



# GACETA

**DEL INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

## **UNIDAD DE INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA**

Sistemas de simulación  
numérica de terremotos

Desarrollo de un  
registrador de datos  
sísmicos en el IIUNAM

El Centro de Registro  
Sísmico del IIUNAM  
ante los sismos  
de septiembre:  
Tehuantepec M8.2  
y Puebla-Morelos M7.1

La Red Acelerográfica  
del IIUNAM

La Gaceta del Instituto de Ingeniería correspondiente a septiembre-octubre está dedicada la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS), cuyas instalaciones se ubican en el basamento el edificio 1 del Instituto de Ingeniería. La UIS, entre otras actividades, tiene como responsabilidad principal el mantenimiento y operación de la red de monitoreo de movimientos fuertes más grande e importante del país.

Con el fin de potenciar la colaboración entre académicos dedicados al estudio de los sismos, la antigua Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica se fusionó con la Coordinación de Ingeniería Sismológica (CIS) en 2013. Junto con la CIS, la UIS aborda temas de investigación orientados a comprender las causas y estimar los efectos de los sismos. En este número se presentan cuatro artículos que muestran parte de la labor realizada en la UIS durante varias décadas. El primer trabajo presenta los avances en el modelado tridimensional de sismos orientado a la ingeniería sísmica. La segunda contribución, elaborada por Miguel Torres, versa sobre la integración y desarrollo de un equipo de monitoreo sísmico multipropósito, seguida de un análisis de la respuesta de los sistemas automáticos de análisis ante los sismos de septiembre de 2017, preparado por Citlali Pérez y Miguel Leonardo. Finalmente, Marco A. Macías y Mauricio Ayala presentan una descripción sucinta del estatus de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería.

**Leonardo Ramírez Guzmán**

Jefe de la Unidad de Instrumentación Sísmica

## UNAM

Rector  
Dr. Enrique L. 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 H. Lee Alardín

Director General de Comunicación Social  
Mtro. Néstor Martínez Cristo

## IUNAM

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 Ambríz Maguey

Secretario Técnico de Vinculación  
Lic. Luis Francisco Sañudo Chávez

Jefe de la Unidad de Promoción y Comunicación  
Lic. Israel Chávez Reséndiz

## GACETA DEL IUNAM

Editor responsable  
Lic. Israel Chávez Reséndiz

Reportera  
Lic. Verónica Benítez Escudero

Fotografías  
Archivo Fotográfico del IUNAM  
Sandra Lozano Bolaños  
Natalia Cristel Gómez Cabral

Fotografía de portada  
*Estación acelerográfica*  
Sandra Lozano Bolaños

Diseño  
Sandra Lozano Bolaños

Corrección de estilo  
Gabriel Sánchez Domínguez

Impresión  
Grupo Espinosa

Distribución  
Guadalupe De Gante Ramírez

## GACETA DEL IUNAM

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual se 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 2014 070409264300 109. Certificado de Licitud de Título: 13524. Certificado de Licitud de Contenido: 11097. Instituto de Ingeniería, UNAM, edificio Fernando Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México. Tel. 56233615.



## UNIDAD DE INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA

La Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS) tiene su origen en la reestructuración de la antigua Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica (CSIS) y la Coordinación de Ingeniería Sismológica (CIS). La CSIS, hasta principios de 2013, trabajó de manera independiente y durante muchos años como apoyo en diversos proyectos dentro de la Subdirección de Estructuras y Geotecnia. Hoy, es responsable no sólo de mantener en condiciones óptimas la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería y de la generación de Mapas de Intensidad tanto a nivel nacional como en la Ciudad de México, sino de diversos proyectos y colaboraciones en nuestro instituto.

Originalmente constituida por académicos de las coordinaciones de Instrumentación e Ingeniería Sísmica, la antigua CSIS se creó en 1983, en la coyuntura de la implementación de la Red Acelerográfica de Guerrero y con el fin de optimizar el monitoreo de la actividad sísmica. Por las secciones de Dinámica Estructural y de Instrumentos, así

como de las coordinaciones de Ingeniería Sísmica e Instrumentación, figuraron Jesús Figueroa, Jorge Prince, Luis Alonso Coria, Humberto Rodríguez, Enrique Mena y Roberto Quaas, quienes, entre otros, fueron impulsores, ejecutores, y dieron origen a la CSIS, junto con la infraestructura de medición de movimientos fuertes más importante de la República; en gran medida los logros de la UIS descansan en su trabajo y visión.

El Instituto de Ingeniería ha instrumentado al país con acelerógrafos desde los años sesenta y ha mantenido un esfuerzo sostenido para mejorar la cobertura de monitoreo sísmico. En los últimos años, la Secretaría de Gobernación y la UNAM han trabajado implementando el proyecto Red Sísmica Mexicana (RSM), cuyo objetivo principal es reforzar y modernizar la infraestructura de observación de sismos, tanto del Servicio Sismológico Nacional como del Instituto de Ingeniería, e integrarla mediante un Sistema de Información y procesamiento de datos común en tiempo real. Es en el marco del proyecto RSM

en el que la UIS ha tenido un papel muy importante, al proveer información relevante de los efectos después de un sismo.

La UIS está formada por dieciocho Técnicos Académicos, un Investigador y becarios de licenciatura, maestría y doctorado. Las áreas de especialización de sus miembros son variadas (ingeniería civil, electrónica, telecomunicaciones, cómputo y geofísica), lo que permite atender problemas de manera multidisciplinaria. Destacan en su infraestructura, además de las más de cien estaciones acelerográficas en edificios y en campo libre, el Centro de Registro Sísmico “Ing. Jesús Figueroa Abarca”, el clúster de procesamiento masivo “Rosenblueth” y el Laboratorio de Instrumentación, en los que se analizan registros, se prueban y reparan los instrumentos de monitoreo sísmico y se estudia el movimiento debido a sismos y sus repercusiones en la sociedad.

**Leonardo Ramírez Guzmán**  
Jefe de la Unidad  
de Instrumentación Sísmica

# SISTEMAS DE SIMULACIÓN NUMÉRICA DE TERREMOTOS

## LEONARDO RAMÍREZ GUZMÁN

Gracias a los avances recientes tanto en los métodos numéricos como en la capacidad de cómputo, hoy es posible hacer simulaciones de sistemas complejos con resoluciones útiles para aplicaciones tecnológicas e ingenieriles. Desde los primeros cálculos utilizando diferencias finitas hasta las simulaciones más elaboradas con otros métodos de dominio, el modelado numérico desde la fuente sísmica hasta el impacto en los edificios ha tenido un desarrollo vertiginoso en

la academia, pero una aplicación limitada en la práctica de la ingeniería sísmica. Lo anterior debido, principalmente, al bajo contenido de frecuencias útiles en las señales sintéticas que podían obtenerse con equipos de cómputo convencionales, a diferencia de la resolución alcanzada en simulaciones utilizando supercomputadoras de cientos de miles de procesadores (e. g. Ichimura *et al.*, 2015). Sin embargo, con el incremento del poder de cómputo en paralelo, sobre todo con una reducción en los costos, considerando tanto servicios en línea como en servidores comunes en los despachos de análisis, la brecha entre la academia y la práctica se ha reducido considerablemente.

Uno de los problemas en los que se ha centrado la investigación de la UIS, es reducir la incertidumbre de las estimaciones del movimiento del suelo y establecer en tiempo

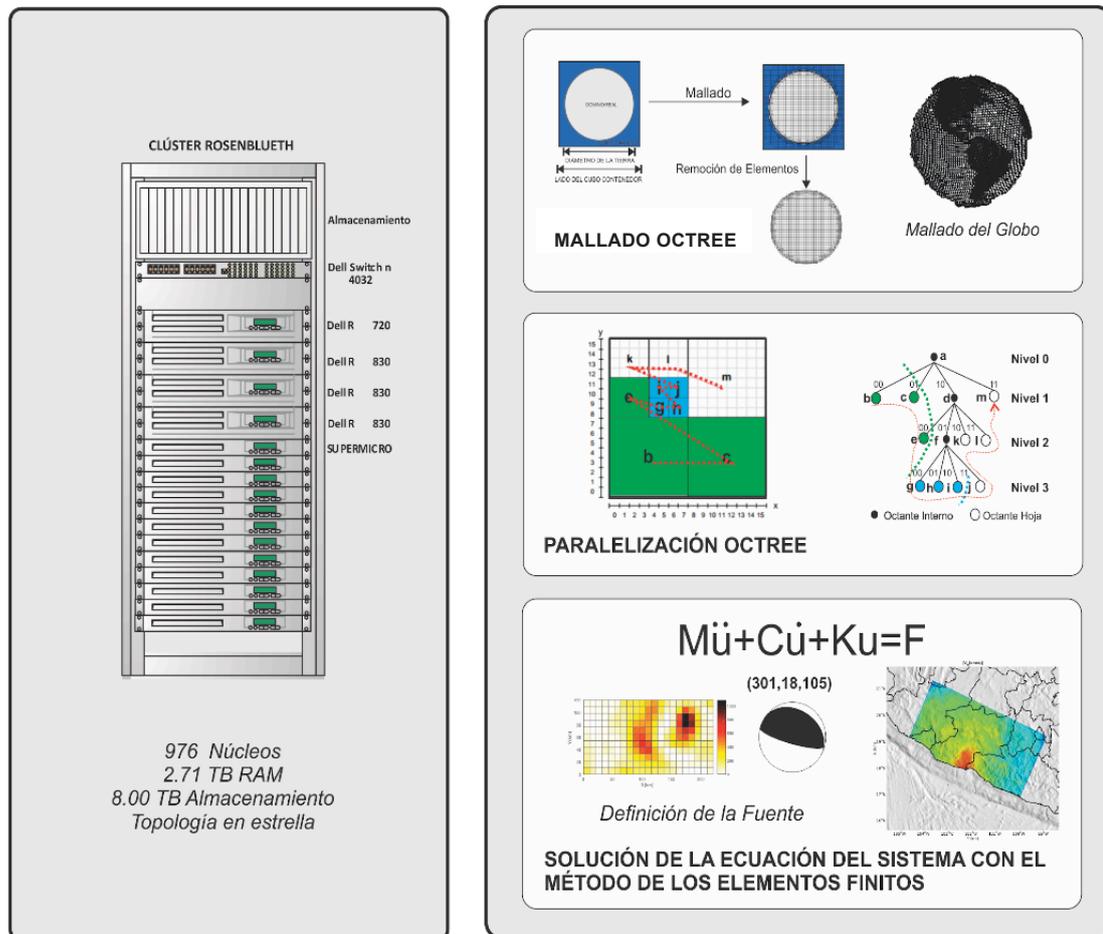


Figura 1. Infraestructura de cómputo para el modelado de terremotos de la UIS

casi real la intensidad y algunos otros parámetros de interés para la determinación del riesgo asociado a sismos; otros aspectos geofísicos como la determinación de estructura y comprensión del fenómeno han sido el motor en otras áreas. En especial en México, es importante disponer de estimaciones del movimiento por el elevado peligro sísmico. El peligro es atribuible a la compleja tectónica, a la estructura de nuestro país y a los efectos de sitio. Así, el modelado de terremotos requiere de un conocimiento de la fuente, de la estructura cortical y somera para garantizar cálculos realistas de la respuesta dinámica del suelo y de determinar tanto las fuerzas como los desplazamientos a las que las obras civiles se enfrentan ante la ocurrencia de un sismo, el fin último de nuestro trabajo.

