## OTRAS ACTIVIDADES

*Capacitación del Personal*

**Asistencia a cursos**

| ASISTENTES | CURSOS | LUGARES Y FECHAS |
|---|---|---|
| G. Juárez | *Curso básico de redes de cómputo* | Área de Informática, SEGOB |
| | *Interferometría de imágenes de radar* | Buenos Aires, Argentina. 13 al 18 de octubre |
| E. Ramos | *Volcanology and Sabo Volcanic Engineering* | Tokio, Japón. Marzo – septiembre |

**Asistencia a congresos**

**S. de la Cruz:**

*IAVCEI General Assembly*, Puerto Vallarta, 19 - 24 enero

- Degollado, J. L.; Gómez, A., y De la Cruz-Reyna, S. *Deformation studies at Colima volcano*
- Gómez, A.; Degollado, J. L., y De la Cruz-Reyna, S. *Deformation studies at Popocatépetl volcano*
- De la Cruz-Reyna, S. *Eruption prognostics. A physical model*

*1er. Seminario sobre nuevas tecnologías y gestión de catástrofes*. Madrid, España, 22 - 26 de septiembre.

- De la Cruz-Reyna, S. *Diagnóstico y pronóstico de la actividad del volcán Popocatépetl. Un enfoque semiótico de la evaluación del riesgo.*

**E. Miranda:**

- Expositor en el Simposio EERC-CUREe, California
- Expositor en el *Workshop of seismic design methodologies for the next generation of codes*. Bled, Eslovenia
- Expositor en el *Fifth international symposium on steel structures*

**C. Gutiérrez:**

- Expositor en el Seminario *30 Años del sismo de Caracas*. Caracas, Venezuela
- Expositor en el XI Congreso de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Veracruz, Ver.

**M. Ordaz:**

- Expositor en el Seminario *30 Años del sismo de Caracas*. Caracas, Venezuela
- Expositor en el *Seminario sobre normatividad sísmica*. San Salvador
- Expositor en el XI Congreso de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Veracruz, Ver.

**E. Ramos:**

- Expositor en la *General Assembly of IAVCEI*

***Impartición de cursos y conferencias***

A. Echavarría:

- Curso *Efectos de interacción suelo - estructura, estática y dinámica*. Preparado para la División de Educación Continua de la Facultad de Arquitectura de la UNAM
- Curso *Métodos de análisis, diseño y evaluación de técnicas de reforzamiento de estructuras, para cumplir con los niveles de seguridad reglamentarios vigentes*. Preparado para la

División de Educación Continua de la Facultad de Arquitectura de la UNAM

- *Necesidades de normalización para establecer un estándar de calidad en los proyectos geotécnicos*. Plática presentada en el CENAPRED
- Conferencia en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, acerca de los resultados de los trabajos de campo para analizar los efectos del sismo ocurrido el 11 de enero, en la costa del estado de Michoacán.

**S. de la Cruz:**

- Conferencia *Evolución reciente del volcán Popocatépetl*, como parte de la reunión de la *Comisión operativa* del *Consejo de protección civil*, Dirección General de Protección Civil. 8 de enero.
- Instructor en el *Diplomado en dirección de programas de protección civil: Ciencia y tecnología en los desastres*, con el seminario *Riesgos volcánicos*. CENAPRED. 12 de abril.
- Participante en la mesa redonda *Actividad sísmica y volcánica en México*, dentro de la Semana de la ingeniería 1997 *El universo de la ingeniería a tu alcance*. Facultad de Ingeniería, UNAM. 13 de mayo.
- Impartición del seminario *Situación actual del volcán y su pronóstico*, en la reunión de información GCIE -- DGPC - CENAPRED. 27 de mayo.
- Seminario *Situación actual del volcán Popocatépetl*, para miembros del *Rotary International* (*Rotarios Anáhuac*). 27 de mayo.
- Seminario *Situación actual de la actividad del volcán Popocatépetl*, para la Gerencia de Normas, de *Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano*, de la SCT, y Dirección General de Protección Civil, SEGOB, CENAPRED. 16 de junio.
- Seminario *Riesgo volcánico*, para personal de la Unidad Interna de Protección Civil de la CFE. 25 de junio.
- Seminario *Formación y estructura de los volcanes - Efectos asociados a la actividad volcánica - Escenarios de riesgos del volcán Popocatépetl*, dirigido a becarios del Centro de Estudios de Ciencias y Humanidades, de la *Fundación Teléfonos de México*. CENAPRED. 18 de julio.
- Conferencia *El Popo: Belleza o amenaza*, en el Diplomado *La ciudad de México*, dentro del *Programa universitario de estudios sobre la ciudad*. UNAM. 2 de septiembre.
- Seminario *Situación actual de la actividad del volcán Popocatépetl*. 2° Reunión académico-administrativa, de la Sociedad Mexicana de Toxicología Genética, A. C., en la Facultad de Química, UNAM. 10 de septiembre.

