

Septiembre 2017 UNAM



Los sismos de septiembre del año 2017 generaron como se sabe, una gran cantidad de daños al patrimonio edificado del país. Además de las graves afectaciones quedaron en peligro los valores intangibles asociados a los monumentos afectados.

Aquellos monumentos del pasado reciente, como es el caso de los edificios que integran el Campus Central de Ciudad Universitaria, los cuales, por la forma en que fueron concebidos, edificados y posteriormente conservados a lo largo de varias décadas podrían tener un mayor grado de resiliencia frente a un sismo de gran capacidad destructiva. Sin embargo, presentaron un conjunto de deterioros que nos alertaron sobre la necesidad de desarrollar nuevos y urgentes protocolos de análisis para evaluar con mayor detalle su estado de conservación; y también e igualmente importante, sus criterios de intervención.

Por tanto, se deben analizar y establecer de forma inmediata, los protocolos de estudio, análisis estructural, monitoreo, nivelaciones de precisión en el conjunto de monumentos e inmuebles de la planta física de la UNAM, a efecto de programar las acciones que posibiliten a estos edificios universitarios la resiliencia necesaria para afrontar fenómenos naturales destructores, como son los sismos, siendo prioridad la preservación de vidas humanas, así como también del patrimonio edificado.





Septiembre 2017 UNAM







Septiembre 2017 UNAM



Septiembre 2017

Primera edición: septiembre 2019. D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

El contenido de los artículos es responsabilidad de sus autores.

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho e impreso en México.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez Secretario Administrativo

Dra. Mónica González Contró Abogada General

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa Secretario de Desarrollo Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo Secretario de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria

> Dr. William Henry Lee Alardín Coordinador de la Investigación Científica

> > Dr. Domingo Alberto Vital Díaz Coordinador de Humanidades

Dr. Jorge Volpi Escalante Coordinador de Difusión Cultural

Mtro. Néstor Martínez Cristo
Director General de Comunicación Social

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS Y CONSERVACIÓN

Mtro. Leonardo Bernardo Zeevaert Alcántara

Director General

Ing. Antonio Jesús Coyoc Campos † (2016–2017)

Dr. Horacio Olmedo Canchola

Director de Integración de Planeación, Proyectos y Presupuesto

Ing. Fernando Manuel Castillo Molina (2016-2018)
Ing. Pablo Ayala Zamora
Director de Planeación y Evaluación de Obras

Dra. Gemma Luz Sylvia Verduzco Chirino (2016–2017)

Mtro. Julio Valencia Navarro

Director de Proyectos

Ing. Juan Carlos Fuentes Orrala (2016–2018)
Ing. José Luis Barrera Belman
Director de Construcción

Ing. Mario Alberto Ugalde Salas
Director de Conservación

Lic. Enegua Carranza Mora
Directora de la Unidad de Contratación

Lic. Gabriela Ramírez Rodríguez Jefa de la Unidad Administrativa





Instituto de Energías Renovables, Temixco, Morelos.



Centro de Ciencias Genómicas en Cuernavaca, Morelos.



Instituto de Biotecnología, en Cuernavaca, Morelos.



Dirección General de Bibliotecas.



Hemeroteca Nacional, UNAM.



Instituto de Biotecnología, Cuernavaca, Morelos.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN

Enrique Luis Graue Wiechers

p. 11

INTRODUCCIÓN

Leonardo Bernardo Zeevaert Alcántara

p. 13

1. CARACTERIZACIÓN OPORTUNA DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 POR PARTE DE LA UNAM

Xyoli Pérez Campos Leonardo Ramírez Guzmán

p. 19

2. ACCIONES POSTERIORES AL SISMO

Humberto Moheno Diez Alejandro Naranjo Jalpa

p. 27

3. LA PLANTA FÍSICA UNIVERSITARIA DE 1952 A 2017

Horacio Olmedo Canchola Maribel Lara Ortega

p. 33

4. REHABILITACIÓN DE INMUEBLES HISTÓRICOS Y ARTÍSTICOS AFECTADOS POR LOS SISMOS

Julio Valencia Navarro

p. 47

5. RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

Dirección General de Obras y Conservación

p. 67

6. RECONOCIMIENTO

Dirección General de Obras y Conservación

p. 73

7. ACCIONES COMPLEMENTARIAS

Manuel Basurto Olea

p. 77

ANEXOS

p. 93









La comunidad universitaria mostró su enorme capacidad solidaria y de organización.

PRESENTACIÓN

Los sismos que ocurrieron en septiembre de 2017 nos dejaron una gran lección, debido a que la naturaleza nos presentó nuevos desafíos y la emergencia puso a prueba la fuerza e integridad de nuestra comunidad universitaria.

La Universidad Nacional Autónoma de México demostró su compromiso no solo en los aspectos cotidianos, académicos, de investigación y difusión de la cultura, sino también en el cuidado de su patrimonio institucional y cultural, emblema del talento de varias generaciones.

El fuerte impacto de los sismos convocó de forma inmediata a la comunidad universitaria que, con gran talento e iniciativa para organizarse, comenzó a trabajar unida desde las primeras horas siguientes a los sismos.

Desde el 9 de septiembre, en respuesta al sismo del día 7, la Universidad abrió en el Estadio Olímpico uno de los centros de acopio más grandes y concurridos, en el cual los universitarios establecieron la logística para recibir y organizar más de mil toneladas de víveres, que fueron distribuidos entre 95 poblaciones afectadas en la República y en la Ciudad de México. También se abrieron centros en la Casa Universitaria del Libro, las FES Cuautitlán, Iztacala y Zaragoza; así como en la Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia, en los cuales la comunidad universitaria mostró su enorme capacidad solidaria y de organización.

Para atender las demandas se establecieron brigadas universitarias emergentes, formadas por miembros de prácticamente todas las instancias universitarias. Además, se desplegaron acciones sociales, médicas y sanitarias. También se integraron cuadrillas revisoras de inmuebles; y se le llevó esparcimiento cultural a las personas alojadas en los albergues.

Las entidades académicas y dependencias universitarias atendieron de manera oportuna los daños ocasionados por el sismo para garantizar que el ritmo universitario siguiera su pulso en un ambiente seguro. La atención inmediata de los daños sufridos en las instalaciones universitarias fue fundamental para no detener las actividades de docencia e investigación.

La emergencia que vivió la Universidad Nacional aquél 19 de septiembre obligó a restaurar parte del patrimonio construido

de la Universidad, principalmente en el campus ubicado en Cuernavaca y en el Campus Central de la Ciudad Universitaria, reconocido como Patrimonio Mundial por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés).

En este informe se explican los trabajos realizados por nuestras entidades académicas y dependencias universitarias que, con ayuda de ingenieros y arquitectos universitarios, atendieron de forma ordenada y eficiente todas y cada una de las emergencias ocasionadas por los sismos, para brindar seguridad y recuperar lo antes posible la vida universitaria.

La Dirección General de Obras y Conservación, con ayuda de la Facultad de Arquitectura, la Facultad de Estudios Superiores de Acatlán, la Facultad de Estudios Superiores de Aragón, la Facultad de Ingeniería, y el Instituto de Ingeniería, apoyadas con Directores Responsables de Obra (DRO) y Corresponsables en Seguridad Estructural (CSE), revisaron los inmuebles que representaban un riesgo para la Comunidad Universitaria.

Con esta publicación se reconoce la labor de todos aquellos que apoyaron a la Universidad y a la sociedad mexicana. Así como a alumnos, maestros, egresados universitarios y trabajadores que de manera desinteresada respaldaron a la Universidad de la Nación en la emergencia de septiembre, llevando a cabo recorridos de inspección dentro de los inmuebles para detectar fallas y problemas estructurales que pudieran poner en riesgo a los usuarios.

A nuestra Universidad la conforma una comunidad orgullosa de su pasado y comprometida con su futuro. Este es un reconocimiento muy merecido a todos aquellos que participaron y apoyaron a nuestra casa de estudios, la cual día a día fortalece la esperanza en su futuro y alimenta la grandeza de su porvenir.

"Por mi Raza hablará el Espíritu"

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers

Reci

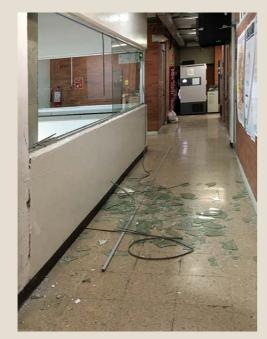
Universidad Nacional Autónoma de México













Instituto de Biotecnología, Cuernavaca, Morelos.

INTRODUCCIÓN

Habitar la Ciudad de México conlleva el coexistir con los terremotos que acontecen en nuestro país cuando éstos ocurren sin advertencia. La fuerza de la naturaleza no deja de sorprendernos y nos recuerda a los grandes sismos que habían sucedido en el pasado ¿cada cuánto tiempo sucede un temblor de gran escala? generalmente son décadas las que transcurren entre uno y otro, sin embargo en septiembre del año 2017 fueron escasos días de diferencia entre ambos movimientos telúricos.

Después de un sismo de gran intensidad existen daños materiales. Desgraciadamente sabemos que las edificaciones no siempre presentan la estabilidad estructural y condiciones requeridas para soportarlos, en estos casos las estructuras fallan y los edificios se dañan o colapsan causando daños irreparables.

Los edificios del Campus en Ciudad Universitaria han mantenido su estabilidad estructural desde su terminación e inauguración oficial en el año de 1954; sin embargo, los temblores que han sacudido a la Ciudad de México desde mediados del siglo veinte han afectado en menor o mayor medida la vida útil de las estructuras de la planta física universitaria. Los sismos de septiembre del año 2017 son un recordatorio de la vulnerabilidad ante la naturaleza y nos obliga a revisar con detalle y sin escatimar esfuerzos –principalmente económicos–, el estado que guardan los edificios que habitamos diariamente.

Las estructuras se fatigan conforme resisten las fuerzas de los distintos sismos. Que un inmueble se mantenga en pie no significa estar en buenas condiciones, por lo que es indispensable un correcto mantenimiento, además requerimos estar alertas permanentemente, mañana podría suceder el siguiente sismo, ante tal situación surge el cuestionamiento ¿Estamos preparados?

Estar preparado significa entre otras cosas conocer a detalle el estado que guardan las estructuras de soporte de nuestras edificaciones y determinar las acciones físico-estructurales a seguir para mantenerlas en óptimo estado. No podemos dejar para después ninguna intervención necesaria. Las medidas de conservación son fundamentales para mantener la tranquilidad y seguridad de los usuarios que habitan los espacios de la planta física universitaria.

Por tanto, nos preguntamos ¿Qué aprendimos de los sismos del mes de septiembre de 2017? Como era de esperarse, la comunidad universitaria mostró su apoyo incondicional para ayudar a la Institución en las tareas de revisión estructural en los días posteriores al sismo. Esta condición de emergencia permitió que, en un par de días, se realizara la revisión cualitativa de toda la planta física universitaria afectada por los sismos; gracias al apoyo de la Facultad de Arquitectura, de Ingeniería, de la FES Aragón, de la FES Acatlán, así como con el Instituto de Ingeniería.

A todos ellos les agradecemos su esfuerzo y profesionalismo. La inspección inicial de las instalaciones universitarias arrojó como resultado: "que NO se tenía ningún edificio colapsado", y por lo tanto no hubo pérdidas de vidas. Sin embargo, se reportaron más de 200 daños de todo tipo. Para resolver los casos importantes se contrataron a (DRO) Directores Responsables de Obra y (CSE) Corresponsables en Seguridad Estructural, quienes elaboraron dictámenes de Estabilidad Estructural y emitieron recomendaciones para realizar las reparaciones necesarias a las estructuras afectadas.

El propósito de este informe es reconocer a todos aquellos que participaron en atención de la urgencia por los sismos de septiembre del 2017. Ante los desastres y la adversidad, el espíritu universitario respondió de manera ejemplar en un lapso de tiempo muy corto. En un par de semanas las instalaciones universitarias estaban nuevamente dando servicio.

La naturaleza nos demostró una vez más su capacidad destructora en los complejos universitarios ubicados en el Estado de Morelos y el que se encuentra al sur de la Ciudad de México, en la zona conocida como de los pedregales, aquí en el pedregal de San Ángel, sobre un manto rocoso en donde muchos creen "que no pasa nada", el sismo del día 19 de septiembre dejó su huella,





Preparatoria número 1.





Instituto de Biotecnología en Morelos.

no se diga en Morelos en donde los daños materiales sufridos fueron cuantiosos pero afortunadamente sin víctimas.

Efectivamente, los edificios universitarios –los cuales están bien diseñados y construidos– se comportaron correctamente en esta ocasión. Sabemos con certeza que vendrá otro sismo, aunque desconocemos cuándo y por lo tanto, cuánto daño nos causará. Es por ello que debemos estar preparados para cualquier día en el que esto suceda.

Finalmente, es importante mencionar que las recomendaciones emitidas en este informe son de gran importancia, de igual manera coincidentes entre el grupo de expertos que apoyó a la Dirección General de Obras y Conservación durante la inspección, diagnóstico y rehabilitación de los inmuebles dañados por el sismo.

Por todo lo anterior, es indispensable contar con protocolos de emergencia y políticas que permitan ejercer los recursos de forma expedita y con los criterios de economía, eficiencia, imparcialidad, honestidad y honradez, previstos en las Normas Universitarias.

"Por mi Raza hablará el Espíritu"

M. en Arq. Leonardo Bernardo Zeevaert Alcántara

Director General de la Dirección General de Obras y Conservación
Universidad Nacional Autónoma de México

Páginas 16-17:

Ortoimagen de la planta física de Ciudad Universitaria en 2015. Instituto de Geofísica de la UNAM.



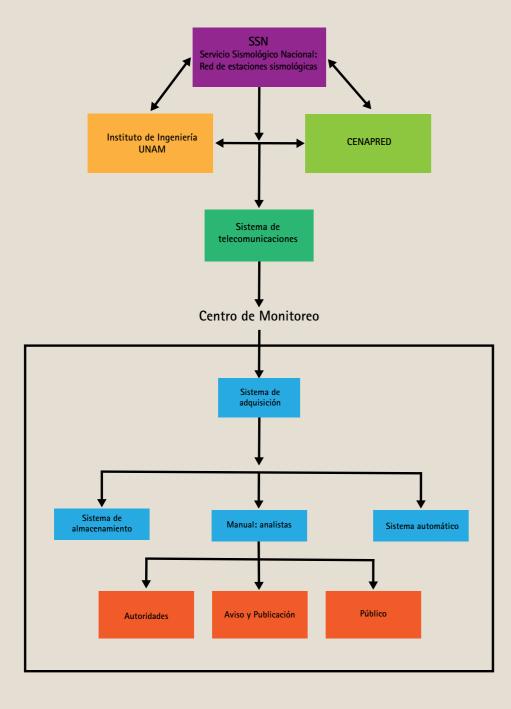


Figura 1. Proceso de monitoreo de la sismicidad del país por parte del SSN y coordinación con la UIS y autoridades para el suministro de información. Los datos son enviados desde las estaciones sismológicas al Centro de Monitoreo del SSN, ahí son distribuidos a tres vías: 1) Sistema de almacenamiento; 2) Sistema automático; y 3) Sistema de procesamiento manual. Las soluciones generadas por los sistemas automático y manual son publicadas en las redes sociales y en la página de internet, y compartidas por vías dedicadas con las autoridades. El SSN y la UIS están en comunicación directa y permanente con el Centro Nacional de Prevención de Desastres vía una delta de comunicación, a través de ese medio comparten la información paramétrica de los sismos y sus mapas de intensidades nacional y para la Ciudad de México.

CARACTERIZACIÓN OPORTUNA DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 POR PARTE DE LA UNAM

Xyoli Pérez Campos¹, Leonardo Ramírez Guzmán², Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional¹, Unidad de Instrumentación Sísmica² La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) asumió desde el año de 1929 la responsabilidad y compromiso de monitorear la sismicidad de nuestro país, reportando los parámetros básicos de localización y magnitud de todos los sismos que se pueden registrar por medio de una red de sismógrafos y acelerógrafos distribuidos en el territorio. Para sismos de magnitudes perceptibles, y sobre todo para aquellos que pudieran tener consecuencias, este reporte debe realizarse lo más expedito posible. La información generada es la base de los procesos asociados a la toma de decisiones en los protocolos de respuesta por parte de autoridades, pues es a partir de ella que se pueden estimar las intensidades en las diferentes partes del país o de una región de interés y hacer una evaluación rápida de la infraestructura y población expuesta en zonas de altas intensidades. La primera acción; es decir, el monitoreo y la estimación de la localización y magnitud de los sismos, es llevada a cabo por el Servicio Sismológico Nacional (SSN), el cual está bajo la responsabilidad del Instituto de Geofísica; mientras que la segunda acción, que es la generación de mapas de intensidades, es llevada a cabo por la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS) del Instituto de Ingeniería. Ambas instituciones están intercomunicadas y conectadas, en tiempo real, con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), organismo del ámbito federal encargado de asesorar al gobierno federal en sus protocolos de protección civil (figura 1).

El 19 de septiembre de 2017, la Ciudad de México experimentó, como lo hizo 32 años atrás, un sismo devastador que no sólo la hizo cimbrar, sino que tuvo nuevamente consecuencias lamentables. Este evento es el segundo sismo en número de fatalidades humanas. A diferencia del terremoto de 1985, el cual fue un sismo en la interfaz entre las placas de Cocos y la de Norteamérica a más de 400 kilómetros de la ciudad y con una magnitud de 8.1. El de 2017 fue un sismo intraplaca de magnitud 7.1, el cual tuvo lugar por dentro

de la placa subducida de Cocos, a menos de 120 kilómetros de distancia.

Como con cada sismo importante, a las 13:15 del 19 de septiembre de 2017, unos instantes después de haberse iniciado el sismo, el SSN activó su protocolo de actuación, acompañado de la UIS, proporcionando a la población y a autoridades la información correspondiente a este evento.

Contexto tectónico

En gran medida la sismicidad del centro y el sur de México es causada por la interacción de las placas de Cocos con la de Norteamérica. La primera se encuentra sumergiéndose, o subduciéndose, por debajo de la segunda (ver figura 2). La interacción entre estas placas ha provocado sismos interplaca de magnitudes mayores de 7.0 que han afectado las poblaciones cercanas a su epicentro, y en algunos casos han ocasionado daños también en la Ciudad de México (figura 2). Los sismos del 27 de julio de 1957, conocido como "el sismo del Ángel" por haberse caído el "Ángel" de la Columna de la Independencia; del 14 de marzo de 1979, conocido como "el sismo de Petatlán" con el cual se cayó la Universidad Iberoamericana, son algunos ejemplos de sismos intraplaca que causaron daños en la capital del país. Sin embargo, el ejemplo más catastrófico es el sismo del 19 de septiembre de 1985, conocido como "el sismo de Michoacán". Se estima que debido al sismo de Michoacán fallecieron más de 10.000 personas v se derrumbaron o quedaron severamente dañados más de 770 edificios, lo que conllevó a más de 250,000 personas damnificadas.

La placa de Cocos no termina en esa zona de contacto con la placa de Norteamérica, sino que sigue sumergiéndose a grandes profundidades. Algunos trabajos de investigadores del Instituto de Geofísica (por ejemplo: Pérez Campos et. al., 2008; Husker y Davis, 2009)

¹ Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

han mapeado a la placa de Cocos hasta profundidades de 570 km al norte de la Ciudad de México. Por debajo de ésta, Cocos se puede encontrar a ~100 km de profundidad (figura 2). La geometría de la placa es compleja, justo en la región en la que se presentó el sismo del 19 de septiembre de 2017 la geometría casi horizontal de la placa, por debajo de Norteamérica, se flexiona hasta alcanzar una inclinación de ~76° para continuar con su camino dentro del manto (figura 2).

El Servicio Sismológico Nacional del Instituto de Geofísica

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) fue fundado en 1910, quedando adscrito al Instituto Geológico Mexicano. Su Estación Central se encontraba entonces en Tacubaya. El SSN fue incorporado a la Universidad Nacional Autónoma de México en 1929, asumiendo la Universidad la responsabilidad del monitoreo de la sismicidad del país. En 1949 fue creado el Instituto de Geofísica, el cual, desde 1953 es el responsable de la operación (24 horas/7 días de la semana), y el mantenimiento, crecimiento y desarrollo del SSN.

El SSN opera la Red Nacional de Observatorios Sismológicos, la cual cuenta con 63 observatorios de banda ancha. Además, es responsable de la Red Sísmica del Valle de México, la cual está conformada por 32 estaciones sismológicas ubicadas en la Ciudad de México y sus alrededores en los estados de México y Morelos. Los datos enviados por las estaciones del SSN son complementados por el envío de información de redes operadas por otras instituciones en el país, incluyendo otras entidades de la UNAM, y Guatemala. En conjunto, el SSN recibe datos de 174 estaciones sismológicas. Los instrumentos, sismómetros y/o acelerómetros, registran de manera continua los movimientos del suelo y envían esta información al Centro de Monitoreo del SSN, en la Ciudad Universitaria, de la Ciudad de México.

Una vez que los datos llegan al Centro de Monitoreo, los servidores los dirigen a tres vías:

- Servidores de almacenamiento, donde los datos permanecerán a perpetuidad para poder ser empleados en estudios posteriores e investigaciones.
- 2) Servidores de procesamiento automático, los cuales están permanentemente analizando los datos para detectar sismos, localizarlos y estimar su magnitud. En el momento en el que los sistemas implementados detectan un evento, se estiman una magnitud, la cual si es mayor de 4.0 pasa por un conjunto de pruebas de calidad mínima previamente establecidas. Posterior al proceso mencionado, la solución es publicada automáticamente en las redes sociales y la página de internet del SSN (figura 1). En el caso de la publicación en Twitter (@SismologicoMX y @ SSNMexico), ésta cuenta con la levenda inicial "PRE-LIMINAR", en Facebook (/SismologicoMX) como "SSN REPORTA: SISMO (INFORMACIÓN PRELI-MINAR GENERADA AUTOMÁTICAMENTE)" y en la página de internet (www.sss.unam.mx) como "Información preliminar".
- 3) Servidores de procesamiento manual, desde los cuales los analistas del SSN realizan el cálculo manual de la localización y de la magnitud de cada sismo reportado. En caso de ser un sismo de magnitud mayor de 4.0, o bien, un sismo percibido y reportado por la población. El analista genera un reporte público a la brevedad en las redes sociales y en la página de internet. En este caso las leyendas son "SISMO" en Twitter, "SSN RE-PORTA: SISMO (ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMA-CIÓN REALIZADA POR UN ANALISTA)" en Facebook y no hay una etiqueta explícita en la página de internet.

A la par que la población es notificada de la sismicidad, las autoridades encargadas de detonar protocolos de protección civil, como lo son el Centro Nacional de Prevención de Desastres, la Secretaría de Marina y la Secretaría de Protección Civil de la Ciudad de México, reciben de manera directa por medios de comunicación dedicados, la información desde el momento en el que se detecta que ha ocurrido un sismo en algún punto en la República Mexicana con magnitud mayor de 5.5. También, de manera paralela, se da el intercambio de información con la UIS que generan de manera expedita los mapas de intensidades.

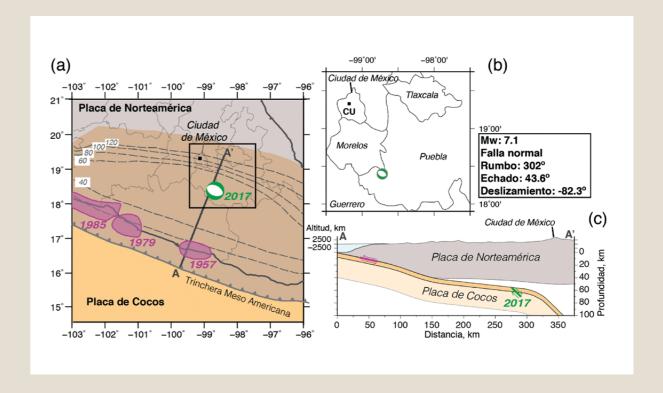


Figura 2. Contexto tectónico, localización y características del sismo del 19 de septiembre de 2017. (a) Contexto tectónico. El epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017 está indicado con una pelota blanca y verde, la cual describe su tipo de falla y movimiento. La placa de Cocos se muestra en amarillo y las líneas discontinuas indican la profundidad, en cuadros blancos, a la que se encuentra por debajo de la placa de Norteamérica en café. La línea gris con triángulos indica donde se intersecan estas dos placas, conocida como trinchera Meso Americana. Las regiones en morado indican las áreas de ruptura de los sismos del 27 de julio de 1957, 14 de marzo de 1979 y 19 de septiembre de 1985. (b) Acercamiento del epicentro del sismo del 19 de septiembre de 2017, para referencia se denota la ubicación de Ciudad Universitaria con un cuadrado negro. (c) Corte a lo largo del perfil A-A', se muestra la placa de Cocos subduciendo por debajo de Norteamérica, la posición, inclinación y movimiento relativo de la falla del sismo del 19 de septiembre de 2017 (en verde) y de los sismos interplaca como el del 27 de julio de 1957 (en morado).

20 Xyoli Pérez Campos-Leonardo Ramírez Guzmán 21

La Unidad de Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería

El Instituto de Ingeniería de la UNAM ha instrumentado al país con acelerógrafos desde los años sesenta con el fin de estudiar y comprender los aspectos del fenómeno sísmico que repercuten en la práctica de la Ingeniería Civil. La UIS, antes Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica, fue formalmente constituida en 1983 y hoy opera infraestructura de cómputo y telecomunicaciones para administrar la información que se genera en la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería (RAII).

La RAII, compuesta por poco más de noventa estaciones acelerográficas de campo libre, distribuidas en la zona centro y sureste del país, trasmite al Centro de Registro Sísmico el 35% de sus estaciones en tiempo real a través de internet, lo cual se comparte con el SSN de manera simultánea. La plataforma implementada para la adquisición, procesamiento e intercambio de señales entre redes sísmicas en tiempo real permite recibir señales de alrededor de 80 estaciones acelerográficas en sus tres componentes, tanto de la RAII como del SSN, las cuales se almacenan y se utilizan en la generación de mapas de intensidad.

La distribución espacial de los diversos parámetros del movimiento o mapas de intensidad a nivel regional se calculan a partir de las señales que se reciben en tiempo real, y de los parámetros epicentrales proporcionados por el SSN. El sistema se basa en modelos o ecuaciones predefinidos de estimación del movimiento y un método de interpolación bayesiano. En la Ciudad de México se efectúan estimaciones rápidas de daños, las cuales son una fuente de información oportuna de los niveles de exposición en las edificaciones y la red principal de suministro de agua potable.

La información generada se distribuye vía correo electrónico a una lista específica de usuarios, sitios web, y se integra a la plataforma geo-informática de la Red Sísmica Mexicana por medio de enlaces redundantes de fibra óptica y radio entre el SSN, el Instituto de Ingeniería y el Centro Nacional de Prevención de desastres, para proveer reportes de infraestructura expuesta por nivel de intensidad.