Todos los temas mencionados han sido objeto de investigación en el Instituto de Ingeniería, los cuales recibieron un impulso importante después de los sismos de septiembre de 1985 y recobraron relevancia después de los eventos que afectaron el Sureste y el Centro del país en septiembre de 2017. Así, los modelos desarrollados en la UIS toman ventaja de la experiencia y conocimiento acumulado, integrando la información disponible y generando una plataforma computacional para efectuar los cálculos más detallados de la propagación de ondas y sus efectos en estructuras realizados

sobre el país, para que en un futuro cercano puedan integrarse los resultados a la práctica ingenieril.

Actualmente la UIS cuenta con infraestructura física y de *software* para realizar simulaciones de terremotos. El Centro de Datos de la Unidad de Instrumentación Sísmica cuenta con el clúster Rosenblueth, con 976 núcleos en arreglos de 64 por servidor (2-2.3Ghz) y topología de estrella, 2.1TB en RAM con almacenamiento de 8TB. Además, se tiene implementado el programa de cómputo HERCULES (Bielak *et al.* 2010, Ramírez-Guzmán *et al.* 2015), el cual es altamente eficiente para la solución de problemas de propagación de ondas. HERCULES construye y resuelve la propagación de ondas debidas a diversos tipos de fuentes (explosiones, dislocaciones y fuerzas) utilizando una malla basada en la estructura de datos octree (ver e. g. Meagher, 1980). Una de las ventajas fundamentales que ofrece el tipo de mallado mencionado es la similitud geométrica de los elementos que la componen, reduciendo sustancialmente los requisitos de memoria (o cálculos de la matriz de rigidez durante cada iteración) empleados en métodos estándar de elementos finitos. La selección de la estructura mencionada tiene ventajas adicionales en cuanto a la facilidad de paralelización, al aglutinar elementos que cubren un volumen continuo seleccionando las hojas en la representación del árbol del octree. Las figuras 1 y 2 ilustran el sistema de modelado de la UIS y una simulación, respectivamente.

La construcción de la malla, uno de los retos más importantes en cualquier implementación numérica del método de los elementos finitos, obedece a criterios impuestos en el programa que garantizan la correcta representación de la propagación de ondas en medios altamente heterogéneos. Los modelos, que contienen la distribución espacial de las propiedades elásticas y de amortiguamiento, varían en calidad y detalle dependiendo de la zona de interés. Recientemente, Juárez-Zúñiga y Ramírez-Guzmán (2015), haciendo una recolección de modelos previos, construyeron el modelo más detallado que se tiene de la zona centro y sur del país utilizando una técnica de optimización robusta y toda la información disponible de los experimentos realizados por la UNAM y las bases de datos del Servicio Sismológico y la UIS. La figura 3 muestra algunos cortes del modelo cortical de Juárez-Zúñiga y Ramírez-Guzmán (2016) que utilizamos de manera rutinaria para calcular el movimiento del terreno debido a sismos.

Sin duda las experiencias vividas durante el mes de septiembre de 2017 tienen y tendrán, junto con los eventos

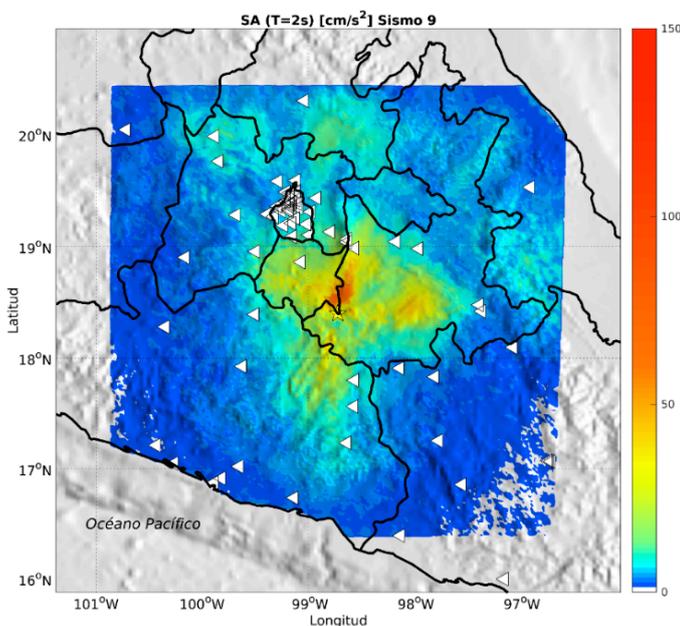


Figura 2. Aceleración espectral para T=2 s de la simulación del sismo del 19 de septiembre de 2017

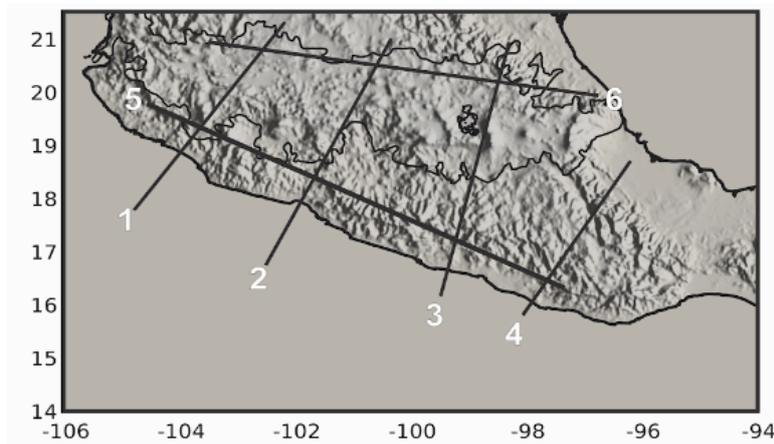
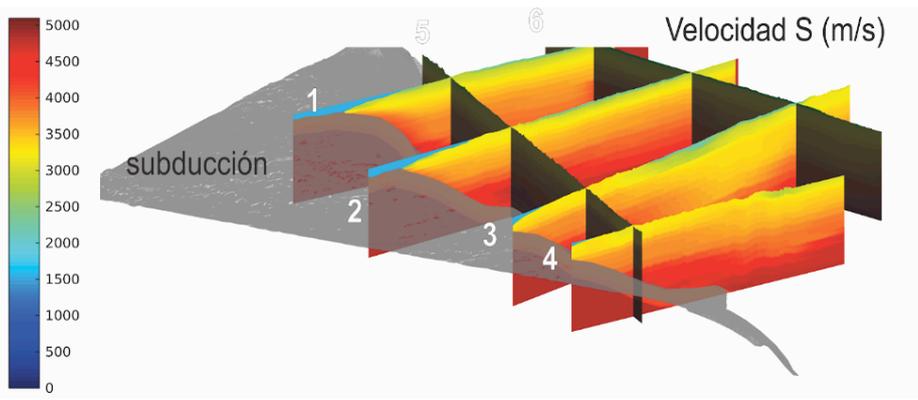
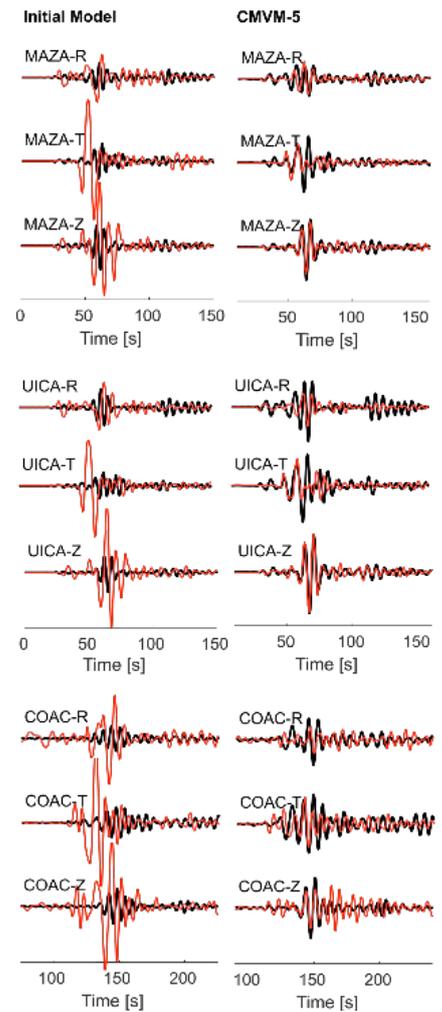


Figura 3. Modelo del Centro-Sur de México



de 1985, una influencia importantísima en la dirección que tome la investigación en sismos en nuestro país. En un esfuerzo por comprender algunos efectos relacionados con la propagación de ondas hemos modelado a resolución de 0-1Hz la propagación del sismo del 19 de septiembre de 2017. El cálculo requirió la generación de una malla de aproximadamente 800 millones de elementos. En la figura 2, se ilustran las aceleraciones espectrales (SA) para un periodo de  $T=2$  s y 5% de amortiguamiento, i. e. la respuesta máxima que tendría un oscilador sometido a la excitación ocasionada por el movimiento del suelo obtenido por la simulación. La SA tiene un patrón complejo y es probable que los efectos topográficos y la heterogeneidad del medio tengan un rol predominante, por lo cual están siendo analizados cuidadosamente por nuestro grupo.