**A. González:**

- Conferencia *Estado actual del volcán Popocatépetl*, a personal de Protección civil, SCT

**C. Gutiérrez:**

- Instructor en el *Diplomado en programas de protección civil*. Enero.
- Instructor en el *Diplomado en programas de protección civil*. Noviembre.
- Conferencia *Sismicidad en México*. Semana de la protección civil. CFE.
- Conferencia *Vulcanismo*. Delegación Tláhuac.
- Conferencia *Sismos y volcanes*, a personal de protección civil de las delegaciones Iztapalapa y Xochimilco. CENAPRED.
- Conferencia *Vulcanismo en México*, en el Centro Nacional de las Artes
- Conferencia *Sismicidad en México*, para personal de protección civil de la STC
- Dos conferencias *Sismos y volcanes en México*, para personal de protección civil de la SCT

**G. Juárez:**

- Conferencia *El Popocatépetl hoy*, en el Auditorio del Centro Médico.

**E. Miranda:**

- Instructor en el *Diplomado en programas de protección civil*. Enero.
- Séptimo curso *Seguridad sísmica de las construcciones*. Mayo.

**E. Ramos:**

- *Actividad del volcán Popocatépetl*. Radio Universidad. Jalapa, Ver.
- *Actividad del volcán Popocatépetl*, impartida a *Brigadas de rescate*, del *Socorro Alpino de México*.
- *Actividad del volcán Popocatépetl*, impartida en el Instituto de Salud del Estado de México.

**M. Ordaz:**

- Instructor en el Diplomado *Dirección de programas de protección civil*. CENAPRED
- Instructor en el *Curso para Directores responsables de obra*. CENAPRED.
- Expositor en el *Curso internacional de ingeniería sísmica*. DEPFI-UNAM.

## APOYO EN ACTIVIDADES DE PROTECCIÓN CIVIL

A. Echavarría:

- Visitas técnicas a:
  - Instalaciones de la Secretaría de Gobernación alojadas en el *Palacio Cobián*, en la ciudad de México. Enero.
  - Instalaciones de la Secretaría de Gobernación alojadas en el *Palacio Cobián*, en la ciudad de México. Abril.
  - Edificio propuesto para reubicar al *Archivo nacional de sentenciados*, perteneciente a la Dirección General de Prevención y Readaptación Social, de la Secretaría de Gobernación.
  - Edificio del C. E. N. de la *Coordinación Ejecutiva de Movimiento Territorial*. Ubicado en Ezequiel Montes No. 99, Colonia Tabacalera, en la Delegación Cuauhtémoc.
  - Instalaciones del *Centro Nacional de Desarrollo Municipal*, ubicadas en Avenida Parque Lira No. 30, Colonia Ampliación Garza, Delegación Miguel Hidalgo.
  - Instalaciones del periódico *El Nacional*, ubicadas en Ignacio Mariscal No. 25 y Puente de Alvarado No. 14, Colonia Tabacalera, Delegación Cuauhtémoc.
  - Instalaciones de la *Dirección de la Clave Única de Población*, ubicadas en Avenida División del Norte No. 2462, Colonia Portales, Delegación Benito Juárez.
  - Edificio propiedad del Senado de la República, ubicado en Donceles 14, en la Delegación Cuauhtémoc.
  - Instalaciones de la *Coordinación Ejecutiva del Programa Nacional para la Mujer*, ubicadas en la calle Ixcateopan No. 337, Colonia Santa Cruz Atoyac, Delegación Benito Juárez.
  - Municipio de Arteaga, Michoacán, con motivo del sismo del 11 de enero, en apoyo a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
  - Edificio *A - 21* del conjunto habitacional *Lote 85 (El Rocío)*, del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), ubicado en el municipio de Tultitlán de Mariano Escobedo, Estado de México.
  - Edificio *D -- 1*, del conjunto habitacional *Lote 41 (El Carmen)*, ubicado en el municipio de Tultitlán de Mariano Escobedo, Estado de México.
  - Edificio propuesto para reubicar el *Archivo Nacional de Sentenciados*, perteneciente a la Dirección General de Prevención y Readaptación Social, de la Secretaría de Gobernación, ubicado en Morelos No. 45, Colonia Juárez, en la ciudad de México.
  - Conjunto Habitacional *Puerto Rico*, construido por el INFONAVIT, ubicado en la calle Puerto Rico No. 20, Col. El Parque, San Andrés, Delegación Coyoacán.
- Estudios acerca de:
  - Condiciones de inestabilidad de taludes en el poblado El Naranjo, municipio de Heliodoro Castillo, estado de Guerrero.
  - Condiciones de inestabilidad de taludes en el nuevo desarrollo habitacional del municipio Tlanchinol, del estado de Hidalgo.
  - Condiciones de seguridad estructural en el edificio que ocupa el *Instituto Nacional de Migración*, de la Secretaría de Gobernación, ubicado frente a la glorieta del *Metro Insurgentes*, en la ciudad de México, con motivo del sismo del 11 de enero.
  - Primer estudio técnico en el municipio de Acapulco, Gro., con motivo del huracán *Pauline*. Diagnóstico de daños e identificación de riesgos latentes.

