructura aeroportuaria y el 55 en competitividad, por debajo de las principales economías del mundo.

Varios temas son relevantes alrededor de la construcción del nuevo aeropuerto, entre los que se encuentran su interrelación con el entorno urbano de la zona metropolitana; su papel



como motor de la actividad económica a través de la conectividad y la logística; el impacto en términos del impulso de las cadenas de proveeduría para la infraestructura; y, por supuesto, el impacto presupuestal de su financiamiento.

Es claro que el nuevo aeropuerto tiene que estar interrelacionado con los factores urbano y sustentable de la ciudad; es imposible ver un proyecto de esta magnitud sin medir los impactos expansivos que va a tener, neutralizando los elementos negativos y potenciando los positivos que va a generar. Este nuevo proyecto debe enmarcarse dentro de la planeación de la ciudad y el país; hacerlo como un proyecto aislado solo lo haría inviable. También se debe considerar la expansión de las actividades alrededor de la zona de influencia, como los desarrollos habitacionales que podrían materialmente “comerse” al nuevo aeropuerto en pocos años.

Los aeropuertos modernos son clústeres logísticos, ofrecen multiservicios y se convierten en verdaderos centros de desarrollo económico. Por ejemplo, Hartsfield-Jackson, en Atlanta, fue recientemente reconocido como el aeropuerto más eficiente del mundo por el Global Airport Benchmarking Report, gracias al menor tiempo de los desplazamientos, la eficiencia en las actividades de carga y descarga y la diversificación de sus ingresos. Por otro lado, el aeropuerto de Frankfurt, que es el número uno en carga en Europa y es operado por Fraport, es uno de los más dinámicos del mundo en el manejo de pasajeros, equipajes, carga y conexiones logísticas, lo que lo coloca como líder en operaciones aeroportuarias, manejo de carga y en la prestación de servicios de consultoría aeroportuaria especializada. El NAICM está planeado para tener la capacidad de expansión suficiente no solo en operaciones de movimiento de pasajeros, sino también de carga. Sin embargo, es necesario que se convierta, junto con los de Monterrey, Guadalajara y Cancún, en una plataforma de salida de mercancías mexicanas hacia el exterior y una puerta de entrada de turistas extran-



jeros, por lo que la estrategia es integral, y se debe seguir incentivando la industria nacional y la competitividad turística.

Construir el nuevo aeropuerto implica recursos económicos, humanos y materiales. En este último aspecto, es importante considerar que la construcción y las obras de infraestructura (vial, hidráulica, comunicaciones y energéticas, entre otras) tienen efectos multiplicadores en diversas ramas económicas. Es importante, y una gran oportunidad, lograr que en las licitaciones que se realicen, se incentive y se promueva la integración nacional de las cadenas de proveeduría de la infraestructura. No solo las grandes empresas nacionales constructoras y proveedoras de insumos, como acero, cemento, plástico, vidrio y demás, deben verse beneficiadas, también las pequeñas y medianas empresas. Existe capacidad y contenido nacional para satisfacer la demanda de lo que representa esta obra, y debemos aprovecharla.

El costo de un nuevo aeropuerto se ha estimado en 169 mil millones de pesos, que se irá suministrando anualmente hasta 2020.

Esta cantidad representa el 1.05 % del PIB de 2013 (16.1 billones de pesos) y el 3.6 % del presupuesto que recientemente presentó la Secretaría de Hacienda para 2015 (planeado en 4.7 billones de pesos). Cabe señalar que este proyecto no fue incluido ni en el Plan Nacional de Desarrollo ni en el Programa Nacional de Infraestructura, pero su costo representa el 2.2 % de los más de 7.5 billones de pesos que se destinarán en el sexenio. A esta inversión habrá que sumar los anuncios que diversas compañías del sector han hecho en inversiones por hasta 20 000 millones de dólares en la compra de nuevas aeronaves.

EL NAICM es una gran obra y más aún una gran necesidad; está en nuestras manos como mexicanos hacer que esta se materialice. El Instituto de Ingeniería tendrá un papel importante para su éxito en el largo plazo.

Las cifras y algunas notas de este resumen fueron extraídas de estadísticas sobre desplazamiento de pasajeros, carga y descarga del AICM y del informe presidencial del pasado 1° de septiembre. |

Ocho puntos importantes a tomar en cuenta en el manejo de proyectos

8/8

Por Carlos Alberto Flores Torres/Luis Francisco Sañudo Chávez

Con esta publicación se llega al final de una serie con la que hemos tratado de exponer algunos puntos importantes a tomar en cuenta en el manejo de proyectos, pero, sobre todo, hemos buscado generar un interés por parte de quienes realizan proyectos para que identifiquen aquello que están haciendo bien y lo sigan haciendo y, por otra parte, se cuestionen si habrá maneras distintas de hacer las cosas que pudieran ser de utilidad para ellos. En este artículo comentaremos de manera breve sobre la importancia de comunicar activamente:

COMUNICAR ACTIVAMENTE

Como se mencionó en el artículo anterior, el reto principal en la construcción de equipos efectivos es encontrar la forma de lograr interdependencia, eficiencia, responsabilidad compartida, apoyo mutuo y confianza entre los miembros del equipo.

Para ello, consideramos que un paso importante es establecer objetivos detallados y claros para generar una visión compartida, y lograr con ello compromisos explícitos de los miembros del equipo sobre el trabajo a realizar. A excepción de lo que sucede con algunos patrocinadores (proyectos militares o con algunas instancias de gobierno), rara vez la información es secreta, por lo que se recomienda que la información del proyecto sea abierta y esté disponible para todos los miembros del equipo. Tal y como sucede con cualquier parte interesada con influencia, mantener al equipo informado ayuda a clarificar expectativas y a reducir sorpresas a lo largo del proyecto.