Nuestra investigación ha requerido desarrollos e instalaciones importantes para ejecutar el modelado numérico de sismos. La tarea es grande y requerirán mejoras constantes sobre los modelos y la cobertura de las redes de medición que

permiten verificar nuestras estimaciones, siempre teniendo en mente las aplicaciones que puedan repercutir en la práctica profesional.

## Referencias

- Ichimura, T., K. Fujita, S. Tanaka, M. Hori, M. Lalith y Shizawa, y H. Kobayashi (2014). Physics-Based Urban Earthquake Simulation Enhanced by 10.7 BlnDOF  $\times$  30 K Time-Step Unstructured FE Non-Linear Seismic Wave Simulation. International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, SC. 2015.
- Meagher, D. (1980). Octree Encoding: A New Technique for the Representation, Manipulation and Display of Arbitrary 3-D Objects by Computer. Rensselaer Polytechnic Institute (Technical Report IPL-TR-80-111).
- Bielak J., R.W. Graves, K.B. Olsen, R. Taborda, L. Ramírez-Guzmán, S. M. Day, G. P. Ely, D. Roten, T. H. Jordan, P. J. Maechling, J. Urbanic y G. Juve (2010). The ShakeOut Earthquake Scenario: Verification of three simulation sets, *Geophys. J. Int.*, 180, 375–404.
- Juarez-Zúñiga, A. y L. Ramírez-Guzmán (2016). Adjoint-wavefield Tomography of Southcentral Mexico, *GSA Annual Meeting, Denver, Colorado, EUA*, 177-3

## DESARROLLO DE UN REGISTRADOR DE DATOS SÍSMICOS EN EL IIUNAM

MIGUEL TORRES NOGUEZ

Dentro de los proyectos prioritarios de la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS) del Instituto de Ingeniería de la UNAM está el desarrollo y construcción de equipos para el registro de señales sísmicas. En esta ocasión presentamos un sistema de registro sísmico multipropósito diseñado y elaborado en este Instituto para crear una red de instrumentos con el fin de realizar estudios especializados del área de sismología

Esta nueva herramienta consta de un registrador digital de 3 canales con resolución de 24 bits (21 bits efectivos), con una frecuencia de muestreo seleccionable de 100 o 200 muestras por segundo que son las dos más frecuentemente utilizadas en este tipo de estudios, y control de tiempo basado en un reloj en tiempo real corregido por un receptor GPS. Además, la entrada de la etapa de amplificación puede seleccionar entre varios tipos de sensores, como geófonos, acelerómetros de equilibrio de fuerzas (FBA), acelerómetros de tipo MEMS, etc.

Los instrumentos se usarán para implementar matrices grandes en experimentos múltiples para registrar terremotos, réplicas, ruido sísmico y la medición de vibraciones en estructuras. Debido a su bajo costo y al hecho de que se ensamblan en el Instituto, las modificaciones de los instrumentos se pueden hacer rápidamente para ajustarse a los requisitos específicos de cada experimento.

Actualmente, se han desarrollado tres versiones. La versión A usa como sensores geófonos de 4.5 Hz que son adecuados para mediciones de ruido en grandes conjuntos autónomos; los datos se almacenan en una memoria flash micro SD. La versión B del instrumento usa como sensores servoacelerómetros de equilibrio de fuerza de 2G, esta versión tiene la capacidad de enviar continuamente datos en tiempo real a través de Internet a un punto de registro central. La versión C usa acelerómetros capacitivos de bajo ruido y bajo costo tipo MEMS utilizados principalmente para mediciones de terremotos fuertes y mediciones en estructuras.

### Sistema general de adquisición de datos del registrador de datos sísmicos multiusos

La parte central de los diferentes equipos de adquisición es una tarjeta diseñada en la Coordinación de Electrónica del Instituto por el M. en I. Lauro Santiago Cruz (Fig. 1), que cuenta con las siguientes características:

- Entrada de hasta 3 canales analógicos de registro simultáneo.
- Amplificadores de instrumentación de ganancia ajustable de acuerdo a los sensores utilizados.
- Filtros pasa bajas y pasa altas ajustables de acuerdo a las señales que se requiera medir.
- Sistema de adquisición análogo-digital de 24 bits con resolución hasta 21 bits.
- Sistema de muestreo ajustable para velocidades de adquisición de 100 o 200 muestras por segundo.
- Reloj de tiempo real disciplinado con GPS.
- Sistema de almacenamiento de datos hasta de 16GB en memoria micro SD intercambiable.
- Puerto serial para el envío de datos adquiridos en tiempo real.
- Pantalla de cristal líquido para programación de los parámetros de operación.
- El sistema utiliza un microcontrolador en el que reside el programa específico para cada versión.
- Todo se encuentra montado en una tarjeta de circuito impreso y se diseñó para tener muy bajo consumo de energía por lo que se puede alimentar con una batería de 12 voltios.



Figura 1. Tarjeta de adquisición y tarjeta de adquisición con su carcasa, respectivamente

### Versión "A" para mediciones de ruido

La primera versión desarrollada fue para la medición de ruido sísmico y pequeños temblores, en estas mediciones se despliegan de manera temporal un gran número de adquirentes similares que registran simultáneamente; los sensores utilizados fueron un arreglo triaxial de geófonos de 4.5 Hz (Fig. 2), esta versión utilizó una ganancia alta del amplificador de entrada, ya que estos sensores son pasivos y generan voltajes del orden de milivoltios; esta versión fue diseñada para guardar los datos de manera continua en la memoria interna micro SD.

Todo el sistema, incluyendo una batería sellada de plomo-acido, se encuentra dentro de un maletín ligero construido de polipropileno muy resistente a prueba de intemperie, que permite instalarlo y nivelarlo fácilmente en el sitio seleccionado y posteriormente transportarlo rápidamente al siguiente punto de medición, el maletín cuenta con un conector para el receptor externo de GPS y otro conector para la alimentación externa (Fig. 3).

### Versión "B" para estaciones acelerográficas

La segunda versión se diseñó para instalarse de manera permanente en estaciones acelerográficas, en este caso utilizamos un arreglo triaxial de acelerómetros de fuerzas balanceadas, se pueden utilizar sensores de varias marcas y modelos, en esta ocasión se utilizaron acelerómetros FBA23 de la marca Kinemetrics (Fig. 4).

Esta versión fue diseñada para el envío de datos en tiempo real a través de un puerto serial RS232, se realiza la conexión por Internet hasta el Puesto Central de Registro en el Instituto de Ingeniería, utilizando un servidor de dispositivos XDIRECT232 10/100 de marca Lantronix modelo XDT2321002-01-S, donde se reciben los datos de todas las estaciones acelerográficas en un sistema Earthworm.

### Versión "C" para estaciones acelerográficas en estructuras

Esta versión se diseñó para medir las aceleraciones durante un sismo en varias partes de estructuras, que pueden ser edificios, puentes, acueductos, etc.

Los sensores utilizados fueron acelerómetros triaxiales tipo MEMS ADXL354B de bajo ruido y de bajo costo (Fig. 5), los acelerómetros se montan en la misma caja metálica en la que

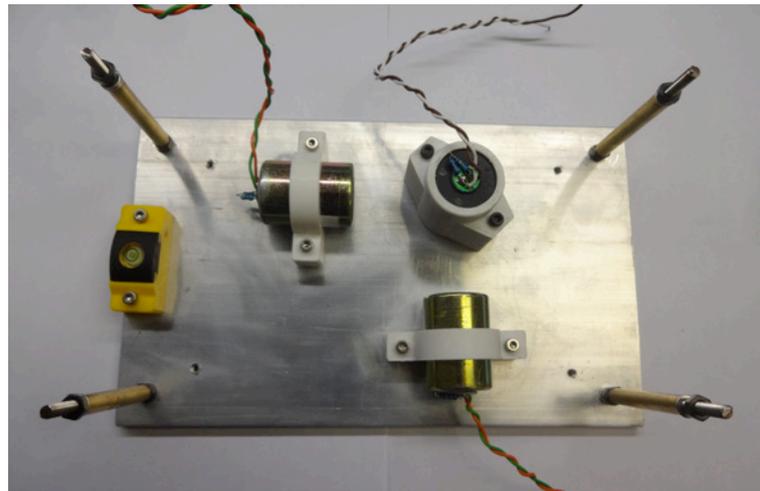


Figura 2. Arreglo triaxial de geófonos



Figura 3. Maletín de protección



Figura 4. Acelerómetros FBA 23

se encuentra la tarjeta de adquisición o dentro de otra caja metálica pequeña que se fija al elemento estructural que se quiere monitorear, el amplificador de entrada se ajusta a los voltajes de salida de los acelerómetros MEMS.

Esta versión almacena en la memoria micro SD archivos de señales sísmicas generados durante los sismos mediante umbrales de disparo ajustables, de tal manera que se puede dejar operando por largos periodos sin que se sature la memoria disponible.

## Conclusiones

Con el desarrollo de esta plataforma de registradores se pueden realizar múltiples experimentos y mediciones en el campo de la ingeniería sísmológica y de estructuras, se pretende seguir desarrollando nuevas versiones y añadiendo mejoras a las ya construidas.

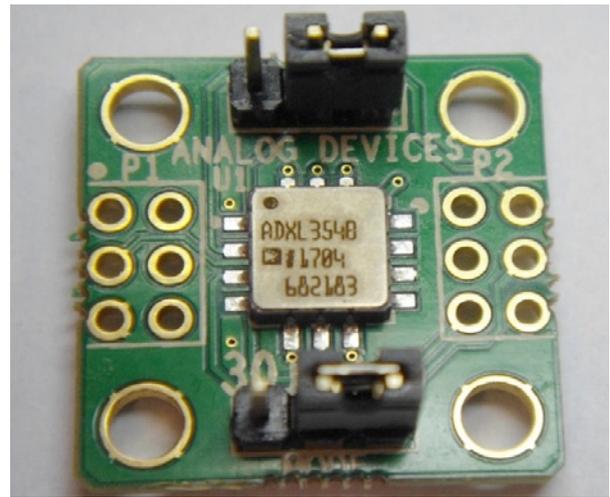


Figura 5. Acelerómetro triaxial MEMS ADXL354B

## EL CENTRO DE REGISTRO SÍSMICO DEL IIUNAM ANTE LOS SISMOS DE SEPTIEMBRE: TEHUANTEPEC M8.2 Y PUEBLA-MORELOS M7.1

CITLALI PÉREZ YÁÑEZ  
Y MIGUEL LEONARDO SUÁREZ

El reforzamiento de la infraestructura del Centro de Registro Sísmico (CRS) y el mantenimiento constante de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería (RAII) han permitido monitorear de manera incesante la actividad sísmica del país, obteniendo información oportuna y útil para la planeación de acciones de emergencia ante la ocurrencia de sismos importantes. Tal fue el caso de los sismos de Tehuacán (Mw 8.2) del 7 de septiembre de 2017 y el de Puebla-Morelos (Mw 7.1) del día 19 del mismo mes, cuyos reportes preliminares de los parámetros del movimiento del suelo y estimaciones rápidas de niveles de exposición, publicados por el IIUNAM, permitieron dar a conocer, en menos de una hora, el panorama de las posibles afectaciones ocasionadas por dichos eventos sobre la infraestructura expuesta a niveles altos de la intensidad del movimiento del suelo.