- Segundo estudio técnico en el municipio de Acapulco, Gro., con motivo del huracán *Pauline*. Identificación de zonas urbanas sujetas a riesgo a causa de rocas inestables.
- Estudio y recomendaciones, para autoridades del INFONAVIT, acerca de los resultados de la reunión posterior al informe de la visita técnica al edificio *D -- 1*, del conjunto habitacional *Lote 41 (El Carmen)*, del INFONAVIT, ubicado en el municipio de Tultitlán de Mariano Escobedo, Estado de México.

- Revisión estructural de hoteles en Acapulco, Gro., para creación de la base de datos necesaria para análisis de riesgo sísmico.

**A. González:**

- Verificación del nivel de sismicidad en los municipios de Fresnillo y Jerez, Zacatecas.
- Verificación del nivel de sismicidad en el área meridional del estado de Tlaxcala.

**C. Gutiérrez:**

- Inspección de un deslizamiento de tierra en el municipio de Macuspana, Tabasco.
- Participación como panelista en el *Foro nacional de prevención de riesgos y vulnerabilidad en los asentamientos humanos*. Guadalajara, Jal.
- Participación en el *Ejercicio de gabinete para emergencias derivadas del volcán Popocatépetl*. Chalco, EdoMex.
- Instalación de una red temporal de sismógrafos analógicos para verificar el nivel de sismicidad en el sur del estado de Tlaxcala.
- Expositor en la *Reunión de administradores y comandantes de aeropuertos cercanos al Popocatépetl*.
- Instalación de un sismógrafo portátil para verificar el nivel de sismicidad en el área de la planta *Pijije*, de Pemex.
- Inspección del área afectada por el deslizamiento de tierra y colinas aledañas en el municipio de Macuspana, Tabasco.
- Participación en el *Comité de Desarrollo Urbano de Acapulco* para evaluación de riesgos geológicos.
- Integración de un grupo de trabajo, junto con la *Sociedad de Ingeniería Sísmica de Michoacán* y otras dependencias, para evaluar el riesgo debido a agrietamientos en la zona urbana de Morelia.

| ESTUDIANTES EN ELABORACIÓN DE TESIS | |
|---|---|
| A cargo de S. de la Cruz | Francisco Javier Castillo Alanís<br>Ángel Gómez Vázquez<br>José Luis Degollado Zaldívar |
| A cargo de E. Miranda | García Álvarez Francisco<br>Iturriaga Arriyaga Juan José<br>Del Castillo Contreras Héctor<br>Reyes Salinas Carlos<br>Jara Guerrero José Manuel<br>Santa Ana Lozada Perla |

| ESTUDIANTES DE SERVICIO SOCIAL | |
|---|---|
| A cargo de S. de la Cruz: | Barrera Guerrero Laura<br>Carrillo Romero Miguel<br>Ramírez Arroyo Guadalupe<br>Romero Márquez Hidromiro<br>Vite Gutiérrez Kytzia |
| A cargo de C. Gutiérrez | Hernández Barona Francisco<br>Vargas Ríos Edgardo<br>Cruz López Evelia<br>Garduño Hernández Mario Antonio |

## *Área de Ingeniería Estructural y Geotecnia*

*Responsable: Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro*

### OBJETIVO

El objetivo principal de esta área es efectuar investigaciones experimentales y analíticas sobre materiales, elementos, sistemas estructurales y constructivos, así como suelos, en procura de mejorar el diseño y la construcción en el país. Se hace énfasis en diseño resistente a sismos. La integran dos grupos de trabajo:

a) Ingeniería Estructural

b) Geotecnia

*Colaboradores*

| GRUPO | NOMBRE | PUESTO |
|---|---|---|
| Ingeniería Estructural | Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro | Jefe de área |
| | C. Gloria Mora Serrano | Apoyo secretarial y administrativo |
| | M.I. Roberto Durán Hernández | Investigador de tiempo completo |
| | Dr. Óscar López Bátiz | Investigador de tiempo completo |
| | Ing. Gerardo Aguilar Ramos | Investigador Téc. Asoc. *C* |
| | Ing. Leonardo E. Flores Corona | Investigador, Téc. Asoc. *C* |
| | Ing. José Antonio Zepeda Ramos | Investigador, Téc. Asoc. *C* |
| | Sr. Pablo Olmos Ibarra | Técnico de Laboratorio |
| Geotecnia | M.I. Manuel J. Mendoza López | Asesor |
| | Sr. Ángel A. Sánchez López | Técnico de Laboratorio |

## PROYECTOS

Los proyectos en los cuales se laboró durante el año se centraron principalmente en el estudio experimental y analítico del comportamiento sísmico de diversos tipos de estructuras. Incluye: a) su interacción con el suelo y la cimentación; b) determinación de propiedades dinámicas de suelos, cimentaciones y estructuras, y c) evaluación y desarrollo de materiales y tecnologías de construcción sismorresistente.