Caracterización del sismo del 19 de septiembre de 2017

El 19 de septiembre de 2017, como casualidad en el destino funesto de la ciudad, a las 13:14:40 se gestó un nuevo sismo que la perturbaría. Aproximadamente 10 segundos después, las pantallas del Centro de Monitoreo del SSN comenzaban a dar indicios de que las ondas del sismo estaban llegando a los sensores más cercanos. La onda P va había arribado a la ciudad v comenzaba a sentirse el movimiento, en algunas zonas con cierta violencia. A las 13:15:04 comenzó a sonar el Sistema de Alerta Sísmica Mexicano, operado por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C. (http://www.cires.org.mx). En menos de 20 segundos de haberse disparado esta alerta, se experimentaba con gran violencia la llegada de las ondas S a la ciudad. Las pantallas del Sismológico mostraban que el sistema automático ya estaba trabajando. El protocolo había iniciado, siguiéndolo paso a paso.

La solución automática fue publicada a las 13:19. El epicentro fue ubicado en 18.29ºN y 98.67ºW, a 7 km al oeste de Chiautla de Tapia, Puebla, a 23 km de profundidad, con una estimación inicial de magnitud de 6.8 (figura 3). Los analistas tenían una solución revisada 7 minutos después, incluyendo la que describe el tipo de falla que originó el sismo. La solución se publicó a las 13:26 (figura 3). La localización fue en 18.40ºN y 98.72ºW, a 57 km de profundidad, esa pequeña diferencia en coordenadas geográficas ubicó al epicentro dentro del estado de Puebla; sin embargo, el poblado más cercano con más de 10,000 habitantes quedó en el estado de Morelos, por lo que la referencia fue a 12 km al sureste de Axochiapan. La magnitud revisada también varió con respecto a la preliminar, quedando en 7.1.

Con esta información, la UIS del Instituto de Ingeniería generó, 25 minutos después del tiempo de origen del sismo, dos mapas de intensidades, uno a nivel nacional y otro para la Ciudad de México (Figura 4). En la región epicentral se experimentaron aceleraciones de ~170 cm/s² en la estación Huamuxtitlán. En la Ciudad de México, las aceleraciones más altas que registró la RAII ocurrieron en la estación Lomas Estrella, siendo de ~170 cm/s², muy



Reporte especial del sismo: publicado en la página de internet.

SSN REPORTA: SISMO (ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

SEN Servicio Sismológico Nacional

REALIZADA POR UN ANALISTA)

Magnitud: 7.1



Reporte publicado en Facebook de la solución revisada por un analista.



Reportes en Twitter: (automático y preliminar) y el revisado por un analista.

Figura 3. Reportes en redes sociales y reporte especial, generados por el SSN, del sismo del 19 de septiembre de 2017.

22 Xyoli Pérez Campos-Leonardo Ramírez Guzmán

similar a la reportada en Huamuxtitlán, mientras que en Ciudad Universitaria, la aceleración máxima fue de \sim 59 cm/s².

Mientras tanto, también en el SSN se generaba un reporte técnico y de divulgación (Figura 3; http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2017/SSNMX_rep_esp_20170919_Puebla-Morelos_M71.pdf), en el cual se presentan las características generales del sismo y del entorno tectónico de donde se presentó; así como los mapas de intensidades generados por la UIS. Este reporte fue publicado en línea a las 14:55.

Posterior al momento de crisis, tanto el SSN como la UIS, retoman cada sismo, depurando y curando los datos, incluyendo a aquéllos de estaciones que por alguna razón no estuvieron disponibles en tiempo real al momento del sismo. Esto genera nuevas soluciones, tanto de los parámetros básicos (localización y magnitud), como de otras características. Esta información es actualizada en el catálogo en línea del SSN (http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/). La figura 2 muestra la ubicación final (18.34°N y 98.68°W, a 38.5 km de profundidad,

a 9 km al noroeste de Chiautla de Tapia, Puebla) y las características de la falla que generó el sismo. También, la UIS genera mapas actualizados y que tienen un mayor detalle de las intensidades a nivel nacional y a nivel ciudad (ver figura 4).

Conclusiones

El 19 de septiembre de 2017, la Universidad Nacional Autónoma de México respondió de manera certera y oportuna ante uno de los mayores desastres que ha vivido el país y en particular la Ciudad de México y los estados de Morelos y Puebla. El Servicio Sismológico Nacional del Instituto de Geofísica proporcionó a la población y a las autoridades responsables de detonar protocolos de protección civil, la información paramétrica del sismo de magnitud 7.1. En coordinación con ello, la Unidad de Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería suministró los mapas de intensidades a nivel nacional y Ciudad de México, base en la toma de decisiones.

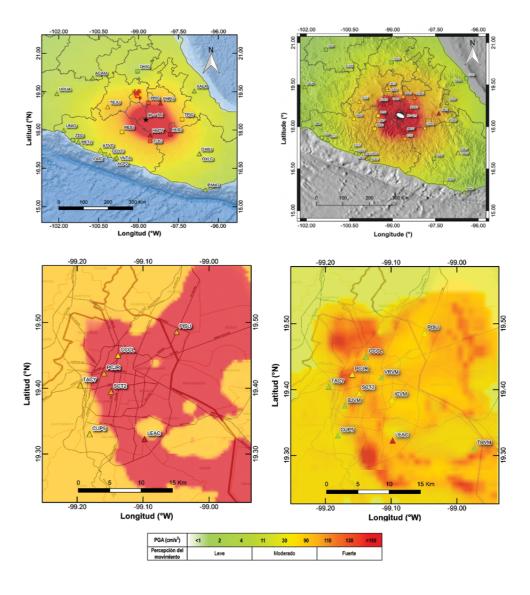
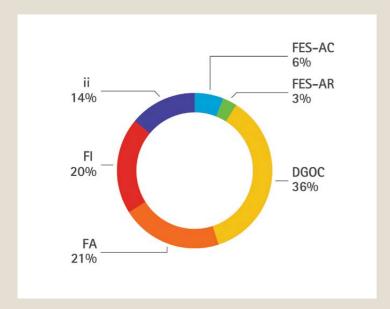


Figura 4. Mapas de intensidades, nacional (arriba) y para la Ciudad de México (abajo), generados por la UIS tras unos minutos de ocurrido el sismo del 19 de septiembre de 2017 (izquierda), y tras una revisión posterior (derecha).

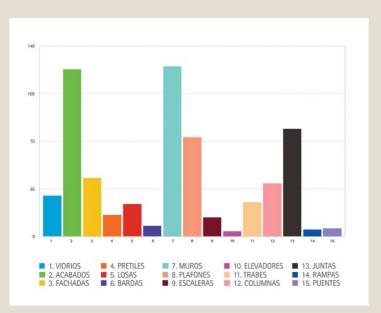
24 Xyoli Pérez Campos-Leonardo Ramírez Guzmán 25

DISTRIBUCIÓN PROPORCIONAL QUE ATENDIÓ CADA UNA DE LAS INSTANCIAS UNIVERSITARIAS



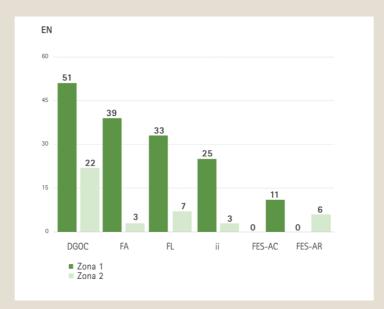
Gráfica 1.

CANTIDAD DE DAÑOS POR TIPO



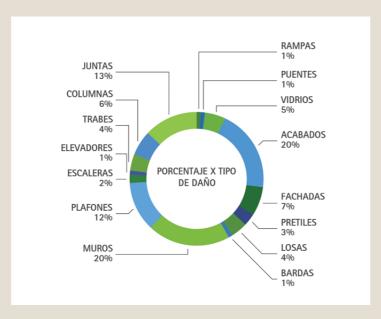
Gráfica 3.

ENTIDADES Y DEPENDENCIAS DAÑADAS POR LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA



Gráfica 2.

PORCENTAJE POR TIPO DE DAÑO



Gráfica 4.

ACCIONES POSTERIORES AL SISMO

Humberto Moheno Diez Alejandro Naranjo Jalpa Inmediatamente después del sismo ocurrido a las 13:15 horas del día 19 de septiembre de 2017, las brigadas de protección civil de las Comisiones Locales de Seguridad de todas las entidades académicas y dependencias universitarias reportaban, con base en una revisión ocular, que la gran mayoría de las edificaciones universitarias NO presentaban daños de consideración.

El Rector Dr. Enrique Luis Graue Wiechers, con el apoyo de las Secretarías, General y Administrativa de la UNAM y en conjunto con el Patronato Universitario, convocaron de inmediato a las instancias universitarias responsables y con capacidad técnica para realizar una inspección visual completa para corroborar que los daños sufridos en la planta física universitaria no representaran un riesgo para reanudar de inmediato las actividades académicas.

En la revisión de la planta física universitaria participaron: la Facultad de Arquitectura, la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Estudios Superiores de Aragón, la Facultad de Estudios Superiores de Acatlán y el Instituto de Ingeniería, acompañando a la Dirección General de Obras y Conservación. La gráfica siguiente muestra la distribución proporcional que atendió cada una de las instancias universitarias (ver gráfica 1).

Así, de inmediato se conforman equipos de trabajo y se inició la inspección de la planta física universitaria. Se utilizó la aplicación M–UNAM para el registro de la inspección visual y control de daños que realizaron los integrantes de las diferentes brigadas con el personal especializado. La aplicación fue diseñada para celulares o tabletas digitales, esta permitió la captura de imágenes fotográficas, la descripción escrita y el registro de la ubicación geográfica de todos los daños, fallas y problemas encontrados durante la inspección. En la figura 1 se muestra la captura de pantalla para el registro de la información mediante la aplicación (ver figuras 2 y 3). La inspección de las edificaciones universitarias se dividió en dos zonas: La Zona I, edificaciones dentro del campus CU; y Zona II, complejos universitarios en el área metropolitana (ver gráfica 2).



CAPTURA DE PANTALLA PARA EL REGISTRO DE LA INFORMACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN



Figura 1.

Se reportaron el día 29 de septiembre la cantidad de 295 daños y se determinó, para el día 9 de octubre que 108 de ellos no ameritaban ningún tipo de reparación o tratamiento; sin embargo, en determinados inmuebles, conforme a las revisiones efectuadas con posterioridad, se consideró necesario llevar a cabo trabajos de reparación a fin de permitir que las instalaciones universitarias se encontraran en condiciones seguras de servicio (ver gráfica 3).

Las autoridades universitarias, conscientes del compromiso de contar de manera inmediata, con instalaciones seguras y funcionales, que garantizaran la integridad física del estudiantado, personal académico, trabajadores y demás personas que acuden y visitan la universidad, decidieron implementar las acciones necesarias para llevar a cabo los trabajos de reparación y restauración de los inmuebles que sufrieron daños o fallas estructurales, para así estar en condiciones de poder continuar dando servicio a la comunidad universitaria.

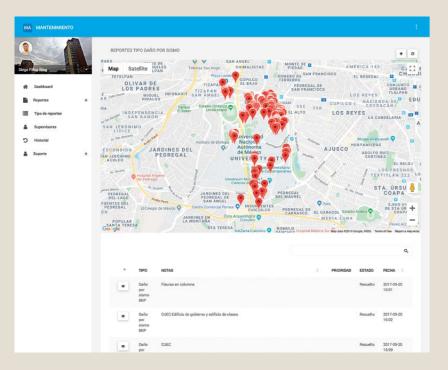


Figura 2. Se observa un listado de los reportes realizados por integrantes de las brigadas con la aplicación móvil, lo cual ayudó a ubicar geográficamente en un mapa cada daño.

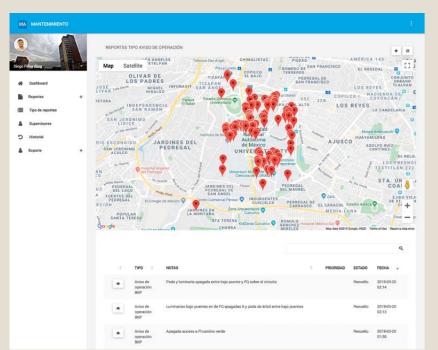


Figura 3. Se observa en un mapa la ubicación donde fueron colocados los avisos de operación después de llevar a cabo los revisiones oculares.

El Rector, Dr. Enrique Luis Graue Wiechers, mediante el Oficio 3/171340 fechado el día 20 de septiembre del 2017, giró instrucciones precisas al Secretario Administrativo y Presidente del Comité Asesor de Obras de la UNAM, Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez, a efecto de que con base en lo establecido en los numerales 9 y 25 fracciones II y X de las Políticas en Materia de Obra y Servicios Relacionados con la Misma, de la Normatividad de Obras de la UNAM, se autorizara a las entidades académicas y dependencias universitarias la excepción al procedimiento de licitación pública para contratar inmediata y de manera directa, por parte de cada una de ellas, los trabajos de reparación de los daños que se presentaron en sus edificaciones; en la inteligencia de que la Dirección General de Obras y Conservación presentaría en forma razonada al referido Comité la relación detallada de los inmuebles afectados, conforme a la revisión que se realizó a cada uno de ellos, debiendo cada entidad académica y dependencia universitaria registrar los trabajos que se realizarían en el sistema que para tal efecto administra la Dirección General de Obras y Conservación, y por otra, que la Secretaría Administrativa de la Universidad tuviera la suficiencia presupuestal necesaria para atender el costo de los trabajos de reparación de daños que se llevarían a cabo. Para instrumentar la instrucción del Rector, la Secretaría Administrativa emitió con fecha 27 de septiembre de 2017 la Circular SADM/012/2017 (ver anexos A y B).

Para atender los trabajos de reparación el Patronato Universitario ministró a la Secretaría Administrativa de la UNAM recursos por la cantidad de \$151'598,842.40 (ciento cincuenta y un millones quinientos noventa y ocho mil ochocientos cuarenta y dos pesos 40/100 M.N.), con cargo al Fondo para el Mantenimiento Mayor, los cuales fueron distribuidos y radicados por la Dirección General de Obras y Conservación a las entidades académicas y dependencias universitarias conforme a la Circular

número DGOC/DG/016/2017 de fecha 5 de octubre de 2017. Por su parte, la Dirección General de Obras y Conservación procedió a establecer el procedimiento para el registro y autorización de los trabajos y al efecto definió los requisitos que las entidades y dependencias deberían cumplir para recibir la radicación de los recursos y con ello celebrar los contratos de obra correspondientes (ver Anexo C).

La Dirección General de Obras y Conservación elaboró y presentó a la consideración del Comité Asesor de Obras de la UNAM, el dictamen de justificación para obtener su opinión favorable respecto de la excepción a la licitación pública. El Comité Asesor de Obras acordó por unanimidad lo siguiente:

"Se dictamina procedente la Adjudicación Directa de Contratos de Obra por parte de las entidades académicas y dependencias universitarias, en cuyas instalaciones existan daños ocasionados por el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 2017; para lo cual, el inmueble y afectación de que se trate debe de estar contenido en el listado elaborado por la Dirección General de Obras y Conservación, procediendo las entidades académicas y dependencias universitarias a registrar los trabajos a desarrollar en el Programa de Aprobación y Seguimiento a Asignaciones de Obras y Servicios Relacionados con las Mismas (PASAOR), a cargo y bajo la administración de la mencionada Dirección General.

La supervisión de los trabajos para este fin, estará a cargo de la Dirección General de Obras y Conservación, en coordinación con las Facultades de Arquitectura, de Ingeniería, de Estudios Superiores de Aragón y de Estudios Superiores de Acatlán, así como con el Instituto de Ingeniería de la UNAM."

Es importante mencionar que el dictamen de justificación, sustancialmente refirió que la contratación de los trabajos descritos, se ubicó en los supuestos de excepción a licitación pública, previstos en los puntos 5, párrafo primero; 9, párrafos primero y segundo, y 25, fracciones

Humberto Moheno Diez-Alejandro Naranjo Jalpa

29

MINISTRACIONES

Primera Ministración:

(28 de septiembre de 2017): \$30,000,000.00

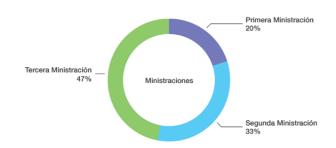
Segunda Ministración:

(24 de noviembre de 2017): \$50,000,000.00

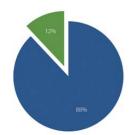
Tercera Ministración:

(22 de febrero de 2018): \$71,598,842.40

Total: \$151,598,842.40



Gráfica 5. Ministraciones.



Entidades académicas y dependencias universitarias siniestradas
 Entidades académicas y dependencias universitarias, con inmuebles históricos y/o artísticos siniestradas

Gráfica 6. Número de entidades académicas y dependencias universitarias afectadas.

Il y X de las Políticas en Materia de Obra y Servicios Relacionados con la Misma, de la Normatividad de Obras de la UNAM, por tratarse de la consecuencia de desastres producidos por un fenómeno natural, derivado de caso fortuito o de fuerza mayor, que requieren de ejecución inmediata, con el fin de no interferir en las actividades académicas de la Universidad.

Adicionalmente, el dictamen de justificación citado refirió que el procedimiento de contratación en su modalidad de adjudicación directa, cumple con los criterios de economía, eficiencia, imparcialidad y honradez, previstos igualmente, en la Normatividad de Obras de la UNAM, ya que por cada uno de dichos criterios se desarrollaron las consideraciones necesarias para su acreditación, y que para cubrir las erogaciones de los trabajos de reparación de daños en las instalaciones de las entidades académicas y dependencias universitarias que fueron afectadas, se contó con la disponibilidad presupuestal requerida, ministrada por el Patronato Universitario.

De igual forma, junto con el dictamen de justificación que ha sido descrito, la Dirección General de Obras y Conservación, presentó una relación de 39 inmuebles afectados por el sismo, con base en las revisiones que se realizaron bajo su coordinación y supervisión los días 19, 20 y 21 del mes y año referidos, a través de Directores Responsables de Obra, con la participación de Corresponsables en Seguridad Estructural, acreditados y registrados ante la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI) del Gobierno de la Ciudad de México, en la que se señalaron las instalaciones de las entidades y dependencias afectadas, su ubicación, los daños detectados y los responsables de las revisiones.

Las revisiones continuaron realizándose por las diferentes instancias universitarias, incrementándose la cantidad de inmuebles afectados por el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 2017. Es importante hacer notar que de un total aproximado de 2700 inmuebles universitarios solo el 6.92% de la planta física universitaria se vio afectada, de los cuales 165 se localizaron en edificaciones de entidades académicas y dependencias universitarias, y 22 en inmuebles históricos y artísticos de la Universidad.

Al respecto, el Patronato Universitario autorizó recursos por la cantidad de \$151,598,842.40 (ciento cincuenta y un millones quinientos noventa y ocho mil ochocientos cuarenta y dos pesos 40/100 M.N.), con cargo a la Reserva de Mantenimiento Mayor, los cuales fueron radicados a través de la DGOC y distribuidos a las entidades académicas y dependencias universitarias, conforme al procedimiento y cumplimiento de los requisitos establecidos en la Circular número DGOC/DG/016/2017.

En este momento las cifras son las siguientes: de los recursos inicialmente ministrados, se distribuyeron y radicaron por la DGOC \$127,609,571.81 (ciento veintisiete millones seiscientos nueve mil quinientos setenta y un pesos 81/100 M.N.), correspondiendo \$35,315,945.84 (treinta y cinco millones trescientos quince mil novecientos cuarenta y cinco pesos 84/100 M.N.) para rehabilitar daños en instalaciones de entidades académicas y dependencias universitarias, y \$92,293,625.97 (noventa y dos millones doscientos noventa y tres mil seiscientos veinticinco pesos 97/100 M.N.), para rehabilitar inmuebles históricos y artísticos de la Universidad, a través de la Dirección de Proyectos de la DGOC.

NÚMERO DE ENTIDADES ACADÉMICAS Y DEPENDENCIAS UNIVERSITARIAS AFECTADAS.

- 92 entidades académicas y dependencias universitarias siniestradas.
- 12 entidades académicas y dependencias universitarias, con inmuebles históricos y/o artísticos, siniestradas.

Total: 104

IMPORTE DE RECURSOS RADICADOS

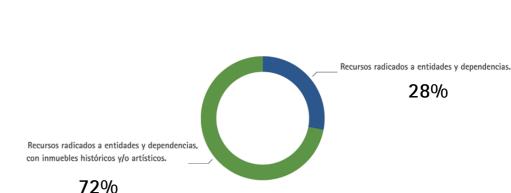
• Recursos radicados a 49 entidades y dependencias.

\$35,315,945.84

 Recursos radicados a 12 entidades y dependencias, con inmuebles históricos y/o artísticos.

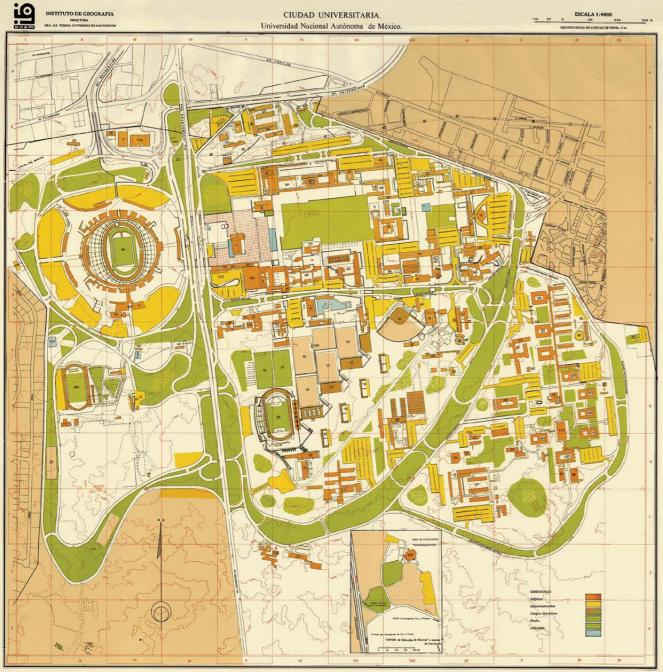
\$92,293,625.97

Total: \$127,609,571.81



Gráfica 7. Recursos radicados a entidades y dependencias universitarias afectadas.

Acciones posteriores al sismo



LA PLANTA FÍSICA UNIVERSITARIA DE 1952 A 2017

Horacio Olmedo Canchola Maribel Lara Ortega La construcción de los edificios de la Ciudad Universitaria debió regirse por el Reglamento de las Construcciones y de los Servicios Urbanos en el Distrito Federal, publicado el 23 de julio de 1942, atendiendo en lo formal a lo que establecía el Capítulo 41.0, referente a las Especificaciones para Proyectos, para que, conforme al Artículo 12, los edificios reunieran las cualidades adecuadas de seguridad, utilidad y belleza.

En el año de 1943, se decidió construir el Campus de Ciudad Universitaria al sur de la Ciudad de México, y su construcción se terminó en el año de 1954 cuando fue inaugurada. En aquél entonces la capacidad proyectada fue para un máximo de 25 mil alumnos, y la cual se rebasó en los primeros tres años de operación.

La arquitectura mexicana de mediados del siglo xx estuvo influenciada por tendencias internacionales del racionalismo (Bauhaus), y del funcionalismo (Le Corbusier). La arquitectura debía responder a las necesidades de la época mediante plantas y fachadas libres, ventanas y terrazas horizontales en forma corrida, a la vez que utilizaba nuevas técnicas constructivas y materiales como el concreto armado, el acero y el vidrio. De esta manera, uno de los principales y complejos retos en los proyectos de los edificios en Ciudad Universitaria fue conciliar la aparente paradoja de adoptar soluciones internacionales, pero con un distintivo nacionalista.

Por otro lado, los materiales para la construcción de los edificios de Ciudad Universitaria, sobre todo los acabados y recubrimientos, fueron seleccionados con el criterio de bajo costo de mantenimiento. Los materiales utilizados fueron la piedra volcánica, el concreto aparente, el block vidriado, los mármoles, el ónix, entre otros.

En lo constructivo, el sistema estructural que fue adoptado para todos los edificios del conjunto fue la utilización generalizada de columnas y losas de concreto armado, utilizando los procedimientos de la época, aunque también se incorporaron propuestas novedosas, como el cascarón del Pabellón de Rayos Cósmicos, de Félix Candela y Jorge González Reyna, edificado en 1951.

Conforme al Artículo 10 del Reglamento vigente en la década de los años cuarenta, la estructura debía "ser proyectada y construida de tal manera que, durante el temblor: "oscile como una sola unidad". Las estructuras con alas (con planta en forma de T, L o H) tendrán que estar firmemente ligadas al resto de la estructura, de manera que "oscilen en conjunto".

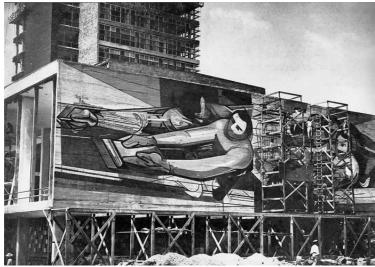
Las estructuras se clasificaban en ocho tipos, considerando para cada una de ellas un coeficiente sísmico que debía usarse para el cálculo de las estructuras. Los edificios de Ciudad Universitaria quedaban comprendidos en el Tipo II, que textualmente consideraba lo siguiente:

"Tipo II: Construcciones para lugares de reunión o de cualquier otra clase, que al fallar pongan en peligro la vida de gran número de personas. Por ejemplo, escuelas, teatros, salas de cinematógrafo y similares" (Coeficiente sísmico: 0.05).

En lo referente a los cálculos de la mecánica de las construcciones, el Capítulo 41.1 del Reglamento determinaba las especificaciones sobre cargas mínimas, muertas, vivas permanentes y vivas accidentales, que servirán de base para los cálculos de la estabilidad. En lo tocante a sismos, establecía reglas que debían seguirse para prevenir daños, haciendo la aclaración de que esas reglas serían válidas "mientras estudios especiales permiten completarlas o modificarlas".

El proyecto de Ciudad Universitaria y la construcción de sus edificios, por lo que se ha visto en más de medio siglo, cumplieron con lo que establecía el Reglamento de las Construcciones y de los Servicios Urbanos vigente a mediados del siglo pasado. Sin embargo, la entropía del tiempo no perdona, y a lo largo de su vida los edificios del Campus Central de la Ciudad Universitaria han sufrido modificaciones y deterioro, aunque las autoridades universitarias en todos los tiempos han realizado trabajos de mantenimiento preservando en lo posible su concepción y construcción originales.





Construcción de la Biblioteca Central y el mural de David Alfaro Sigueiros hacia 1954.



Reunión de especialistas en estructuras.

En las siguientes páginas (36-43) se representa el crecimiento que ha sufrido la planta física universitaria desde su construcción y hasta el día del sismo (9 de septiembre del año 2017), la información que se muestra está ligada a la densidad de ocupación por los usuarios.