### Plataforma de adquisición, procesamiento, almacenamiento y difusión de datos sísmicos.

El CRS opera una importante infraestructura de cómputo y telecomunicaciones para administrar la información que se genera en el centro. La RAII compuesta por poco más de noventa estaciones acelerográficas de campo libre distribuidas en la zona centro y sureste del país, transmite al CRS el 35% de sus estaciones en tiempo real a través de internet. La plataforma implementada para la adquisición, procesamiento e intercambio de señales entre redes sísmicas en tiempo real se realiza a través del sistema Earthworm (ISTI, 2012), permitiendo recibir señales de alrededor de 80 estaciones acelerográficas en sus tres componentes tanto de la RAII como del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Mapas de intensidad y reportes de exposición en presas se calculan empleando el sistema GenMaps (Arroyo y Ordaz, 2010), el cual opera a partir de las señales sísmicas que se reciben en tiempo real en el CRS y de los parámetros epicentrales proporcionados por el SSN. El sistema se basa en modelos de atenuación pre-definidos y un método de interpolación bayesiano para obtener la distribución espacial de la intensidad del movimiento. Para la CDMX, ante un sismo intenso, se realizan estimaciones rápidas de daños que permiten contar con información oportuna de los niveles de exposición en edificaciones y la red principal de abastecimiento de agua potable. Además, proporciona una

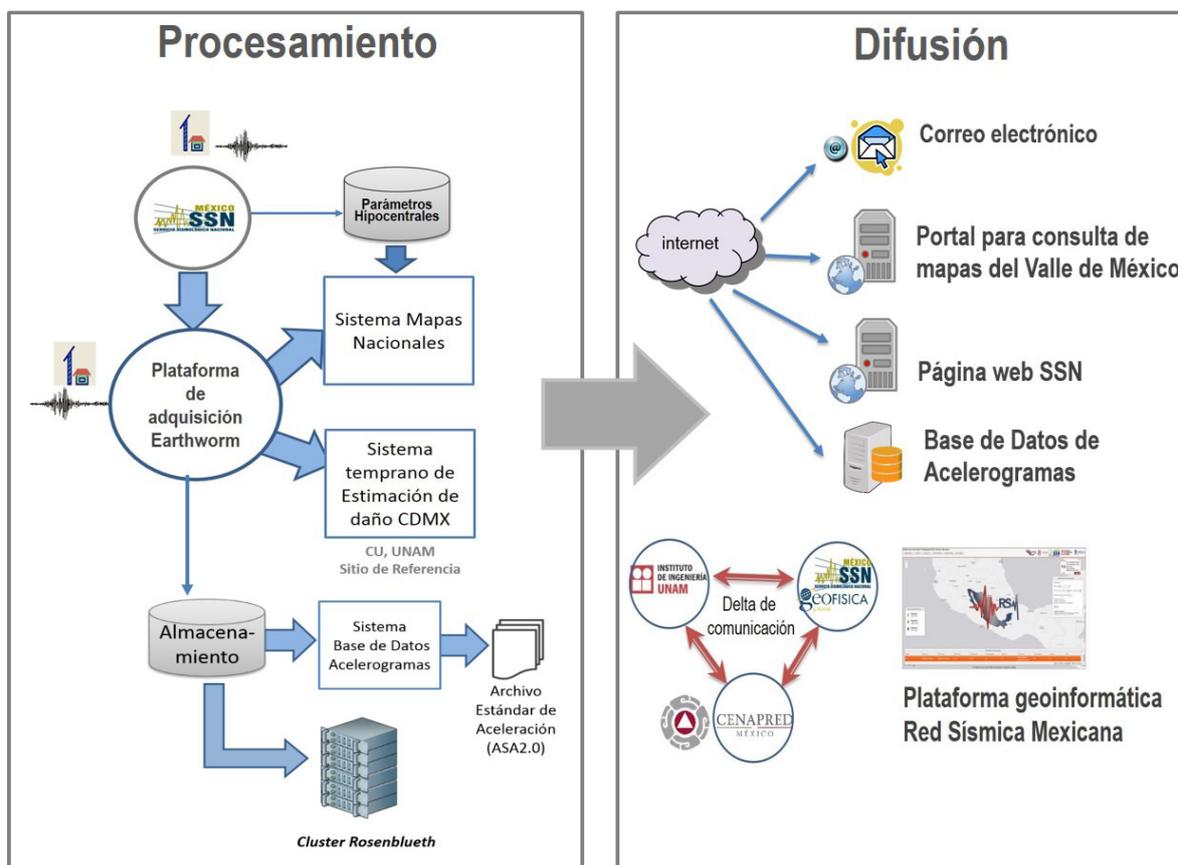


Figura 1. Esquema general de la plataforma de adquisición, procesamiento, almacenamiento y difusión de datos sísmicos

idea aproximada del total de población afectada. Los cálculos en la CDMX se realizan con el Sistema de Evaluación de Daño Temprano para el Valle de México (Ordaz *et al*, 2017), el cual se basa en cocientes de espectro de respuesta promedio pre-calculados en sitios de suelo blando respecto al terreno firme de la estación en Ciudad Universitaria (CU). La información generada se distribuye vía correo electrónico a una lista particular de usuarios y sitios *web*, a su vez que se integra a la plataforma geo-informática de la Red Sísmica Mexicana (RSM) por medio de enlaces redundantes de fibra óptica y radio entre el SSN, el IIUNAM y el CENAPRED, para proveer reportes de infraestructura expuesta por nivel de intensidad, útiles para la toma de decisiones y manejo de la emergencia por parte del CENAPRED. En el CRS también se opera el sistema de distribución de datos acelerográficos a través de la aplicación *web* “Base de Datos de Registros Acelerográficos de la Red Sísmica Mexicana” (<http://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM>) y el clúster Rosenblueth, compuesto por 976 procesadores y 2.1 TB de RAM, cuyo uso está destinado a la investigación y al procesamiento sísmico avanzado. La figura 1 esquematiza la plataforma descrita.

### Productos e Información ante los sismos de septiembre

El papel del CRS cobra mayor importancia ante eventos de magnitud considerable, ya que se tiene el compromiso institucional de generar y entregar los mapas de intensidad y reportes preliminares de infraestructura durante los primeros 50 minutos después de ocurrido el sismo.

Posteriormente, se realiza el análisis y revisión de la información generada para llevar a cabo, junto con la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS), la planeación y la toma de acciones en la recuperación de datos en campo y medición de réplicas. La comunicación estrecha con el SSN y el análisis de los datos con investigadores de la Coordinación de Ingeniería Sismológica y de Estructuras fue crucial en especial por las repercusiones en la Ciudad de México, aunado a información proporcionada por el CIRES, para entender mejor el fenómeno y llevar a cabo una actualización de los mapas de intensidades. La Secretaría Técnica de Telecomunicaciones e Informática del IIUNAM tuvo un papel importante en la difusión de reportes preliminares y entrevistas alusivas a los sismos.

Para los sismos de septiembre, en menos de 10 minutos, se recibieron los primeros mapas de intensidad de movimiento

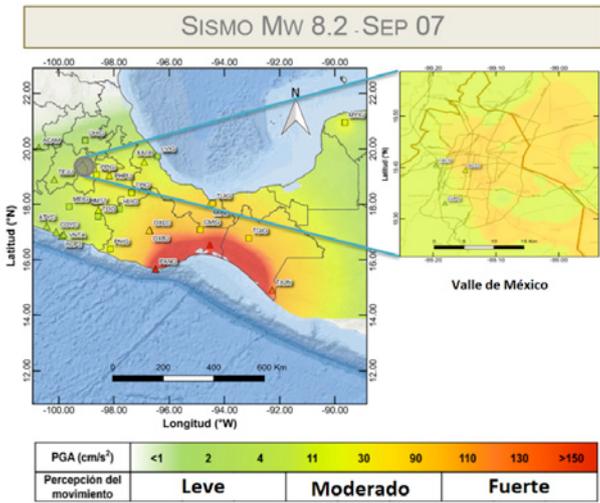


Figura 2. Distribución espacial de parámetros de movimiento a nivel nacional y en la Ciudad de México correspondiente al sismo del 7 de septiembre de 2017, Mw 8.2

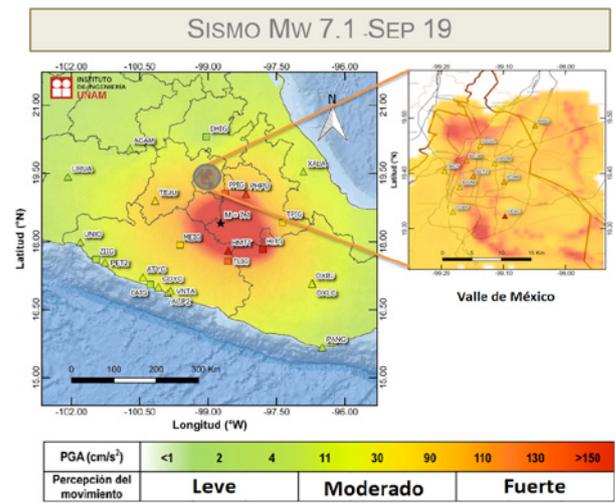


Figura 3. Distribución espacial de parámetros de movimiento a nivel nacional y en la Ciudad de México correspondiente al sismo del 19 de septiembre de 2017, Mw 7.1