### PROYECTO

### INGENIERÍA ESTRUCTURAL

- Estudio del comportamiento de la subestructura y de la superestructura del puente vehicular *Impulsora*
- Ensaye de muros con tabiques extruidos
- Rehabilitación de estructuras de mampostería
- Estudio analítico de estructuras de mampostería confinada
- Evaluación del sistema *Kinkreto* para su uso en vivienda
- Determinación de propiedades mecánicas de bloques de concreto celular curado en autoclave (sistema *Hebel*)
- Estudio del comportamiento de muros de adobe ante cargas laterales cíclicas
- Evaluación de muros de bloque hueco de cemento con mallas electrosoldadas y recubrimiento de concreto
- Evaluación de la soldadura a gas y presión para su uso en México
- Evaluación de disipadores de energía
- Estudio del comportamiento de una conexión viga-columna de elementos de concreto prefabricado
- Respuesta sísmica de un edificio de concreto presforzado
- Pruebas dinámicas en durmientes para la línea *B* del *Tren Metropolitano*
- Análisis de los registros obtenidos en la Catedral Metropolitana de la ciudad de México durante 1997
- Teoría de *ondículas (wavelets)* y su aplicación en análisis de registros sísmicos. Visión general

### GEOTECNIA

- Estudio del comportamiento de la cimentación del puente vehicular *Impulsora*
- Consolidación de suelos bajo velocidad constante de deformación
- Deformación permanente en arcilla de la ciudad de México debida a cargas que simulan acciones sísmicas

## RESULTADOS Y AVANCES LOGRADOS EN LOS PROYECTOS

### Estudio del comportamiento de la subestructura y de la superestructura del puente vehicular y peatonal *Impulsora*

Este proyecto, de carácter permanente, se inició en 1995 con la instrumentación de la cimentación de un apoyo del puente y de algunas columnas y vigas de la estructura. Desde 1996 se ha obtenido información instrumental, en condiciones estáticas, tanto durante la construcción como en estado de servicio.

Durante 1997 se completó la instrumentación de la subestructura y de la superestructura. Se instalaron:

- 2 servoacelerómetros de tres canales, en sendas vigas cajón del puente
- 4 transductores de desplazamiento tipo LVDT
- 1 sistema de adquisición dinámica de datos
- Cableado de todos los sensores hasta la caseta de registro (64 canales)
- Conexión de 60 de los 120 deformímetros adheridos a las barras de refuerzo de columnas y vigas

Ante la ocurrencia de eventos sísmicos, el sistema dinámico de captura de datos se dispara de modo que registra las variables (aceleración, desplazamiento y deformación) en el tiempo.

Además se inició el modelado de la estructura del puente, para fines de análisis y comparación del comportamiento esperado con la respuesta.

### Ensaye de muros con tabiques extruidos

Como parte de un convenio entre la empresa *Novaceramic, S. A. de C. V.*, y el CENAPRED, se concluyó el análisis de los resultados del ensaye de cuatro muros cuadrados y aislados, construidos a escala natural con tabique extruido multiperforado (*Multex*) y perforado de dos huecos (*Vintex*).

De este estudio se generaron recomendaciones y conclusiones de carácter práctico aplicables a muros fabricados con tabiques multiperforados *Multex*, confinados con castillos interiores hechos con tabiques *Vintex* o con castillos exteriores de concreto reforzado. Para fines de diseño, se recomienda que a muros como los ensayados se les considere confinados.

Se identificó el incremento en resistencia y capacidad de deformación que se obtiene de colocar refuerzo horizontal. Se desarrolló un criterio para calcular la resistencia dependiendo de cuantías de refuerzo diferentes a la mínima reglamentaria.

### Rehabilitación de estructuras de mampostería

Una de las técnicas recientemente desarrolladas en países como Japón y Estados Unidos de América consiste en colocación de mallas o placas de fibras sintéticas. Destacan las fibras de carbón, cuyo comportamiento es elástico lineal hasta la ruptura. Desarrolla resistencias varias veces superiores a las del acero.

Con el fin de evaluar el desempeño de un muro de mampostería ya dañado, reparado con tirantes de fibras de carbón, se aprovechó uno de los muros descritos en la sección anterior. El modelo original había fallado por compresión-cortante; el refuerzo horizontal permaneció elástico. Localmente se repararon las hiladas aplastadas y el agrietamiento vertical del muro. Siguiendo los campos de tensión diagonal esperados, se adhirieron los tirantes al muro con resina epóxica.

Para el ensayo de éste se aplicó la misma historia de desplazamientos horizontales cíclicos alternos del original. En comparación con el sistema resina/fibra, su desempeño fue satisfactorio, hasta el desgarramiento parcial, atribuido a baja resistencia a la tensión de los tabiques.

Las empresas *Sika Mexicana, S. A. de C. V.*, y *Concreto, Diseño y Patología de Obras Civiles, S. A. de C. V.*, aportaron el material y la mano de obra para la reparación

**Estudio analítico de estructuras de mampostería confinada**

Durante 1997 se terminó el análisis de la información de ensayes de materiales de mampostería (piezas, pilas y muretes) provenientes de diversas localidades alrededor del Valle de México.