A pesar de que los edificios del Campus Central han mantenido su estabilidad e integridad al paso de 66 años, de cualquier forma se convocó al Ing. Antonio Jesús Coyoc Campos, entonces Director de Integración de Planeación, Proyectos y Presupuestos al Instituto de Ingeniería, Colegio de Ingenieros Civiles, Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de la República Mexicana, (DRO) Directores Responsables de Obra y (CSE) Corresponsables en Seguridad Estructural, especialistas en estructuras y mecánica de suelos para revisar la planta física universitaria, especialmente los edificios del Campus Central construidos en la década de los años cincuenta, y se realizaron 93 dictámenes. De los resultados obtenidos en los mismos, se presenta el siquiente resumen:

1. La Torre de Rectoría

La Torre de Rectoría es el reflejo del método estructural adoptado en todos los edificios del conjunto, con la utilización generalizada de columnas y losas de concreto armado. Realizaron la inspección visual los ingenieros Armando Serralde Castrejón, Rafael Pérez Ávila, José Manuel Zamudio Rodríguez y Guillermo Casar Marcos, de la Federación de Ingenieros Civiles de la República Mexicana, A.C.

2. Biblioteca Central

Al igual que la Torre de Rectoría, la Biblioteca Central fue construida a base de una estructura de concreto armado. Realizaron la inspección visual los ingenieros Damián Robledo Gómez, Ángel Mendoza de Jesús y Juan García Montes de Oca, y la Mtra. Rosaura Leal Velázquez realizó vuelos con dron para verificar la estabilidad y seguridad del inmueble.

3. Torre de Humanidades II (Antigua Torre de Ciencias)

La Torre de Humanidades, como actualmente se denomina a la antigua Torre de Ciencias, fue diseñada por los arquitectos Raúl Cacho, Eugenio Peschard Mariscal y Félix Sánchez. El edificio de 14 pisos fue en su tiempo la estructura de concreto más alta en México. Realizó la inspección visual el DRO Arq. Alfonso Pérez Medina, de la Federación de Ingenieros Civiles de la República Mexicana, A.C.

4. Facultad de Ingeniería

El conjunto original de la Facultad de Ingeniería consta de tres edificios con estructura principal formada por columnas, trabes y losas de concreto armado. En el primer edificio se agrupan las áreas de teoría, los talleres, patio de maniobras, laboratorios, bodegas, salas de profesores y los servicios generales. En el segundo, aulas, laboratorios, patio de pruebas, el Auditorio Javier Barros Sierra,

Horacio Olmedo Canchola-Maribel Lara Ortega

La planta física universitaria de 1952 a 2017 35

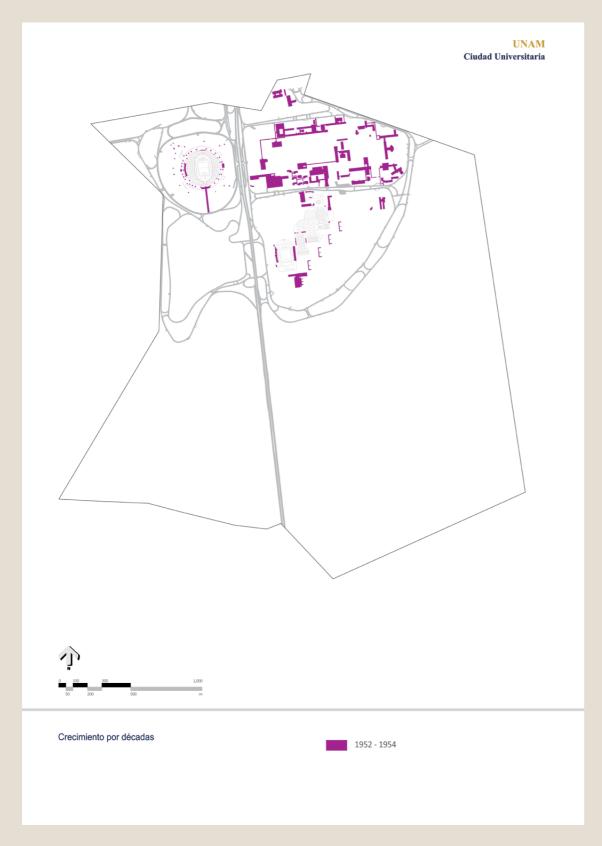


Figura 1. Planta física de Ciudad Universitaria, 1954.

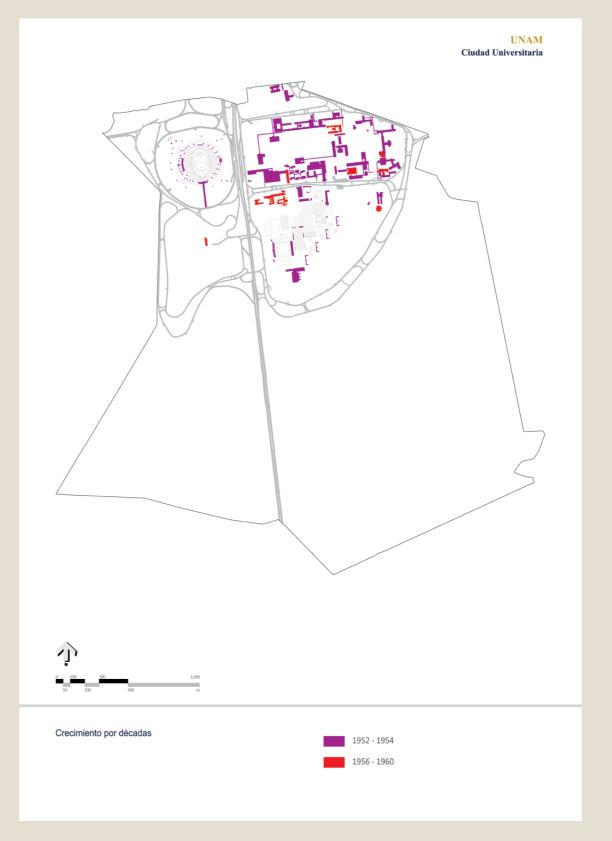


Figura 2. Planta física de Ciudad Universitaria, 1960.

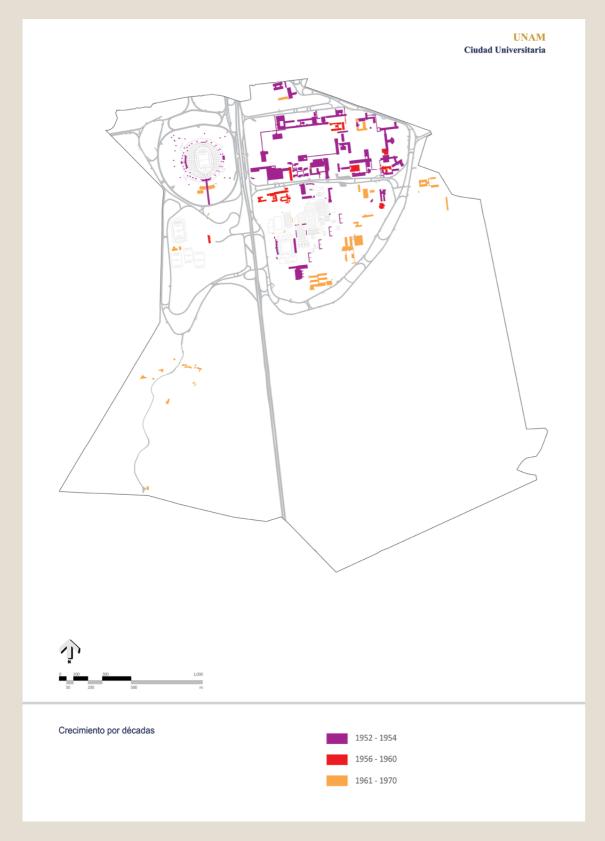


Figura 3. Planta física de Ciudad Universitaria, 1970.



Figura 4. Planta física de Ciudad Universitaria, 1980.

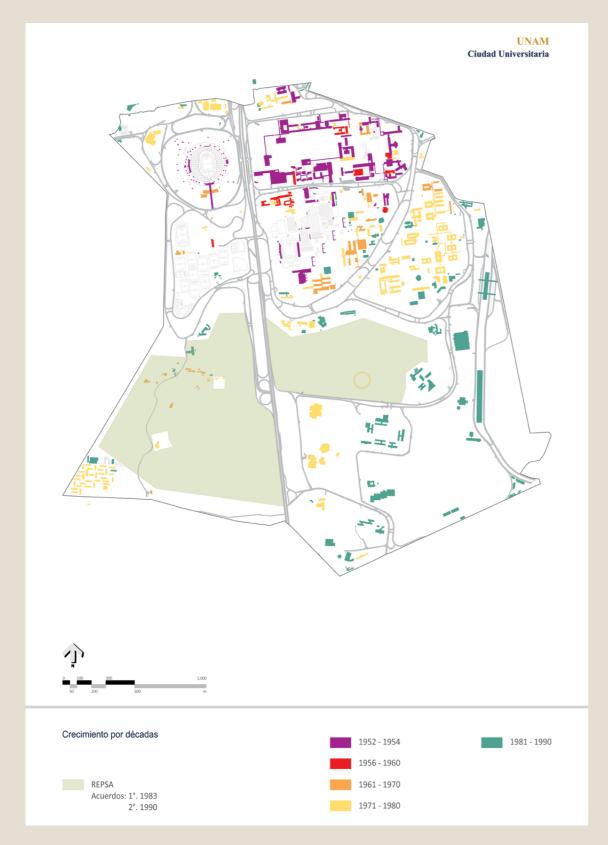


Figura 5. Planta física de Ciudad Universitaria 1990.

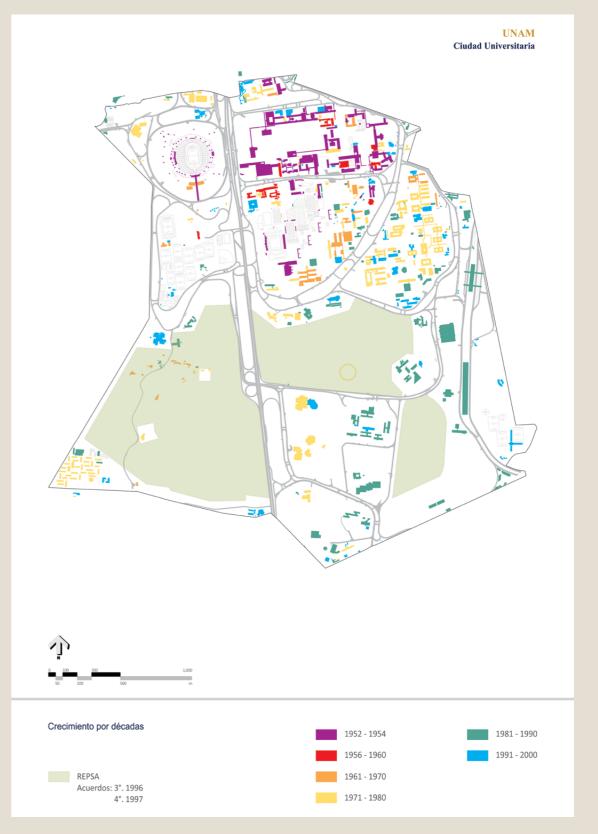


Figura 6. Planta física de Ciudad Universitaria, 2000.

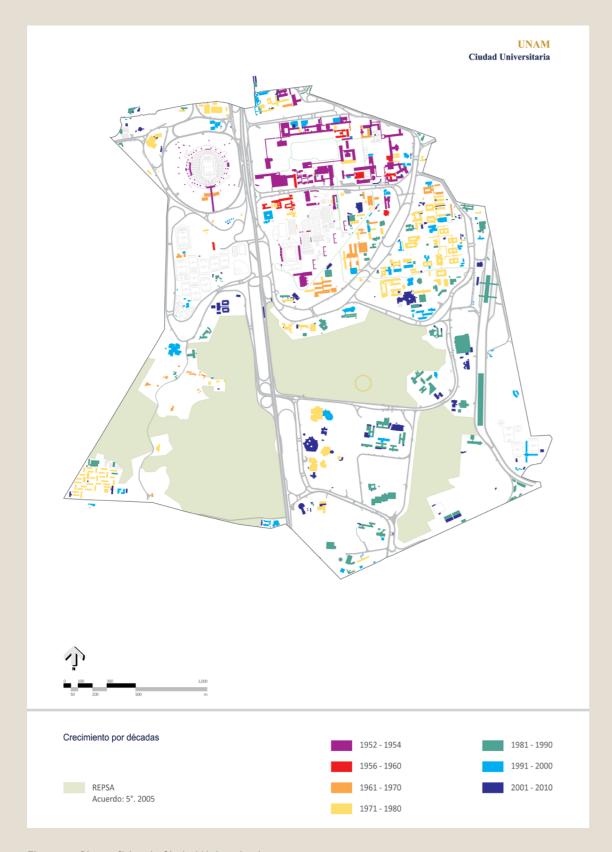


Figura 7. Planta física de Ciudad Universitaria, 2010.

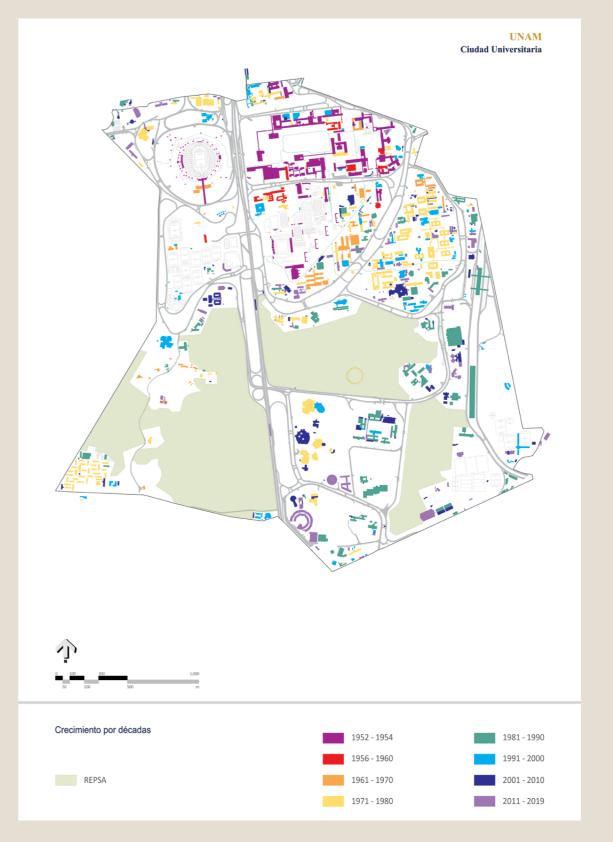


Figura 8. Planta física de Ciudad Universitaria, 2019.



además de la dirección, sala de juntas, sala de profesores, la Biblioteca "Antonio Dovalí Jaime" y áreas de uso administrativo. El tercero se encuentra provisto de equipo de cómputo y maquinaria de perforación, además de disponer de tres laboratorios en los que se imparten la especialización de Ingeniería Petrolera. La revisión ocular del edificio de la Facultad de Ingeniería estuvo a cargo de los ingenieros Armando Serralde Castrejón, Rafael Pérez Ávila, José Manuel Zamudio Rodríguez y Guillermo Casar Marcos.

5. Facultad de Derecho

La inspección visual del edificio de la Facultad de Derecho estuvo a cargo de los ingenieros Damián Robledo Gómez, Tito Gregorio Vilchis Barbosa y Juan García Montes de Oca, del Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad de México, A. C.

6. Facultad de Odontología

El edificio se compone de cinco niveles en dos cuerpos dispuestos en forma perpendicular, cuya estructura está hecha a base de columnas, trabes y losas de concreto armado, con muros divisorios de tabique vidriado. La revisión del edificio estuvo a cargo de los ingenieros Damián Robledo Gómez y Juan García Montes de Oca, del Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad de México, A. C.

7. Facultad de Química

El edificio de la Facultad de Química consta de tres cuerpos rectangulares (A, B y C) de cuatro niveles, hechos a base de columnas, trabes y losas de concreto armado y muros divisorios de tabique vidriado. La revisión ocular del edificio estuvo a cargo de los ingenieros Damián Robledo Gómez, Ángel Mendoza de Jesús y Alejandro Roberto Alvarado Vargas, del Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad de México, A. C.

8. Estadio Olímpico

El proyecto del estadio es del arquitecto Augusto Pérez Palacios, en colaboración con Raúl Salinas Moro y Jorge Bravo Jiménez. Originalmente el Estadio fue construido para partidos de fútbol americano, ya que era el deporte universitario en la década de los años cincuenta.

Con motivo de la celebración de los XIX Juegos Olímpicos celebrados en México en el año de 1968, el Estadio Olímpico Universitario fue readaptado, sin modificar sustancialmente el proyecto original, para convertirse en sede de las competencias de atletismo, así como de las ceremonias de inauguración y clausura, de los Juegos Olímpicos. Las principales modificaciones consistieron en la construcción del cuerpo popularmente conocido como "palomar", la modificación del campo y la pista; las torres de iluminación fueron retiradas para dar paso a otras de mayor tamaño, y se colocó un nuevo pebetero. En la parte baja de la cabecera sur se construyó una rampa de acceso para las delegaciones deportivas, del lado opuesto a la entrada del maratón (ver pág. 76).

Tras los sismos, la revisión visual del "palomar" fue realizada por el Ing. Damián Robledo Gómez, del Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad de México, así como por los ingenieros Armando Serralde Castrejón, Rafael Pérez Ávila, Guillermo Casar Marcos, Jorge Arturo Ávila y el Dr. Roberto Durán H., del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Además, se colocaron avisos como el siguiente en cada edificio inspeccionado:



Avisos colocados en los edificios revisados.

Página opuesta: Ortoimagen de la

planta física de Ciudad Universitaria en 2015. Instituto de Geofísica de la UNAM.









La aplicación del sistema de refuerzo FRP posibilitó su incorporación en áreas confinadas dentro de las estructuras, evitando liberar o desmontar áreas extensas, lográndose la realización de los trabajos en un tiempo menor que un sistema tradicional de refuerzo.

REHABILITACIÓN DE INMUEBLES HISTÓRICOS Y ARTÍSTICOS AFECTADOS POR LOS SISMOS

Julio Valencia Navarro

Los sismos de septiembre del año de 2017 generaron como se sabe, una gran cantidad de daños al patrimonio edificado del país.

Además de las graves afectaciones y riesgo al patrimonio tangible, quedaron también en peligro los valores intangibles asociados a los monumentos afectados.

Aquellos monumentos del pasado reciente, como es el caso de los edificios que integran el Campus Central de Ciudad Universitaria, que se consideraba, por la forma en que fueron concebidos, edificados y posteriormente conservados a lo largo de varias décadas podrían tener un mayor grado de resiliencia1 frente a un sismo de gran capacidad destructiva. Sin embargo, presentaron un conjunto de deterioros que nos alertaron sobre la necesidad de desarrollar nuevos y urgentes protocolos de análisis para evaluar con mayor detalle su estado de conservación; pero también e igualmente importante, para desarrollar criterios de intervención.

A partir de la exploración e investigación de los monumentos se han redescubierto procedimientos constructivos y uso de materiales de forma insospechada, así como condiciones estructurales complejas; situaciones que en conjunto pueden afectar en primera instancia a los usuarios y visitantes, así como a los valores arquitectónicos y artísticos de los edificios, que si no se intervienen de forma integral (sobre todo frente a la percepción de un gran número de usuarios que sin ser expertos o versados en temas relativos al patrimonio cultural) y no obstante los esfuerzos institucionales para propiciar la correcta interpretación² y valorización de estos monumentos, piensan que más que conservación se requieren procesos de renovación o reparación, por no ser edificios que se consideran como antiguos o

Durante las acciones de emergencia se encontraron condiciones estructurales y soluciones arquitectónicas de época no documentadas en los planos originales con los que se cuenta en los archivos, motivándose la necesidad de incorporar materiales de alta tecnología para refuerzo estructural, para recuperar y reintegrar materiales originales también se analizaron, desarrollaron y fabricaron materiales similares a los creados hace más de seis décadas, y se definieron estrategias y criterios de intervención específicos, todo ello frente a la necesidad de mantener operando la infraestructura educativa del Campus, preservando en la medida de lo posible el Valor Universal Excepcional (VUE) de los edificios afectados y de los demás inmuebles que conforman el campus declarado Patrimonio Mundial.

En cuanto al singular y significativo conjunto de monumentos históricos y artísticos patrimonio de la universidad ubicados en el Centro Histórico de la Ciudad de México y el Área Metropolitana, así como en el interior del país, podemos decir que no obstante haberse evidenciado deterioros, los procesos de conservación, consolidación estructural y restauración desarrollados desde hace varios años fueron esenciales, sin duda alguna, para

¹ Resiliencia: La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a desastres para resistir, absorber, acomodar, adaptarse, transformar y recuperarse de los efectos de un desastre en el menor tiempo y forma eficiente, considerando la administración del riesgo a través de la preservación y restauración de sus estructuras esenciales básicas. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (www.unisdr.org/we/inform/terminology).

² La Interpretación, se refiere a todas las actividades potenciales realizadas para incrementar la concienciación pública y propiciar un mayor conocimiento del sitio de patrimonio cultural. En este sentido se incluyen las publicaciones impresas y electrónicas, las conferencias, las instalaciones sobre el sitio, los programas educativos, las actividades comunitarias, así como la investigación, los programas de formación y los sistemas y métodos de evaluación permanente del proceso de interpretación en sí mismo. Carta ICOMOS para la Interpretación y Presentación del Patrimonio Cultural. Quebec, 2008. (https://www.icomos.org/images/ DOCUMENTS/Charters/interpretation_sp.pdf).

que los monumentos pudieran tener una mayor capacidad de resistencia frente a los efectos telúricos.

La contingencia también nos conduce a reflexionar sobre la importancia de preservar aquellos edificios universitarios que sin ser parte de un inventario nacional de monumentos, poseen una significación cultural relevante, especialmente aquellos cuya temporalidad más próxima a nuestros días no ha posibilitado analizar a detalle la importancia de su preservación futura, y que al haber sufrido daños no se pudieran apreciar todos sus valores arquitectónicos, históricos o culturales, propiciándose frente a una emergencia su alteración a fin de efectuar algún refuerzo, reparación o bien su demolición total o parcial.

Los monumentos del Campus Central de la Ciudad Universitaria

Los protocolos de reacción

Durante los minutos y horas posteriores al sismo del 19 de septiembre de 2017, la Universidad inició de inmediato la valoración de los daños en las instalaciones universitarias, preparatorias, los CCH, las ENES, FES y en los monumentos históricos y artísticos patrimonio de la UNAM.

En el Campus Central, se observaron daños principalmente en los recubrimientos y superficies arquitectónicas, tanto en fachadas como en los espacios interiores.

Es importante mencionar que la valoración del estado de conservación del Campus ya había iniciado desde el año 2016 y actualmente constituye un subprograma de actuación establecido dentro de las líneas de acción del Plan de Gestión del Campus Central³, instrumento concluido unos meses antes del terremoto.









Desprendimiento de materiales, colapsos parciales en exteriores e interiores de los edificios.

Se habían detectado antes del sismo, problemáticas relacionadas con el estado de conservación de las fachadas especialmente aquellas realizadas con arcilla extruida vitrificada; algunos inicios de subsidencia puntual en muros y pavimentos, y procesos de degradación de componentes de elementos de concreto, entre otras afectaciones.

A raíz del sismo fue necesario coordinar un procedimiento de verificación de la seguridad estructural de los edificios, en el que participaron las facultades de Arquitectura, Ingeniería, sus Posgrados, el Instituto de Ingeniería y la Dirección General de Obras y Conservación para establecer las condiciones de seguridad estructural en los monumentos del Campus Central, así como diversos especialistas y peritos Directores Responsables de Obra y Corresponsables en seguridad Estructural con registro ante las autoridades de la Ciudad de México.

Durante esta fase reactiva se dictaminaron las áreas que sin duda presentaban condiciones de riesgo para los usuarios y se confinaron y protegieron las áreas que requerían ser intervenidas, efectuando las liberaciones de los elementos constructivos con alta probabilidad de colapso.

Para asistir a las labores del registro inicial de daños se desarrollaron diversas aplicaciones informáticas para ser usadas mediante dispositivos móviles que permitieron identificar las afectaciones. Para los monumentos se utilizó la aplicación Monumentos UNAM (MU) desarrollada con anterioridad para el registro del estado de conservación de los monumentos universitarios.

Las áreas con mayor daño fueron apuntaladas de inmediato, y se establecieron los procedimientos iniciales de registro, desmontajes técnicos, y recuperación de materiales originales colapsados.

Al realizar los desmontajes y calas, se observaron condiciones estructurales que no se visualizaban en los planos existentes ni en fotografías de la época de construcción o posteriores.

Se desarrollaron los análisis estructurales preliminares y se establecieron los parámetros para dotar de seguridad a los edificios afectados, bajo la premisa de efectuar



Colocación de avisos de verificación de las condiciones de seguridad estructural después del sismo.



La aplicación móvil permite registrar el estado de conservación de los monumentos unificando criterios de los registros en función de los tipos de deterioros, sistemas constructivos, temporalidad, y materiales constitutivos, entre otros datos.



³ Plan de Gestión del Campus Central de la Ciudad Universitaria de la UNAM, primera edición, agosto de 2017. Línea Estratégica I, conservación, pp. 67-76.

las intervenciones sin alterar las características arquitectónicas de los monumentos universitarios.

Criterios de intervención

Se presentaron diversos planteamientos para los criterios de intervención emergente:

- Priorizar la seguridad estructural.
- Evitar refuerzos estructurales que puedan alterar la morfología de los monumentos.
- Reutilizar los materiales originales en la medida de lo posible, integrándolos con procedimientos constructivos adecuados.
- Reintegrar materiales nuevos para substituir los existentes con daños o procesos de degradación que fueron afectados en el sismo.
- Preservar el Valor Universal Excepcional (VUE) de los inmuebles y el conjunto.

Las obras de consolidación, reforzamiento estructural y conservación de los monumentos artísticos que forman parte del Campus Central de la Ciudad Universitaria, por ser un sitio declarado Patrimonio Mundial⁴, obedece a la necesidad de salvaguardar su Valor Universal Excepcional⁵ y los atributos específicos que lo transmiten; por lo que se deberán considerar también las acciones

conservativas en otras áreas advacentes a las afectadas, así como a los componentes estructurales vinculados a cada edificio.

Es importante destacar que las acciones conservativas corresponden a las alternativas planteadas para la preservación del VUE⁶ del sitio y sus atributos:

Si el VUE se relaciona con la forma, el diseño y la función, los atributos dañados o mermados pueden tener la capacidad de ser restablecidos en algunas circunstancias. Al explorar opciones, el obietivo incluirá la máxima retención de material histórico y su estratigrafía. Esta perspectiva es esencial porque las nuevas estructuras pueden no siempre reflejar las asociaciones históricas o las capas históricas que existían antes de los eventos destructivos.

Si el VUE se refiere a la coherencia de un conjunto, y cuando un número limitado de elementos ha resultado afectado, puede ser apropiado restablecer la integridad del conjunto, incluyendo el uso de nuevos materiales compatibles para ello⁷.