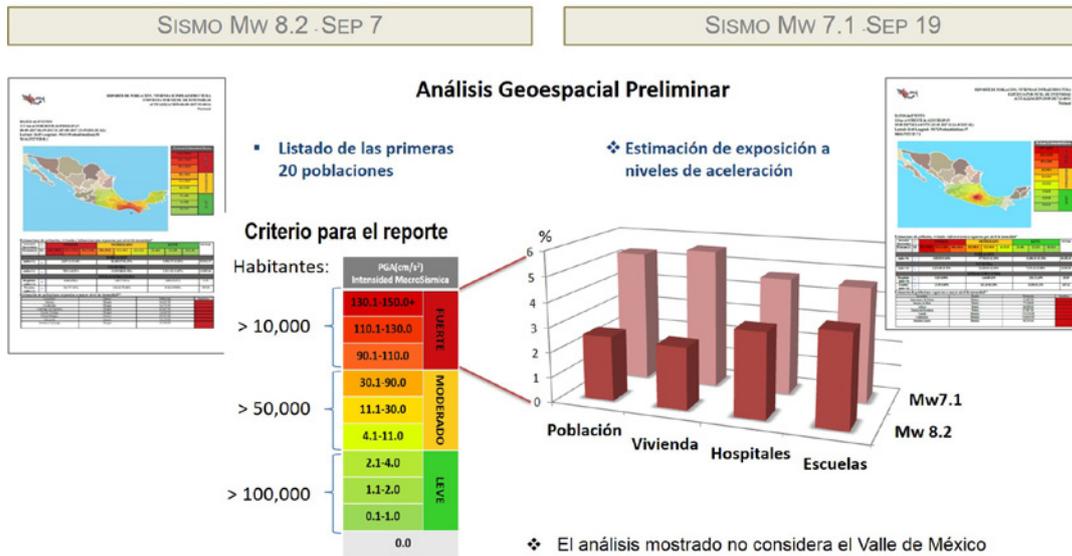


Figura 4. Reportes preliminares de infraestructura expuesta al movimiento sísmico para los sismos de Tehuantepec y Puebla-Morelos. Los reportes automáticos presentan un listado de las localidades expuestas por nivel de intensidad a manera de un semáforo macrosísmico. La infraestructura y población estimada muestran mayor impacto del sismo de Puebla-Morelos (M7.1) respecto al de Tehuantepec (M8.2)

para la CDMX, reportando la aceleración máxima y la aceleración espectral para periodo de 1 segundo en Ciudad Universitaria, así como la distribución espacial para diversos periodos estructurales (8.9 cm/seg<sup>2</sup> a nivel del suelo y 29 cm/seg<sup>2</sup> para un edificio entre 8-12 pisos para el sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre, mientras que para el de

Puebla-Morelos del 19 de septiembre, se registraron 58 cm/seg<sup>2</sup> a nivel suelo y 138 cm/seg<sup>2</sup> para periodo de 1 segundo; <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/webSAPS/>). El panorama reportado para el sismo del 19 de septiembre no fue muy alentador en los primeros minutos, afortunadamente fue la sobre-estimación de las intensidades espectrales que tiñeron

de rojo gran parte de la CDMX debido a que el modelo estaba basado en sismos de subducción interface. Posteriormente se realizó una corrección y el mapa resultante se modificó sustancialmente.

Alrededor de los 25 minutos de iniciados los eventos sísmicos, se contaba ya con los reportes automáticos, a nivel nacional, de los parámetros de movimiento registrado en las estaciones sísmicas con transmisión en tiempo real (aceleraciones y velocidades máximas del suelo, y aceleraciones espectrales para diferentes periodos). Cerca de 500 cm/seg<sup>2</sup> fueron registrados en la estación más cercana al epicentro del sismo de Tehuantepec; el sistema reportó a la CONAGUA que 20 presas estuvieron expuestas a intensidades mayores a 50 cm/seg<sup>2</sup>. Por otro lado, para el sismo de Mw 7.1, la aceleración máxima (170 cm/seg<sup>2</sup>) se registró en la estación Huamuxtitlán y 60 presas fueron reportadas, de las cuales, 29 expuestas a intensidades superiores a 150 cm/seg<sup>2</sup>, alcanzando cuatro de ellas una estimación de 225 cm/seg<sup>2</sup>. Las figuras 2 y 3 muestran el panorama reportado para ambos eventos.

Los reportes automáticos de infraestructura expuesta, a manera de un semáforo macro-sísmico, arrojaron el listado de localidades con población mayor a 10,000, 50,000 y más de 100,000 habitantes que estuvieron expuestas a un nivel de aceleración considerado Fuerte (de 90 a más de 150 cm/seg<sup>2</sup>), Moderado (de 4 a 90 cm/seg<sup>2</sup>) y Leve (menos de 4 cm/seg<sup>2</sup>) respectivamente. Los números estimados de población, vivienda, hospitales y escuelas expuestos a los tres niveles de aceleración (figura 4), muestran mayor impacto del sismo de Puebla-Morelos (M7.1), respecto al de Tehuantepec (M8.2), en el total de infraestructura y población expuesta del país.

Posteriormente se recuperaron los registros de 55 y 41 sitios para los sismos de Tehuantepec y Puebla-Morelos respectivamente. Esta información permitió mejorar la estimación de los mapas generados de manera preliminar, especialmente en la CDMX, lo que contribuyó a entender la distribución de daños en la ciudad y ayudando a los comités de emergencia y autoridades del CENAPRED en la toma de decisiones informadas. Asimismo, los registros de aceleración se pusieron a disposición de la comunidad del IIUNAM en el formato estándar ASA2.0 para fines e intereses particulares de los investigadores.

Los registros acelerográficos obtenidos y el monitoreo continuo de los sistemas, son producto de las labores llevadas a cabo por personal del área de instrumentación y procesamiento de la Unidad de Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería. |

## Referencias

- [1] ISTI Inc. (2012). Earthworm Central: Programa de adquisición y manejo de datos sísmicos en tiempo real. Instrumental Software Technologies, Inc. <http://www.isti.com/products/earthworm/>.
- [2] Arroyo D. y Ordaz M. (2010). GENMAPS: Herramienta computacional para el cálculo de mapas nacionales de intensidades sísmicas en tiempo real. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- [3] Ordaz M., E. Reinoso, M. Jaimes, L. Alcántara y C. Pérez (2017). High-Resolution Early Earthquake Damage Assessment System for Mexico City on a Single-Station. Geofísica Internacional. 56(1), 117-135.



**REDES SOCIALES DEL IIUNAM**

-  <https://www.facebook.com/InstitutoIngenieriaUNAM>
-  <https://twitter.com/IIUNAM>
-  <https://www.youtube.com/user/IINGENUNAM>
-  <https://www.linkedin.com/company/instituto-de-ingenier-a-de-la-unam>
-  <https://www.instagram.com/iunam>
-  <https://plus.google.com/102848256908461141106>



cuantos kilómetros del epicentro; 32 años después del sismo de 1985 la red acelerográfica del IIUNAM creció a cerca de 90 estaciones acelerográficas, de las cuales 36 transmiten sus datos en tiempo real. La distribución actual comprende la región costera del Océano Pacífico que va desde Tepic en Nayarit hasta la región de Tehuantepec en Chiapas. También se colocaron estaciones hacia el interior del continente y en ciudades como Acapulco, México, Guadalajara, Puebla y Oaxaca. En el Golfo de México se instalaron algunas estaciones que permiten el monitoreo sísmico en las ciudades más importantes de Veracruz y Tabasco.

Debido a su extensión y para facilitar las actividades de operación y mantenimiento, la red acelerográfica del IIUNAM se ha dividido en 10 subredes:

- Red de Guerrero con 17 acelerógrafos
- Red de Acapulco con 6 acelerógrafos
- Red de Oaxaca y ciudad de Oaxaca con 19 acelerógrafos
- Red del Valle de México con 5 acelerógrafos
- Red de Puebla y ciudad de Puebla con 10 acelerógrafos
- Red de Guadalajara con 4 acelerógrafos
- Red del Centro (Guanajuato, Estado de México y Tlaxcala), 4 acelerógrafos
- Red del Oeste (Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit) con 15 acelerógrafos
- Red del Golfo (Veracruz y Tabasco), 5 acelerógrafos
- Red del Sureste (Chiapas), 4 acelerógrafos

La figura 1 muestra la distribución espacial que conforman la red acelerográfica actual del Instituto de Ingeniería, los triángulos rojos indican las estaciones que no transmiten en tiempo real y los triángulos verdes las que sí cuentan con dicho sistema.

El crecimiento de la Red Acelerográfica del IIUNAM (RA-IIUNAM) columna vertebral del sistema de monitoreo de movimientos fuertes ha sido paulatino tanto en recursos humanos como en infraestructura, de tal suerte que cuando ocurrió el sismo del 19 de septiembre de 2017 ( $M=7.1$ ) también se tuvo la oportunidad de contar con el registro del movimiento del terreno de un sismo del tipo intraplaca, con localización epicentral entre los estados de Puebla y Morelos, a una distancia de 120 km de la Ciudad de México. La calidad y número de registros obtenidos durante este sismo aunado a los del sismo de 1985 forman parte de una recopilación importante para dar respuesta a lo sucedido en los estados de Morelos, Puebla, pero sobre todo en la Ciudad de México, donde la mayor afectación resultó en otras zonas diferentes a las afectadas en el sismo de 1985.



Figura 2. Estación acelerográfica autónoma típica de campo libre

Actualmente el acervo de registros de aceleración de temblores asciende a 12,246 registros de tres componentes, generados por temblores que oscilan entre magnitud de 3.1 y 8.2, dicho acervo puede ser consultado en la aplicación web <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM>.

El crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional y el desarrollo de la tecnología en el último lustro han hecho posible la transmisión de las señales sísmicas en forma continua; así los datos registrados llegan casi en tiempo real al Centro de Registro Sísmico (CRS), ubicado en la planta baja del edificio 1 del IIUNAM, en el que a su vez se alberga el centro de cómputo. Al llegar las señales registradas y enviadas desde cada estación remota al CRS son administradas por el sistema de adquisición de datos sísmicos llamado Earthworm. Estas señales quedan agrupadas y almacenadas en archivos de datos que alimentan posteriormente al sistema de generación de mapas de intensidades para la región epicentral correspondiente al sismo ocurrido los cuales presentan, por medio de una escala de colores, un panorama general de la severidad del movimiento del terreno poco tiempo después de la ocurrencia de un evento sísmico importante.