Se inició la elaboración de un banco de datos acerca de ensayes de muros de mampostería de características diversas, efectuados en distintos laboratorios del mundo.

Está en proceso el desarrollo de un modelo analítico que represente el comportamiento histerético de muros de tabique multiperforado como los ensayados en el CENAPRED.

**Evaluación del sistema *Kinkreto* para su uso en vivienda**

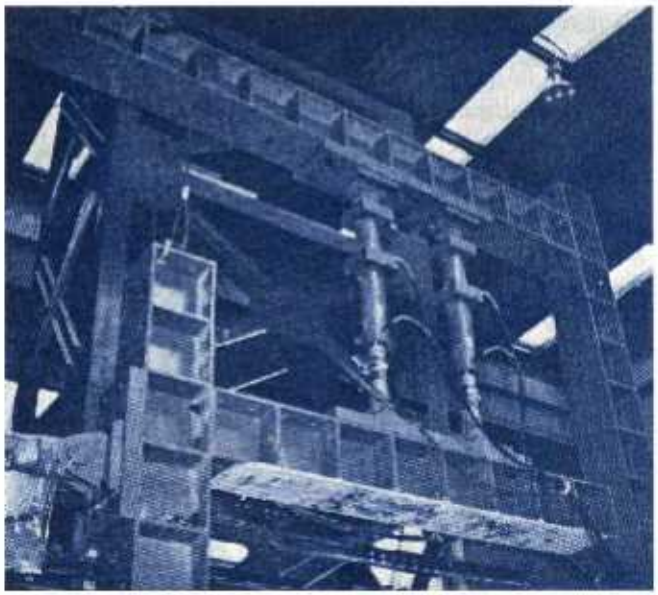
Durante el segundo semestre se inició este proyecto. El objetivo es evaluar el uso de concreto ligero tipo *Kinkreto* en vivienda de interés social. Se diseñó un programa experimental que incluye preparación y ensaye de cilindros a compresión y de paneles a flexión. Con las conclusiones obtenidas se preparó una segunda etapa experimental, que se emprenderá durante 1998. Se prevén ensayes de muros sujetos a cargas horizontales cíclicas.

**Determinación de propiedades mecánicas de bloques de concreto celular curado en autoclave (sistema *Hebel*)**

Los últimos meses del año se inició la determinación de las propiedades mecánicas de bloques de concreto celular aereado, curado en autoclave, fabricados por la empresa *Contec Mexicana, S. A. de C. V.* Se prevé que en 1998 se ensayarán muros de este material ante cargas laterales cíclicas.

**Estudio del comportamiento de muros de adobe ante cargas laterales cíclicas**

En colaboración con la *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* se inició este proyecto, tendiente a proponer opciones de refuerzo de muros de adobe, que técnica y económicamente sean viables para poblados del estado de Michoacán. En 1998 se ensayarán los muros y se elaborará una *cartilla de refuerzo de casas de adobe*, de fácil interpretación por los usuarios.



**Evaluación de muros de bloque hueco de cemento con mallas electrosoldadas y recubrimiento de concreto**

Mediante este proyecto se indagará la factibilidad de reforzar y rigidizar los muros de bloque hueco de cemento de las centrales telefónicas de *Teléfonos de México, S. A. de C. V.*, con mallas de acero electrosoldadas recubiertas con concreto. Se evaluarán diferentes soluciones de anclaje de las mallas. A esta técnica se le ha considerado como opción económica, en substitución de otras.

**Evaluación de la soldadura a gas y presión, para su uso en México**

La finalidad del proyecto es evaluar la idoneidad de este tipo de soldadura empleando barras de acero para refuerzo de concreto fabricadas en México. Se hicieron análisis metalúrgicos de barras de acero soldadas, para conocer la microestructura y la macroestructura del acero soldado, así como para determinar las

características y los procesos térmicos y mecánicos a los cuales se les sometió.

Las probetas se analizaron en microscopio. Adicionalmente se elaboró el análisis químico del acero. Finalmente se realizaron pruebas de microdureza y dureza tipo *Vickers*. En estos estudios se ha contado con el apoyo generoso de la Facultad de Química de la UNAM. Se prevé que en 1998 se concluya el proyecto.

**Evaluación de disipadores de energía**

Se continuaron los ensayes ante cargas laterales cíclicas alternas de marcos de acero estructural rigidizados con contravientos en forma de Y invertida, en los cuales se habían colocado disipadores de energía tipo panel de cortante. Se analizó la información y se elaboró el informe.

Se inició un estudio de gabinete tendiente a identificar los parámetros estructurales que más afectan la respuesta de una estructura con disipadores de energía como los ensayados. El objetivo es evaluar la implantación de disipadores de energía de tipo panel de cortante en diseño de estructuras nuevas, y rehabilitación de las existentes. El proyecto comprende un amplio análisis y revisión de la literatura internacional.

