

CAPÍTULO 4

LÍNEAS VITALES

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las observaciones hechas sobre el comportamiento de líneas vitales durante del sismo de Tehuacán. Se incluyen datos provenientes de informes de las unidades estatales de protección civil de Puebla, Oaxaca, Morelos, Veracruz y México. Se presenta información sobre conducciones de agua y drenaje, gas, energía eléctrica, comunicaciones, ferrocarriles, aeropuertos y hospitales. En este capítulo se ha hecho un apartado especial para las instalaciones hospitalarias ya que pertenecen al grupo de estructuras que deben permanecer en funcionamiento durante y después de la ocurrencia de emergencias, como pueden ser los sismos.

4.2 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DRENAJE

No se informó de daños de consideración. En el estado de Puebla, el suministro de agua potable se interrumpió temporalmente dada la falta de energía eléctrica para la operación de pozos. Este fue el caso de más de 180 pozos que abastecen la ciudad de Puebla y 16 de Tehuacán. En Tehuacán el abastecimiento se mantuvo gracias a los manantiales de Santa Ana Taloxtoc y de Alhuelican. En la ciudad de Puebla se presentaron algunas fugas; dos días después del sismo, el abastecimiento a las 700 colonias de la ciudad se había restablecido casi por completo. Se entregó agua clorada en pipas en San Mateo Ozolco, Acatlán de Osorio y Tepeji de Rodríguez.

En el estado de Oaxaca se informó de fugas en Santiago Ihuitlan Plumas, así como fisuras en depósitos de agua en los municipios de Coixtlahuaca, San Cristóbal Suchixtlahuaca, El Fortín Alto y Cosoltepec. Además, se registraron daños en 3000 m de infraestructura agrícola y en ocho unidades de riego. Siete pequeños bordos y presas de captación exhibieron daño ligero.

En el estado de México se informó de una fuga en el municipio de Nezahualcóyotl.

No se informó de daños en las redes de drenaje.

4.3 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS Y PETRÓLEO

Se tiene conocimiento de fugas en la subestación cercana al CERESO en el municipio de Nezahualcóyotl, México. Asimismo, se atendieron varios casos de fugas en viviendas del municipio de Atlixco, Puebla. En Salina Cruz, Oaxaca se informó de una fuga de petróleo en la colina Vicente Lombardo Toledano, que fue rápidamente controlada.

4.4 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Durante el sismo se interrumpió el suministro de energía eléctrica en la zona afectada. Se restableció en pocas horas.

4.5 COMUNICACIONES

De acuerdo con información proporcionada por Teléfonos de México, S.A. de C.V. (López, 1999) en la zona mayormente afectada por el sismo existen alrededor de 100 edificios que albergan equipo telefónico. Solamente en la ciudad de Puebla y zona conurbada se tienen 40 edificios de varios niveles. Ninguno de los edificios experimentó daño alguno en los elementos estructurales. En pocos casos se registró daño en muros de fachada en forma de agrietamiento vertical en la unión con las columnas y desprendimiento de acabados de mortero.

Es importante destacar que hasta 1994, Teléfonos de México (Telmex) usó, dentro de su programa de rehabilitación y construcción de nuevas centrales, la regionalización sísmica del Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad. A partir de ese año, se ha empleado el Reglamento de Construcciones para el Municipio de Puebla (GCEP, 1994). De acuerdo con la información proporcionada, se han practicado estudios especiales (en concreto, de obtención de espectros de sitio y de medición del período fundamental de vibración del edificio) en algunas centrales que por su tamaño o importancia así lo requieren. Es práctica común la elaboración de estudios de mecánica de suelos en el predio donde se construirá una nueva central. A partir de 1985, y a raíz de las experiencias de los sismos de Michoacán, Telmex ha instalado en la totalidad de sus centrales telefónicas (tanto antiguas como nuevas) estructuras de soporte de los equipos de telefonía. Estas consisten de una retícula construida con perfiles metálicos tipo monten que está sujeta a la losa superior. La retícula arriestra la parte superior de los equipos de manera de limitar sus desplazamientos horizontales. En el sismo de Tehuacán no se registraron daños en equipos.

Durante el sismo de Tehuacán se informó de la lentitud del servicio telefónico. Ésta fue provocada por la saturación de las líneas debido al excesivo número de llamadas inmediatamente después del evento.

4.6 VÍAS DE TRANSPORTE

4.6.1 Carreteras y Puentes

Se informó de algunos deslizamientos de tierras y bloques rocosos en cortes de carreteras y laderas naturales en la zona epicentral, aunque prácticamente todos ellos con un mecanismo relativamente superficial; ello determinó que el volumen de los caídos fuera limitado y no provocaran afectaciones serias al tráfico de vehículos.

Se informó de algunos daños en puentes y pequeños deslaves en carreteras que, incluso bloquearon el tránsito. En el estado de Puebla, se registraron deslaves en los caminos hacia Los Amalitlanes, de Nealtican a San Mateo Ozolco, de Tehuacán a Telixtlahuaca, de Puebla a Tecomatlán, de Tehuiztzingo a Axutla. En la carretera Puebla-Orizaba se informó de un caído de 30 m³ y deslaves en las Cumbres de Acultzingo. Se registraron daños en los puentes México (Cholula), Azumiatla y Ajalpan.