## UNIDAD DE INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA



Figura 3. Acelerógrafo, modem, batería, regulador y cargador de batería

El sistema de generación de mapas se alimenta con las señales provenientes de estaciones acelerográficas remotas, así como la magnitud y localización epicentral reportado por el Servicio Sismológico Nacional; y para el Valle de México se estima a partir de las aceleraciones espectrales obtenidas en la estación acelerográfica de Ciudad Universitaria. Los sistemas también generan automáticamente notificaciones vía correo electrónico y a sitios FTP.

Las estaciones acelerográficas del IIUNAM están desplantadas principalmente sobre afloramientos de roca y están compuestas de una caja metálica empotrada en una base de concreto armado y de una torre metálica, donde se instala el sistema de posicionamiento global (GPS) y las celdas solares, como se muestra en la figura 2. En el interior de la caja se resguarda el acelerógrafo, así como el regulador de voltaje y las baterías que abastecen de energía al equipo y en su caso el modem del servicio de internet, figura 3. Básicamente el GPS mantiene al equipo sincronizado en referencia al tiempo universal, las celdas solares proporcionan energía a la batería y el modem permite la transmisión de los datos registrados por el acelerógrafo, en tiempo real, desde el sitio instrumentado hasta el CRS.

Las actividades de operación y mantenimiento a cada una de las estaciones son realizadas por personal académico adscrito a la Unidad de Instrumentación Sísmica de la coordinación de Ingeniería Sismológica, con formación de ingeniería en electrónica o mecatrónica, dicho personal acude al menos dos veces por año a cada estación acelerográfica y en el caso de las estaciones que transmiten en tiempo real se recurre, además de las dos visitas por año, en cuanto el acelerógrafo presente alguna falla de transmisión. En el caso de la administración de las señales en el Centro de Registro, el personal encargado de esta actividad tiene la formación de ingeniería en computación, y parte de su actividad consiste en preparar las bases de datos para alimentación de los sistemas de generación automática de los mapas, además de monitorear que los sistemas automáticos estén corriendo adecuadamente, para que ante la ocurrencia de un temblor no presenten ninguna falla y que todos los productos se generen correctamente. Para el caso de las estaciones que transmiten en tiempo real, existe una estrecha relación entre el personal de mantenimiento con el de administración, para que en su momento se reporte qué estaciones han dejado de transmitir para darle seguimiento y ya sea que el problema se resuelva desde el CRS o sea necesario trasladarse al lugar de instalación de la estación. En el futuro se tiene contemplado acondicionar cada vez más estaciones acelerográficas con el sistema de transmisión en tiempo real y adicionalmente que cuenten con una caseta de resguardo en lugar de una caja metálica.

Entre los beneficios que han proporcionado las redes acelerográficas se puede mencionar que han permitido conocer el fenómeno sísmico y con ello seguir dando respuesta a muchas de las interrogantes del porqué en unas zonas o ciudades el movimiento del suelo es mayor que en otras, son la materia prima para la generación de los mapas de intensidad. En el caso de la Ciudad de México también han servido de base para la elaboración de los reglamentos de construcción. En el caso de los sismólogos este tipo de redes han permitido conocer los mecanismos de falla de la corteza terrestre, la caracterización de la estructura cortical, las magnitudes de los sismos y las áreas de ruptura.

Personal de la Unidad de Instrumentación Sísmica: Leonardo Ramírez, Citlali Pérez, Ana Ruiz, Rosario Delgado, Héctor Sandoval, Leonardo Alcántara, Miguel Leonardo, Cristian Tejada, Marco Macías, Miguel Torres, Gerardo Castro, Luis Aguilar, David Almora, Israel Molina, Alejandro Mora, Ricardo Vázquez, Juan Velasco, Mauricio Ayala, Servando Cortes, Eric Tejada, Jessica Villegas e Iván Flores.

## TALLER DE DISIPADORES DE ENERGÍA SÍSMICA

El pasado mes de junio, becarios del Instituto de Ingeniería de los niveles de licenciatura y posgrado participaron en el Taller: Fabricación de disipadores de energía sísmica, impartido por el Dr. Héctor Guerrero Bobadilla.

Los disipadores que se fabricaron son conocidos como contraventeos restringidos al pandeo (o BRB por sus siglas en inglés). Éstos consisten en un núcleo de acero restringido en sus extremos con la parte central inmersa en un tubo de acero relleno de concreto que evita el pandeo cuando es sometido a cargas de compresión. El núcleo de acero y el relleno de concreto son separados mediante un material que permite su deformación de manera independiente, lo que permite que se disipe energía por comportamiento plástico del núcleo.

Esta tecnología se aplica actualmente en el diseño de edificaciones nuevas y existentes. Algunas empresas comercializan actualmente disipadores del tipo BRB. La particularidad de los disipadores que se fabricaron en este taller es que son de bajo costo, pues se fabrican con materiales de construcción comunes y no requieren mano de obra ni maquinaria especializada. Estos disipadores se propusieron recientemente en el IIUNAM y están enfocados a apoyar regiones sísmicas de escasos recursos que no tienen acceso a tecnologías innovadoras de protección sísmica.

El objetivo del taller fue enseñar a los estudiantes el proceso de fabricación de un disipador e incentivar el uso de esta tecnología en sus futuros diseños estructurales. Durante el desarrollo del taller se explicaron las ventajas del uso de éstos

dispositivos y sus beneficios a las estructuras que habitamos y en general para crear una sociedad más resiliente a los sismos.

Para el desarrollo del taller, se proporcionaron todos los materiales sin procesar, es decir, tal como se obtienen en los puntos de venta. Los becarios con la herramienta del laboratorio cortaron y maquinaron las secciones de acero, habilitaron los núcleos, fabricaron el mortero de relleno e hicieron el colado de los disipadores.

Entre todos los participantes se fabricaron 18 disipadores que serán ensayados próximamente en laboratorio con la finalidad de caracterizar su comportamiento. Los resultados de las pruebas servirán para el desarrollo de la tesis de maestría del estudiante José Ernesto García Mora Pinto. |

A promotional banner for UNAM Global. The banner features the UNAM Global logo on the left, followed by the text "A un clic de la información ¡Consúltala!". Below this, there is a search bar with the URL "http://www.unamglobal.unam.mx" and a magnifying glass icon. The background is dark blue with a network of glowing lines and nodes. At the bottom, there is a hand pointing at the search bar.

**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>

## VERANO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EL IIUNAM

Con el fin de presentar soluciones a la problemática del océano entre el bioclima, ciudad y edificios, el Centro Mexicano de Innovación en Energía-Océano y el Instituto de Ingeniería de la UNAM, organizaron cuatro conferencias en las que Edgardo Rivera Terrazas abordó el tema del Prototipo de chimenea solar montable para edificios en zonas costeras; Jorge Armando E. Santos presentó las Estrategias base para el aprovechamiento de la brisa marina en la arquitectura bioclimática; mientras que Luis Javier Martínez Álvarez habló del Panel modular sustentable para la habitabilidad térmica de edificios y Miguel Ángel López Flores explicó la importancia de los Materiales sustentables como estrategia para edificios confortables en la costa.

Los tres primeros ponentes pertenecen a la Universidad Autónoma de Sinaloa y el cuarto al Instituto Tecnológico de

Tepic y fueron seleccionados, por la importancia del tema y la calidad de la presentación, primero a través del concurso en sus instituciones, regionalmente y después por el concurso nacional, por los Programas Delfín y la Academia Mexicana de Ciencias.

Estos estudios son de sumo interés ya que existe un impacto de los océanos con el clima y bioclima, medido en consumo de energía y emisiones de GEI, además de aprovechar el potencial de brisa marina, con beneficios en ahorro de energía y mitigación de CO<sub>2</sub>. Las conferencias estuvieron coordinadas por el Dr David Morillón, investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM, a quien agradecemos el interés mostrado en la divulgación de estos temas y en la solución de los mismos. |





## ENRIQUE CHICUREL, UNA VIDA POR EL DISEÑO MECÁNICO

El Colegio del Personal Académico del Instituto de Ingeniería de la UNAM rindió homenaje al Dr. Enrique Chicurel Uziel, investigador del Instituto de Ingeniería desde hace cincuenta años, quien ha dedicado su vida al diseño mecánico y a la formación no sólo de grandes ingenieros, también de grandes personas.

En la ceremonia que tuvo lugar el 16 de agosto participaron cuatro comentaristas que fueron alumnos del Dr. Chicurel. El primero en tomar la palabra fue Guillermo Aguirre Esponda, quien hizo un relato de las aportaciones que Enrique Chicurel ha dado a la ingeniería mecánica y recalcó que para Enrique los diseños dignos deben tener tres elementos: ser ingeniosos, estar sujetos a un análisis matemático hasta el grado de ser elegantes y ser impecables en su ejecución, cuando se alcanzan estas tres características se llega a un diseño óptimo. En realidad –continuó Guillermo Aguirre– lo que nos ha dejado Enrique a los alumnos de muchas generaciones es una escuela: nos enseñó a pensar, a ser exigentes en el diseño, a hacer las cosas correctamente; esa manera de trabajar te da una gran satisfacción. Es una persona que ha logrado inspirar a las nuevas generaciones a través de su obra.

El segundo comentarista fue Jorge Ángeles Álvarez, quien recordó cuando fue alumno del Dr. Chicurel y que fue gracias a los consejos de él que se fue a hacer un doctorado en Stanford sobre mecánica aplicada. Agradeció a Enrique por sus enseñanzas.