**Estudio del comportamiento de una conexión viga-columna de elementos de concreto prefabricado**

Copatrocinado por *Servicios y Elementos Presforzados, S. A. de C. V.*, y el CENAPRED, este proyecto se inició en octubre. En virtud de la innovación de sistemas estructurales en México y de la verificación experimental de éstos mediante ensayes de laboratorio de componentes a escala natural, aporta especial interés.

En los últimos meses de 1997 se diseñaron los especímenes y se inició la construcción del marco de carga. En 1998 se construirán y ensayarán los modelos. En las pruebas se aplicará información de historias de desplazamientos cíclicos alternos, simulando efectos sísmicos unidireccionales y bidireccionales.

**Respuesta sísmica de un edificio de concreto presforzado**

Con el propósito de conocer mejor el comportamiento estructural, se analizó la respuesta ante sismos de un edificio de concreto presforzado ubicado en terreno de transición en el Distrito Federal. En ambas direcciones el sistema estructural del edificio es a base de marcos de concreto presforzado. Los elementos no estructurales consisten en piezas de concreto presforzado ligero, presentes en todas las fachadas de la estructura. El edificio forma parte de la *Red de Observación Sísmica* del CENAPRED.

**Objetivos**

1) Describir los estudios analíticos realizados para determinar las características dinámicas de la estructura usando técnicas de identificación de sistemas
2) Con base en los registros obtenidos, describir las características principales de la respuesta sísmica de la estructura

**Pruebas dinámicas en durmientes para la línea B del *Metro***

La empresa *ICA Construcción Urbana, S. A. de C. V.*, solicitó al Instituto de Ingeniería de la UNAM la evaluación experimental del comportamiento dinámico de durmientes tipo bibloque para usarse en la *línea B del Tren Metropolitano* de la ciudad de México. En virtud de acuerdos de cooperación interinstitucional, los ensayes se realizaron en el CENAPRED.

En total se ensayaron cinco durmientes. En dos, se aplicaron 300 000 ciclos de carga sobre los rieles, con frecuencia de 250 ciclos por minuto (20 horas continuas). Con igual frecuencia, durante 7 días seguidos, a otros dos durmientes se les aplicaron ciclos de carga sobre las pistas hasta totalizar 2 600 000 ciclos. Al último durmiente también se le aplicaron 2 600 000 ciclos de carga horizontal sobre los aisladores plásticos que sostienen la barra guía.

En los durmientes no ocurrió daño alguno. Se concluyó que su diseño y la construcción son adecuados para su uso.

### Análisis de los registros obtenidos en la Catedral Metropolitana de la ciudad de México durante 1997

Como parte del programa de rehabilitación que se está emprendiendo en la Catedral, y en apoyo del Instituto de Ingeniería para cuantificar el comportamiento del monumento ante solicitaciones sísmicas, en 1996 el CENAPRED colocó una red de acelerógrafos. Durante 1997 se analizaron los registros sísmicos obtenidos ante siete temblores ocurridos en el año. La interpretación de los registros se realizó utilizando la identificación de sistemas no paramétrica. Se identificaron los modos fundamentales de vibración de la estructura; la interacción suelo-monumento se estimó de modo cualitativo.

### Teoría de ondículas (*wavelets*) y su aplicación en análisis de registros sísmicos. Visión general

*Ondículas* son funciones matemáticas que dividen los datos en diferentes componentes de frecuencia, para estudiarlos con una resolución igual a su escala. Respecto del método tradicional de Fourier, aportan ventajas en análisis de fenómenos físicos cuando las señales -principalmente si las frecuencias cambian con el transcurso del tiempo- son discontinuas.

Las ondículas se desarrollaron independientemente en matemáticas, física cuántica, ingeniería eléctrica y otras ciencias. Durante aproximadamente los últimos diez años, en estos campos ha habido intercambios. Ello ha propiciado nuevas aplicaciones:

- Compresión de imágenes
- Visión humana
- Radar
- Predicción de temblores

En el proyecto se confirmaron las ventajas que -en relación con la transformada de Fourier- en análisis de señales ofrece esta nueva teoría.

### Instrumentación sismogeotécnica e interpretación del comportamiento de la cimentación del apoyo No. 6 del puente *Impulsora - Metropolitano línea B*

A fin de reducir incertidumbres en el comportamiento de cimentaciones mixtas cajón-pilotes de fricción surgidas por desempeño deficiente durante los sismos de 1985, y con ello la disminución del riesgo de desastres, en 1995 se instrumentó el apoyo 6 del puente vehicular y peatonal *Impulsora*. Esta cimentación es prototipo de prácticamente todos los soportes de puentes vehiculares y de los tramos elevados del *Metro* construidos en la Zona del Lago, así como de las cimentaciones a las que muy a menudo se recurre para desplante de edificios de 5 a 15 pisos.