Desde el punto de vista de la definición de reconstrucción del patrimonio cultural; la reintegración de los muros dañados, elementos arquitectónicos, refuerzos estructurales y otras acciones conservativas corresponde en diversos casos a una reconstrucción parcial que conforme a las definiciones planteadas por el ICOMOS⁸ en su documento de orientación para la recuperación y reconstrucción de propiedades culturales que forman parte del Patrimonio Mundial se puede definir como:

Reconstrucción parcial: la destrucción es a menudo parcial, por lo que la reconstrucción necesita entablar un diálogo con la fábrica sobreviviente, planteando desafíos técnicos y metodológicos. También requiere definir las prioridades con respecto a la retención y

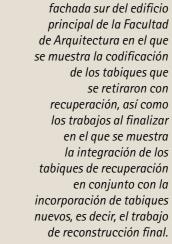




El desmontaje técnico de los materiales fue fundamental para su posterior reintegración y para registrar las gamas cromáticas necesarias para la fabricación de las nuevas piezas de arcilla extruida.







Estudio de codificación de

colores en los paramentos

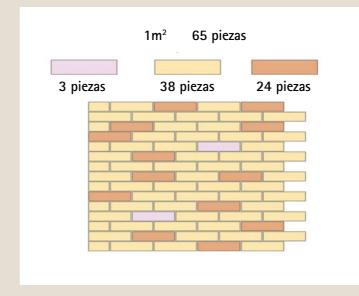
Odontología y Medicina.

de las Facultades de

Atención de grietas en la











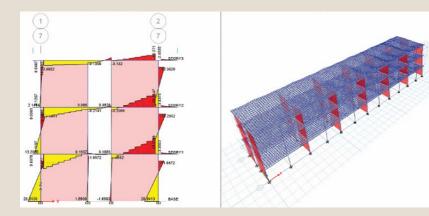
⁴ Campus Central de la Ciudad Universitaria de la UNAM, inscrito el 2 de iulio de 2007.

⁵ Los criterios para el sitio integrado en la categoría Cultural son el (i), (ii) y el (iv) además de satisfacerse las condiciones de integridad y autenticidad. "Los atributos son los aspectos de un bien que están asociados o expresan su Valor Universal Excepcional. Pueden ser tangibles o intangibles. En las Directrices Prácticas (Operational Guidelines, OG), se enumeran diversos tipos de atributos que pueden expresar Valor Universal Excepcional, como los siguientes: forma y diseño o concepción; materiales y sustancia; uso y función; tradiciones, técnicas y sistemas de gestión; localización y entorno; lengua y otras formas de patrimonio inmaterial; y espíritu y sensibilidad. UNESCO, World Heritage Centre, Operational Guidelines for the implementation of the World Heritage Convention (World Heritage Centre, 12 Julio 2017) p. 27.

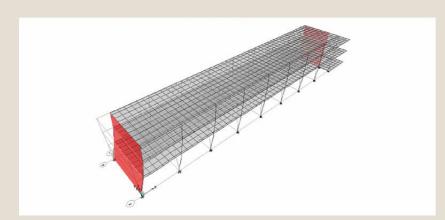
⁶ Valor Universal Excepcional: VUE; en inglés OUV: Outstanding Universal Value. UNESCO, Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention, (World Heritage Centre, 12 Julio 2017), p. 19.

⁷ ICOMOS, La recuperación y reconstrucción post trauma para propiedades culturales del Patrimonio Mundial, (Paris, 2017), p. 10.

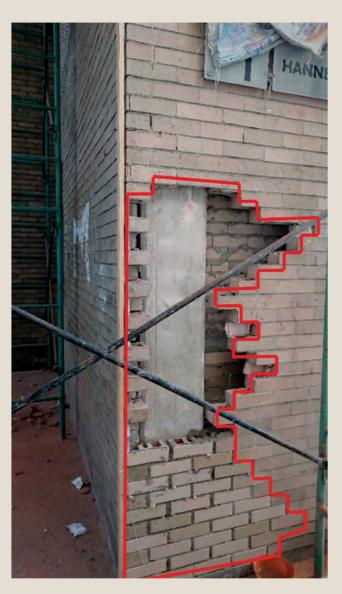
⁸ *Ibid.*, p. 17.



Análisis del modelo estructural del edificio de la Facultad de Filosofía del edificio que resultó dañado por el sismo del pasado 19 de septiembre de 2017, Campus Central de Ciudad Universitaria.



Análisis del modelo estructural del edificio de la Escuela Nacional Preparatoria Número Uno que resultó dañado por el sismo del pasado 19 de septiembre de 2017.



Reconstrucción del tejido del paramento de la esquina norponiente del taller Hannes Meyer, de la Facultad de Arquitectura, para lo cual se empleo Vitricotta de recuperación y Vitricotta nueva.

la preservación de emergencia de lo que ha sobrevivido y la idoneidad de utilizar materiales fragmentados sobrevivientes.

Indudablemente la reconstrucción de parapetos, muros de soporte o envolventes interiores y exteriores, refuerzos estructurales y las otras acciones de diversa envergadura a realizar en el sitio y sus partes constitutivas son necesarias no solo por los aspectos inherentes e implicaciones de seguridad, así como de un sitio patrimonio mundial, sino también para destacar el proceso de recuperación de la significación cultural, reforzando la interpretación y presentación del sitio, a efecto de propiciar una mayor apropiación social y cultural, tanto de los usuarios universitarios como de los visitantes al campus.

Conforme a lo declarado en Carta de Burra⁹:

La reconstrucción es apropiada solamente cuando un sitio está incompleto por daño o alteración, y sólo cuando hay suficiente evidencia para reproducir un estado anterior de la fábrica. En algunos casos la reconstrucción podrá ser apropiada como parte de un uso o practica que mantiene la significación cultural del lugar.

Para el caso del Campus Central, existen elementos suficientes; documentales, fotografías de época y recientes, componentes arquitectónicos, referencias físicas y piezas de barro extruido esmaltado originales que se deberán reposicionar por el método de anastilosis en las zonas afectadas, todo ello posibilitando la reconstrucción de los espacios y sus volumetrías exteriores, siendo necesario establecer los criterios de diferenciación conforme a las recomendaciones internacionales de los elementos nuevos reintegrados, sin que con ello se afecte la percepción integral de la intervención¹⁰.

Para la reintegración y refuerzo de los componentes arquitectónicos y estructurales se propuso su conser-

vación mediante consolidación, refuerzo, reintegración y en su caso reconstrucción¹¹, con materiales y técnicas muy similares a las primigenias pero optimizadas con materiales y técnicas actuales como son por ejemplo el uso de morteros de mejor calidad a los preexistentes; tratamientos FRP12 y una selección cuidadosa de los materiales recuperados susceptibles de ser reutilizados, incorporando nuevos materiales similares en cuanto a su forma, tamaño, gama cromática y textura.

Derivado de los estudios realizados de forma emergente se propone incorporar refuerzos estructurales que no afecten la morfología de los elementos existentes a efecto de no alterar las características de los edificios, manteniendo hasta donde sea posible su geometría original tomando como referencia los elementos arquitectónicos y estructurales presentes en concordancia con lo señalado por ICOMOS en los Principios para el Análisis, Conservación y Restauración de las Estructuras del Patrimonio Arquitectónico (2003)¹³:

3.16 Deberán mantenerse las imperfecciones y alteraciones que se hayan convertido en parte de la historia de la edificación, siempre que no atenten contra las exiaencias de la seauridad.

El uso de fibra de carbono como refuerzo de alto desempeño, tiene por objeto generar un mejor comportamiento estructural (con un prácticamente nulo aporte de peso), como sucede en los sistemas de consolidación o refuerzo en los que se emplean elementos de concreto armado adicionales, de acero o combinados que podrían afectar la morfología original de los

⁹ The Burra Charter, Australia, ICOMOS (Rev. 2013).

¹⁰ Carta de Venecia, art.12, ICOMOS, 1964.

¹¹ La Carta de Burra define reconstrucción como el regresar a un estado previo anterior y se distingue de la restauración por la introducción de un nuevo material.

¹² Fiber Reinforced Polymers, como es la fibra de carbono.

¹³ ICOMOS. Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. Ratificada en Victoria Falls, Zimbabwe (2003).

monumentos, requiriéndose además un mayor tiempo y costo para su implementación¹⁴.

La utilización de sistemas FRP, para consolidación y refuerzo estructural, por su rápida implementación de diseño técnico, así como de integración física en las estructuras, con una intervención menos invasiva que el uso de refuerzos acero-concreto, permitió la rehabilitación de los edificios en sus partes afectadas en un menor tiempo posible, posibilitando la reanudación de las actividades académicas¹⁵.

Mediante las acciones conservativas y de reconstrucción¹⁶ de los edificios afectados con las técnicas propuestas, no se compromete el atributo de la autenticidad del monumento, ya que como se menciona en los postulados 4 y 6 de la Carta de Riga¹⁷:

4. Autenticidad es una medida del grado en el que los atributos del patrimonio cultural (incluyendo forma y diseño, materiales y substancia, uso y función, tradiciones y técnicas, ubicación y emplazamiento, espíritu y sentimiento, y otros factores) atestiguan de forma creíble y con precisión su significación.

6. En circunstancias excepcionales, la reconstrucción del patrimonio cultural perdido debido a algún desastre sea de origen natural o humano puede ser aceptable cuando el monumento posee significación excepcional artística, simbólica, de contexto (urbano o rural), para la historia regional y cultural.

Las anteriores condiciones se cumplen para los casos de los edificios donde se requieren acciones conservativas, de refuerzo, consolidación, reintegración y reconstrucción, ya que más allá de la integridad de la fábrica material se posibilita además, la lectura del monumento, así como el cumplimiento de los lineamientos planteados en el Plan de Gestión del Campus Central de la Ciudad Universitaria¹⁸, entregado a la UNESCO en el año 2017, como uno de los instrumentos de preservación para el Campus Universitario, conforme a las directrices del Centro de Patrimonio Mundial de la UNESCO (del que México es miembro) como Estado integrante de la Convención del Patrimonio Mundial.

Los daños del sismo en la zona núcleo del Campus Central

Durante la evaluación post sismo, se detectaron múltiples deterioros menores; rotura de vidrios, agrietamientos y fisuras en elementos no estructurales, desprendimiento de plafones y de luminarios, por citar algunos; sin



Pruebas para la fabricación de los tabiques de reposición; en cada edificio existen diversas gamas cromáticas que conforman los paramentos, por lo que fue necesario analizar el porcentaje de tonos por metro cuadrado para los muros a intervenir.











Muestras de tableros conformados con Vitricotta con integración de color en diferentes densidades para valorar físicamente aquella que se mimetice más con el entretejido original.



Trabajos de sustitución de cabecera del edificio "B" de la Facultad de Medicina.

¹⁴ El uso de sistemas FRP a base de fibra de carbono, y de sistemas FRG, ha sido utilizado desde hace tiempo con éxito como refuerzo de estructuras de concreto armado o de mampostería, su implementación se encuentra ampliamente documentada como por ejemplo en: Lombardo Salvatore, Chiofalo Tiziana, *Manuale del Rinforzo Strutturale*, Dario Flaccovio Editore (Italia, Palermo 2014).

¹⁵ La consolidación y refuerzo con sistemas FRP de fibra de carbono se ha utilizado de manera consistente en otros países, si bien en México, no han sido implementados de forma extensiva aún en edificios patrimoniales existen diversos ejemplos: el templo de La Conchita en Coyoacán, el antiguo templo de San Agustín de la Ciudad de México, o bien en el edificio de la torre de Tlaltelolco, intervenciones realizadas conforme a los proyectos y recomendaciones del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Existen en el país diversos distribuidores de los componentes necesarios para la colocación de los sistemas.

¹⁶ La Carta de Burra en su última revisión de 2013, establece en su artículo 14 que: Un Proceso de Conservación puede de acuerdo a las circunstancias, incluir los procesos de mantener o reintroducir un uso; mantener las asociaciones y significados; mantenimiento, preservación, restauración, reconstrucción, adaptación, e interpretación; pudiendo incluir una combinación de más de uno de esos procesos.

¹⁷ ICCROM et. al., Carta de Riga sobre la autenticidad y la reconstrucción histórica en relación con el patrimonio cultural. Riga, Letonia, Octubre, 2000.

¹⁸ Plan de Gestión del Campus Central de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México. (México, UNAM, Agosto, 2017).







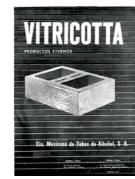


Daños en el Campus Central por los sismos de septiembre de 2017.









Anuncios comerciales de los productos de arcilla extruida utilizados en el Campus Central de Ciudad Universitaria; la Vitricotta de la Compañía Mexicana de Tubos de Albañal, S.A.,hoy día Cerámica Santa Julia,y la Vitrolita de la Ladrillera de Monterrey, S.A. hoy Lamosa. Imágenes de La Revista Arquitectura México. Número 39, Septiembre 1952.

embargo se identificaron daños de consideración en algunos edificios, que comprometían la seguridad de los usuarios y de los monumentos destacando los siguientes:

- 1. El edificio D de la Facultad de Odontología, y las juntas constructivas de la intersección con el cuerpo principal, incluyendo el colapso del pretil norte.
- 2. Muros cabeceros Norte y Sur, del Edificio B de la Facultad de Medicina y daños en juntas constructivas del edificio A.
- 3. Muro Sur del Teatro Carlos Lazo y daños del pretil en el edificio P; diversas afectaciones en fachadas de los edificios de los talleres de arquitectura número 1, número 3, Hannes Meyer, Jorge González Reyna, José Villagrán así como también daños en el muro Norte del MUCA.
- 4. Daños en los recubrimientos de blocks de cerámica extruida vitrificada en los muros cabeceros Norte y Sur de la Torre de Humanidades II.
- **5.** Desprendimiento parcial del recubrimiento de mármol en el auditorio Alfonso Caso, frente a la torre de Humanidades II.
- **6.** Desprendimiento de placas de concreto y daños en gárgolas en las fachadas sur y oriente del cuerpo bajo de la Biblioteca Central y daños en juntas constructivas interiores de la sala de lectura.
- Daños en las juntas constructivas exteriores y agrietamiento en muros divisorios de arcilla extruida vitrificada en la Facultad de Química.
- 8. Deterioros puntuales en diversos edificios, como son la Torre de Rectoría, Facultad de Ingeniería, Facultad de Química, que han hecho necesaria la realización de protocolos de estudio y la preparación de propuestas de intervención preventivas y conservativas, posiblemente de gran alcance.

Conservación y reintegración de envolventes arquitectónicas

Uno de los problemas más complejos es la conservación y reintegración de los tabiques, bloques, cintillas y recubrimientos de arcilla extruida y esmaltada.

Estos materiales fueron fabricados hace más de sesenta y cinco años por la entonces Compañía Mexicana de Tubos de Albañal, S.A. fundada de origen en 1897 como la Mexican Sewer Pipe Company en el barrio de Santa Julia de la Ciudad de México, que denominaba a sus productos como Vitricotta.

Se ha identificado también que Ladrillera de Monterrey, S.A. suministró materiales de arcilla extruida para Ciudad Universitaria, denominando a la gama de sus productos como Vitrolita, incluyendo materiales para pisos¹⁹.

Los métodos constructivos para la edificación de los componentes de arcilla extruida en muros no fueron colocados de forma idónea; carecen de los refuerzos interiores verticales y horizontales, o estos son discontinuos. En algunos casos se construyeron dinteles con armados escasos, y son muy comunes las esquinas de muros sin refuerzo.

El mortero empleado para su fijación y el relleno de las cavidades internas no se dispersó adecuadamente.

Para la reintegración de los materiales se han realizado múltiples pruebas de color y textura, en la actual fábrica de Santa Julia, ubicada en el estado de Puebla. Una vez identificados clasificados y codificados, se solicitó al fabricante la realización de materiales muestra, requiriéndose múltiples ensayos para obtener las gamas cromáticas requeridas, que por la naturaleza del material original, se conforma por diversos tonos que varían en cada edificio, pudiendo requerirse hasta 4 tonalidades

Rehabilitación de inmuebles históricos y artísticos afectados por los sismos 57

¹⁹ Sandoval Rojas Javier, El Patrimonio Industrial Histórico de Monterrey: Las fábricas pioneras, vol. I, p. 127, (México, Universidad Autónoma de Nuevo León / Consejo para la Cultura de Nuevo León, 2009).

para efectuar la reintegración de los paramentos en donde ha sido necesario efectuar intervenciones.

En algunos espacios interiores donde se ha requerido modificar y optimizar las condiciones estructurales se han reintegrado materiales cerámicos con aparejos diversos en áreas muy específicas, de tal forma que permitan identificar la intervención.

Intervención de elementos estructurales

Las estructuras de concreto presentan principalmente en las zonas donde se manifestaron daños deficiencias en su proceso constructivo: acero de refuerzo escaso, uso de varillas de acero lisas, refuerzos de acero por cortante heterogéneos, cambios de sección en columnas, longitudes de empalme entre varillas muy cortos, así como solución de algunos nodos y empotres con excentricidad.

Al ir explorando los edificios se fueron desarrollando los estudios que permitieron entender el comportamiento de las estructuras; en los monumentos intervenidos se realizaron los análisis dinámicos y de elementos finitos y se establecieron los parámetros para dotar a los edificios con las condiciones de seguridad acordes a su uso. Es importante recordar que las estructuras del Campus Central al igual que muchas otras en el país, han sobrevivido a múltiples eventos sísmicos importantes, lo cual ha sometido a las estructuras a esfuerzos de consideración y posiblemente a la fatiga de sus componentes, todo ello incrementado por los factores de alteración exógenos y endógenos.

Se determinó el uso de refuerzos a base de fibra de carbono, como ya se mencionó en lo relativo a los criterios de intervención, con la finalidad de no alterar las características de los elementos estructurales (como podría suceder con otro tipo de procedimientos de refuerzo tales como el uso de perfiles de acero estructural o ampliar las secciones con concreto), lo

cual implicaría además adicionar mayor peso a las estructuras. Asimismo, el uso del sistema FRP permitió poner en operación las áreas intervenidas en menor tiempo que con un sistema tradicional.

Los procesos de conservación y rehabilitación de estructuras permitieron recuperar en algunos casos los acabados preexistentes, que a lo largo del tiempo se fueron alterando, perdiéndose así su percepción estética original.

Es importante señalar que en los meses posteriores a los sismos de septiembre de 2017 el propio Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México y sus normas técnicas, ya incluyeron el refuerzo con sistemas FRP como una alternativa de rehabilitación estructural.

Consideraciones sobre los trabajos de conservación arquitectónica derivados de las intervenciones post sísmicas

Es importante destacar que para realizar los procesos de intervención ha sido necesario confrontar las segundas intervenciones con los elementos originarios, propiciando el rescate de los elementos que han adquirido su propia significación cultural, como es el caso del muro oriente del antiquo MUCA (Museo Universitario de Ciencias y Arte) en el que fue realizado un mural del grupo de artistas urbanos conocido como Grupo Suma, que tuvo una gran actividad en las décadas de los setenta y ochenta en la Ciudad de México.

La imagen idealizada de la arquitectura moderna, a veces no permite su apreciación considerando los procesos de envejecimiento como un elemento significativo que confiera un valor de antigüedad, sin embargo, este valor se contrapone con los procesos de envejecimiento y degradación que representan riesgos para la integridad de los edificios y sus usuarios, debido a que algunos de los materiales de hace más de 65 años no tienen un mayor grado de permanencia.





Refuerzo de fibra de carbono FRP en columnas.

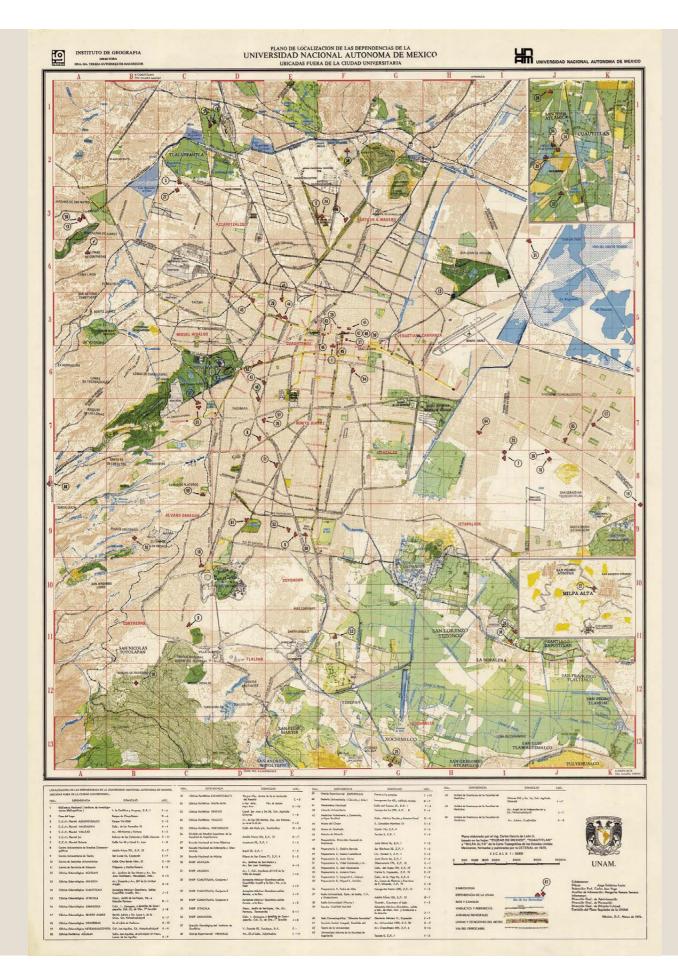








Se detectaron armados de elementos estructurales con refuerzo de acero muy escaso y con separaciones muy grandes y el uso de varillas de acero liso, combinado con varillas corrugadas en algunas zonas específicas.





Mural del grupo de artistas urbanos Grupo Suma.

Al contrario de los materiales constitutivos de la arquitectura tradicional histórica que con ciclos de conservación y mantenimiento adecuados pueden tener una vida útil de varios siglos.

El uso de materiales de alta tecnología no invasivos, ha posibilitado la conservación de los elementos de concreto. proporcionándoles una capacidad estructural adecuada y con procedimientos que permiten la restauración de los elementos originales de recubrimiento, como son los muros de tabique extruido.

Adicionalmente a la problemática inherente a los procesos de conservación especializados, es importante considerar que la percepción de la rehabilitación y conservación en algunos casos se identifica por los usuarios como un proceso de "renovación funcional", los materiales originales en algunos casos no se consideran que tengan valores de antigüedad o significado cultural, lo que propició en el pasado intervenciones no adecuadas o equivocadas de acuerdo a los criterios de conservación actuales.

Las consideraciones para la situación emergente adecuándolas a cada caso en particular, son de aplicación para los monumentos históricos y artísticos localizados en otras zonas de la Ciudad de México, especialmente dentro del perímetro del Centro Histórico sitio también inscrito en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO²⁰, también los monumentos del interior del país, así como para los edificios con características arquitectónicas especiales por autoría, temporalidad, significación social y cultural así como por su importancia para la realización de las actividades sustantivas de la Universidad.

Será fundamental el desarrollo de forma inmediata de un protocolo de análisis estructural integral de todos los monumentos del Campus Central (incluso de los edificios que se intervengan de manera emergente) ya que conforme a lo observado en los edificios afectados y con los diagnósticos preliminares, las condiciones actuales de los edificios pueden presentar condiciones que posiblemente pueden implicar riesgos importantes de seguridad estructural, en caso de presentarse eventos sísmicos a corto plazo, pudiéndose manifestar efectos no visibles a simple vista de pérdida de resistencia y capacidad de carga como resultado de los esfuerzos sufridos durante el sismo y sus réplicas implicando también riesgos. Dicho protocolo deberá realizarse en otros edificios incluso con una temporalidad más reciente, especialmente aquellos construidos antes del sismo de 1985.

Frente a una emergencia como un terremoto es fundamental considerar que para preservar el Campus Central es esencial un ejercicio de gestión integral, en el que la comunidad universitaria y la sociedad sean un factor fundamental para su protección y aprovechamiento, como un sitio en continua transformación con un altísimo significado cultural.

Las experiencias obtenidas podrán ser de utilidad para generar conocimientos para la preservación de la arquitectura del movimiento moderno en México.

Es una tarea de suma importancia el desarrollar líneas de investigación específicas para construir criterios y un marco teórico para la conservación de la arquitectura del

²⁰ Centro Histórico de la Ciudad de México y Xochimilco, inscritos en la lista de Patrimonio Mundial UNESCO en 1987, bajo los criterios (ii),(iii),(iv),(v).

pasado reciente, y como ya se ha mencionado, en el caso de Ciudad Universitaria implementar un programa continuo de estudio de las características y condiciones estructurales de los edificios, a efecto de garantizar la seguridad de los usuarios y preservar el conjunto monumental para las siguientes generaciones.

Para los efectos de la zona núcleo del Campus Central es altamente recomendable desarrollar la metodología y recomendaciones del Centro de Patrimonio Mundial de la UNESCO relativas al maneio de riesgos por desastres²¹, adecuándolo desde luego a nuestro contexto, mediante un proceso colaborativo, considerando no solo los aspectos de riesgo sísmico, sino muchos de los otros factores de riesgo exógenos a los que está expuesto el patrimonio cultural edificado.

Los monumentos del Centro Histórico de la Ciudad de México, su Área Metropolitana y en entidades federativas

La historia de la Ciudad de México, desde mediados del siglo XVI, ha quedado vinculada a las instituciones que dieron origen a nuestra actual Universidad; una historia compartida que a lo largo del tiempo, se fue consolidando de tal forma, que durante décadas, el conjunto de edificios de datan del siglo xvII al xx, conformaron el espacio urbano conocido hacia 1910, como Barrio Universitario, (hoy día Campus Centro Histórico de la UNAM) que constituyó uno de los elementos fundamentales para el desarrollo de la antigua ciudad, que se mantuvo hasta la creación de la entonces nueva Ciudad Universitaria en 1954.

A partir de la creación de la Universidad Nacional de México, se incorporaron a la naciente institución académica (creada en 1910) no solo los edificios que

ocupaban las antiguas escuelas en el centro de la ciudad, sino también a lo largo de las décadas siguientes diversas instituciones educativas y de investigación públicas ubicadas en otros lugares del entonces Distrito Federal e incluso en otros estados de la República.

De esta manera, los edificios como el Observatorio Sismológico de Tacubaya, la Casa de los Mascarones en Santa María La Ribera, la Escuela Nacional de Química Industrial en Tacuba, la antigua Dirección de Estudios Biológicos, hoy Casa del Lago entre otros, se fueron incorporado a la Universidad a lo largo del siglo xx, para formar hoy día, parte relevante del patrimonio cultural edificado de la universidad.

Estos edificios de muy diversas características arquitectónicas y temporalidades, por ser monumentos históricos y artísticos tutelados por las leves nacionales, son conservados y restaurados empleando técnicas y procedimientos especializados, desarrollando nuevos usos o dando continuidad a los preexistentes, posibilitando ofrecer a la sociedad servicios educativos y culturales para cumplir con las actividades sustantivas de la Universidad.

El subsuelo de la Ciudad de México, está conformado por arcillas con un alto contenido de aqua, mismas que presentan características de alta compresibilidad y baja resistencia, del orden de 5 toneladas por metro cuadrado.