En particular, se recomienda que los miembros del equipo conozcan los acuerdos, a las otras partes interesadas y su influencia sobre el proyecto, las necesidades y expec-

tativas del patrocinador, etc. Hay que pensar que en algún momento de ausencia del jefe de proyecto, el equipo (como entidad) debería poder continuar con el proyecto por sí mismo. Se debe entrenar al equipo en la manera como se administra el proyecto (que conozca los planes de calidad, el manejo del riesgo, el control de cambios, el plan de comunicación, el proceso interno, los planes de entrega de informes, etc.), así como en su papel, responsabilidad e importancia dentro del equipo.

Por otra parte, dado que se sabe que las personas trabajan mejor cuando conocen el panorama completo del proyecto, pues de ese modo logran visualizar la importancia de su

contribución individual a un objetivo más amplio que realizar una tarea que les fue asignada, fomentar una comunicación abierta contribuye a lograr un mayor compromiso hacia el proyecto.

La comunicación activa favorece permear objetivos claros, propiciar una mejor asignación de roles y responsabilidades y, sobre todo, lograr en los miembros del equipo compromisos asumidos.

En cascada, con acuerdos y responsabilidades claras, se facilita el adecuado seguimiento que le permite al jefe de proyecto mantener procesos internos claros y una ejecución disciplinada, de modo que en todo momento



Comunicar activamente

Rara vez la información es secreta (como en proyectos militares), por lo que se recomienda que la información del proyecto sea abierta y disponible para los miembros del equipo.

Las personas trabajan mejor cuando conocen el panorama completo del proyecto.

Mantener al equipo informado ayuda a clarificar expectativas y a reducir sorpresas a lo largo del proyecto.

Mantener al equipo informado provoca mayor compromiso hacia el resultado.

Se debe entrenar al equipo en la manera como se administra el proyecto, así como en su rol, responsabilidad e importancia dentro del equipo.

se persiga el cumplimiento de las fechas de entrega y calidad de lo entregado, lo que favorece no solo un orden para la gestión del proyecto, sino también mayores índices de satisfacción de los patrocinadores.

En el recuadro se enuncia un resumen simplificado de los aspectos a tomar en cuenta en el tema.

Para las dudas y los comentarios que pudieran surgir con motivo de esta serie de buenas prácticas en la gestión de proyectos, por favor dirigirse con Carlos Alberto Flores Torres a: cflorest@iingen.unam.mx o a la ext. 3605.

primer
concurso
 de
podcast
 del Instituto de Ingeniería UNAM

convocatoria abierta hasta
 el 24 de octubre de 2014



consulta las bases en www.iingen.unam.mx



**INSTITUTO
 DE INGENIERÍA
 UNAM**

CASA UNAM en el Decatlón Solar de Versalles. Proyecto multidisciplinario en el que participó el IIUNAM

Por Verónica Benítez Escudero

CASA UNAM es el proyecto con el que participó la Universidad Nacional Autónoma de México en el Decatlón Solar que tuvo lugar en Versalles del 28 de junio al 14 de julio de 2014. En esta competencia, que es la más importante en el campo de la arquitectura, el diseño y la ingeniería sustentable a nivel universitario y en el que participan equipos de todo el mundo, la UNAM obtuvo 3 importantes premios: primer lugar en ingeniería y construcción, segundo lugar en urbanismo y tercer lugar en sustentabilidad.

El Decatlón ofrece la oportunidad para que estudiantes universitarios presenten el diseño, la construcción y la operación de una casa energéticamente autosuficiente, utilizando la energía solar como único recurso. Cada equipo debe construir su casa en la Villa Solar, que es un espacio abierto al público.

El proyecto de la UNAM es un sistema para solucionar varios problemas, como la aglomera-

ción en la vivienda, cuando tres o más personas utilizan una habitación para el reposo nocturno, la falta de agua, la contaminación, la inseguridad, la movilidad (que implica dinero y tiempo utilizado en transporte), el déficit de energía y la reconstrucción del tejido social.

CASA UNAM se basa en las necesidades espaciales para construir una solución funcional ante una situación real. Este prototipo es un cercamiento que trabaja como una red flexible que se traslapa en funciones y espacios.

El proyecto se diseñó considerando la situación actual de un caso de estudio de la unidad habitacional Vicente Guerrero (UHVG), ubicada en la delegación Iztapalapa, lugar en el que hay que enfrentar problemas socioeconómicos, educativos, culturales y políticos.

El sistema CASA está diseñado para ocupar espacios residuales dentro de la ciudad, por ejemplo, predios desocupados, espacios

intersticiales en la infraestructura construida y espacios entre paredes, además de aprovechar las azoteas y terrazas como sitios de implementación. El proyecto también considera, entre otros conceptos, la reducción tanto del costo de los predios como de la distancia entre el hogar y las actividades de las personas, evitar afectaciones negativas al entorno, y mejorar la calidad de vida de los habitantes al transformar el lugar en un ambiente saludable.

Este proyecto multidisciplinario contó, por parte del IIUNAM, con la participación de Patricia Güereca en el tema de la sustentabilidad, Marcos Chávez Cano como asesor estructural y Valente Vázquez como asesor en cuanto al confort. Los temas sustentabilidad, estructural y confort son aspectos importantes que debían cumplir los diseños para poder alcanzar los puntos necesarios para participar en la competencia final. La evaluación la hizo un jurado calificador de manera cualitativa y cuantitativa.

Para puntualizar, al doctor Marcos Chávez le correspondió dar asesoría para la selección y el análisis estructural sobre el tipo de estructura que la casa debería tener para que, además de permitirles desarrollar la idea arquitectónica que tenían en mente, también les permitiera construirla de manera fácil y rápida, pues esta debía ser edificada por ellos mismos, incluidos el mobiliario, los equipos, etc.; lo anterior implicó la transportación de todos los materiales desde la ciudad de México hacia la ciudad de Versalles, Francia. De las múltiples opciones que se tenían contempladas, se optó por una estructura metálica, compuesta por un sistema de cubierta y de piso formada por armaduras tridimensionales de perfiles formados en frío de no más de 90 cm con conexiones atornilladas. Las columnas



elegidas fueron de sección transversal circular, y también con conexiones atornilladas a los sistemas de piso y de cubierta. Este tipo de conexiones facilitaron el proceso constructivo de manera importante. Una vez definida la estructuración de la casa, se realizó el análisis estructural bajo el efecto de diversas acciones (cargas muertas y vivas, sismo y viento). Hay que subrayar que CASA obtuvo el primer lugar en la categoría de ingeniería y construcción.