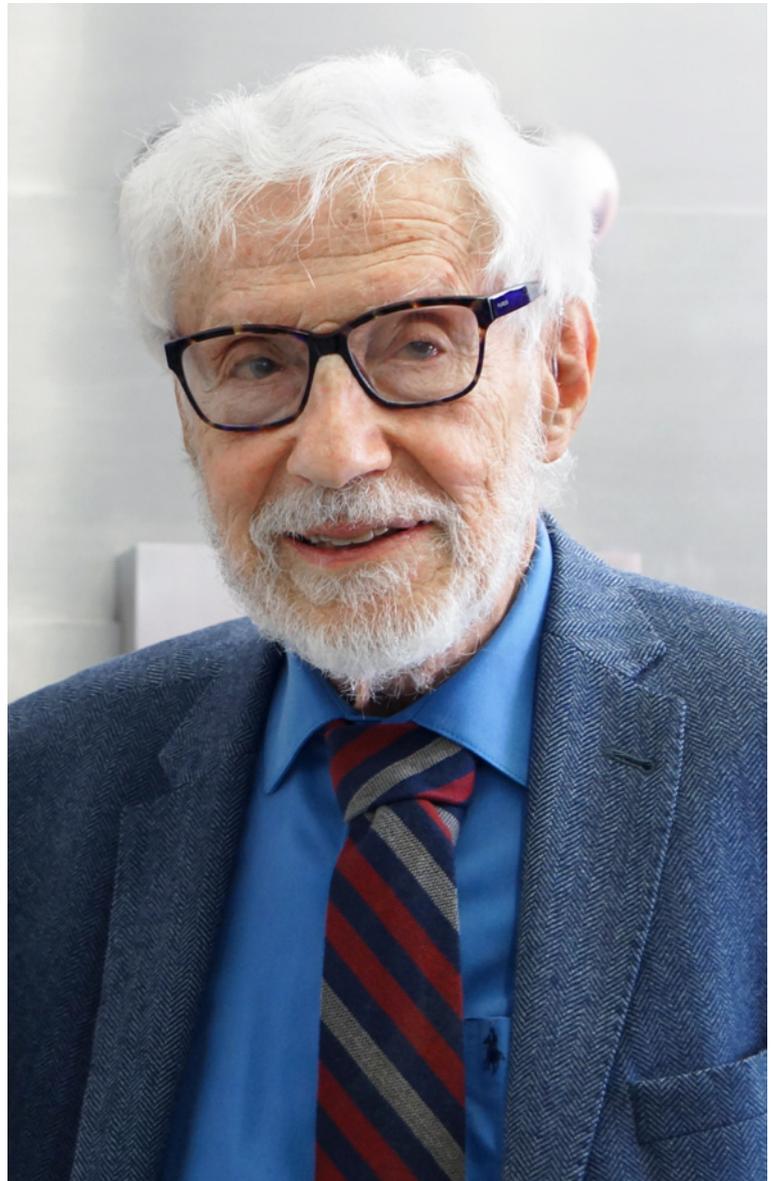
Arturo Lara López, dijo sentirse muy afortunado por contar con la amistad de Enrique a quien conoció en 1971, en sus cursos aprendió a dudar de todo lo que creía, pero también a entender los conceptos y a conciliarlos. Para terminar con su exposición Arturo se dirigió al Dr. Chicurel: Quiero decirte Enrique que has hecho cosas muy buenas por este país, lo que hasta hoy has hecho sobradamente cubriría las ambiciones de cualquier persona. Te felicito y te admiro mucho.

El cuarto en participar fue Jaime Cervantes de Gortari, quien decidió referirse a la parte que no habían abordado los comentaristas anteriores, es decir, al interés del doctor por el arte gráfico, él mismo es un magnífico dibujante-. Algo que no quiso dejar de subrayar es el don que posee Enrique

Chicurel como profesor para expresarse, sus clases eran estu-  
pendas pues todos entendíamos lo que explicaba –concluyó–.

Por su parte, Cristina Verde, quien es una de las muchas personas interesadas en realizar este Homenaje, comentó que cuando lanzó la invitación para tener cuatro personas que hablaran de Enrique en cinco minutos ya tenía a los participantes, eligió a aquellos que no están en el IIUNAM para mostrar el gran aprecio que se le tiene al doctor en los lugares donde se le conoce y quien es el motivo de tan merecido homenaje. |





# Relación de invenciones pertenecientes al Instituto de Ingeniería al 12 de junio de 2018

15. MICROPLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA FLUJOS PEQUEÑOS	<b>INVENTORES</b> Adalberto Noyola Robles Juan Manuel Morgan Sagastume	41. TRANSMISIÓN MAGNÉTICA CICLOIDAL CON ENGRANES DE IMANES PERMANENTES PARA TRANSMISIÓN DE POTENCIA	<b>INVENTORES</b> Ricardo Chicurel Uziel Luis Alberto Vázquez Pérez Gabriel Ascanio Gasca
18. ESTABILIZACIÓN ALCALINA DE LODOS RESIDUALES EN SISTEMAS CERRADOS CON RECIRCULACIÓN DE AMONIACO (FASE NACIONAL MÉXICO)	<b>INVENTORES</b> Blanca Elena Jiménez Cisneros Juan Manuel Méndez Contreras Catalina May Rendón José Antonio Barrios Pérez	42. DISPOSITIVO PARA LA PROTECCIÓN DEL CABLEADO	<b>INVENTORES</b> Ragnar Trillo Valdes Eusebio Calixto Madariaga
29. DISPOSITIVO EXTERNO DE APLICACIÓN DE MASA INERCIAL PARA ENSAYOS EN MESA VIBRADORA	<b>INVENTORES</b> Sergio Alcocer Martínez de Castro Wilmer Julián Carrillo León	43. PROCESO DE REMOCIÓN DE BORATOS Y FLUORUROS PRESENTES EN AGUA EMPLEANDO ESCORIAS METALÚRGICAS DE LA INDUSTRIA DEL ACERO COMO ADSORBENTE	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Rafael Schouwenaar Bertha María Mercado Borrayo
30. PROCESO DE FUSIÓN HIDROTHERMAL ALCALINO PARA SÍNTESIS DE ZEOLITA P	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Fabricio Espejel Ayala	44. PROCESO DE PREPARACIÓN DE ZEOLITAS A, P Y Nap-CaP UTILIZANDO LODOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA PAPELERA	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora María Neftalí Rojas Valencia Fabricio Espejel Ayala
31. FILTROS SOLARES PARA AHORRO DE ENERGÍA	<b>INVENTOR</b> Rafael Almanza Salgado	50. DISPOSITIVO PARA CAPTAR Y DISPONER DESECHOS FECALES DE MASCOTAS	<b>INVENTOR</b> Eusebio Calixto Madariaga Soto
33. PROCESO DE OBTENCIÓN DE ZEOLITAS X EMPLEANDO LODOS DE PLANTAS POTABILIZADORAS DE AGUAS SUPERFICIALES	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Fabricio Espejel Ayala	52. UNIDAD SOLAR COMBINADA PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES Y SUBPRODUCTOS NO BIODEGRADABLES PRESENTES EN AGUA MEDIANTE PROCESOS FOTOQUÍMICOS Y TÉRMICOS	<b>INVENTORES</b> Rafael Almanza Salgado Fabiola Méndez Arriaga
34. PROCESO DE OBTENCIÓN DE UNA MEZCLA DE ZEOLITAS, ZEOLITA Z Y SODALITA, EMPLEANDO LODOS DE PLANTAS POTABILIZADORAS DE AGUAS SUPERFICIALES	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Fabricio Espejel Ayala	53. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN MATERIAL CERÁMICO CELULAR PREPARADO A PARTIR DE LODO GENERADO EN PLANTAS POTABILIZADORAS	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Rafael Schouwenaar Fabricio Espejel Ayala
36. RENOVADOR ECOLÓGICO DEL AGUA DE LAGUNAS COSTERAS	<b>INVENTORES</b> Miguel Ángel Alatorre Mendieta Martín Merino Ibarra Francisco Gerardo Ruíz Rentería Rodolfo Silva Casarín	55. HORNO SOLAR, CAMPO DE HELIOSTATOS PARA DIVERSAS APLICACIONES Y SISTEMA FORMADO POR EL MISMO	<b>INVENTORES</b> Fabiola Méndez Arriaga Iván Hernández Martínez Rafael Almanza Salgado
37. PROCESO DE REMOCIÓN DE FOSFATOS, METALES PESADOS Y COLORANTES PRESENTES EN AGUA EMPLEANDO COMO ADSORBENTES ESCORIAS METALÚRGICAS DE LA INDUSTRIA DEL HIERRO	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Bertha María Mercado Borrayo Rafael Schouwenaar Franssens	57. PROCESO SOLAR FOTOFENTON HETEROGÉNEO UTILIZANDO ESCORIAS METALÚRGICAS COMO FOTOCATALIZADOR PARA LA DESINFECCIÓN Y DESINTOXICACIÓN DE AGUA	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Myriam Solís López
40. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN NANOCATALIZADOR TIPO FENTON DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDOS DE HIERRO SOPORTADAS EN MATERIALES POROSOS PARA LA OXIDACIÓN DE CONTAMINANTES PRESENTES EN AGUA	<b>INVENTORES</b> Rosa María Ramírez Zamora Ariadna Alicia Morales Pérez Rafael Schouwenaar	58. REACTOR CONMUTADO POR TIRISTORES, COMO DISPOSITIVO PARA EVITAR FERRORESONANCIA EN TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVO	<b>INVENTORES</b> Miguel Ángel Olguín Becerril César Ángeles Camacho



<b>60. SISTEMA DE INTERRUPCIÓN DEL SUMINISTRO DE FLUIDOS ANTE EMERGENCIA SÍSMICA</b>	<b>INVENTORA</b> Silvia Raquel García Benítez
<b>61. DISPOSITIVO DE ACONDICIONAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE SEÑALES DE VOLTAJE ANALÓGICAS PARA TRANSDUCTORES DIVERSOS</b>	<b>INVENTORES</b> Enrique Ramón Gómez Rosas Miguel Ángel Mendoza García César Omar Gómez Cruz
<b>62. DISPOSITIVO LECTOR GENÉRICO PARA SENSORES BASADO EN CUERDA VIBRANTE CON PUERTO USB</b>	<b>INVENTORES</b> Enrique Ramón Gómez Rosas Miguel Ángel Mendoza García Jorge Blanco Figueroa
<b>63. RADIÓMETRO ULTRAVIOLETA, PARA SU APLICACIÓN EN MODELOS DE RADIACIÓN UV</b>	<b>INVENTORES</b> Lourdes Angélica Quiñones Juárez Martín Pérez Tiscareño Rafael Almanza Salgado
<b>64. REACTOR ENERGÉTICAMENTE AUTÓNOMO PARA LA DESCONTAMINACIÓN CATALÍTICA DE AGUA MEDIANTE ENERGÍA SOLAR</b>	<b>INVENTORES</b> Julio César Morales Mejía Rafael Almanza Salgado Filiberto Gutiérrez Martínez
<b>65. ECO-LADRILLOS CON BASE EN RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>INVENTORES</b> María Neftalí Rojas Valencia Mayra Itzel Maldonado Pérez Esperanza Aquino Bolaños
<b>66. MÁQUINA MOLDEADORA SUSTENTABLE DE LADRILLOS</b>	<b>INVENTORES</b> María Neftalí Rojas Valencia Esperanza Aquino Bolaños Mayra Itzel Maldonado Pérez
<b>67. FOTOBIOREACTOR TUBULAR CERRADO</b>	<b>INVENTOR</b> Armando González Sánchez
<b>70. DISPOSITIVO ELIMINADOR HÍBRIDO DE MALOS OLORES</b>	<b>INVENTORES</b> Armando González Sánchez Juan Manuel Morgan Sagastume
<b>77. DISPOSITIVO DE REGISTRO Y COMUNICACIÓN ETHERNET PARA MÓDULOS DE ACONDICIONAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE SEÑALES DIVERSOS</b>	<b>INVENTORES</b> Enrique Ramón Gómez Rosas Miguel Ángel Mendoza García Jorge Blanco Figueroa Luis Alejandro De La Cruz Velázquez
<b>78. SISTEMA Y MÉTODO DE ADVERTENCIA SOBRE AMENAZAS A OBRAS ENTERRADAS</b>	<b>INVENTORA</b> Silvia Raquel García Benítez