La gran mayoría de los edificios históricos del centro de la Ciudad de México, desde la época de su construcción, han sufrido asentamientos diferenciales y deformaciones, debido a la baja capacidad de carga del subsuelo, y posteriormente, a los procesos de asentamiento diferencial que se han incrementado a lo largo del tiempo conforme se han explotado los acuíferos de la ciudad, lo que ha ocasionado daños en las estructuras, manifestándose en deformaciones geométricas de consideración: grietas, pérdida de verticalidad, disminución en la capacidad de transmisión de esfuerzos y otros mecanismos de deterioro, como son el cambio de pendiente en los sistemas de desalojo pluvial por citar solo un ejemplo; condiciones que conforman cadenas y factores de alteración diversos, muchos de







Detalles del Campus Universitario hacia 1970.

²¹ UNESCO, ICCROM, ICOMOS, IUCN, Managing Disaster Risks for World Heritage (World Heritage Centre, UNESCO, 2010).

ellos presentes en el patrimonio cultural edificado de la Universidad, razón por la que han recibido atención y revisiones constantes.

Debido a los múltiples procesos de intervención realizados por la Universidad, los daños en la casi totalidad de los edificios del centro histórico y la zona metropolitana presentaron daños menores, como fisuras y grietas, salvo el llamado Patio de las Columnas de las antiguas Cárceles de la Perpetúa, edificio que al momento del sismo estaba por iniciar su restauración integral. Se debe mencionar también que en edificios con valor histórico en uso o comodato, como es el centro de enseñanza para extranjeros en la antigua hacienda de El Chorrillo en Taxco, Guerrero, que sufrió afectaciones por el sismo, también fueron atendidos de forma emergente, continuando con su análisis y estudio para elaborar las propuestas enfocadas a su preservación mediante acciones de conservación y restauración.

Los edificios con significación cultural

Como ya se ha observado, a lo largo de su historia, la UNAM se ha transformado y su patrimonio inmobiliario ha aumentado. Hoy día dentro de los aproximadamente 3 millones de metros cuadrados construidos, se pueden encontrar diversos edificios que con el tiempo han adquirido una significación cultural²² (sin estar incluidos en algún catálogo-inventario nacional de monumentos) un ejemplo de ello es el plantel de la Escuela Nacional Preparatoria Gabino Barreda, que

se puede ubicar dentro de una corriente arquitectónica del llamado brutalismo tardío que se caracterizó por el uso del concreto aparente como expresión formal y funcional. También se pueden citar conjuntos de edificios como el Centro Cultural Universitario, que han adquirido significación cultural no solo por sus características arquitectónicas particulares, sino también por ser un referente como un espacio cultural cuyos valores se vinculan con un reconocimiento y beneficio a la sociedad, en términos de difusión y creación cultural.

Este reconocimiento a la significación ha ido incrementando en nuestro país, ejemplo de ello es el bien cultural patrimonio de la UNAM conocido como el Espacio Escultórico, construido a fines de la década de los setenta, y que está en proceso de ser declarado como Monumento Artístico Nacional conforme a la Ley Federal de Monumentos.

Es importante por tanto, considerar criterios de conservación que permitan que este tipo de edificios mantengan su integridad para las próximas generaciones, y que no se piense que por no estar dentro de los criterios establecidos para los monumentos por determinación de ley, no deban preservarse sus atributos y características arquitectónicas principales, así como su significado de valor social y cultural, como infraestructura de la UNAM.

Se deben analizar y establecer de forma inmediata, los protocolos de estudio, análisis estructural, monitoreo, nivelaciones de precisión en el conjunto de monumentos y edificios con significación cultural de la UNAM, a efecto de programar las acciones que posibiliten a estos singulares edificios una resiliencia frente a fenómenos naturales, con potencial capacidad destructiva como son los sismos siendo prioridad la preservación de vidas humanas, así como también del patrimonio cultural.









Antiqua hacienda de El Chorrillo, Dirección del CEPE sede Taxco.



Patio de Columnas en las Investigaciones, Antiguas Cárceles de la Perpetúa.

²² La Significación Cultural se refiere al valor estético, histórico, científico y social o espiritual de generaciones pasadas, presentes o futuras. Esta Significación Cultural se plasma en el lugar en sí mismo, en su emplazamiento, estructura, uso, asociaciones, significados, registros, y lugares y objetos relacionados. Estos lugares pueden tener una amplia variedad de significaciones para diferentes individuos o grupos. Criterios de Conservación del patrimonio arquitectónico del siglo xx, Documento de Madrid, 2011.





La Biblioteca Central y la Torre de Rectoría hacia 1965.

RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

Dirección General de Obras y Conservación

A continuación se enumeran 9 recomendaciones importantes y necesarias para la protección y conservación del Patrimonio Universitario:

1. Implementar de forma inmediata un protocolo para elaborar diagnósticos, estudios y análisis estructurales de la planta física universitaria. No hay que olvidar que las edificaciones universitarias fueron diseñadas con el reglamento de construcciones del año de 1942, en el cual las "escuelas" se clasificaban como estructuras tipo II y se establecía un coeficiente sísmico de 0.05 para su diseño estructural. El reglamento actual, dentro de sus Normas Técnicas Complementarias establece un coeficiente sísmico de 0.326 para las "escuelas" y las clasifica como estructuras del grupo A.

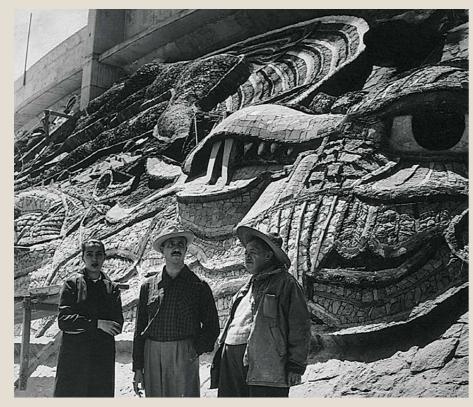
Las edificaciones universitarias, aun cuando se han comportado satisfactoriamente en la mayoría de los casos, su vida útil ya fue superada a lo largo del tiempo. Los diagnósticos realizados por los especialistas conforme a lo observado en los edificios afectados infieren que, en caso de ocurrir nuevos eventos sísmicos, se pueden presentar condiciones que implicarían riesgos en la seguridad estructural. Es posible que la planta física universitaria desarrolló a lo largo del tiempo pérdidas de resistencia o capacidad de carga de los elementos estructurales debido a los esfuerzos sufridos durante los sismos y sus réplicas, las cuales a simple vista no son perceptibles, esto implica riesgos estructurales latentes, que ameritan acciones de refuerzo estructural urgente.

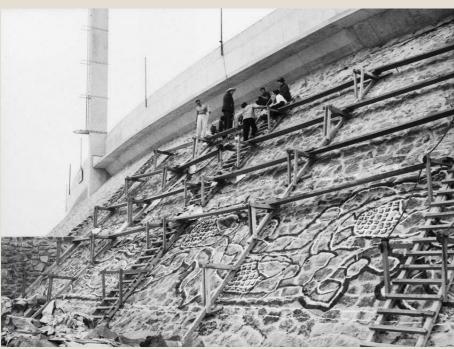
En aquellos casos en los cuales las edificaciones quedaron afectadas y con un daño estructural visible, es necesaria su liberación total (demolición). Para este fin, se estableció el Procedimiento para la autorización de liberación de edificaciones de la UNAM (ver Anexo D).

2. Verificar las características de la interacción suelo-estructura en los complejos universitarios, sus edificios e instalaciones y evaluar los posibles cambios

generados por factores endógenos, exógenos y antrópicos en cada ubicación. Actualmente existen varios complejos universitarios que presentan hundimientos diferenciales, lo que amerita un estudio profundo del subsuelo y entorno inmediato. Se propone generar las CIT (Cédulas de Información Territorial) a cada complejo universitario, para que de esta manera se cuente con la información entre otras cosas de: su poligonal en coordenadas UTM, las características topográficas, hidrológicas y de geotecnia, las condiciones del COS y el CUS, como también su PMEE (Plan de Manejo del Espacio Exterior).

- 3. Desarrollar un método para la operación de los protocolos técnicos y administrativos de reacción preventiva y respuesta a emergencias en caso de sismos y otros riesgos, por lo que debe estructurarse un Mapa de vulnerabilidades de la planta física universitaria. Es de suma importancia que las comisiones locales de seguridad lleven a cabo una revisión de sus instalaciones, poniendo énfasis en dar mantenimiento a tanques de gas estacionario, así como a las válvulas, llaves y líneas de alimentación primarias y secundarias.
- 4. Implementar un CUE (Coeficiente del Uso del Espacio), que permita establecer el grado de desempeño estructural de las edificaciones universitarias en función de la densidad de ocupación y determinar si han sufrido modificaciones o alteraciones de funcionamiento arquitectónico, con el fin de crear medidas correctivas y asegurar su estabilidad estructural. El sobrepeso es una causal de falla estructural, en algunos casos se encontraron bibliotecas y espacios para el guardado de archivo muerto ubicados en niveles superiores, obstaculizando las circulaciones y evitando un correcto desalojo de emergencia.
- 5. Revisar las rutas de evacuación para una pronta desocupación en casos de emergencia. Las rutas de evacua-





Construcción del mural del maestro Diego Rivera en el Estadio Olímpico.

ción NO cumplen con lo establecido en la normatividad vigente. Se han realizado remodelaciones a los inmuebles, por lo cual las rutas de emergencia ya no son las adecuadas. Se observó que muchas áreas se ocupan para el desarrollo de actividades diferentes para las que originalmente fueron creados los espacios, lo que provoca que las salidas de emergencia sean insuficientes, estén bloqueadas o inexistentes. Se detectó en muchos casos que las puertas de emergencia no abaten en el sentido correcto para realizar una evacuación adecuada, la falta de señalética no cumple con los requerimientos de Protección Civil.

- 6. Estructurar líneas de investigación para desarrollar criterios y un marco teórico, para la conservación de la arquitectura del pasado reciente, como es el caso de Ciudad Universitaria (Monumento artístico). Principalmente en la zona núcleo del Campus Central es necesario implementar un método y establecer las recomendaciones del centro de Patrimonio Mundial de la UNESCO relativas al manejo de riesgos por desastres, adecuándolo desde luego a nuestro contexto, mediante un proceso colaborativo, considerando no solo los aspectos de peligro sísmico, sino muchos de los otros factores de riesgo exógenos a los que está expuesto diariamente el patrimonio cultural.
- 7. Implementar para los inmuebles históricos y artísticos "seguros patrimoniales" que consideren su naturaleza de monumentos ya que forman parte del patrimonio cultural, por lo que deberán cubrir los posibles daños en función de su materialidad específica, sus fábricas y componentes arquitectónicos y artísticos y, en el caso de los edificios que forman parte de un sitio o conjunto declarado como Patrimonio Mundial los montos para cubrir los siniestros deben permitir recuperar su Valor Universal Exceptional.
- 8. Crear un Fondo de Emergencia a fin de atender los efectos de desastres naturales, imprevisibles, cuya mag-

nitud supere la capacidad financiera de respuesta de la dependencias y entidades académicas.

- 9. Estructurar un protocolo de revisión en caso de siniestro, que cumpla con el procedimiento en el orden siguiente:
- a. Revisión de instalaciones de gas y almacenes con productos flamables.
- b. Revisión de daños estructurales y daños en acabados.
- c. Revisión del cambio de uso del espacio y rutas de evacuación.

Instrumentación en las estructuras (evolución y monitoreo):

- Medición de la inclinación (pérdida de verticalidad del inmueble).
- Medición de deformaciones.
- Medición de la resistencia del concreto.

Estas recomendaciones se consideran de carácter URGENTE y deben de ser implementadas por las Autoridades Universitarias correspondientes.





La Universidad Nacional Autónoma de México

OTORGA EL PRESENTE RECONOCIMIENTO AL:



Por su apoyo profesional en las revisiones estructurales realizadas a los inmuebles de la Universidad con motivo de los sismos ocurridos en septiembre de 2017.



"Por mi Raza hablará el Espíritu"

CIUDAD UNIVERSITARIA, A 19 DE SEPTIEMBRE DE 2019.

M. en Arq. Leonardo Bernardo Zeevaert Alcántara

Director General de la Dirección General de Obras y Conservación Universidad Nacional Autónoma de México

Reconocimientos otorgados a los profesionistas e Instituciones que apoyaron con las revisiones estructurales a los inmuebles de la UNAM con motivo de los sismos.

RECONOCIMIENTO

Dirección General de Obras y Conservación

Como se ha mencionado a lo largo del informe, se reconoce la labor de todos aquellos que apoyaron a la Universidad en los días posteriores al sismo del 19 de septiembre del año 2017, principalmente a los alumnos, maestros y trabajadores universitarios que, de manera desinteresada, revisaron los inmuebles detectando los daños visibles que ponían en riesgo a los compañeros universitarios.

También, agradecemos a los Directores Responsables de Obra, Corresponsables en Seguridad Estructural, especialistas en estructuras y mecánica de suelos, Peritos, Ingenieros y Arquitectos que después de haber realizado sus recorridos por los diferentes edificios universitarios, emitieron los avisos correspondientes que establecían que los inmuebles revisados tenían condiciones adecuadas de operación:

Reconocimientos Institucionales

UNAM:

Secretaría General.
Secretaría Administrativa.
Patronato Universitario.
Dirección General de Obras y Conservación.
Facultad de Arquitectura.
Facultad de Ingeniería.
Facultad de Estudios Superiores Aragón.
Facultad de Estudios Superiores Acatlán.
Instituto de Ingeniería.
Tesorería.

Colegio de Ingenieros Civiles. Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, A. C.

Reconocimientos Profesionales

- Ing. Alvarado Vargas, Alejandro Roberto.
- Dr. Arnau Delgado, Oriol.
- Ing. Ávila, Jorge Arturo.
- Ing. Ayala Brito, Gilberto.
- Dr. Botero Jaramillo, Eduardo.
- Ing. Casar Marcos, Guillermo.
- Ing. Casas Saavedra, Mauricio.
- Ing. González Dávila Garay, Ramiro.
- Ing. Delgado Chong, José Carlos.
- Ing. Durán H., Roberto.
- Arq. Equía Loria, Francisco Javier.
- Dr. Escobar Sánchez José Alberto.
- Ing. Escorza Arrequi, Rafael.
- Ing. Fernández del Castillo, Salvador.
- Ing. García Montes de Oca, Juan.
- Dr. Guerrero Bobadilla, Héctor.
- Ing. Ibáñez Neria, Raymundo.
- Arq. Leal Velázquez, Rosaura.
- Dra. López Acosta Norma, Patricia.
- Ing. Martínez Lázaro, Mónica.
- Dr. Meli Piralla, Roberto.
- Ing. Mendoza de Jesús, Ángel.
- Dr. Mendoza López, Manuel Jesús.
- Dr. Muria Vila, David.
- Dra. Ossa López, Alexandra.
- Dr. Osorio Flores, Luis.
- Dr. Ovando Shelley, Efraín.
- Ing. Pérez Ávila, Rafael.
- Arq. Pérez Medina, Alfonso.
- Ing. Robledo Gómez, Damián.
- Ing. Rodríguez Cuevas, Neftali.
- Dr. Rodríguez Gutiérrez, Gerardo.
- Ing. Sánchez Ramírez, Roberto A.
- Ing. Serralde Castrejón, Armando.
- Arq. Tapia Solís, Andrés Fernando.
- Ing. Urrutia Sánchez, César.
- Ing. Vilchis Barbosa, Tito Gregorio.
- Ing. Zamudio Rodríguez, José Manuel.

Reconocimiento 73







Vistas aéreas de Ciudad Universitaria a mediados del siglo xx.

ACCIONES COMPLEMENTARIAS

Manuel Basurto Olea

Se recomienda clasificar los inmuebles de la UNAM en función de su vulnerabilidad cualitativa, para posteriormente realizar un análisis cuantitativo de mayor a menor vulnerabilidad ante un sismo. La vulnerabilidad se evaluará de la siguiente manera:

Vulnerabilidad cualitativa de cada edificio

- Año de construcción, en el cual está involucrado el Reglamento de Construcción aplicado para su diseño estructural, lo que implica el coeficiente sísmico empleado en su diseño, así como la calidad de los materiales usados para su construcción.
- Periodo de vibración del suelo (obtenido por medio del SASID) y periodo de vibración aproximado del edificio (considerando 0.1 segundos por nivel), con el que se puede determinar qué tan cercano está del efecto de resonancia.
- Se deberán construir Bancos de Nivel, uno superficial y otro profundo, los cuales deberán tener su elevación en metros sobre el nivel del mar (MSNM) y su ubicación en coordenadas UTM, con el objetivo de tomarlos como referencia para la nivelación topográfica de los edificios.
- Nivelación Topográfica del edificio será para evaluar su inclinación y los hundimientos diferenciales.
- Inclinación del edificio, la cual al rebasar el 1%, se requiere adicionar la componente del peso a las fuerzas sísmicas.
- Hundimientos diferenciales, los cuales inducen esfuerzos en los elementos estructurales (losas, trabes, columnas y cimentación), que no fueron considerados en su diseño original, como son efectos de flexión y de torsión, al haber desplazamientos de los nodos de la cimentación fuera del plano original de construcción, los cuales se adicionarán al efecto sísmico.

 Regularidad del edificio, como indica el capítulo 6 de las Normas Técnicas Complementarias para el diseño por sismo, del Reglamento de construcciones actual.

Una vez que se han seleccionado los edificios que tengan una vulnerabilidad mayor, se iniciará su cuantificación mediante cálculos.

Vulnerabilidad mediante un análisis cuantitativo

- Cuando la cimentación de un edificio se diseña con una carga cercana al esfuerzo crítico de las arcillas que le subyacen, se corre el riesgo de tener un hundimiento superior al calculado, por lo que, es muy importante la realización de un Estudio de Mecánica de Suelos, con el cual además se pueda obtener: la capacidad de carga, el módulo de reacción y el periodo de vibración del suelo (por medio de pruebas en el Péndulo de Torsión Libre).
- En la Ciudad de México la propagación de la onda sísmica superficial ocasiona un hundimiento súbito cuando la resistencia del suelo es rebasada por el esfuerzo de la cimentación como parte del efecto del momento de volteo, como el que ocurrió en muchos edificios del centro de la Ciudad de México en 1985. Éste tipo de onda se propaga como una ola creando valles y crestas, las cuales sujetan al suelo a un estado de compresión y tracción respectivamente, el hundimiento súbito se presenta cuando el suelo está en la cresta.
- La onda sísmica de cortante que se propaga durante un sismo, genera efectos de torsión en el edificio cuando su longitud es mayor a la mitad de dicha onda.
- Excentricidad entre el Centro de Cargas de la estructura y el Centro de Gravedad de la cimentación, que es el origen de la inclinación de los edificios y del efecto de torsión durante un sismo, para lo cual se requiere un cálculo específico de la estructura seleccionada.

- Excentricidad entre el Centro de Rigideces de la estructura y el Centro de Cargas de cada entrepiso, que es el origen del efecto de torsión parcial, para lo cual se requiere de un cálculo específico de la estructura.
- Se establecerá un Banco de Nivel Profundo y uno superficial, los cuales cuenten con su ubicación en coordenadas UTM. Con los que se podrá evaluar el Hundimiento Regional y el comportamiento de la superficie del suelo después de un sismo intenso.
- El hundimiento de la superficie del suelo no es uniforme y genera los siguientes problemas: inclinación gradual de los edificios, hundimientos diferenciales que inducen en edificios ligeros efectos de flexión y torsión (sobre todo en los que el cajón de cimentación no tiene un peralte adecuado), agrietamiento del pavimento de los estacionamientos y del concreto de los andadores en las banquetas, pérdida de pendiente de los drenajes (con lo que en la época de lluvias no permite una adecuada salida del agua pluvial hacia el drenaje municipal generando inundaciones) y la formación de grietas.
- Se revisará si en el lugar existe la aparición de grietas por desecación de los estratos superficiales, los cuales al perder agua quedan sometidos a un estado de tensión y en las primeras lluvias la exposición al agua reduce su resistencia y se generan o en su caso se reactivan las agrietas.

- En el caso de que la cimentación del edificio esté resuelta por medio de un cajón, se revisarán las celdas de cimentación para comprobar que sean estancas y en caso de tener agua ésta se bombeará para extraerla. Las celdas de cimentación se repararán para evitar que el agua freática o de lluvia se infiltre hacia su interior.
- Con los elementos anteriores se está en la posibilidad de hacer el cálculo de interacción suelo estructura.
- Se hará la revisión de la estructura con el Reglamento vigente y en su caso se planteará el refuerzo de la estructura y la cimentación.

Desde su creación la UNAM ha ido incrementando rápidamente el número de inmuebles que le pertenecen, ya sea porque los ha construido con recursos propios o porque han sido donados por alguna institución pública, por lo que, tiene una gran cantidad de instalaciones diseminadas en toda la República Mexicana, las cuales estarán sujetas a distintas fuerzas sísmicas.

La vulnerabilidad debido al **Año de construcción** del edificio está supeditada al Reglamento de Construcciones aplicado para el diseño estructural estático y sísmico de su estructura.

Cronología del Reglamento de Construcciones

La UNAM en la Ciudad de México y el área conurbada es la dueña de inmuebles que tienen más de 300 años de antigüedad en el Centro Histórico, que se construyeron con los conocimientos y técnicas propias de su época, por otro lado, cuenta además con edificios modernos en donde se aplicaron en sus diseños estructurales, las investigaciones y las normas más recientes (2019).

Los Reglamentos de Construcción conforme van siendo actualizados y publicados, rigen a partir de ese momento y no son aplicables de forma retroactiva, sin embargo, es obligación moral del dueño, el revisar las construcciones que pudieran haber sufrido algún daño durante los sismos pasados, reparándolas para cumplir con el reglamento vigente en su momento, de tal forma que no existan riesgos actuales o futuros, dejando así inmuebles seguros y confiables.

Los reglamentos emitidos por el gobierno de la Ciudad de México, se han ido adaptando conforme se va incrementado el conocimiento del comportamiento sísmico del subsuelo y de las estructuras.

El reglamento una vez publicado en el *Diario Oficial de la Federación* es aplicable en la Ciudad de México y el área conurbada.

La historia del Reglamento de Construcciones para la Distrito Federal (hoy Ciudad de México) de manera resumida es la siguiente:

- El Primer Reglamento se promulgó el día 20 de junio de 1921. No se establecieron parámetros de fuerza o coeficiente sísmico. Las construcciones eran analizadas y calculadas a juicio del ingeniero diseñador, dejándole así la responsabilidad del buen funcionamiento de las estructuras de los inmuebles en conjunto con el dueño de la obra.
- El Segundo Reglamento se promulgó el día 23 de julio de 1942. Se establece una clasificación de las estructuras en Tipos del I al VIII por importancia y número de personas que aloja, la cual se vincula a un coeficiente sísmico, que inicia en 0.10 para edificios Tipo I donde exista una gran concentración

- de personas, a partir de ahí va disminuyendo hasta considerase 0.00 para construcciones Tipo VIII que no son ocupadas por personas o que su falla no genere daños a otros inmuebles. En éste reglamento la base del diseño estructural para acero y concreto, es el método elástico, que implica un factor de seguridad de 2.0 en el diseño de los elementos estructurales, sin embargo, el acero de refuerzo tenía un límite de fluencia de 2,530 Kg/cm².
- Debido a los daños ocasionados por el sismo de 7.8 grados de magnitud, ocurrido el 28 de julio de 1957 con epicentro en Acapulco, se publicaron las Normas de Emergencia el día 12 de septiembre de 1957, en las cuales se divide a la ciudad de México de acuerdo al tipo de subsuelo en: Fondo del Lago o Tipo A, Transición o Tipo B (10 m de espesor de los estratos de arcilla) y Lomeríos o Tipo C, adicionalmente se incrementó el coeficiente sísmico y se estableció en función de la zonificación del subsuelo. Se limitan los desplazamientos horizontales ante fuerzas sísmicas.
- El Tercer Reglamento se promulgó el 24 de enero de 1966. Se establecen dos zonas de acuerdo al tipo de subsuelo y se especifica en un plano, con lo anterior la Zona de transición se incluye en la Zona del Lago. El coeficiente sísmico aplicable es resumido a tres tipos de estructuras y para el caso de escuelas, como en el caso de UNAM, se multiplicará por 1.3. Se introduce el diseño plástico en los elementos estructurales y se aplican los factores de carga a la carga viva.
- El Cuarto Reglamento se promulgó el 21 de diciembre de 1976. Se establece la figura del Director Responsable de Obra, se reconfigura el plano de la zonificación sísmica y se introduce nuevamente las tres zonas de acuerdo al tipo de subsuelo: terreno firme, terreno de transición y terreno compresible. El coeficiente sísmico aplicable al terreno compresible

es de 0.24, pero como en el caso de UNAM los edificios son para alumnos, se multiplicará por 1.3, con lo que quedará en 0.312. Se introduce el factor de ductilidad Q para reducir la fuerza sísmica y el espectro de diseño sísmico para cada tipo de subsuelo. Para el diseño sísmico de los edificios se aplica el análisis sísmico modal.

- Por los daños ocasionados con el sismo de 8.1 grados de magnitud, ocurrido el 19 de septiembre de 1985 con epicentro en la desembocadura del Río Balsas, se publicaron las Normas de Emergencia el día 17 de octubre de 1985 en el Diario Oficial, en las cuales se incrementó el coeficiente sísmico: 0.40 en la Zona III (fondo del Lago) y 0.27 Zona II (Transición), adicionalmente para edificios del Grupo A el coeficiente se incrementará un 50%.
- El Quinto Reglamento se promulgó el 2 de agosto de 1993. Se delimitan las funciones y las obligaciones del Director Responsable de Obra, se establecen las figuras de Corresponsable en Seguridad Estructural, Corresponsable en Instalaciones y Corresponsable en Diseño Urbano y Arquitectónico. El coeficiente sísmico más alto aplicable a la Zona III es de 0.40, pero como en el caso de UNAM los edificios son para alumnos, se multiplicará por 1.5, con lo que quedará en 0.60.
- El 27 de febrero de 1995, se publicaron las Normas Técnicas Complementarias para el diseño y construcción de Estructuras Metálicas y las Normas Técnicas Complementarias para el diseño y construcción de Estructuras de Madera.
- El Sexto Reglamento se promulgó el 29 de enero de 2004. Se delimitan las funciones y las obligaciones del Director Responsable de Obra, se establecen las figuras de Corresponsable en Seguridad Estructural, Corresponsable en Instalaciones y Corresponsable en Diseño Urbano y Arquitectónico. Se reconfigura

el plano de la zonificación sísmica y se subdivide la Zona III o zona del Lago para aplicar coeficientes sísmicos distintos y más altos. El coeficiente sísmico más alto aplicable a la Zona III es de 0.45, pero como en el caso de UNAM los edificios son para alumnos, se multiplicará por 1.5, con lo que quedará en 0.60.