Para evaluar la sostenibilidad de CASA UNAM la doctora Patricia Güereca utilizó la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV), que permite determinar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de su vida útil. El ACV consideró desde la extracción de los materiales con los que se construyó CASA UNAM, hasta la disposición final de cada uno de los componentes cuando acaben su vida útil.

El ACV se realizó desde el diseño conceptual de la casa y se fue ajustando conforme la vivienda se fue consolidando, siempre tomando en cuenta el contexto de la ciudad de México.

Las características de los materiales, como densidades, áreas, espesores y vida útil, fueron proporcionadas en su mayoría por los pro-

veedores a través de las fichas técnicas, y en otros casos, con el apoyo de la bases de datos Ecoinvent. En el caso de muebles de madera y materiales cuyos proveedores no pudieron responder a tiempo, las especificaciones se obtuvieron a través de mediciones específicas, entrevistas, medios electrónicos o referencias bibliográficas. Para evaluar los impactos por uso de electricidad se consideró el mix eléctrico de la república mexicana SENER, publicado por la Secretaría de Energía en México (2013).

La unidad funcional establecida para CASA UNAM es de un periodo de vida útil de 50 años habitada por 2 personas y ubicada en la unidad habitacional Vicente Guerrero, en la delegación Iztapalapa, México DF. El proyecto de la UNAM también obtuvo un tercer lugar en el rubro de la sustentabilidad.

Por su parte, el ingeniero Valente Vázquez Tamayo colaboró en el equipo de control y automatización, para lograr las condiciones de confort establecidas por la organización y para obtener un adecuado funcionamiento de la casa junto con el equipo de análisis térmico, fotovoltaico, energía eléctrica e instalación hidráulica.

En cuanto al confort, el objetivo del proyecto consistía en integrarle a la casa un sis-



tema domótico, es decir, estudiar el control y la automatización actual de la vivienda, revisando la lógica de funcionamiento por área de acuerdo con el tipo de usuario, incorporando también los subsistemas de la casa al tipo domótico e incluir un procedimiento de gestión de seguridad. También se fabricaron tres sistemas de medición para condiciones ambientales (temperatura, humedad, bióxido de carbono, monóxido de carbono, oxígeno y partículas orgánicas en suspensión) con comunicación inalámbrica. Asimismo se elaboró un programa de supervisión y mantenimiento del sistema durante el Decatlón Solar.

El equipo de la UNAM, integrado por 32 personas, contó con el apoyo del rector de la UNAM doctor José Narro, los directores de varias dependencias universitarias y 50 socios, algunos de la iniciativa privada y otros de instituciones gubernamentales.

Felicitemos a todos los participantes y muy especialmente al arquitecto Honorato Carrasco, quien como líder del proyecto pudo conducir al equipo a un exitoso final.

¡Enhorabuena! |



FREDERIC TRILLAUD PIGHI



Estudié en Francia la licenciatura en Electricidad y Mecánica, la maestría sobre sistemas de potencia sobre el modelado y las simulaciones de máquinas eléctricas y el doctorado sobre superconductividad con mediciones de la estabilidad de superconductores de alta y baja temperatura crítica para su uso en aceleradores de partículas, en especial el gran colisionador de hadrones, ubicado en la Organización Europea para la Investigación Nuclear. Parte del doctorado que hice en el Instituto Nacional Politécnico de Grenoble incluyó dos estancias de investigación: una en el Comisariado de la Energía Atómica en París, y otra en el Laboratorio Nacional de Alto Campo Magnético (National High Magnetic Field Laboratory), en EUA.

Obtuve el doctorado en 2005 y los dos años siguientes realicé una estancia posdoctoral en el Instituto Tecnológico de Massachusetts en un grupo de especialistas en imanes superconductores. Después empecé a trabajar como ingeniero mecánico en el Laboratorio Nacional Ernest Lawrence, en Berkeley (Ernest Lawrence Berkeley National Laboratory), EUA, donde los ingenieros apoyábamos a los físicos en los instrumentos que usan para hacer mediciones. Ahí participé en varios proyectos sobre mediciones mecánicas y caracterización de superconductores, modelado y simulación de imanes superconductores y sistemas criogénicos para detectores de partículas. A mediados de 2010 vine a la UNAM a tocar puertas, pasé por la Facultad de Ingeniería, por el CCADET y por los institutos de Ciencias Nucleares, de Materiales y de Ingeniería. Fue a finales de 2010 cuando hubo la oportunidad de entrar, como becario, al Instituto de Ingeniería de la UNAM; después me contrataron por honorarios y en 2013 por el artículo 51.

Actualmente participo con otras dependencias universitarias y con institutos de otros países. Uno de los proyectos en los que estoy trabajando es con el Instituto de Ciencias Nucleares, donde me toca ver la parte de los detectores, en especial aparatos que se utilizan en la búsqueda de la materia

oscura. Básicamente, la materia visible del universo no es suficiente para explicar algunos fenómenos que pasan a escala astronómica, lo que hace suponer que hay alrededor de un 21% de materia que no podemos observar. Generalmente los físicos buscan partículas elementales asociadas con la materia oscura, partículas masivas que interactúan débilmente, conocidas como WIMPS y axiones. Para poder estudiar esas partículas necesitamos construir detectores, tema en el que tengo experiencia. Incluso formo parte de un grupo internacional integrado por investigadores de Norteamérica, Argentina, Brasil, Paraguay, Suiza y México, donde soy el encargado de realizar el análisis térmico del detector DAMIC (Dark Matter in CCDs). Para obtener suficiente información de la interacción entre partículas se requiere de un ambiente donde el ruido sea muy bajo; estas condiciones las podemos encontrar en laboratorios subterráneos. Así surgió la idea de crear un laboratorio en México, bajo la iniciativa de investigadores del Instituto de Ciencias Nucleares; en nuestro país hay varios lugares donde se podría instalar, como por ejemplo, las minas activas en Guanajuato. Este laboratorio representaría un apoyo importante para la comunidad científica y técnica de México. Dentro del equipo que se requiere se encuentran los detectores y los instrumentos para análisis sísmicos, además de otros aparatos para estudiar la materia y su radioactividad, entre otras aplicaciones especiales. La propuesta del laboratorio subterráneo es interesante, pues existen varios estudios que necesitan, como ya lo mencioné, de un ambiente sin ruido para que se puedan llevar a cabo; con estas instalaciones se podría realizar investigación en temas de mucho impacto, como el de la sismología. Este proyecto lo coordina el Instituto de Ciencias Nucleares junto con los institutos de Geofísica e Ingeniería.