<b>79. PUPITRE PLEGABLE</b>	<b>INVENTOR</b> Eusebio Calixto Madariaga Soto
<b>81. SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN PARA INSTALACIONES INMÓTICAS</b>	<b>INVENTOR</b> Valente Vázquez Tamayo
<b>83. PIEZA MODULAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ARRECIFES ARTIFICIALES</b>	<b>INVENTORES</b> Edgar Gerardo Mendoza Baldwin Rodolfo Silva Casarín Dea Maribel Cárdenas Rojas
<b>86. SISTEMA Y CÁMARA DE LIXIVIACIÓN ACELERADA</b>	<b>INVENTORES</b> Rosa María Flores Serrano Guillermina Pérez Casimiro Jesús David Ramírez Orta
<b>89. SISTEMA MÓVIL DE ADQUISICIÓN DE DATOS SÍSMICOS DE PAVIMENTOS</b>	<b>INVENTORES</b> Antonio Gutiérrez Morales Roxana Jocyie Reyna Vielma José Ángel Ramírez Nájera Miguel Rodríguez González Rodrigo Rojas Hernández Martha María Suárez López
<b>92. DISPOSITIVO DISIPADOR DE ENERGÍA SÍSMICA</b>	<b>INVENTORES</b> Héctor Guerrero Bobadilla José Alberto Escobar Sánchez Antonio Zaldívar Lelo de Larrea

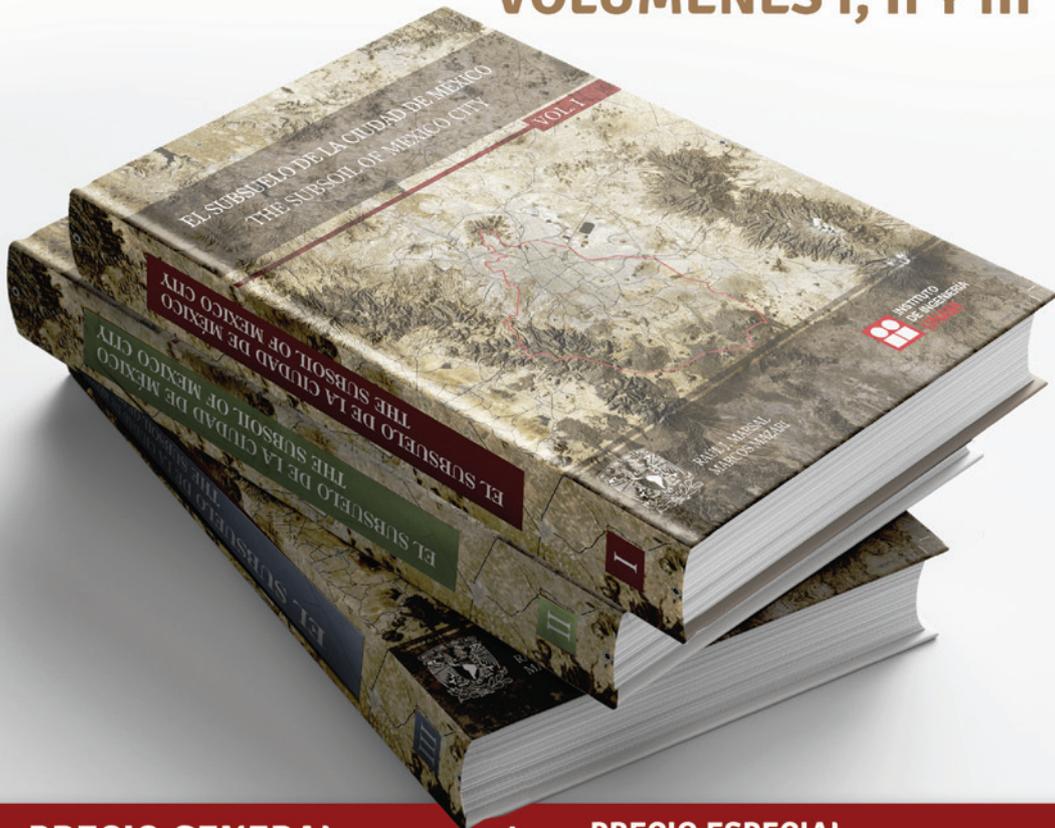


**Contacto**

**MGT. Rodrigo Arturo Cárdenas y Espinosa**  
 RCardenasE@iingen.unam.mx  
**En I. Margarita Moctezuma Riubí**  
 MMoctezumaR@iingen.unam.mx

# EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

## VOLÚMENES I, II Y III



**PRECIO GENERAL**

**\$ 1000**

TRES VOLÚMENES

**\$ 500**

CADA EJEMPLAR

**PRECIO ESPECIAL  
PARA LA COMUNIDAD UNAM**

**\$ 500**

TRES VOLÚMENES

**\$ 250**

CADA EJEMPLAR

**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. 56233615

Horarios de 9:00 a 13:00 y de 17:00 a 19:00 hrs.

## SOLECISMO

Para la Real Academia Española, solecismo es la falta de sintaxis; un error cometido contra las normas de algún idioma.

Cuando cometemos estos errores evidenciamos nuestro desconocimiento acerca de las reglas básicas de nuestro idioma.

Existen tres diferentes tipos de solecismos: de concordancia, régimen y construcción

**Solecismos de concordancia:** Son aquellos en los que se afecta al género, número y persona de una oración

### En español

- El adjetivo debe concordar en género y número con el sustantivo
- El verbo debe concordar en número y persona con el sujeto
- El pronombre debe concordar en número y persona con el verbo
- El artículo debe concordar en género y número con el sustantivo

### Ejemplos de solecismos de concordancia:

Solecismos	Forma correcta
Hubieron muchos errores	Hubo muchos errores/ hay muchos errores
Es nutritiva la fruta y la verdura	Son nutritivas la fruta y la verdura
Llegaron las investigadoras de quien les hablé	Llegaron las investigadoras de quienes les hablé
Los niños están medios dormidos	Los niños están medio dormidos

**Solecismo de régimen:** en estos casos se utilizan las preposiciones incorrectas, violando las normas gramaticales

Solecismos	Forma correcta
a la brevedad	con la mayor brevedad
al respecto de	(con) respecto a/de
cerca a	cerca de
de acuerdo a	de acuerdo con
en relación a	en relación con/ con relación a
por siempre	para siempre
de conformidad a	De conformidad con

**Solecismos de construcción:** este tipo de casos ocurre cuando se altera el orden de elementos o partes de la oración, tales como;

- Cuando no se respeta el orden de los elementos en nuestra oración
- Se separa el complemento directo
- Se separa la perífrasis verbal
- Se coloca una preposición entre el verbo y el complemento directo
- Se hace una pregunta negativa
- Se hace una oración interrogativa afirmativa

En español el orden de una oración debe ser el siguiente

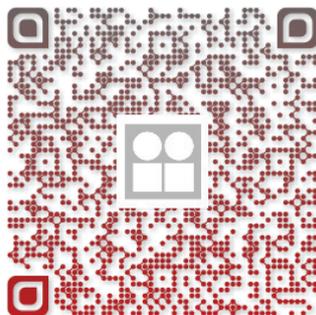
**Sujeto + verbo + CD + CI + CCL**

Solecismos	Forma correcta
Quiero ponerme del talco que me regalaste	Quiero ponerme talco del que me regalaste
Me pondré ese traje con o sin corbata	Me pondré ese traje con corbata o sin ella
He estado desde la semana pasada buscándote	He estado buscándote desde la semana pasada
Sonajas para bebés de plástico	Sonajas de plástico para bebés

### Rerefencias:

- [http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/BV/L0402/Unidad%202/sem2/Errores\\_hab\\_en\\_el\\_uso\\_del\\_leng/solecismos.html](http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/BV/L0402/Unidad%202/sem2/Errores_hab_en_el_uso_del_leng/solecismos.html)
- <http://articles.unono.net/qu%C3%A9-es-un-solecismo/>
- <http://www.gramaticas.net/2013/05/ejemplos-de-solecismo.html>
- <http://www.ejemplos.co/35-ejemplos-de-solecismo/>
- <http://www.ejemplos.co/35-ejemplos-de-solecismo/#ixzz5714U6LyM>
- <http://www.ejemplos.co/35-ejemplos-de-solecismo/#ixzz5713ZvEPD>
- [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&t&pid=S1029-30192011000200019](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&t&pid=S1029-30192011000200019)
- <https://es.scribd.com/doc/48256201/Solecismos-por-construccion>
- <http://electivolit.blogspot.mx/2012/08/vicios-de-la-oracion-solecismos.html>
- <https://ladosalvaje.wordpress.com/datos-de-interes/segunda-edicion/irregularid>
- <https://prezi.com/q2-oegjzmpa/solecismo-por-concordancia/>
- [http://liduvina-carrera.blogspot.mx/2013/02/solecismos\\_13.html](http://liduvina-carrera.blogspot.mx/2013/02/solecismos_13.html)

# Descarga el catálogo de libros del IIUNAM



<https://goo.gl/YzFWxF>