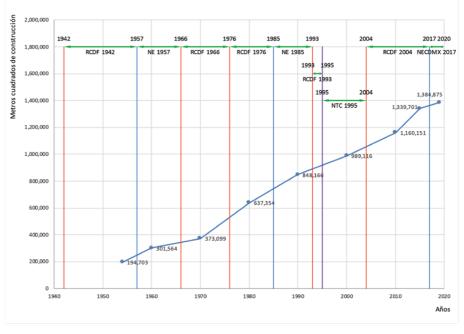
- El 17 de junio del 2016, se decretaron algunas reformas a artículos del reglamento, que no tuvieron un impacto relevante en las fuerzas sísmicas para el cálculo estructural.
- El Séptimo Reglamento se promulgó el 15 de enero del 2017.
- Se promulgaron las Normas de rehabilitación sísmica de los edificios, el 01 de diciembre del 2017, como consecuencia de los sismos del septiembre del 2017.

Para delimitar la cantidad de inmuebles, se pondrá como ejemplo la construcción de metros cuadrados en Ciudad Universitaria (que se concentra el mayor patrimonio inmobiliario y población estudiantil de la UNAM), como se puede ver en la gráfica 1, en donde se indica el número de metros cuadrados construidos en cada década y el Reglamento de Construcciones aplicable.

Recomendaciones generales para cada campus

- Medición de la inclinación de todos los edificios.
- Nivelación topográfica del lecho inferior de la losa del primer nivel de los edificios para determinar flexiones y alabeos en la estructura.
- Levantamiento topográfico general de todo el Campus, de tal manera que se pueda definir la tendencia de hundimiento de la superficie del suelo.

METROS CUADRADOS DE CONSTRUCCIÓN EN CIUDAD UNIVERSITARIA DE 1954 A 2019



Nomenclatura:

RCDF Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal

NE Normas de Emergencia

NTC Normas Técnicas Complementarias
NECDMX Normas de Emergencia de la Ciudad de México

Gráfica 1. Relación de los metros cuadrados construidos por década y los reglamentos vigentes correspondientes.

- Estudio de Mecánica de Suelos general de todo el Campus, de tal manera que se pueda definir la estratigrafía, así como en su caso el abatimiento del nivel del agua.
- La solución de cimentación que se adopte para cada edificio deberá evitar que se presenten efectos de flexión y torsión en la estructura.
- En su caso, se podrá colocar un lastre de concreto pobre para hacer coincidir el Centro de Cargas de la estructura con el Centro de Gravedad de la Cimentación.
- El concreto de cimentación en caso de estar expuesta a nivel freático deberá contener un impermeabilizante integral y ser puzolánico para resistir la salinidad (como en el Campus Aragón).
- Elaborar un plano con la vulnerabilidad de cada edificio, de tal forma que de acuerdo al presupuesto se puedan ir revisando y en caso de un sismo se revise en función de sus vulnerabilidades.
- Elaborar un plano con las instalaciones de dependencias gubernamentales o empresas privadas cercanas, de tal manera, que después de un sismo intenso, se solicite a la dependencia o empresa correspondiente la revisión de su instalación, para corroborar que no existan riesgos.

Recuperación de la verticalidad del módulo de baños y escaleras: FES Iztacala

En la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, existe un módulo de baños y escaleras que le da servicio al edificio de Aulas A-5 (figura 01), el cual se fue "inclinando" al girar en dirección Este, gradualmente con el paso del tiempo desde su construcción en el año de 1975, y continuó paulatinamente aumentando hasta el mes de julio del 2017, fecha en la que comenzó el proceso de recuperación de la verticalidad.

La "inclinación" del módulo era de 19.20 cm, lo que representaba el 1.63% respecto a su altura total de 11.80 m (figura 02).

La "inclinación" del módulo estaba fuera del límite establecido en el *Reglamento de Construcciones* para la Ciudad de México, que es de 0.73% como límite visual, 1.00 % como límite estructural y en caso al alcanzar 2.4% como límite funcional es necesaria su demolición completa.

Debido a que con el transcurso del tiempo la "inclinación" se acercaría al límite funcional, se decidió buscar un proceso para la recuperación de la verticalidad.

El método elegido es una adaptación de dos procesos distintos ideados y utilizados con éxito por el Dr. Leonardo Zeevaert, empleados en 1960 y 1989 para estabilizar la inclinación de edificios altos por medio de pilotes de carga controlable (Ref. 1 y 2) y el otro fue utilizado en 1987 para recuperar la verticalidad de edificios de 4 niveles en la zona de Aragón (Ref. 3).

El método consiste en:

• Hacer una excavación controlada del suelo debajo del desplante de la cimentación, con lo que se quita parte de su apoyo, con el objetivo de provocar una excentricidad entre el centro de cargas y el centro de gravedad de la cimentación, que sea capaz de generar un momento de volteo que propicie su giro en sentido contrario al de la "inclinación" (figura 03). El esfuerzo que transmite la cimentación al suelo remanente del lado que se quiere hacer girar debe ser cercano al esfuerzo de falla en compresión simple, mientras que del lado contrario no se deben producir tensiones, aún en el caso de que se presente un sismo, para que sea siempre estable (figura 04).

- Del lado de la excavación se colocó un sistema de control de la carga debajo de la cimentación de los baños y axial al eje del muro, mediante la sustitución de la función de la cimentación existente, por otra temporal que sirva para el proceso de recuperación de la verticalidad, construyendo nuevas zapatas a una profundidad mayor, que sean capaces de transmitir la carga al suelo a través de un marco de acero (figura 05).
- Los marcos de acero tienen a su vez columnas de acero en las que se puede medir la carga que cada una de ellas soporta para poder controlarla, evitando así concentraciones importantes que pudieran agrietar la estructura al sujetarla a tensión por flexión o torsión (figura 06).
- Para monitorear la recuperación de la verticalidad, se colocaron 7 plomadas.
- Con la medición diaria en las plomadas, se elaboraron las gráficas de movimientos diarios, para garantizar la integridad de la estructura y cimentación al prever las correcciones necesarias (ver pág. 91).
- El módulo de baños y escaleras tiene tres cimentaciones distintas: los baños tienen una cimentación mediante una zapata corrida de concreto armado de 12 cm de espesor y contratrabes de mampostería fabricadas con tabique rojo recocido, castillos y una dala superior por lo que es muy flexible, el muro del pasillo de conexión con el edificio de Aulas A-5 tiene una zapata rectangular aislada con una contratrabe ambas de concreto armado y la escalera tiene una zapata cuadrada aislada de concreto armado (figura 07). Las tres zapatas de cimentación están unidas entre sí por medio de dos contratra-

bes (figura 07), por lo que, en conjunto el funcionamiento de las tres cimentaciones las convierte en muy flexibles, así cualquier movimiento anómalo podría generar daños.

- Cada plomada tiene un valor distinto en el porcentaje de la "inclinación" inicial, debido a que el módulo no quedó en un mismo plano vertical al finalizar su construcción, por lo que, existen pequeñas diferencias en el porcentaje de "inclinación", distribuidas como se indica en la figura 08. En la planta baja el "plomo" quedó sumergido en agua, dentro de un tambo de 200 litros (figura 08). En los muros se fijó una regla en una ménsula de ángulo para tomar mediciones diarias (figura 09). La plomada 1 y 7 sirvieron para verificar que no se produjeran movimientos en el sentido largo, las otras plomadas de la 2 a la 6 se utilizaron para el monitoreo de la recuperación de la verticalidad.
- Se repelló el suelo que quedó al descubierto con la excavación, con el objetivo de evitar su intemperización.
- Se excavó el relleno sobre las zapatas de cimentación, dejándolas libres de material, para evitar que su peso se opusiera a la recuperación de la verticalidad (figura 10).
- La colocación de lastres con sacos llenos de la tierra excavada permitió corregir la velocidad de recuperación de la verticalidad (figura 11).
- Se apuntaló el primer nivel, para darle rigidez y continuidad a la estructura, con el objetivo de ayudarle a funcionar como un cuerpo rígido (figura 12).
- Se colocaron los puntales horizontales para que evitaran desplazamientos laterales durante un sismo (figura 13).
- La excavación de la zanja de trabajo se realizó hasta el paño de la zapata de cimentación del módulo, dejando

una berma del lado del edificio de Aulas A-5 con un talud 2:1 (figura 03). La excavación llegó a 3.80 m de profundidad (figura 03). El nivel del agua está a 4.10 m de profundidad, por lo que, en ningún momento se tuvo el problema de tener que bombearla.

- Conforme se avanzó en la excavación de la zanja, el suelo expuesto en el piso se protegió con una plantilla de concreto pobre, reforzada con malla electrosoldada 6x6-10/10 (figura 14).
- La secuencia seguida para continuar las excavaciones, fue de tal manera que nunca quedaran dos excavaciones contiguas sin apoyo alguno (figuras 15, 16 y 17).
- Al terminar cada secuencia, se coló una losa de concreto de 12 cm de espesor y 70 cm de ancho, proyectada exactamente debajo de la zapata existente. La losa se coló con concreto que contenía un aditivo acelerante de fraguado para poder colocar el marco y la carga a los tres días (figura 15).
- Los 5 marcos de acero se construyeron con viguetas de acero IR (figuras 16 y 17). El marco 1 y el marco 2 quedaron debajo de la cimentación de los baños. El marco 3 quedó debajo de la cimentación del pasillo de unión. El marco 4 y 5 quedaron debajo de la cimentación de las escaleras.
- En cada columna de carga se colocaron en la parte superior 4 placas de acero de 15 cm por 15 cm y 1" de espesor, así como 28 láminas de 15 cm por 15 cm calibre 20 que alcanzaron apiladas un espesor de 1", por lo que en total se tenía una carrera de 12.7 cm, que sirvió para poder bajar el módulo del lado Oeste (figuras 16 y 17).
- Antes de iniciar la excavación para la colocación del siguiente marco, se transfirió la carga por medio de las columnas de acero (figura 18).



Figura 01. Croquis de ubicación del módulo de baños y escaleras.

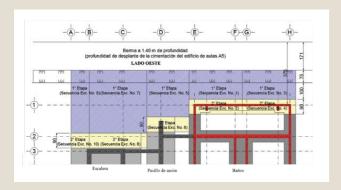


Figura 03. Etapas de excavación con su secuencia.

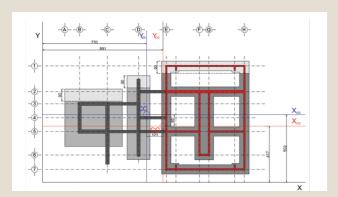


Figura 04. Posición del centro de gravedad de la cimentación con la excavación y el centro de cargas del módulo.

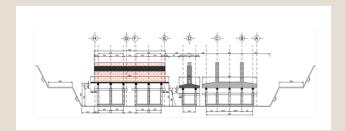


Figura 05. Colocación final de los marcos debajo de las zapatas de cimentación.

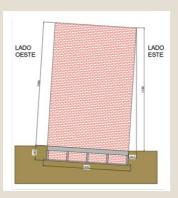


Figura 02. Inclinación del módulo de baños y escaleras.



Figura 06. Colocación de placas y láminas en la columna de carga.

Placas y láminas en la columna.

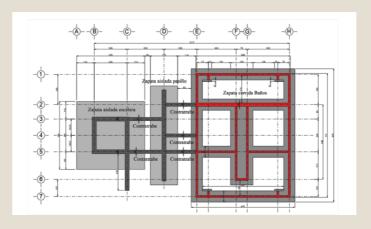


Figura 07. Cimentación del módulo de baños y escaleras.



Figura 08. Plomadas colocadas para el monitoreo: Monitoreo Norte-Sur, plomadas 1-7. Monitoreo Este-Oeste plomadas 2, 3, 4, 5 y 6.



Figura 09. Colocación de regla en el ángulo de cada plomada para el monitoreo.



Figura 10. Zapatas libres de relleno perimetralmente.

Acciones complementarias



Lastre en el 1° piso en los baños.

Figura 11. Colocación de lastres.



Lastre en el pasillo en cantiléver.





Figura 12. Retiro de plafón e instalación eléctrica, apuntalamiento y demolición de muro remanente.





Figura 13. Apuntalamiento horizontal.







Figura 14. Proceso de excavación controlada para alojar los marcos de acero.





Figura 15. Excavación, armado y colado de la zapata de los marcos.



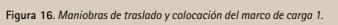












Figura 17. Maniobras de traslado y colocación de marcos de carga 2, 3, 4, 5.





Figura 18. Transferencia de carga a los marcos, numeración de columnas y numeración de la secuencia de retiro de láminas.





Figura 19. Proceso de recuperación de la verticalidad retirando láminas de las columnas y medición de su carga.









Figura 20. Retiro de láminas y sustitución de placas por láminas de la columna 3 del marco 2 debajo de los baños.







Figura 20.1 Circuitos para la inyección.

Circuito para la inyección.

Tubos para la inyección.

Circuito en el lecho inferior de la zapata.

- Para saber la carga que tiene cada columna, se hizo una gráfica carga-deformación. Al liberar cada columna de manera individual se midió la carga con el manómetro de la bomba y la deformación con un micrómetro.
- El Proceso de Recuperación de la Verticalidad: consistió en colocar los gatos hidráulicos a ambos lados de cada una de las columnas de carga, al accionar los gatos con la bomba hasta liberar de carga la columna y guitar una lámina (figura 19). Este proceso se hizo en cada una de las columnas hasta quitar una por una las láminas de las columnas.
- Los ciclos se iniciaron del centro de la cimentación hacia los extremos, de tal manera que la estructura y su cimentación siempre estuvieran en compresión.
- Al quitar las 28 láminas de todas las columnas, se quitó una placa de 1" de espesor y se sustituyó por las 28 láminas, para iniciar nuevamente los ciclos de retiro de láminas (figura 20).
- El proceso anterior se repitió hasta bajar el módulo 12.7 cm del lado Oeste, con lo que se dejó "a plomo" (vertical). La evolución de la recuperación de la verticalidad se obtuvo en las gráficas del monitoreo (figuras 21 y 22).
- En promedio se recuperó la verticalidad a razón de 1 mm por día, lo que representaba quitar entre una y dos láminas diarias de todas las columnas (figuras 21 y 22).
- El movimiento en las plomadas se puede ver en la escala colocada, principalmente en la plomada 6 que es la más representativa por ser la de mayor altura y en la que se reflejó el mayor movimiento (figuras 21 y 22).

Durante el proceso de recuperación de la verticalidad se tuvieron los siguientes incidentes:

• El día 07 de septiembre ocurrió el sismo de 8.2 grados de magnitud en la escala de Richter, que es el mayor del que se tenga registro en la República Mexicana. No ocurrió ningún problema en la estructura o la cimentación del módulo y no se observó al-

- gún cambio de su comportamiento en el monitoreo (figuras 21 y 22).
- El día 19 de septiembre ocurrió un sismo de 7.1 grados de magnitud en la escala de Richter, el cual causó daños en la Ciudad de México, pero no ocurrió ninguna alteración en el comportamiento de la estructura o en el monitoreo (figuras 21 y 22).
- Ninguno de los sismos generó algún daño estructural que pudiera poner en riesgo la estabilidad parcial o total del módulo.
- Al concluir la recuperación de la verticalidad, los marcos de acero no se quitaron y permanecieron en su lugar de forma definitiva.
- Se preparó un relleno de tepetate cernido, mezclado con cemento y agua, de tal manera que fuese fluido y se garantizara la restitución del desplante continuo de la cimentación con las mismas características del suelo retirado. La inyección se realizó a presión mediante circuitos de tubería de PVC con perforaciones al tresbolillo, colocada en el lecho inferior de las zapatas (figura 20.1).
- La inyección se realizó a presión mediante una bomba Moyno y una bomba sumergible, de tal manera que se garantice la expulsión del aire debajo de la zapata de cimentación.
- La zona faltante de la zanja a rellenar, se hizo con tepetate colocando en capas de 20 cm de material suelto, con su contenido de agua óptimo y al 95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo.

REFERENCIAS

- 1. Estudio de Mecánica de Suelos para el diseño de la cimentación del Banco Internacional, Dr. Leonardo Zeevaert, 1960.
- 2. Estudio de Mecánica de Suelos para el análisis de la recimentación del Banco BCH, Dr. Leonardo Zeevaert, 1989.
- 3. Estudio de Mecánica de Suelos para el análisis de la recuperación de la verticalidad de 14 edificios de la unidad INFONAVIT-CROC-ARAGÓN. Dr. Leonardo Zeevaert, 1987.

RECUPERACIÓN DE LA VERTICALIDAD EN PORCENTAJE

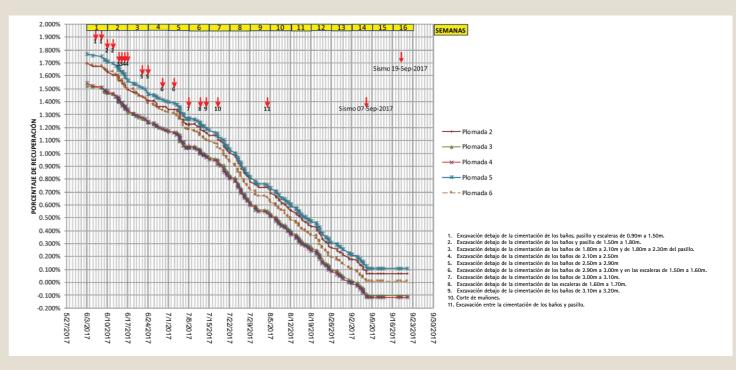


Figura 21. Medición en porcentaje de la inclinación en cada plomada contra el tiempo.

EVOLUCIÓN DE LA INCLINACIÓN SEMANAL O EN FECHAS SIGNIFICATIVAS POR CADA PLOMADA

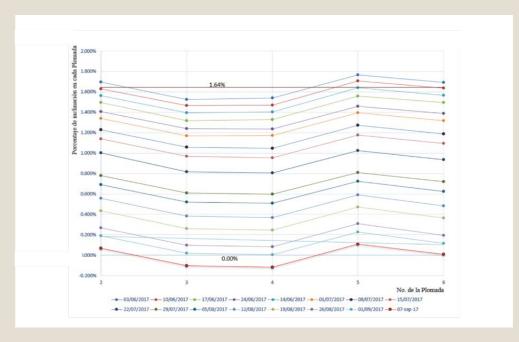
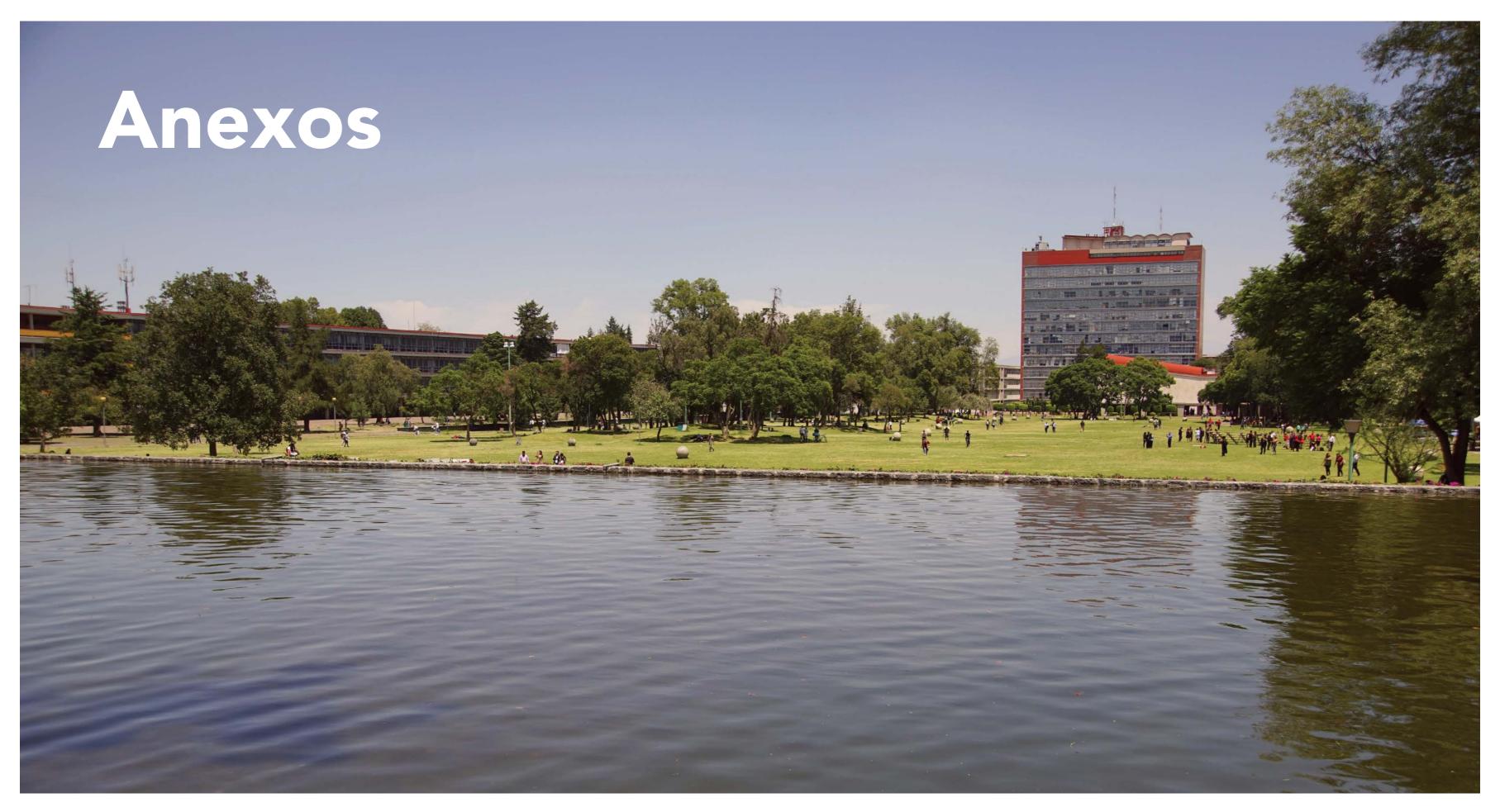


Figura 22. Medición en porcentaje de la inclinación en cada plomada evolución semanal.







RECTORÍA

Torre de Rectoría, 6º. Piso C.P. 04510, Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Tels.: 5622-1280 al 82, rectoria@unam.mx

> 17 11767 Oficio: 3/ 171340

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez Presidente del Comité Asesor de Obras Presente

Con motivo de la afectación a las instalaciones de las entidades y dependencias universitarias derivadas del sismo que padecimos el pasado 19 de septiembre, solicito a usted, con base en lo establecido en las políticas en materia de obra y servicios relacionados con la misma, conforme a los numerales 9 y 25 fracciones II y X, se autorice a las entidades y dependencias de la UNAM la excepción al procedimiento de licitación pública para contratar exclusivamente y de manera directa por parte de cada una de ellas, los trabajos de rehabilitación de los daños que se presentaron con motivo del movimiento telúrico ya referido.

La Dirección General de Obras y Conservación presentará en forma razonada a ese Comité la relación de los inmuebles afectados, conforme a la revisión que se hizo a cada uno de ellos. Cada entidad y dependencia registrará los trabajos que realizará en el sistema de esa Dirección General en el que deberán proporcionar toda la información necesaria conforme a la normatividad ya referida.

La Secretaría Administrativa de la Universidad contará con la suficiencia presupuestal necesaria para atender el costo de los trabajos que se llevarán a cabo.

Finalmente, hago de su conocimiento que la DGOyC, en conjunto con el Instituto de Ingeniería, las Facultades de Arquitectura, Ingeniería y de Estudios Superiores Acatlán y Aragón, supervisarán cada uno de los trabajos que contraten las entidades y dependencias

Atentamente

"Por mi Raza hablará 🔊 Espíritu"

Ciudad Universitaria, Cd. MX. a 20 de septiembre de 2017.

El Rector

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers





JECRETARÍA ADMINISTRATIVA
OFICIO NÚM.SADM/275/2017

DR. ENRIQUE GRAUE WIECHERS RECTOR DE LA UNAM PRESENTE.

En respuesta a la solicitud contenida en su atento oficio 3/171340, hago de su conocimiento que el Comité Asesor de Obras celebró el día de hoy su tercera sesión extraordinaria del presente año, con el fin de analizar y dictaminar lo solicitado en el oficio de referencia.

Después de discutir el origen de la solicitud y plantearse los argumentos por los integrantes del Comité, se tomó el siguiente

Acuerdo

El Comité Asesor de Obras, en uso de sus atribuciones, después de analizar la solicitud del Rector de la Universidad, acordó de manera unánime, autorizar el procedimiento de excepción a la licitación pública para que las entidades y dependencias de la Universidad Nacional puedan contratar, de manera directa, exclusivamente los trabajos de rehabilitación de los daños que se presentaron con motivo del sismo del pasado 19 de septiembre.

La Dirección General de Obras y Conservación presentará a este Comité la relación de los inmuebles afectados y las entidades y dependencias registrarán los trabajos que realizarán en el sistema de esa Dirección General.

La Dirección General de Obras y Conservación supervisará los trabajos de rehabilitación y para ello podrá auxiliarse del Instituto de Ingeniería y de las Facultades de Arquitectura, Ingeniería y de Estudios Superiores de Acatlán y Aragón.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 22 de septiembre de 2017
EL SECRETARIO ADMINISTRATIVO
Y PRESIDENTE DEL COMITÉ AMESOR DE OBRAS

ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ





Jecrétaría Administrativa

CIRCULAR

COMITÉ ASESOR DE OBRAS PRESIDENCIA SADM/012/2017

A LOS SECRETARIOS, COORDINADORES, DIRECTORES
DE FACULTADES, ESCUELAS, INSTITUTOS Y CENTROS,
DIRECTORES GENERALES, SECRETARIOS ADMINISTRATIVOS
Y JEFES DE UNIDAD ADMINISTRATIVA
P.R.F.S.F.N.T.F.S.

Me permito hacer del conocimiento de Ustedes que el pasado 22 de septiembre, de manera urgente, tuvo verificativo la Tercera Sesión Extraordinaria del Comité Asesor de Obras de la UNAM, correspondiente al año 2017, en la cual se atendió como punto prioritario y único el oficio número 3/171340 relativo a la solicitud del Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México, Dr. Enrique Luis Graue Wiechers, para que se autorice a las entidades académicas y dependencias universitarias, la excepción al procedimiento de licitación pública, a efecto de contratar exclusivamente y por medio de adjudicación directa, por parte de cada una de ellas, los trabajos de rehabilitación de los daños ocasionados en sus instalaciones por el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 2017; motivo por el cual, los miembros de este órgano colegiado dictaminaron procedente la adjudicación directa de contratos de obra por parte de las entidades académicas y dependencias universitarias, exclusivamente y por única ocasión, para realizar los trabajos de rehabilitación de daños derivados del movimiento telúrico señalado.