Además de este trabajo estoy iniciando una colaboración con la Universidad de Bolonia, en Italia, sobre el tema de investigación y desarrollo de sistemas de potencia con superconductores. Son proyectos mucho más tecnológicos, con aplicaciones directas en la sociedad. Últimamente empecé a laborar en tecnologías espaciales con un proyecto de diseño de carga útil del globo estratosférico, con la idea de desarrollar en México la tecnología necesaria para realizar vuelos suborbitales, apoyando así la ingeniería aeroespacial.

Aunque trabajo en otros ámbitos de la ingeniería, mis conocimientos están en el campo de la superconductividad. Afortunadamente mi formación académica me ayuda, ya que, después de la secundaria, pasé tres años estudiando matemáticas y presenté varios concursos nacionales para entrar en una escuela de ingeniería. Antes de empezar el

doctorado me gradué de un diplomado en Ingeniería de Electricidad y Mecánica en 1999, y de la maestría, en el año 2000.

Siempre tuve la idea de realizar mis estudios en la forma y el tiempo requeridos, porque si no lo haces así, después la vida te lo cobra, y es mucho más difícil hacer una carrera universitaria. Esto lo vi con mi padre, quien después de 30 años decidió retomar sus estudios empezando desde la secundaria, para 20 años después obtener su licenciatura en Ingeniería. Él empezó a trabajar a los 14 años, pero se dio cuenta, después de varios años, de que estaba muy limitado en su trabajo. Tuvo que hacer un gran esfuerzo y superarse tomando varios cursos por las noches, incluso sábados y domingos. Mi padre no se conformó con terminar la licenciatura, también hizo una maestría. Está orgulloso de haber podido alcanzar esta meta.

Creo que es muy interesante ver otras culturas; por eso, cuando conocí a mi esposa en Francia, siendo ella estudiante de maestría, me llamó la atención saber de un país que hasta ese momento no existía para mí, ya que no había investigadores mexicanos en mi tema de estudio.

Desde que me fui a los Estados Unidos sentía que no iba a regresar a mi país; sin embargo, nunca imaginé que me fuera a establecer al otro lado del mundo. Como mi familia es muy independiente, la distancia no es un asunto muy fuerte y cada 5 años más o menos mi esposa, los niños y yo vamos a pasar un mes en Francia para ver a mis padres. Mi esposa es mexicana, de Morelia, y por eso nos casamos en Michoacán.

A pesar de que no extraño a mi país, en muchas cosas sigo siendo muy francés, por lo que a veces mi esposa y yo tenemos diferencias, lo que se podría llamar “choque cultural”, pero es parte de la diversión.

A los dos nos gusta estudiar; en un par de meses ella sabrá la fecha para la defensa de su tesis doctoral sobre el tema de la autodeterminación de los pueblos indígenas en la montaña de Guerrero y así poder graduarse. Tenemos 2 hijos, un niño de 6 años con 3 nacionalidades: francesa, mexicana y estadounidense; y una niña de 2 años, que solo tiene 2 nacionalidades: la francesa y la mexicana. Una de las mayores cualidades de mi esposa es su nobleza.

Considero que en el trabajo de investigación estamos sentados mucho tiempo y de alguna manera nos volvemos muy sedentarios; como siempre he pensado que es necesario mantener un cuerpo sano y fuerte para poder trabajar, todos los días practico pilates y yoga, de 30 a 40 minutos, con el fin de conservar el balance entre la salud y la parte intelectual. |

Evaluación comparativa de los impactos ambientales de dos tipos de pavimentos

Por Leonor Patricia Güereca Hernández, Claudia Roxana Juárez López y Alexandra Ossa López

INTRODUCCIÓN

La construcción, la operación y el mantenimiento de los sistemas carreteros requiere de cantidades significativas de materiales y energía, lo que genera con ello impactos ambientales y económicos relevantes. En México existe un creciente interés por analizar dichos impactos y minimizarlos, a la vez que se mejora la capacidad y el desempeño de los pavimentos.

Los pavimentos se clasifican en flexibles o de concreto asfáltico y rígidos o de concreto hidráulico. En México contamos con aproximadamente 95 000 km de carreteras pavimentadas, de las cuales el 5 % (4750 km) son pavimentos rígidos y el resto son pavimentos flexibles.

Estos dos tipos de pavimentos presentan varias diferencias, entre las que destacan el espesor de las bases y subbases, así como los requerimientos de rehabilitación o mantenimiento. Con respecto a la vida útil, se puede decir que los pavimentos flexibles alcanzan hasta 20 años, mientras que los pavimentos rígidos varían entre 20 y hasta 50 años (Montes y Palacios, 2013).

La decisión de cuál tipo de pavimento utilizar es un aspecto relevante a la hora de mejorar o desarrollar infraestructura carretera; sin embargo, no es una decisión fácil, pues además de considerar los costos de inversión y operación, la minimización de los impactos ambientales se convierte cada vez más en un tema de importancia en la toma de decisiones.

Para apoyar el proceso de la toma de decisiones ambientalmente responsables, se ha utilizado la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV), la cual permite evaluar de manera objetiva y sistemática los impactos

ambientales de un producto, desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final, tomando en cuenta todos los vectores involucrados.