Para determinar el comportamiento de la cimentación durante la operación del puente se continuó el monitoreo de las cargas sobre los pilotes, las presiones en la interfaz cajón-suelo y la presión en el agua del subsuelo. Lo distintivo y relevante del proyecto consiste en que, durante los dos sismos más intensos ocurridos en la ciudad de México en 1997, por vez primera se cuantificaron estas variables internas o causales. Para este tipo de cimentaciones, a nivel mundial este logro no tiene precedente. Este objetivo atiende al interés de determinar el comportamiento durante las condiciones más críticas a las que están sometidas las cimentaciones de la ciudad.

Se tiene el propósito de continuar el monitoreo durante 1998, para reunir más información y realizar análisis más completos de los registros, a fin de fundamentar el análisis y el diseño de cimentaciones mixtas en el difícil suelo arcilloso de la ciudad de México. Ello ha de trascender también en mejoras a las normas contenidas en el Reglamento de Construcciones para el D. F.

En todo el transcurso del proyecto se ha contado con la valiosa participación de: Departamento del Distrito Federal; Gobierno del Estado de México; Instituto de Ingeniería de la UNAM, y Agencia de Cooperación Internacional del Japón.

### Consolidación de suelos bajo velocidad constante de deformación (VCD)

Empleando el equipo prototipo desarrollado en el CENAPRED para determinar propiedades de compresibilidad a velocidad constante de deformación, se cumplió un programa experimental comparativo más amplio, con muestras paralelas de terrenos diversos ensayadas mediante la técnica VCD y con un equipo convencional. Se comprobó la pertinencia de esta técnica; ello ha permitido mostrar a profesionales de ingeniería geotécnica de nuestro país este eficiente procedimiento alterno para una de las pruebas más comunes en laboratorios de mecánica de suelos.

### Deformación permanente en arcilla de la ciudad de México debida a cargas cíclicas que simulan acciones sísmicas

Se continuó el análisis de la información experimental obtenida de ensayes en la cámara triaxial cíclica torsionante y en la de columna resonante. Como resultado de acciones transitorias como las que imponen los sismos, se ha enfatizado en lo referente a deformaciones residuales o permanentes en muestras de arcilla. Al respecto la información disponible en el laboratorio es reducida. Sin duda este estudio aportará información valiosa para estimar deformaciones por sismos. Ello propiciará que en lo relativo a estados límite de servicio bajo la combinación de cargas que incluye a las sísmicas, los profesionales de ingeniería de cimentaciones en la ciudad de México cumplan lo previsto en el reglamento de construcciones.

## PARTICIPACIÓN EN EVENTOS NACIONALES E INTERNACIONALES

Personal del área asistió y participó en diversos eventos académicos:

Conferencia en el Taller *Refuerzo y rehabilitación de estructuras dañadas por sismo*. Con motivo de la visita de un grupo de profesores e investigadores de la zona de Kansai (Kioto, Osaka y Kobe), Japón. CENAPRED. Enero.

Curso. *Evaluación de la seguridad estructural en edificios*. Colegio de Ingenieros Civiles de Guerrero, A. C. Acapulco, Gro. Febrero.

Conferencia invitada. *Earthquake Engineering Research Institute. Annual Meeting*. Austin, Texas. Ponencia: *Earthquake mitigation activities at CENAPRED*. Febrero.

Conferencia invitada. *IV Simposio Internacional de Ingeniería Civil*. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N. L. Ponencia: *El trabajo experimental: una opción de aprendizaje e investigación*. Febrero.

Seminario. *Puentes prefabricados urbanos*. CENAPRED. México, D. F. Ponencia: *Instrumentación de puentes urbanos: el caso del puente Impulsora -cimentación, subestructura y superestructura-*. Marzo.

Curso. *Diseño y construcción de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS). México, D. F. Abril.

Conferencia invitada. I Congreso de Ingeniería Civil *Aplicaciones y avances del concreto en obras civiles*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, Pue. Ponencia: *Resultados recientes en la investigación sobre estructuras de concreto reforzado*. Abril.

VII Curso. *Seguridad sísmica de las construcciones*, para Directores Responsables de Obra. *Comportamiento y diseño de estructuras de concreto reforzado: materiales, vigas, columnas, losas, muros, conexiones y estructuras prefabricadas*. CENAPRED. Mayo.

Diplomado. *Análisis y diseño de estructuras. Comportamiento y diseño de estructuras de concreto reforzado*. Centro de Educación Continua,

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro. Qro. Mayo.

Seminario. *Técnicas de rehabilitación de estructuras de concreto. Concreto 97.* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Junio.

Conferencia invitada. *Concreto 97.* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Ponencia: *Prevención de riesgos y seguridad en las construcciones.* Guadalajara, Jal. Junio.

Diplomado. *Obras de concreto. Rehabilitación de estructuras de concreto reforzado.* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, y Facultad de Arquitectura, UNAM. Julio.

Conferencia invitada. *Día Nacional del Ingeniero.* Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de México. Toluca, Edo. de Méx. Ponencia: *El ingeniero y la mitigación de desastres.* Julio.