A efecto de que las entidades académicas y las dependencias universitarias queden habilitadas para adjudicar directamente los contratos de obra para la rehabilitación de daños que en su caso existan, recibirán del Director General de Obras y Conservación de la Universidad, un oficio en el que se especificarán los inmuebles y los daños ocasionados en las instalaciones, así como los requisitos para la realización de los trabajos (entre ellos los establecidos en la Normatividad de Obras de la UNAM y en el Contrato Colectivo de Trabajo celebrado con el STUNAM), debiendo en consecuencia proceder a registrar los trabajos de rehabilitación que se llevarán a cabo en el "Programa de Aprobación y Seguimiento a Asignaciones de Obras y Servicios Relacionados con las Mismas" (PASAOR), ingresando para ello a la página web de la Dirección General de Obras y Conservación localizada en la dirección electrónica www.obras.unam.mx, sitio en el cual se deberá acceder al menú "Sistema de Información y Gestión", registrarse en el PASAOR y durante el ingreso de los datos de los trabajos en el sub menú "Programa de Mantenimiento al que Pertenece" elegir la opción "Acciones de Rehabilitación Sismo 19.09-2017".

Adicionalmente, las entidades académicas y las dependencias universitarias deberán ingresar en el *PASAOR* el dictamen técnico que contenga los daños ocasionados por el sismo de que se trata, así como las fotografías correspondientes

Cumplido que sea lo anterior, la Dirección General de Presupuesto, previa coordinación con la Dirección General de Obras y Conservación, radicará a las entidades académicas y dependencias universitarias los recursos presupuestales correspondientes para el pago de los trabajos que hayan sido registrados y autorizados.

De no ingresar al *PASAOR* los trabajos a desarrollar para la rehabilitación de daños ocasionados por el sismo señalado, o bien, de ingresarse al referido *PASAOR* otro tipo de trabajos que no correspondan a lo señalado en la presente Circular, éstos serán rechazados por dicho "*Programa*", siendo responsabilidad directa y exclusiva de las entidades académicas y de las dependencias universitarias la contratación de dichos trabajos, así como el costo y en su caso el pago de los mismos.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx, a 27 de septiembre de 2017

ING. LEOPOLEO SILVA GUTIÉRREZ SECRETARIO ADMINISTRATIVO DE LA UNAM Y PRESIDENTE DEL COMITÉ ASESOR DE OBRAS



SECRETARÍA ADMINISTRATIVA
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS Y CONSERVACIÓN

CIRCULAR No.: DGOC/DG/016/2017

A LOS COORDINADORES, DIRECTORES DE FACULTADES, ESCUELAS, INSTITUTOS Y CENTROS, DIRECTORES GENERALES, SECRETARIOS ADMINISTRATIVOS, DELEGADOS ADMINISTRATIVOS Y JEFES DE UNIDAD ADMINISTRATIVA P R E S E N T E S

En atención a la CIRCULAR SADM/012/2017 de fecha 27 de septiembre de 2017, emitida por el Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez, Secretario Administrativo y Presidente del Comité Asesor de Obras de la UNAM, y en cumplimiento del acuerdo único del órgano colegiado señalado, adoptado en su Tercera Sesión Extraordinaria celebrada el 22 de septiembre de 2017, mediante el cual se dictaminó procedente la adjudicación directa de contratos de obra por parte de las entidades académicas y dependencias universitarias, exclusivamente y por única vez, para realizar los trabajos de rehabilitación de daños en sus instalaciones, derivados del sismo ocurrido el 19 de septiembre del año en curso, se hace del conocimiento de Ustedes lo siguiente:

1. A efecto de habilitar a las entidades y dependencias para que adjudiquen directamente los contratos de obra para la rehabilitación de daños por los motivos antes señalados, se solicita que a través de sus Secretarías Administrativas, Delegaciones Administrativas o Jefaturas de Unidad Administrativa, según corresponda, procedan a realizar una revisión técnica de sus instalaciones a efecto de detectar los daños ocasionados por el sismo referido y, como consecuencia de ello, a partir del viernes 6 de octubre de 2017, se remita a la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC) un listado de sus instalaciones que contenga los daños ocasionados por el sismo referido, conforme al siguiente cuadro:

(ejemplo de denominación de entidad o dependencia)

FACULTAD DE MEDICINA

UBICACIÓN	INMUEBLE	DAÑO OCA	DAÑO OCASIONADO		
(ejemplo)	(ejemplo)	(ejem	(ejemplo)		
Ciudad Universitaria	Edificio "A"	Muros dañados importantes)	cabeceros (fisuras		

1

- 2. Con dicho listado se acompañará copia de las revisiones técnicas que acrediten los daños sufridos en las instalaciones, así como el reporte fotográfico correspondiente.
- 3. La DGOC al analizar el listado, las revisiones técnicas de daños y el reporte fotográfico solicitados junto con la documentación que obre en sus archivos. procederá a emitir un oficio dirigido al titular de la entidad o dependencia que corresponda con el que se ratificarán, en su caso, las instalaciones afectadas así como los daños existentes en los inmuebles; de igual forma, en dicho oficio, se especificarán los requisitos para la realización de los trabajos mediante el procedimiento de adjudicación directa establecidos en la Normatividad de Obras de la UNAM (entre ellos: invitación para adjudicación directa, con la que se convoque a la o las personas que cuenten con capacidad de respuesta y con los recursos que sean necesarios: tres cotizaciones, cuando menos; dictamen de adjudicación directa: contrato de obra celebrado; etc.).
- 4. Como consecuencia de lo anterior, las entidades y dependencias registrarán los trabajos de rehabilitación que se llevarán a cabo en el "Programa de Aprobación y Seguimiento a Asignaciones de Obras y Servicios Relacionados con las Mismas (PASAOR), ingresando para ello a la página web de la DGOC localizada en la dirección electrónica www.obras.unam.mx, sitio en el cual se deberá acceder al menú "Sistema de Información y Gestión", registrarse en el PASAOR y durante el ingreso de los datos de los trabajos en el sub menú "Programa de Mantenimiento al que Pertenece" elegir la opción "Acciones de Rehabilitación Sismo 19-09-2017".
- 5. Los trabajos de rehabilitación de daños a ejecutar que hayan sido registrados en el PASAOR se revisarán por la DGOC, y de ser autorizados por esta dependencia, se radicarán a las entidades y dependencias universitarias los recursos presupuestales correspondientes para el pago de dichos trabajos.
- 6. De no ingresar al PASAOR los trabajos a desarrollar para la rehabilitación de daños ocasionados por el sismo señalado, o bien, de ingresarse al PASAOR otro tipo de trabajos que no correspondan a lo señalado en la presente CIRCULAR, éstos serán rechazados por el "PASAOR", siendo responsabilidad directa y exclusiva de las entidades académicas y de las dependencias universitarias la contratación de dichos trabajos, así como el costo y en su caso el pago de los mismos.

7. Mediante la expedición de otro oficio, la DGOC hará del conocimiento de los titulares de las entidades y dependencias que correspondan, las acciones de supervisión de los trabajos de rehabilitación de daños, mismas que llevarán a cabo la DGOC, en conjunto con el Instituto de Ingeniería, las Facultades de Arquitectura, de Ingeniería y de Estudios Superiores Acatlán y Aragón.

- 8. Concluidos los trabajos de rehabilitación de daños y finiquitados los contratos de obra que se havan adjudicado directamente. las entidades v dependencias deberán remitir a la DGOC, por cada uno de los trabajos de rehabilitación desarrollados, el "Expediente Único de Obra de Trabajos de Rehabilitación de Daños Ocasionados por el Sismo del 19 de septiembre de 2017", en el que se incorporará una carátula con el nombre de la entidad o dependencia que corresponda, la identificación del inmueble o instalación afectado, la especificación de los daños que fueron rehabilitados, así como el nombre del supervisor de los trabajos y la entidad o dependencia que lo designó. A dicho "Expediente" se integrarán, entre otros documentos que señala la Normatividad de Obras de la UNAM, copia de los va referidos en el punto 3 de esta CIRCULAR.
- 9. Con los "Expedientes Únicos de Obra de Trabajos de Rehabilitación de Daños Ocasionados por el Sismo del 19 de septiembre de 2017", la DGOC rendirá un informe pormenorizado con el cual dará cuenta al Comité Asesor de Obras de la UNAM de las acciones de rehabilitación de daños realizadas.
- 10. Para el caso de existir trabajos de rehabilitación de daños ocasionados por el sismo, que hayan sido ya contratados, ejecutados y pagados, las entidades y dependencias deberán manifestarlo mediante oficio dirigido a la **DGOC**, acompañando al mismo, por cada contrato de obra, lo siguiente:
 - a) Listado de las instalaciones que contenga los daños a que se refiere el punto 1 de esta CIRCULAR;
 - b) Revisión técnica de los daños;
 - c) Reporte fotográfico de los mismos;
 - d) Invitación para adjudicación directa, con la que se convocó a la o las personas que cuenten con capacidad de respuesta y con los recursos que sean necesarios:
 - e) Tres cotizaciones, cuando menos;
 - f) Dictamen de adjudicación directa; g) Contrato de obra celebrado;

 - h) Comprobantes de pago al contratista, e

Con lo anterior, la DGOC analizará y resolverá si se avalan los trabajos realizados y como consecuencia de ello, radicará a la entidad o dependencia de que se trate, los recursos presupuestales que correspondan. De no avalarse por la DGOC los trabajos que se hayan llevado a cabo, por no corresponder a la rehabilitación de daños ocasionados por el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 2017, la contratación de dichos trabajos así como el costo y en su caso el pago de los mismos, será responsabilidad directa y exclusiva de las entidades académicas y de las dependencias universitarias.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU" Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 5 de octubre de 2017

MTRO, LEONARDO B. ZEEVAERT ALCÁNTARA DIRECTOR GENERAL DE OBRAS Y CONSERVACIÓN

C.c.p.: Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez.- Secretario Administrativo de la UNAM.- Presente.

Mtro. Julio Valencia Navarro.- Director de Proyectos de la DGOC.- Presente.

Ing. Antonio Jesús Coyoc Campos.- Dirección de Integración de Planeación, Proyectos y

Presupuesto de la DGOC.- Presente.

Ing. Fernando Castillo Molina.- Director de Planeación y Evaluación de Obras de la DGOC.-

100

Lic. Enegua Carranza Mora.- Directora de Contratación de la DGOC.- Presente.

Ing. Juan Carlos Fuentes Orrala.- Director de Construcción de la DGOC.- Presente.

Ing. Mario Alberto Ugalde Salas.- Director de Conservación de la DGOC.- Presente.

Anexo D



ACUERDOS Y CONVOCATORIAS | 26 de agosto de 2019

ACUERDO DEL COMITÉ ASESOR DE OBRAS DE LA UNAM, POR EL QUE SE APRUEBA EL PROCEDIMIENTO PARA LA AUTORIZACIÓN DE LIBERACIÓN DE EDIFICACIONES DE LA Universidad Nacional Autónoma de México

del Comité Asesor de Obras de la UNAMy en los numerales 4.2 efectiva las labores sustantivas de la Universidad. y 6.1.8 del Manual de Integración y Funcionamiento del Comité Asesor de Obras de la UNAM, publicados, respectivamente, Que la Universidad cuenta con un extenso patrimonio inmobiliario de 2016, y 4 de noviembre de 2004, y su última modificación de acciones permanentes de mantenimiento y conservación. publicada en Gaceta UNAM el 8 de diciembre de 2016, y

CONSIDERANDO

Que las Políticas en materia de obra y servicios relacionados comunidad universitaria. con la misma, constituyen el marco jurídico para la regulación de dicha materia en la Universidad, señalándose que los trabajos que En razón de lo anterior, el Comité Asesor de Obras de la UNAM, tengan por objeto demoler (liberar) inmuebles se consideran obras. ha tenido a bien emitir el siguiente:

Que es procedente incluir dentro de la Normatividad de Obras de la UNAM un procedimiento mediante el cual se autorice la liberación de edificaciones de la Institución, para que dichos trabajos de obra, ÚNICO.- El Comité aprueba el Procedimiento para la una vez autorizados, se lleven a cabo por la Dirección General de Obras y Conservación como instancia especializada en la materia.

Que los Lineamientos en materia de planeación, programación y presupuestación de obras, así como los Lineamientos para la elaboración de contratos de obra y de servicios relacionados con la misma y Lineamientos para la administración de los contratos de obra y de servicios relacionados con la misma, que integran la Normatividad de Obras de la UNAM, constituyen disposiciones I. Solicitud de Liberación de una Edificación Universitaria. jurídicas mediante las cuales deben planearse, programarse y presupuestarse los trabajos de obra, así como disposiciones que 1. El titular de la entidad académica o de la dependencia señalan la forma en que deberán elaborarse los contratos de obra y de servicios relacionados con la misma, en cualquiera de sus modalidades, utilizando para ello el modelo de contrato y desde luego la administración de estos instrumentos consensuales entre los que se encuentran los trabajos de demolición (liberación) de edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Que el 25 de abril de 2016 se publicó en Gaceta UNAMel Acuerdo por el que crea el Comité de Análisis para las Intervenciones 2. De igual forma y como requisito indispensable, a la solicitud Urbanas, Arquitectónicas y de las Ingenierías en el Campus Ciudad Universitaria y los campi de la Universidad Nacional Autónoma de México, órgano asesor propositivo en materia de conservación, mantenimiento, ampliación y/o modificación de la estructura inmobiliaria de la Universidad.

Que el 10 de junio de 2019 se publicó en Gaceta UNAM el Acuerdo que modifica el similar por el que se crea el Comité de Análisis para las Intervenciones Urbanas, Arquitectónicas y de las Ingenierías 1. Tratándose de una solicitud de liberación por fallas en el Campus Ciudad Universitaria y los campi de la Universidad Nacional Autónoma de México, con objeto de que dicho Comité sea la instancia que examine, analice y determine la viabilidad de las obras que se proyecten construir y/o liberar, conforme a los

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez, Secretario Administrativo y criterios sustentables, urbanos, técnicos y legales, con el objeto de Presidente del Comité Asesor de Obras de la UNAM, con alcanzaruna planeación integral de los aspectos físico espaciales fundamento en lo dispuesto en los Acuerdos Primero y Segundo de la Institución, sin que por ello se detenga el crecimiento de la del Acuerdo por el que se Modifica la Estructura y Funcionamiento infraestructura cuando así se requiera para atender de manera

en Gaceta UNAM los días 19 de abril de 2004 y su última dentroyfuera del Campus Ciudad Universitaria, el cual y a efecto de modificación publicada en Gaceta UNAM el 10 de noviembre mantenerlo en óptimo estado de operación y funcionalidad, requiere

> Que dentro del patrimonio inmobiliario de la Universidad, las edificaciones que lo conforman pueden requerir trabajos de obra de liberación con objeto de salvaguardar la seguridad de la

ACUERDO

Autorización de Liberación de Edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, conforme a lo siguiente:

PROCEDIMIENTO PARA LA AUTORIZACIÓN DE LIBERACIÓN DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- universitaria de que se trate, de manera conjunta con su superior jerárquico, mediante oficio dirigido al titular de la Dirección General de Obras v Conservación, solicitan la liberación total o parcial de una edificación universitaria, expresando pormenorizadamente que los motivos de la solicitud obedecen a cualesquiera de las siguientes causas: falla estructural, degradación física o cambio de uso de la edificación.
- de liberación de una edificación universitaria deberá acompañarse el soporte documental que acredite la suficiencia presupuestal que corresponda a los trabajos de obra de liberación.
- II. Revisión Técnica de la Edificación Universitaria v Solicitud de Dictamen Técnico Estructural.
- estructurales y/o degradación física de la edificación, la Dirección General de Obras y Conservación realiza una revisión técnica a la edificación de que se trate, para verificar su estado, y solicita un dictamen técnico estructural

- que emitirá un Corresponsable en Seguridad Estructural, avalado por un Director Responsable de Obra, en el que se determine el estado de la estructura de la edificación v en su caso se acredite la existencia de fallas estructurales v/o degradación física de la misma, de conformidad con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (hoy Ciudad de México) y sus Normas Técnicas Complementarias correspondientes, o sus equivalentes en los estados de la República Mexicana. Dicho dictamen determinará si la III. Expediente Integral. liberación será parcial o total.
- 2. En el caso de una solicitud de liberación, total o parcial. por cambio de uso de la edificación, el titular de la entidad académica o de la dependencia universitaria correspondiente, anexa al oficio de solicitud la justificación académica o administrativa, según corresponda, acreditando fehacientemente que el uso de la edificación de que se trata ya no cumple con los fines sustantivos de la entidad o dependencia y que, por tanto, existe otra necesidad de uso diferente, de carácter prioritario, para la consecución de sus objetivos.
- a) La Dirección General de Obras y Conservación remite la solicitud y la justificación señalada al Comité de Análisis para la Intervenciones Urbanas, Arquitectónicas y de las 2. La Dirección General de Obras y Conservación presenta el Ingenierías en el Campus Ciudad Universitaria y los campi de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que en el ejercicio de sus funciones manifieste por escrito sus consideraciones respecto del cambio de uso de la edificación.

 3. El Comité emite una opinión, favorable o no favorable, respecto
- b) Para el caso de que el citado Comité ratifique el cambio de uso de la edificación, lo notifica por escrito a la Dirección General de Obras y Conservación para continuar con el procedimiento en los siguientes términos:
- b.1) En caso de que la solicitud se refiera a una liberación parcial, la Dirección General de Obras y Conservación realiza una revisión técnica a la edificación de que se trate, para conocer la ubicación y el alcance de la liberación y solicita un dictamen técnico estructural que emitirá un Corresponsable en Seguridad Estructural así como, en su caso, Corresponsable en Instalaciones, avalado por un Director Responsable de Obra, en el que se determinen 5. Si la opinión del Comité no es favorable, la Dirección General las eventuales afectaciones a la estructura, instalaciones y equipos que se preservan de la propia edificación y en su caso a las estructuras colindantes.
- b.2) En caso de que la liberación sea total, la Dirección General de Obras y Conservación realiza una revisión técnica a la edificación de que se trate, para conocer su ubicación y solicita un dictamen técnico estructural IV. Contratación de los Trabajos de Obra de Liberación de que emitirá un Corresponsable en Seguridad Estructural así como, en su caso, Corresponsable en Instalaciones, que se determinen las posibles afectaciones a las estructuras colindantes, a la infraestructura existente. así como las obras inducidas
 - En ambos supuestos, el dictamentécnico estructural determinará si la liberación de la edificación de que se trata es parcial o total.

c) Si el Comité no ratifica el cambio de uso de la edificación, lo notifica por escrito a la Dirección General de Obras y Conservación quien a su vez lo comunica por escrito al titular de la entidad académica o dependencia universitaria solicitante y al superior jerárquico de éste, concluvendo el trámite sin que se autorice la liberación de la edificación de que se trate.

- 1. La Dirección General de Obras y Conservación integra un expediente en el que se incorporan el oficio de solicitud de liberación de una edificación universitaria y el soporte documental de la suficiencia presupuestal correspondiente, presentados por la entidad académica o dependencia universitaria de que se trate, el dictamen técnico estructural que corresponda, y tratándose de liberación por cambio de uso de la edificación, la justificación y la ratificación de autorización emitida por el Comité de Análisis para las Intervenciones Urbanas. Arquitectónicas y de las Ingenierías en el campus Ciudad Universitaria y los campi de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- original del expediente indicado al referido Comité para que proceda conforme al ejercicio de sus funciones.
- de la solicitud de liberación de la edificación universitaria de que se trate, la cual comunica por escrito a la Dirección General de Obras y Conservación, y le remite el original del expediente, conservando en sus archivos copia del mismo.
- 4. Si la opinión del Comité es favorable, la Dirección General de Obras y Conservación lo comunica por escrito al titular de la entidad académica o dependencia universitaria solicitante así como a su superior jerárquico y le remite para su guarda v custodia el original del expediente, conservando en sus archivos copia del mismo, y se continúa con lo señalado en el apartado IV de este procedimiento.
- de Obras y Conservación lo comunica por escrito al titular de la entidad académica o dependencia universitaria solicitante así como a su superior jerárquico y concluye el trámite sin que se autorice la liberación de la edificación universitaria que se haya solicitado.
- Edificaciones Universitarias.
- avalado por un Director Responsable de Obra, en el 1. Recibida la opinión favorable del Comité de Análisis para las Intervenciones Urbanas, Arquitectónicas y de las Ingenierías en el campus Ciudad Universitaria y los campi de la Universidad Nacional Autónoma de México. la Dirección General de Obras y Conservación requiere por escrito al titular de la entidad académica o de la dependencia universitaria solicitante la radicación de la suficiencia presupuestal correspondiente



ACUERDOS Y CONVOCATORIAS | 26 de agosto de 2019

- 2. Radicada la suficiencia presupuestal, la Dirección General de Obras y Conservación procede a la contratación de los trabajos de obra de liberación de la edificación universitaria que corresponda, conforme a la Normatividad de Obras de la UNAM
- 3. Concluidos satisfactoriamente los trabajos de obra de liberación, la Dirección General de Obras y Conservación lo comunica por escrito a la Dirección General del Patrimonio Universitario para que proceda entérminos de sus atribuciones.

V. Bienes Inmuebles Históricos y/o Artísticos.

- 1. Para el caso de trabajos de obra de liberación en inmuebles considerados como monumentos históricos y/o artísticos bajo el uso y resguardo de la Universidad, el titular de la entidad académica o de la dependencia universitaria que corresponda, de manera conjunta con su superior jerárquico, presenta oficio dirigido a la Dirección General de Obras y Conservación para que intervenga en términos de los apartados I y II de este procedimiento.
- 2. Si el Comité de Análisis para las Intervenciones Urbanas, Arquitectónicas y de las Ingenierías en el campus Ciudad Universitaria y los campi de la Universidad Nacional Autónoma de México emite opinión favorable para los trabajos de liberación, la Dirección General de Obras v Conservación solicita por escrito a la Dirección General del Patrimonio Universitario proceda a realizar los trámites para la autorización correspondiente ante el Instituto Nacional de Antropología e Historia o las autoridades competentes.
- 3. De obtenerse la autorización señalada, la Dirección General del Patrimonio Universitario y la Dirección General de Obras y Conservación, de conformidad con sus respectivas atribuciones, coordinan su participación en los trabajos de obra de liberación en términos de la Legislación Universitaria con lo señalado en el apartado IV de este procedimiento.

VI. Caso Fortuito o Fuerza Mayor.

Cuando la liberación de una edificación universitaria sea consecuencia de caso fortuito o fuerza mayor, el presente conformidad con lo siguiente:

- 1. El titular de la entidad académica o dependencia universitaria la Dirección General de Obras y Conservación para que de edificación conjuntamente con un perito en estructuras y en de la Normatividad de Obras de la UNAM. ese acto emitan la opinión técnica que corresponda, así como las medidas de seguridad y protección pertinentes.
- 2. En caso de que la opinión técnica a que se refiere el punto anterior considere improcedente la liberación, la Dirección General de Obras y Conservación la remite por escrito a la entidad académica o dependencia universitaria solicitante para que ésta de manera inmediata lleve a cabo las medidas de

- seguridad y protección que se hayan considerado y proceda a la contratación de los trabajos de obra que resulten necesarios en términos de la Normatividad de Obras de la UNAM.
- 3. Si la opinión técnica considera procedente la liberación de la edificación, la Dirección General de Obras y Conservación la remite no rescrito tanto a la entidad académica o dependencia universitaria de que se trate, como al Comité de Análisis para las Intervenciones Urbanas. Arquitectónicas y de las Ingenierías en el campus Ciudad Universitaria y los campi de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que este cuerpo colegiado, de manera inmediata y en términos de sus atribuciones, se pronuncie al respecto.
- 4. Con la opinión favorable del Comité para la liberación de la edificación, la Dirección General de Obras y Conservación procede a la contratación de los trabaios de obra de liberación que correspondan, de conformidad con la Normatividad de Obras de la UNAM y de acuerdo a la disponibilidad presupuestal.

VII. Casos no Previstos.

Los casos no previstos en el presente Procedimiento, serán resueltos por el Comité Asesor de Obras de la UNAM atendiendo a la normatividad aplicable, y la interpretación del mismo corresponderá a la Oficina de la Abogacía General.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- El presente Acuerdo y el Procedimiento para la Autorización de Liberación de Edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, entrarán en vigor al día siguiente de su publicación en Gaceta UNAM.

SEGUNDO.- El Procedimiento para la Autorización de Liberación de Edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México fue aprobado por el Comité Asesor de y de la Normatividad de Obras de la UNAM, y se continúa Obras de la UNAM, a través del ACUERDO DOS, dictaminado en la Segunda Sesión Extraordinaria de 2019, celebrada el 20 de agosto de 2019.

TERCERO.- El presente Acuerdo y el Procedimiento para la Autorización de Liberación de Edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México deian sin efecto cualquier procedimiento se llevará a cabo de manera inmediata de ordenamiento o disposición que se opongan a los mismos.

CUARTO.- Mediante oficio del Presidente del Comité Asesor de Obras de la UNAM, solicítese a la titular de la Abogacía General de la edificación afectada dirige la solicitud de liberación a de la Institución, que el Procedimiento para la Autorización de Liberación de Edificaciones de la Universidad Nacional manera inmediata proceda a realizar una inspección de la Autónoma de México se integre en la Sección IV Procedimientos,

> "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU" Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 20 de agosto de 2019 SECRETARIO ADMINISTRATIVO Y PRESIDENTE DEL COMITÉ ASESOR DE OBRAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

> > ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ

ANEXO E. Recomendaciones:

Ing. Héctor Alfonso Villaseñor Jiménez, Ing. Francisco García Jarque, Ing. César Urrutia Sánchez.



PUENTES EDIFICIOS INDUSTRIAS DISEÑO ESTRUCTURAL S.A. de C.V.

Ciudad de México; a 2 de diciembre del 2018.

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS Universidad Nacional Autónoma de México Av. Revolución N° 250, CDMX

> At'n: M.A. Leonardo B. Zeevaert A. DIRECTOR GENERAL

Estimado arquitecto:

En la reunión del pasado dia 21 de noviembre del presente nos solicitó a un grupo de colaboradores la opinión de nosotros para hacer de las instalaciones de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO unas instalaciones seguras y con una estructura más RESILIENTE en la cual se puedan prevenir los daños en las estructuras existentes en sus instalaciones de manera que ante un sismo como el ocurrido el pasado 19 de septiembre de 2017 sus instalaciones se mantengan en niveles de seguridad y ocupación inmediata.

Desde sus inicios y hasta hace pocos años (posterior al sismo de 1985 en la ciudad de México) el diseño sismico de las edificaciones se han llevado a cabo teniendo como parámetro de diseño la respuesta sísmica de una estructura equivalente de un grado de libertad ante la excitación de un sismo registrado, esta metodología de diseño tiene su filosofía de diseño encaminada a que se analice una estructura con una geometría determinada, es decir claros entre columnas, alturas de entrepisos, número de niveles, número de crujías es decir un proyecto arquitectónico determinado, con unas dimensiones de elementos determinada, para resistir los desplazamientos y elementos mecánicos (carga axial, fuerza cortante y momentos flexionantes) ante las combinaciones de carga que pueden actuar en una estructura en un mismo momento, y que cubren los probables estados de carga que pueden presentarse durante la vida útil de una estructura.

Aquí nos hacemos una primera pregunta cuánto es la vida útil de una estructura, hasta antes de la publicación de las NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO, NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA Y NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS en 2004 no se hacía referencia en los reglamentos ó las Normas Técnicas cual era la vida útil de una estructura, en estas normas se establece una vida útil de las estructuras de 50 años.