Existen varios estudios de ACV de pavimentos. Stripple (2001) evalúa el sistema de pavimentación de carreteras, incluidos la extracción de materias primas, el proceso de construcción, el mantenimiento, la operación de la carretera y la disposición, para carreteras de Suecia.

Biswas (2014) cuantifica las emisiones de GEI (toneladas de CO₂e) y los consumos de energía (MJ) asociados con la construcción de pavimento asfáltico en 100 m lineales de carretera para el oeste de Australia; incluye un enfoque de ciclo de vida, desde la extracción y el transporte de materiales, el uso y mantenimiento del pavimento, así como la demolición de la carretera.

Santero *et al.* (2011) realizan un análisis de 15 estudios de ACV de pavimentos con-

siderando aspectos metodológicos, como la comparabilidad de los estudios, los límites del sistema, la calidad de los datos y los impactos ambientales evaluados. Sus conclusiones señalan que los estudios tienen bajo potencial de comparabilidad debido a que consideran diferente base de comparación (unidad funcional) y a las condiciones particulares de cada región.

Es por lo anterior que el objetivo de este estudio es evaluar los impactos ambientales de dos tipos de pavimento: concreto hidráulico y asfáltico, bajo un enfoque de ciclo de vida, considerando las condiciones de la autopista México-Querétaro (tramo del km 43 al km 106).

METODOLOGÍA

Ambos tipos de pavimentos se diseñaron para un tiempo de vida de 20 años, conforme a las recomendaciones establecidas en la *Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento*



de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993) y tomando en cuenta la metodología Dispav 5, versión 3, desarrollada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Corro *et al.*, 2014).

Los escenarios evaluados en este estudio son pavimento de concreto hidráulico y pavimento de concreto asfáltico. La unidad funcional (UF) es 1 km de tramo lineal de pavimento (tomando en cuenta solo la carpeta). Se considera un ancho de 21 m de carretera, los cuales comprenden dos sentidos y seis carriles (tres de cada sentido); no se toma en cuenta el acotamiento.

Se cuantificaron todas las entradas (materiales, energía y transporte) y salidas (emisiones al agua, suelo y aire) de cada uno de los procesos a lo largo del ciclo de vida de los pavimentos.

En el pavimento de concreto hidráulico se analizaron los procesos de obtención de materias primas para producción del cemento, los procesos de fabricación de cemento CPC40 (cantera, trituración, horno, molienda y homogenización), el transporte de materiales, la construcción del pavimento (preparación de la mezcla y colocación de la carpeta), el mantenimiento (en los años 7 y 15), así como el desmantelamiento y la disposición final en el año 20.

En el pavimento de concreto hidráulico se toman en cuenta los procesos de producción de materias primas para producción de asfalto (de refinería del cemento asfáltico), transporte de materiales, construcción del pavimento de asfalto (obtención de mezcla de asfalto en caliente), su mantenimiento y su disposición final. El plan de mantenimiento incluye dos riegos de sello cada tres años, fresado al noveno año de operación, riego de sello al año 12, fresado y reposición al año 15 y, por último, un riego de sello al año 18.

La realización de este estudio se basa en la norma ISO 14040/44 (ISO, 2006). Se evaluaron 18 categorías de impacto, las cuales

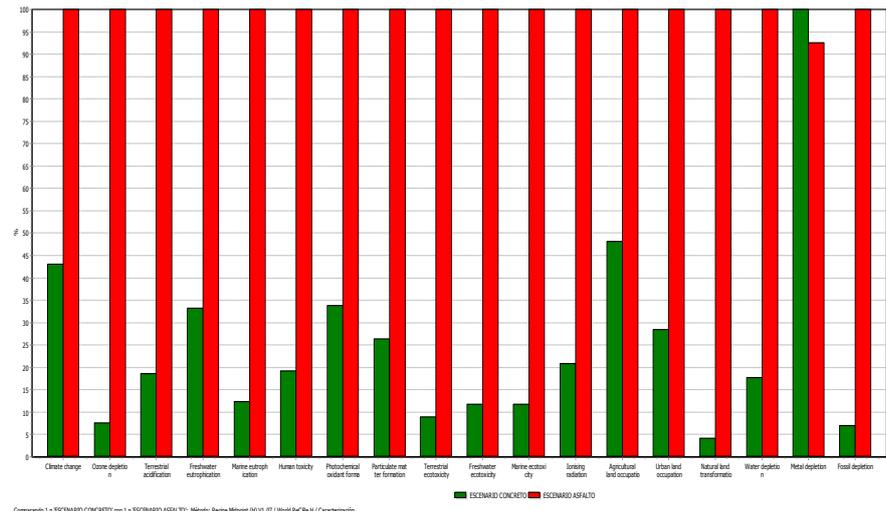


Figura 1. Impactos ambientales normalizados y en términos porcentuales para el pavimento de concreto y el pavimento de asfalto

se modelan de acuerdo con el método World ReCiPe V1.07.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra, en términos porcentuales, los impactos ambientales para los dos escenarios analizados. Aquí se observa que el pavimento de concreto hidráulico muestra un mejor desempeño ambiental en 17 de las 18 categorías de impacto analizadas, lo cual se debe principalmente a los impactos generados en el proceso de refinería para producir el cemento asfáltico y al plan de mantenimiento necesario para mantener el pavimento en condiciones óptimas.

El pavimento de concreto hidráulico genera mayor impacto que el pavimento de concreto asfáltico en la categoría de disminución de metales, lo cual se debe a la utilización de acero en la fase constructiva del pavimento, que no es necesario cuando se pavimenta con asfalto.

Dada la relevancia de la categoría de impacto de cambio climático, a continuación se discute de manera detallada.

CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático se define como el potencial incremento de la temperatura que se da por el aumento de la concentración de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en unidades de dióxido de carbono equivalentes.

En esta categoría de impacto, el pavimento de concreto asfáltico presenta mayores impactos debido principalmente a las emisiones de GEI generadas durante la fabricación de materias primas y a la disposición del pavimento de asfalto en un relleno de residuos de manejo especial.