Curso. *Seguridad sísmica de las construcciones,* para Directores Responsables de Obra. *Comportamiento y diseño de estructuras de concreto reforzado. Comportamiento y diseño de estructuras de acero.* Colegio de Arquitectos del Estado de Veracruz, Córdoba y Orizaba, A. C. Córdoba, Ver. Julio.

Taller. *Investigación experimental en estructuras,* para profesores de la Escuela Politécnica Nacional de Quito y de la Universidad Católica de Guayaquil, Ecuador. Agosto.

*XXIII Curso Internacional de Ingeniería Sísmica, Módulo III: Diseño sísmico de edificios. Comportamiento sísmico de estructuras de concreto reforzado y ejemplos de diseño.* División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería de la UNAM. Septiembre.

Diplomado. *Obras de concreto. Rehabilitación de estructuras de concreto reforzado.* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, y Universidad Autónoma de Chihuahua. Septiembre.

Curso. *Refuerzo de estructuras sometidas a sismo. Aplicaciones prácticas. Refuerzo de estructuras de mampostería.* Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Septiembre.

Seminario. *Actualidad de la prefabricación en México.* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Distrito Federal. Ponencia: *Investigación actual en sistemas prefabricados.* Panel: *Futuro de la prefabricación en México.* Septiembre.

Seminario. *Tópicos de ingeniería sísmica.* Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, Pue. Ponencia: *Estructuras de concreto reforzado.* Septiembre.

Curso. *Edificaciones de mampostería para vivienda. Reparación de vivienda.* Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. Octubre.

Conferencia invitada. *III Semana de la Geotecnia.* Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN, y Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México, D. F. Ponencia: *Instrumentación de cimentaciones.* Octubre.

Simposio dirigido a Directores Responsables de Obra y Corresponsables. *Uso de disipadores de energía en edificios.* Puebla, Pue. Noviembre.

Conferencia invitada. Seminario *Reparación y reestructuración de edificaciones de concreto y mampostería.* Monterrey, N. L. Ponencia: *Rehabilitación de estructuras de mampostería.* Noviembre.

Conferencia invitada de *Estado del arte. XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.* Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Veracruz, Ver. Ponencia: *Comportamiento sísmico de estructuras de mampostería: una revisión.* Noviembre.

*XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Boca del Río, Ver. Noviembre. Ponencias en sesión cartel:*

1) La instrumentación de la subestructura y superestructura del puente vehicular Impulsora
2) Primera experiencia de instrumentación sismogeotécnica en una cimentación de cajón y pilotes de fricción en México
3) Comportamiento ante cargas laterales de muros de tabique perforado y multiperforado de arcilla
4) Repercusión de las características mecánicas de la mampostería en el diseño sísmico
5) Determinación del módulo cortante dinámico de suelos en el laboratorio

(columna resonante) y en el campo (sonda suspendida)

6) Comportamiento de estructuras precoladas de concreto reforzado ante la incidencia de cargas laterales

7) Efecto de la sobre-resistencia en la validez de las recomendaciones de diseño sísmico

8) Respuesta sísmica de la Catedral Metropolitana de la ciudad de México

Simposio Jorge Prince: *Instrumentación sísmica. XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, SMIS. Veracruz, Ver. Noviembre.

Conferencia invitada. Taller internacional *Armonización de reglamentos de diseño estructural en países de la Cuenca del Pacífico*. Tsukuba, Japón. Ponencia: *Structural design codes in Mexico: An overview*. Diciembre.

Conferencia invitada. *I Foro de Ingeniería Civil*. Instituto Tecnológico de Apizaco. Tlax. Ponencia: *Resultados recientes en la investigación sobre estructuras de mampostería en el CENAPRED*. Diciembre.

Profesores de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. *Comportamiento de elementos de concreto reforzado. Trabajo de investigación I* y *Trabajo de investigación II*.

## PARTICIPACIÓN EN SOCIEDADES Y COMITÉS TÉCNICOS NACIONALES E INTERNACIONALES

Personal del área participó en diversas sociedades y comités técnicos:

- Sistema Nacional de Investigadores.
- Comité de elaboración de una *Guía para evaluación de la seguridad de estructuras después de la incidencia de un sismo*. Desarrollada para el Departamento del Distrito Federal, coordinada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A. C.
- Comité de elaboración de la *Guía de diseño de elementos y estructuras precoladas y prefabricadas*. Desarrollada para la *Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación, A. C* Coordinación: Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- Mesa Directiva de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A. C. Edición del boletín y miembro del Comité Organizador del *XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*.
- Instituto Americano del Concreto. Comités técnicos:
  1) 368. Elementos y sistemas estructurales de concreto reforzado resistentes a sismo.
  2) 442. Estructuras de concreto reforzado resistentes a fuerzas laterales.
  3) 352. Conexiones monolíticas en estructuras de concreto reforzado.
  4) 369. Reparación y rehabilitación sísmicas.
- Consejo Técnico del *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.*
- Grupo de trabajo *Anclaje y fijación en estructuras de concreto y mampostería*, del *Comité Euro-International du Béton*.
- Comité de estructuras, del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Comité de vinculación *práctica-investigación*, de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.