Considerando por otro lado que las instalaciones de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO campus CIUDAD UNIVERSITARIA, tienen una edad de más de 50 años, la cual fue inaugurada en 1954, por lo tanto el proyecto debió de iniciarse por lo menos tres años antes en 1951, para este tiempo el reglamento de construcciones vigente en la Ciudad de México es del 13 de julio de 1942 en el cual las escuelas se clasificaban como estructuras TIPO II y se establecía un coeficiente sísmico de 0.05 para su diseño sísmico, en estos 67 años que han transcurrido desde su proyecto hemos visto evolucionar la Ingeniería Sismica y los métodos de análisis y diseño estructural de una manera asombrosa, ya que en los tiempos del proyecto no se tenía acceso a modelos refinados de análisis mediante el uso de computadoras, y menos aún a métodos que consideren el análisis tridimensional de las estructuras, los métodos utilizados eran métodos manuales de aproximaciones sucesivas como el Método de Cross ó el Método de Kani.

TOLEDO35-103 COL. ÁLAMOS, C.P. 03400 TEL/FAX 55-23-73-11/73-16 email peiestructura@prodigy.net.mx



PUENTES EDIFICIOS INDUSTRIAS DISEÑO ESTRUCTURAL S.A. de C.V.

Actualmente las NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO POR SISMO establecen un coeficiente sísmico con un valor de 0.326 para la ubicación de la torre de rectoría considerando a la estructura como estructura del grupo A1, ya que contiene documentación muy valiosa de la UNAM, y además ya es un edificio considerado como patrimonio cultural de la nación y de la humanidad.

Espectro 2016			Propiedad	Valor
Factor de importancia (Grupo)	A1 ~	Latitud	19.331490	
r actor de importancia (Grupo)		~	Longitud	-99.188563
Factor de irregularidad	1.0	~	Ts	0.490
F. comportamiento sísmico (Q)			a0	◆ 0.119
	2.0	~	С	0.326
F. de hiperestaticidad (k1)	1.25	~	Ta	0.350
	Transference and the control of		Tb	1.383
Mostrar EPU			k	1.500
			amax	0.123

Aquí nos hacemos otra pregunta, si las estructuras fueron diseñadas en forma tan precaria con un coeficiente sísmico tan pequeño, (0.05 de diseño VS 0.326 actual), **porqué actualmente están en pie**, y, con el sismo de 1985 y con el sismo reciente de 2017 no les pasó nada, ó solamente sufrieron daños menores.

Las estructuras como todos los elementos sujetos a la acción de los sismos se van agrietando y este agrietamiento modifica los patrones de respuesta de la estructura y la van degradando, en algún momento ese deterioro puede generar una articulación plástica, y la estructura se puede ver en riesgo de colapso, por esta causa edificaciones que en otras circunstancias se habían comportado razonablemente bien ó con daños menores en sismos pasados, en el sismo reciente tuvieron un colapso, o bien quedaron muy dañadas y/o con un riesgo de colapso.

Dentro de los avances que ha tenido la ingeniería sísmica a nivel mundial está metodología desarrollada para el **DISEÑO POR DESEMPEÑO** en esta metodología se busca ubicar el estado de la estructura después de un sismo intenso de acuerdo a los daños que aparecen en la estructura. Esta metodología reconoce 4 estados que se pueden presentar en las estructuras después de un sismo.

- 1. OCUPACIÓN INMEDIATA
- 2. DAÑOS MODERADOS
- 3. DAÑOS SEVEROS
- 4. RIESGO DE COLAPSO

TOLEDO35-103 COL. ÁLAMOS, C.P. 03400 TEL/FAX 55-23-73-11/73-16 email pelestructura@prodigy.net.mx



PUENTES EDIFICIOS INDUSTRIAS DISEÑO ESTRUCTURAL S.A. de C.V.

Actualmente la normatividad no distingue entre estos cuatro estados de diseño de las estructuras, y establece lo siguiente:

Los requisitos de estas Normas tienen como propósito obtener un comportamiento adecuado tal que:

 a) Bajo sismos que pueden presentarse varias veces durante la vida de la estructura, se tengan, a lo más, daños que no conduzcan a la interrupción de la ocupación del edificio.

b) Bajo el sismo en que se basa la revisión de la seguridad contra colapso según estas Normas, no ocurran fallas estructurales mayores ni pérdidas de vidas, aunque pueden presentarse daños y/o deformaciones residuales de consideración que lleguen a afectar el funcionamiento del edificio y requerir reparaciones importantes.

De acuerdo a lo expresado en este texto la normatividad actual no distingue en sus diseños la posibilidad de dotar a las estructuras con los requisitos del diseño por desempeño, y de acuerdo a esto exigir que la estructura se encuentre en uno de estos niveles de daño, lo deseable sería tener siempre la premisa de tener el estado de ocupación inmediata, para obtener esta certeza se deben de incorporar al análisis y diseño tradicional, un análisis no lineal de las estructuras para poder verificar el estado de las articulaciones plásticas que se presentan en sus elementos y de acuerdo a esto establecer en qué nivel de desempeño se encuentra y en su caso reforzar y mejorar el comportamiento de la estructura para que su estado después de un sismo intenso como el de provecto sea el de daños moderados y/o de ocupación inmediata.

Con este enfoque se desea hacer notar que las estructuras de la UNAM, aún cuando se han comportado satisfactoriamente en la mayoría de los casos, su vida útil ya fue superada y hay que hacer una actualización de su uso, su estado actual ya que muchas han sufrido modificaciones y/o ampliaciones, y revisar en cual es el grado de desempeño esperado en estas estructuras con el sismo de diseño, y en su caso reforzarlas y/o modificarlas pero ya con el conocimiento específico de que tipo de refuerzo requiere para hacerlas modificar su grado de desempeño a ocupación inmediata ó daños moderados según lo que se específique como premisa de diseño.

ATENTAMENTE

ING. HÉCTOR ALFONSO VILLASEÑOR JIMÉNEZ CORRESPONSABLE EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL C/SE 0021

TOLEDO35-103 COL. ÁLAMOS, C.P. 03400 TEL/FAX 55-23-73-11/73-16 email pelestructura@prodigv.net.mx

GARCÍA JARQUE INGENIEROS, S.C.

AV. RÍO CHURUBUSCO Nº 239 P.B. COL, PEDRO MA. ANAYA. 03340 MÉXICO, D.F TEL. 5604-23-98 garciajarque@garciajarque.com

Ciudad de México: a 26 de noviembre del 2018.

Dirección General de Obras De la Universidad Nacional Autónoma de México

Av. Revolución N° 250, CDMX

At'n: Arq. Leonardo Zeevaert

El pasado miércoles 21 del mes en curso, sostuvimos con usted una reunión en las oficinas de la Dirección General de Obras de la UNAM, en la cual, con precisión y profundidad, se nos presentó un amplio espectro, indicando las condiciones en las que se encuentran los inmuebles propiedad de la UNAM, los cuales: por el tiempo que tienen de construidos, por la zona altamente compresible y deformable del subsuelo de la Ciudad de México, por las condiciones ambientales, altamente agresivas, por los cambios de uso, propios de los tiempos, por las diferentes condiciones de las denominadas cargas vivas, por la presencia de algunos vicios constructivos detectados, por la falta de mantenimiento durante más de 60 años, y por las importantes excitaciones sísmicas que han afectado a la Ciudad de México, principalmente el del pasado 19 de septiembre de 2017, cuyo epicentro se ubicó en una distancia del orden de 120 km de la CDMX, y que de acuerdo a los registros de los acelerógrafos instalados en la Ciudad Universitaria, la cual se encuentra en el denominado suelo firme, en septiembre de 1985 la aceleración (αο) fue de 30 gal (1 gal= 1 cm / seg ²), mientras que la aceleración (αο) del 19 de septiembre de 2017. Fue de 57 gal. Es decir, que el suelo en la zona de la Ciudad Universitaria experimentó un valor de, prácticamente, el DOBLE que en 1985. (Véanse los espectros de respuesta en CU de los sismos de 1985 y 2017).

Lo anteriormente indicado es digno de considerarse, porque los edificios localizados dentro del denominado "Campus Universitario" fueron altamente solicitados, habiéndose experimentado, en algunos de ellos, cierto tipo de daños y deben ser adecuadamente estudiados. Los edificios de: aulas, bibliotecas, oficinas, laboratorios, auditorios, fueron analizados y concebidos hace más de 60 años, implementando para su proyecto y construcción, otras técnicas, diferentes diseños y distintos procesos constructivos, propios de la época, pero en la etapa actual, con mejores y actualizados conocimientos sísmicos, producto de la investigación y la experiencia, se considera conveniente y apropiado adecuarlos a las actuales tecnologías, máxime tratándose de que en su interior se albergan vidas humanas y valiosos contenidos, patrimonio se la UNAM. Por supuesto que la Universidad también posee una gran cantidad de inmuebles fuera del Campus Universitario, en diferentes zonas de la Ciudad de México, en varios estados de la República Mexicana y en los extensos litorales de nuestro país y todos los edificios deben ser considerados.

Se nos informó en la reunión que se dispone de aproximadamente 2 700 edificios de muy diferentes etapas y épocas de erección, implicando esto diferentes criterios de

1

GARCÍA JARQUE INGENIEROS, S.C.

AV. RÍO CHURUBUSCO Nº 239 P.B. COL, PEDRO MA. ANAYA. 03340 MÉXICO, D.F TEL. 5604-23-98 garciajarque@garciajarque.com

estructuración y distintos materiales de construcción, desde la mampostería, hasta el concreto y el acero. Todo lo descrito debe ser considerado, porque los recursos económicos requeridos para incluir al gran universo de inmuebles sería imposible obtenerlos y por ello se considera prudente, estudiar prioridades relativas a:

- 1- Valor artístico e histórico.
- 2- Importancia de su uso.
- Ubicación del edificio.
- 4- Zona geotecnia
- 5- Tipo de estructura.
- 6- Condición dinámica del suelo y de la estructura.
- 7- Grado de deterioro.

La Dirección General del Obras presentó al Comité Asesor de Obras de la UNAM un dictamen, posterior al sismo del 19 de septiembre de 2017, para propiciar la rehabilitación de las instalaciones que experimentaron los mayores daños, enfatizando que [...] " la mayoría de los inmuebles universitarios no presentaron daños considerables, sin embargo en determinados inmuebles, conforme a las revisiones efectuadas con posterioridad, se consideró necesario llevar acabo trabajos de rehabilitación de daños en muros, columnas, cancelería, acabados, pisos, plafones, etc. A fin de permitir que las instalaciones universitarias se encontrarán en condiciones de servicio" (sic) [...].

Lo descrito se realizó favorablemente, propiciando la continuidad de la importante labor de la UNAM.

En la etapa actual y después del 14 meses de exhaustivo trabajo, conociendo el amplio y complejo universo de inmuebles existentes propiedad de la UNAM, concretándonos a los edificios ubicados dentro del Campus Universitario se sugiere, desde un punto de vista rigurosamente técnico, y conociendo las condiciones de las excitaciones sísmicas que imperan en el tipo de suelo predominante en la Ciudad Universitaria, llevar a cabo las siguientes acciones indispensables para emitir un dictamen preciso y objetivo.

- 1° Disponer de un plano de conjunto de todo lo ubicado dentro del Campus Universitario.
- 2° Obtener de cada edificio sus propiedades geométricas, en planta y elevación; así como las secciones de los elementos estructurales.

Es probable que la UNAM ya disponga de esta información.

- 3° Definir en cada uno de los inmuebles su fecha de proyecto y construcción, debido a que los criterios de análisis y los procesos de construcción se han adecuado, con el tiempo, a los nuevos reglamentos y conocimientos.
- 4° En los edificios originales que se proyectaron y construyeron en el campus Universitario, realizar, aleatoriamente, pruebas de los materiales, fundamentalmente el concreto, para partir de bases mas precisas y emitir el dictamen.

GARCÍA JARQUE INGENIEROS, S.C.

AV. RÍO CHURUBUSCO Nº 239 P.B. COL, PEDRO MA. ANAYA. 03340 MÉXICO, D.F TEL. 5604-23-98 garciajarque@garciajarque.com

- 5° Evaluar en cada edificio su uso y tipo de cargas vivas predominantes; aulas, oficinas, laboratorios, bibliotecas, etc.
- 6° Con los datos anteriormente solicitados, un grupo de investigadores, ingenieros geotecnistas, e ingenieros estructuristas, en función exclusiva de sus conocimientos y experiencia, podrán emitir, con buen juicio, cuales son las condiciones dinámicas de los edificios que proporcionen una mayor respuesta sísmica.

Por ejemplo: La Torre de Rectoría, el edificio de humanidades, la biblioteca, por su altura, es probable que NO respondan excesiva y críticamente a la excitación sísmica. Este argumento no significa que NO DEBAN SER ESTUDIADOS, pero existen otras prioridades.

Con los argumentos mencionados y quizá con alguna otra propuesta, la Dirección General de Obras y el Comité Asesor de Obras de la UNAM, tendrán mas elementos de juicio para emitir una opinión congruente con los recursos disponibles.

Insistimos, en que el universo de edificios es muy amplio, y se considera prudente estudiar las prioridades.

Evidentemente y se enfatiza, que lo indicado es fundamentalmente técnico.

Esperamos que lo descrito le permita a las altas Autoridades de la UNAM, evaluar con un poco más de información los objetivos y prioridades para que se minimicen las grandes incertidumbres que actualmente existen.

Atentamente,

Ing. Francisco García Jarque

3

108

Ing. Césas Ussutia Sánchez. Proyectos e Ingeniería Estructural

Proyectos e Ingeniería Estructural

Ing. César Urrutia Sánchez

Antonio Maceo No. 22, Col. Escandón, Ciudad de México. Tels. 5272-3063 5271-1255 Cel. 04455-14841479 e_mail: ceus_ingenieria@yahoo.com.mx

Ciudad de México a 03 de octubre de 2019

Para: Mtro. Julio Valencia Navarro
Dirección de Proyectos de la Dirección General de Obras y Conservación
Universidad Nacional Autónoma de México

Asunto.- Consideraciones derivadas de los sismos de septiembre de 2017 para la revisión de los edificios de la UNAM

El sismo del 19 de septiembre de 2017 se caracterizó por:

- Las ondas de aceleración fueron principalmente verticales, es decir un sismo de tipo primordialmente trepidatorio en su etapa inicial.
- Provocó amplia destrucción parcial y daños estructurales graves en edificios de 5 a 10 niveles, principalmente en edificios de marcos rígidos de concreto con muros de mampostería inadecuadamente ligados a la estructura o edificios de marcos de concreto y sistemas de losas planas donde toda la rigidez ante cargas laterales dependía exclusivamente de los marcos. La ubicación de estos inmuebles fue en general sobre una franja a lo largo de una falla geológica de poca alteración reciente, o cuya actividad importante tenía un periodo de retorno superior a 100 años, y con pocos antecedentes y registros para tomar precauciones a lo largo de esa brecha tectónica.
- Este sismo también provocó daños en áreas inusuales y que eran consideradas como poco vulnerables a los efectos de temblores, tales como zonas de suelo de lomas o de transición, por ejemplo Ciudad Universitaria o la denominada Polanco, en la Ciudad de México. Las demás zonas afectadas son aquellas que tradicionalmente han sufrido con gravedad los efectos destructivos de los sismos, tales como las colonias Roma y Condesa, la zona de Reforma-Centro o aledañas a la Av. Insurgentes, y también calles cercanas al Ángel de la Independencia. De manera particular hubo tres regiones donde se concentraron las mayores pérdidas, colonia Roma, zonas cercanas a colonias del Valle y Narvarte, y zona de Villa Coapa-Churubusco y Calz. de Tlalpan, donde tuvieron efecto la mayor parte de los colapsos a edificios y daños estructurales irremediables. En este caso los efectos fueron distintos a los del sismo de 1985 en el cual muchos de los daños

I

Ing. Clear Urrutia Sánchez. Proyectos e Ingeniería Estructural

ocurrieron en la zona del lago centro, es decir, Tlatelolco, el Centro Histórico, las colonias Doctores y Obrera, el Centro Médico, y las colonias Roma-Condesa.

1.- Revisiones de los inmuebles por la emergencia de septiembre de 2019

Para la revisión de las condiciones de los inmuebles de la Ciudad, y ante la falta de un plan de emergencia preestablecido y normativamente estudiado por parte de las autoridades, a pesar de la experiencia de los sismos de 1985, las Instituciones de la ciudad recurrieron a los Colegios de profesionales, las Sociedades Técnicas Especializadas y las Asociaciones de peritos, Directores de Obra y Corresponsables (AMDROC) para organizar brigadas de revisión de inmuebles.

En el caso de los edificios que forman parte del patrimonio de la Universidad estos se podían dividir básicamente en tres grandes grupos:

- a.- Inmuebles dentro del Campus de Ciudad Universitaria.
- b.- Inmuebles periféricos, tales como las FES y las ENEPS, todos los campus de la Escuela Nacional Preparatoria y de los Colegios de Ciencias y Humanidades, etc.
- c.- Inmuebles de usos diversos y con características especiales, algunos de ellos Patrimonio Histórico y protegidos por el INAH, tales como Palacio de Minería, Academia de San Carlos, convento de San Agustín, etc.

Se formaron para las inspecciones brigadas de especialistas con la finalidad de determinar los condiciones de seguridad de los inmuebles y establecer las medidas de emergencia, y en su caso cuantificar los daños y las acciones inmediatas. Se elaboraron dictámenes emergentes, y en casos especiales donde la situación lo ameritó se llevaron a cabo estudios y análisis más profundos para determinar las acciones preventivas, correctivas y de reforzamiento (en su caso).

2. A partir de los daños observados en los sismos de septiembre de 2017 y tomando en cuenta la edad de los edificios universitarios, puede comentarse lo siguiente:

Los edificios que forman parte del patrimonio de la Universidad se han construido en etapas diversas que abarcan desde siglos pasados hasta fechas muy recientes. Las técnicas de construcción empleadas y los Reglamentos vigentes en el momento de su edificación han evolucionado en forma importante con el tiempo, así como el conocimiento de los efectos de los sismos en las estructuras. Por ejemplo, una buena parte de los inmuebles del Campus Universitario se construyeron entre 1940 y 1950, de ese tiempo a la fecha las consideraciones para diseño por sismo han cambiado de manera tal que los requisitos que deben cumplir las estructuras ahora son mucho mas estrictos. En 1940 el coeficiente sísmico de diseño empleado para tomar en cuenta la aceleración que provoca el sismo en una construcción era de 0.05 y 0.10 veces su peso, y era genérico para toda la ciudad. Actualmente los coeficientes sísmicos aproximados para el diseño son: para zona "dura" 0.16, para zona "intermedia" 0.35 y para zona de "lago" desde 0.40 hasta 0.55. Es decir, se han incrementado 150% en el menor de los casos, y hasta 500% en otros. Todo esto derivado de los estudios y conocimientos obtenidos en 80 años de experiencia.

2

111

Ing. Césas Urrutia Sánchez. Proyectos e Ingeniería Estructural

Hasta antes de 2004, el coeficiente sísmico para la zona de Ciudad Universitaria era de 0.16 de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México, pero el coeficiente de comportamiento sísmico aceptaba ya una reducción de la fuerzas de diseño por ductilidad de hasta de 4, normalmente utilizándose un valor de 2. Es decir, aún en 2004 en realidad se diseñaba para 0.16/2= 0.08, coeficiente que no dista mucho de 0.05. Esta puede ser una de las razones por las que la mayoría de las estructuras no hayan sufrido daños significativos, dado que en 1942 no se estaba difundido el concepto de reducción de fuerzas por ductilidad y seguramente no se empleaba en los diseños.

Sumado lo anterior, existen otros fenómenos que modifican el comportamiento y la ductilidad de una estructura de varios años de edad, y que ha superado y sufrido el efecto de sismos durante su "vida útil", estos fenómenos son: a) La posible formación de articulaciones o inicio de las mismas en las estructuras, y b) el proceso de micro agrietamiento del concreto y de los materiales, que genera que el módulo de elasticidad del material sea mucho menor que el de un material sano, y que por lo tanto los desplazamientos y deformaciones que puede sufrir ante fuerzas laterales o verticales sean mayores con el paso del tiempo y de sucesivos temblores, lo cual aumenta por un lado su ductilidad, pero por otro lado también incrementa los daños en sus elementos y ante el mayor desplazamiento, también se aumenta la posibilidad de impacto con las estructuras adyacentes.

3. Con referencia a la experiencia anterior es interesante realizar una breve síntesis de los cambios en el Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México:

EVOLUCIÓN DEL REGLAMENTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO (ANTES DISTRITO FEDERAL) PARA EFECTOS DE DISEÑO POR SISMO DE LAS ESTRUCTURAS

REGLAMENTO 1942

COEFICIENTES SÍSMICOS (1942)

• ESTRUCTURAS TIPO I C= 0.10 • ESTRUCTURAS TIPO II C= 0.05

Carga viva 300 kg/m2

REGLAMENTO 1966

COEFICIENTES SÍSMICOS (1966)

- C= 0.10 o 0.15 COMO MÁXIMO.
- CARGA VIVA 200 PARA COMBINACIÓN DE SISMO.
- CARGA VIVA 400 PARA CARGAS GRAVITACIONALES.

Ing. Césas Ussutia Sánchez. Proyectos e Ingeniería Estructural

REGLAMENTO DE 1976

- SE INCLUYE EL CONCEPTO DEL INCREMENTO DE LOS EFECTOS DE SISMO DE 1.5 PARA ESTRUCTURAS DE GRUPO A.
- SE INTRODUCE EL CONCEPTO DE REDUCCIÓN DE LAS FUERZAS SÍSMICAS POR DUCTILIDAD.
- CARGAS VIVAS 250 PARA COMBINACIÓN DE CARGAS DE SISMO.
- CARGAS DE 350 kg/m2 PARA CARGAS GRAVITACIONALES.
- COEFICIENTES SÍSMICOS (1976)
 - C= 0.16 (Zona dura o de lomas).
 - C= 0.20 (Zona intermedia o de transición).
 - C= 0.24 (Zona blanda o de lago).

REGLAMENTO DE 1985 NORMAS DE EMERGENCIA

- SURGE LA FIGURA DEL DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA Y DE LOS CORRESPONSABLES, EN SUSTITUCIÓN DE LOS PERITOS DE OBRA.
- COEFICIENTES SÍSMICOS (1985)
- C= 0.10 (Zona dura o de Iomas).
- C= 0.27 (Zona intermedia o de transición).
- C= 0.40 (Zona blanda o de lago).

REGLAMENTO DE 1993

- SE REGIONALIZA CON MAYOR DETALLE LA ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ÁREA METROPOLITANA, SE SUBDIVIDEN LAS REGIONES SÍSMICAS.
- SE INICIA EL USO DE MÉTODOS DE DISEÑO SÍSMICO BASADOS EN EL DESEMPEÑO.

COEFICIENTES SÍSMICOS (1993)

- C= 0.16 10 (Zona dura o de lomas).
- C= 0.32 (Zona intermedia o de transición).
- C= 0.40 (Zona blanda o de lago).

REGLAMENTO DE 2004

- PRÁCTICAMENTE SE DESECHA EL USO DEL MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL.
- SE EMPIEZA A GENERALIZAR EL USO DE MÉTODOS DINÁMICOS DE ANÁLISIS SÍSMICOS, Y SE EMPIEZA A LIMITAR EL EMPLEO DE MÉTODOS ESTÁTICOS.
- SE GENERALIZA EL USO DE MÉTODOS DE DISEÑO SÍSMICO BASADOS EN EL DESEMPEÑO.

4

112

Ing. Césas Ussutia Sánchez. Proyectos e Ingeniería Estructural

COEFICIENTES SÍSMICOS (2004)

- C= 0.16 (Zona dura o de lomas).
- C= 0.32 (Zona intermedia o de transición).
- C= 0.40 o 0.45 (Zona blanda o de lago).

REGLAMENTO DE 2017

- A PARTIR DE ESTE MOMENTO LOS COEFICIENTES SÍSMICOS PARA DISEÑO EN EL ÁREA METROPOLITANA SE OBTIENEN DE UN REGISTRO DE ESPECTROS Y ACELEROGRAMAS MODIFICADOS POR HIPERESTATICIDAD Y CONDICIONES DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO DENOMINADO SACID.
- SE VUELVE IMPERATIVO PARA ESTRUCTURAS A PARTIR DE CIERTA IMPORTANCIA LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA.
- SE VUELVE OBLIGADO EL USO DE MÉTODOS DE DISEÑO SÍSMICO BASADOS EN EL DESEMPEÑO.
- CAMBIAN RADICALMENTE LOS CRITERIOS DE DISEÑO Y ANÁLISIS SÍSMICO.
- SE VUELE OBLIGADO EL USO DE ANÁLISIS DINÁMICOS PARA CIERTO TIPO DE ESTRUCTURAS.
- PRÁCTICAMENTE SE DESECHA EL USO DEL MÉTODO ESTÁTICO PARA ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS POR SISMO.

COEFICIENTES SÍSMICOS (2017)

- C= 0.18 APROX (Zona dura o de lomas).
- C= 0.30 A 0.40 APROX (Zona intermedia o de transición).
- C= 0.55 APROX (Zona blanda o de lago).

Conclusión final

Por lo anterior, sería importante desarrollar los estudios necesarios para establecer los métodos y estrategias que permitan conocer con precisión los edificios patrimoniales de la UNAM a fin de determinar los métodos de refuerzo o rehabilitación frente a la posibilidad de un nuevo evento sísmico.

Sin más por el momento quedamos a sus órdenes.

Elaboró:

Ing. César Urrutia Sánchez DRO-1938





Vista del complejo universitario a mediados del siglo xx.

Septiembre 2017 UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez Secretario Administrativo

Dra. Mónica González Contró Abogada General

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa Secretario de Desarrollo Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo Secretario de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria

Dr. William Henry Lee Alardín
Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Domingo Alberto Vital Díaz Coordinador de Humanidades

Dr. Jorge Volpi Escalante Coordinador de Difusión Cultural

Mtro. Néstor Martínez Cristo
Director General de Comunicación Social

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS Y CONSERVACIÓN

Mtro. Leonardo Bernardo Zeevaert Alcántara Director General

Ing. Antonio Jesús Coyoc Campos † (2016-2017)

Dr. Horacio Olmedo Canchola

Director de Integración de Planeación, Proyectos y Presupuesto

Ing. Fernando Manuel Castillo Molina (2016-2018)
Ing. Pablo Ayala Zamora
Director de Planeación y Evaluación de Obras

Dra. Gemma Luz Sylvia Verduzco Chirino (2016-2017) Mtro. Julio Valencia Navarro Director de Proyectos

Ing. Juan Carlos Fuentes Orrala (2016-2018)
Ing. José Luis Barrera Belman
Director de Construcción

Ing. Mario Alberto Ugalde Salas
Director de Conservación

Lic. Enegua Carranza Mora
Directora de la Unidad de Contratación

Lic. Gabriela Ramírez Rodríguez Jefa de la Unidad Administrativa















