En el pavimento de concreto asfáltico el impacto global de esta categoría es de 12 467 t de CO₂e/km, lo cual se debe principalmente a la fabricación del cemento asfáltico (55%), debido a los procesos de extracción y refinación del petróleo. Es importante destacar que en este proceso se incluye la fabricación del cemento asfáltico que es usado en la etapa de construcción y también en la etapa de mantenimiento del pavimento.

El impacto en el cambio climático identificado en este análisis para el pavimento de



concreto asfáltico es superior a lo reportado por Butt *et al.* (2014) y Vidal *et al.* (2013), pero cae dentro del rango reportado por Noshadravan *et al.* (2013). Parte de esta diferencia se debe a las características de diseño, que, para la carretera México-Querétaro, requieren de 12 cm de grosor de concreto asfáltico, ya que soportan un TPDA de 28 098, mientras que en el caso de estudio de Vidal *et al.* (2013) soportan un TPDA de 1000, el cual se diseñó con un grosor de concreto asfáltico de 8 cm.

El valor de impacto del pavimento de concreto asfáltico para cambio climático también está determinado por la cantidad de materia prima requerida por el programa de mantenimiento establecido de acuerdo con las características de tráfico, carga y condiciones climáticas de la carretera.

En el pavimento de concreto hidráulico, el impacto total es de 5374 t de CO₂e/km. Este valor de impacto queda dentro del rango de 440 a 6670 t de CO₂e/km reportado por Loijos *et al.* (2013) para doce tipos de vías de los Estados Unidos, pavimentadas con concreto hidráulico.

El análisis por procesos productivos muestra que la fabricación de concreto (CPC40) produce 1920 t de CO₂e/km, lo cual concuerda con lo reportado por Loijos *et al.* (2013).

Un proceso que impacta de manera relevante en los dos escenarios analizados es el transporte, lo cual se debe al largo trayecto considerado (1000 km de ida y vuelta) para la disposición final del pavimento al final de su vida útil. Esto obedece a que en México hay muy limitada infraestructura de este tipo y se consideró ese valor por defecto.

CONCLUSIONES

El sistema de pavimentación con concreto hidráulico presenta menor impacto en 17 de las 18 categorías analizadas.

En el proceso de pavimentación con concreto hidráulico los principales impactos ambientales están asociados con el consumo de energía y la generación de emisiones a la atmósfera durante la fabricación del cemento, así como con el requerimiento de acero en el proceso constructivo y el consumo de combustible para el traslado del pavimento al relleno al término de su vida útil.

En el proceso de construcción de concreto asfáltico el impacto ambiental está determinado principalmente por el proceso de refinación para producir el cemento asfáltico y el consumo de combustible para el traslado del pavimento al relleno al final de su vida útil.

REFERENCIAS

- AASHTO (1993). Guide for design of pavements structures, Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D. C.
- Biswas, W. (2014). Carbon footprint and embodied energy assessment of a civil works program in a residential estate of Western Australia, *International Journal of Life Cycle Assessment* 19, pp. 732-744.
- Butt A. A., I. Mirzadeh, S. Toller y B. Birgisson B. (2014). Life cycle assessment framework for asphalt pavements: methods to calculate and allocate energy of binder and additives, *International Journal of Pavements Engineering* 15(4), pp. 290-302.
- Corro, S., G. Castillo, A. Ossa, A. Hernández, D. Mandujano, F. Hernández y S. Arzaga (2014). Manual: Dispav-5, versión 3.0. *Actualización del sistema para el diseño estructural de pavimentos asfálticos, incluyendo carreteras de altas especificaciones*, Serie Manuales del Instituto de Ingeniería.
- ISO (2006). Norma ISO 14040/44:2006 (E). Environmental management - Life cycle assessment. Principles and framework. International Organization for Standardization. Geneva.
- Loijos A., N. Santero y J. Ochsendorf (2013). Life cycle climate impacts of the US concrete pavement network, *Resources, Conservation and Recycling* 72, pp. 76-83.
- Montes, I. y J. Palacios (2013). *La importancia de cumplir los niveles de servicio de la infraestructura carretera en México*. Tesis para título de ingeniero civil, UNAM.
- Noshadravan A., M. Wildnauer, J. Gregory y R. Kirchain (2013). Comparative pavement life cycle assessment with parameter uncertainty, *Transportation Research Part D* 25, pp. 131-138.
- Santero N., A. Loijos, M. Akbarian y J. Ochsendorf (2011). Methods, Impacts, and Opportunities in the Concrete Pavement Life Cycle. Concrete Sustainability Hub. Massachusetts Institute of Technology.
- Stripple, H. (2001). Life Cycle Assessment of Road A Pilot Study for Inventory Analysis. IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd
- Vidal R., E. Moliner. G. Martínez y M. C. Rubio (2013). Life cycle assessment of hot mix asphalt and zeolite-based warm mix asphalt with reclaimed asphalt pavement, *Resources, Conservation and Recycling* 74, pp. 101-114.

Dispositivos biométricos

Seguramente en más de una ocasión hemos visto en los bancos, aeropuertos, hospitales, empresas o instituciones educativas personas que, para ingresar a una determinada área u oficina, aproximan su dedo, mano o rostro hacia un dispositivo, el cual, después de algunos segundos, les brinda o niega el acceso. Estos aparatos se denominan sistemas biométricos y son cada vez más frecuentes en la vida cotidiana. Su uso se ha extendido a computadoras personales y teléfonos celulares, de tal forma que para acceder a estos recursos es necesaria una autenticación, generalmente mediante la huella dactilar.

Pero ¿qué es la biometría? De acuerdo con el Subcomité en Biometría perteneciente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos (NSTC por sus siglas en inglés), la biometría es un término que se utiliza (a) para describir una característica, como una medición biológica (anatómica o fisiológica) o de conducta, empleada para realizar un reconocimiento automatizado; (b) como un proceso de reconocimiento de un individuo basado en características biológicas y conductuales que sean medibles. Es decir, consiste en la medición de ciertas características biológicas o de comportamiento que poseen todas las personas, pero que son únicas e irrepetibles en cada una de ellas, todo esto con el fin de llevar a cabo un proceso de reconocimiento, comprobando así que la persona es quien dice ser. La biometría se divide fundamentalmente en dos tipos: fisiológica (se nace con ella), como la huella dactilar, el rostro, la mano, el iris, la retina o los labios; y conductual (se adquiere), por ejemplo, la forma como un usuario teclea, la velocidad con la que firma o la manera como camina.

Con base en lo anterior, desde hace algunas décadas las empresas e instituciones

preocupadas por la seguridad se han dado a la tarea de fomentar el empleo y desarrollo de equipos que, mediante el uso de la biometría, permitan identificar a las personas de forma más segura, rápida y eficiente. Es por ello que existen en el mercado innumerables dispositivos biométricos que satisfacen la necesidad de controlar el acceso físico a determinadas áreas o el acceso a los sistemas de información. Así pues, se tienen sistemas de reconocimiento de huella dactilar, iris, retina o geometría de la mano; sistemas de autenticación de patrones vasculares o características faciales; y sistemas de comportamiento, como los denominados dinámica de firma (Dynamic Signature Verification), ritmo de escritura (Keystroke Biometric System) o forma de caminar (Gait Biometry).

En términos generales, la manera como estos equipos registran e identifican a los usuarios es muy similar prácticamente en todas sus versiones.

El primer paso es el registro (*enrollment*), donde el dispositivo toma muestras de las características biológicas del usuario; posteriormente el sistema las convierte en una plantilla (*template*) y la almacena en una base de datos (no necesariamente como imagen, sino como una representación de esta); el siguiente paso es la identificación o “uno a muchos”, donde el sistema biométrico identifica a la persona del resto de la población que ha sido registrada; y el último paso es la autenticación o “uno a uno”. Aquí, el sistema hace coincidir la identidad de la persona con su biometría, complementando en ocasiones este proceso con el uso de otras tecnologías, como contraseñas, número de identificación personal o tarjetas.

Las ventajas de emplear un sistema biométrico son la facilidad de uso y la comodidad, ya que para identificar a un usuario bastará

con que este se acerque o toque el dispositivo (según sea el caso); será más seguro y menos vulnerable a ataques por *software*, pues la complejidad y la especialización de estos sistemas reduce la posibilidad de *cracking*; y habrá poca probabilidad de pérdida o robo, dado que la clave de acceso es uno mismo.

Sin embargo, la utilización de este tipo de sistemas también representa ciertas debilidades, ya que no todos los dispositivos son igualmente confiables; por ejemplo, los sistemas de huella dactilar o escáner de iris son menos propensos a errores comparados con la dinámica de firma o reconocimiento de voz; hay sistemas que siguen siendo muy costosos, como los lectores de retina o iris; algunos son intrusivos, es decir, el usuario debe tener contacto físico con el dispositivo (como los lectores de huella dactilar o geometría de mano), lo que puede generar rechazo por considerarlos poco higiénicos. Asimismo, otra desventaja es que las lecturas pueden generar falsa aceptación (False Accept Rate o FAR), es decir, que un usuario no autorizado sea reconocido como válido, o falso rechazo (False Reject Rate o FRR), cuando un usuario autorizado sea rechazado.

A pesar de las dificultades que a lo largo de los años se han presentado en el desarrollo, la difusión y la aceptación de los dispositivos biométricos, seguramente en un futuro cercano el uso de contraseñas como método de acceso será obsoleto y hasta olvidado, y los procesos de identificación de usuario se realizarán a través de sistemas biométricos multimodales, es decir, adquisición de distintos rasgos biométricos (por ejemplo, huella dactilar y características faciales) que permitan aumentar la velocidad, eficiencia y confiabilidad, mejorando la manera en la que un usuario es reconocido. |

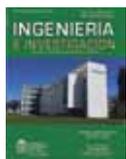
Seguimiento de la producción de artículos publicados en revistas con factor de impacto del personal académico del II

Para informar sobre la publicación de artículos indizados en revistas del *Journal Citation Report (JCR)* por parte del personal académico del Instituto, y con ello darle seguimiento a la meta institucional de un artículo del *JCR* por investigador y por año, la USI-Biblioteca mantendrá un servicio de alerta mensual sobre este tipo de producto académico con base en el monitoreo de la Web of Science.

ACUMULATIVO AL MES DE SEPTIEMBRE: 77



- Arreguín-Cortés, F. I., H. Rubio-Gutiérrez, R. Domínguez-Mora y F. de Luna-Cruz (2014). Analysis of Floods in the Tabasco Plains from 1995-2010, *Tecnología y Ciencias del Agua* 5(3), pp. 5-32. FI: 0.086



- Beltrán, G. y M. Romo (2014). Assessing artificial neural network performance in estimating the layer properties of pavements, *Ingeniería e Investigación* 34(2), pp. 11-16. FI: 0.094



- Castillo, T. y S. E. Ruiz (2014). Reduction Factors for Seismic Design Spectra for Structures with Viscous Energy Dampers, *Journal of Earthquake Engineering* 18(3), pp.323-349. FI: 0.905



- Haro, M. E., I. Navarro, R. Thompson y B. Jiménez (2014). Estimation of the water footprint of sugarcane in Mexico: is ethanol production an environmentally feasible fuel option?, *Journal of Water and Climate Change* 5(1), pp.70-80. FI: 1.044



- López-Lara, T., C. López-Cajun, S. Alcocer y V. M. Castaño (2014). Final Distribution of CaO and pH Evolution in CaO-treated Clays, *Water Air and Soil Pollution* 225(8), pp. FI: 1.685



- Mendoza-Bárceñas, M. A., E. Vicente-Vivas y H. Rodríguez-Cortés (2014). Mechatronic Design, Dynamic Modeling and Results of a Satellite Flight Simulator for Experimental Validation of Satellite Attitude Determination and Control Schemes in 3-Axis, *Journal of Applied Research and Technology* 12(3), pp. 370-383. FI: 0.447



- Muñoz, F., Fernando P. y M. Meza (2014). Virtual Reality Models for the Structural Assessment of Architectural Heritage Buildings, *International Journal of Architectural Heritage* 8(6), pp.783-794. FI: 0.714



- Naude, J., F. Méndez, A. Velasco-Pelayo y M. Navarrete (2014). Elastic stresses in an encapsulated gas bubble, *Mechanics Research Communications* 60, pp.15-20. FI: 1.495



- Nino, M., M. A. Jaimes y E. Reinoso (2014). Seismic-event-based methodology to obtain earthquake-induced translational landslide regional hazard maps, *Natural Hazards* 3(3), pp.1697-1713. FI: 1.958



- Salinas-Vázquez, M., W. Vicente, E. Brito-De la Fuente, C. Gallegos, J. Márquez y G. Ascanio (2014). Early Numerical Studies On The Peristaltic Flow Through The Pharynx, *Journal of Texture Studies* 45(2), pp.155-163. FI: 1.677

Números en cifras

En este apartado se hablará acerca de las cifras (símbolos que se usan para representar gráficamente los números) dentro de textos científicos y técnicos. Así como las palabras, los números también tienen reglas para escribirse, ya que forman parte del texto.

1) Números arábigos

Según la RAE, son los números enteros en abstracto. Se escriben con cifras los números que deben usar 4 o más palabras; códigos, leyes, páginas de libros (ver abajo), títulos de libros; números formados por un entero y un decimal; números de documentos técnicos y fórmulas matemáticas; números referidos a unidades de medida, seguidos del símbolo correspondiente.

Números seguidos de la abreviatura del concepto que cuantifican:

“...bajo un enfoque de ciclo de vida, considerando las condiciones de la autopista México-Querétaro (tramo del km 43 al km 106)”.

Los números pospuestos al sustantivo al que se refieren, usados para identificar un elemento concreto de una serie:

página 6, pág. 6 o p. 6; número 15, núm. 15 no. 15; gráfica 2

Números de notas al pie, de tablas e imágenes:

“Las cifras en la tabla 9.1 también muestran que la disponibilidad de agua en las Antillas caribeñas es aproximadamente un 7% de la disponibilidad de agua per cápita en Suramérica”.

Los números que aparezcan en listas:

Tabla 9.1. Disponibilidad de agua dulce per cápita

Norteamérica	37 000 m ³ /habitante/año
Suramérica	17 000 m ³ /habitante/año
Centroamérica	8000 m ³ /habitante/año
Antillas caribeñas	2600 m ³ /habitante/año

No debe escribirse una cifra al inicio de un párrafo o después de un punto o un punto y seguido. En ese caso, habrá que reformular la frase o iniciar la cantidad con letra.

a) Números cardinales

Son los que expresan cantidad. Cuando tienen más de cuatro cifras deben agruparse de tres en tres con un espacio y no con comas ni puntos, y las de cuatro cifras o menos se escriben sin espacios.

“En México, contamos con aproximadamente 95 000 km de carreteras pavimentadas, de las cuales el 5% (4750 km) son pavimentos rígidos y el resto son pavimentos flexibles”.

La norma anterior no debe aplicarse cuando el número no expresa una cantidad; por ejemplo, fechas, siglos, páginas, numeración de textos legales, direcciones, códigos de identificación.

Para evitar confusiones, las cifras deben escribirse siempre completas.

De 6 a 8000 habitantes; de 6000 a 8000 habitantes.

b) Números decimales

Se dice de cada uno de los dígitos que aparecen a la derecha de la coma o del punto en la notación decimal de un número, según la RAE; sin embargo, esta recomienda el uso del punto como signo para separar los decimales. En México se utiliza el punto decimal.

“La cifra más reciente que reporta el Banco Mundial fue del 2.08% para 2011, lo que se traduce en \$ 1.5 billones de dólares (PPP), un incremento del 43% sobre lo reportado en 2000”.

c) Números ordinales

Son los que expresan ideas de orden o sucesión, según la RAE. Lo correcto es escribir una o o una a voladas, según el género: 1º, 2º, 1ª, 2ª, etc.

“La UNAM obtuvo 3 importantes premios: 1º lugar en ingeniería y construcción, 2º lugar en urbanismo y 3º lugar en sustentabilidad”.

d) Números fraccionarios o quebrados

Según la RAE expresan una o varias partes proporcionales de la unidad. Dentro de un texto solo se escriben con letra, a menos que sean parte de una fórmula o estén en una imagen o tabla.

e) Números multiplicativos

Según la RAE, son los que contiene a otros varias veces exactamente (por ejemplo, doble, triple, etc.). A partir de nueve, casi no se utilizan; se emplea, más bien, el número cardinal que corresponda:

“La exposición a DDT es 28 veces mayor en Veracruz que en Chiapas”.

Aquí terminamos de revisar los números arábigos; en la siguiente gaceta continuaremos con los números romanos.

- Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española (2010). *Ortografía de la lengua española*, Real Academia Española, Madrid.
- Sánchez, Ana María (s/a). *Manual de apoyo para redactar textos ambientales*. Manuscrito inédito.
- El *Diccionario de la Real Academia Española* y el *Diccionario Panhispánico de dudas* se pueden consultar en la página de Internet www.rae.es.



series instituto, de ingeniería

**CASI 700 TÍTULOS DE TODAS
LAS ÁREAS DE LA INGENIERÍA.
DESCARGA GRATUITA**

SERIE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (AZUL)

- Investigaciones del Instituto de Ingeniería
- Arbitradas por especialistas nacionales e internacionales
- En español o inglés

SERIE MANUALES (VERDE)

- Normas, reglamentos, manuales, bases de datos

SERIE DOCENCIA (OCRE)

- Temas especializados de cursos universitarios

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

<http://www.ii.unam.mx> (PUBLICACIONES)

- Gratuitamente accesibles en todo el mundo
- Catálogo (2012-1956)
- Instrucciones a los autores

Informes: 56 23 36 00, ext. 8114