En Oaxaca se registraron deslaves en el camino de Huajuapán de León a Tlaxiaco. Sobre la autopista Cuacnopalan-Tehuacán-Oaxaca se informó de derrumbes en los cadenamientos 100 km y 115 km, a la altura de Miahuatlán y Coixtlahuaca. Se informó de daños ligeros en los puentes Xochiquetzal, Porfirio Díaz, León y Culebra, en el municipio de Coixtlahuaca.

En Tlaxcala, se deslavó parte del cerro Xochitecatitla, que bloqueó la carretera Nativitas-San Martín Texmelucan. En el estado de Morelos se informó de dos deslaves en los municipios de Jonacatepec y Huitzilac, éste último en la carretera federal a Toluca, a la altura del Parque Nacional Lagunas de Zempoala.

En el estado de México se informó de pequeños derrumbes en el camino Coatepec-Ixtapan de la Sal.

4.6.2 Ferrocarriles y Aeropuertos

En el municipio de Chalco, México, se encontraron vías y durmientes desplazados entre 20 y 80 cm, imposibilitando el paso del ferrocarril.

No se informó de daños o consecuencias en la infraestructura aeroportuaria.

4.7 HOSPITALES

En la ciudad de Puebla, se visitaron tres estructuras del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) de las que se había informado sobre daños de diverso tipo: El Hospital de Especialidades San José, el Hospital General San Alejandro y el Hospital de Traumatología y Ortopedia. En la fig. 4.1 se muestra la localización de los hospitales visitados en el mapa geológico de la ciudad de Puebla tomado de Chávez-García et al. (1995). En la ciudad de Tehuacán, se revisó la Unidad Hospitalaria Tehuacán, que había sido registrada con daños.

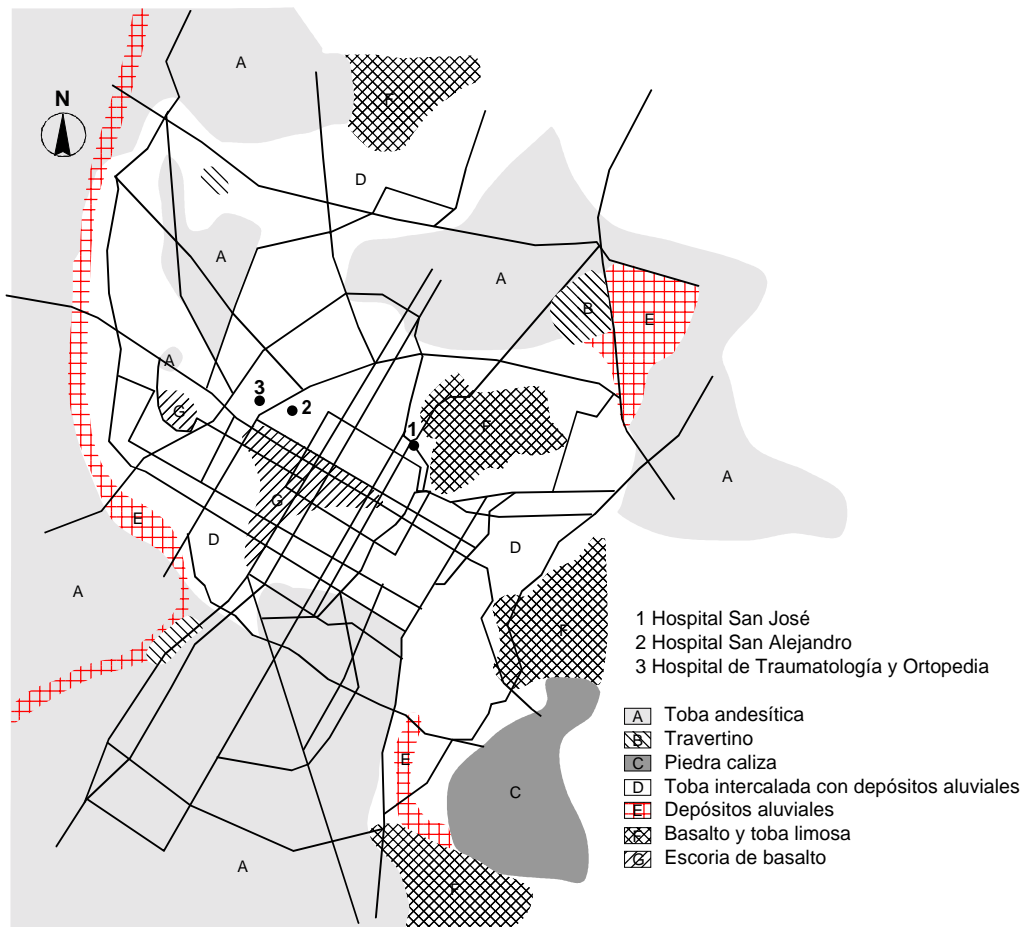


Figura 4.1 - Localización de hospitales visitados en el mapa geológico de Puebla (tomado de Chávez-García et al. 1995)

4.7.1 Hospital de Especialidades San José

Esta edificación se localiza en la calle 18 Oriente, entre las calles 2 y 4 Norte de la ciudad de Puebla. El hospital San José cuenta con 315 camas. Está compuesto por cinco cuerpos de diferente geometría y altura. El daño se concentró en el segundo nivel de la torre de especialidades, de seis niveles sobre el terreno y un sótano, construida hace 41 años (fig. 4.2). Los cuerpos restantes, algunos construidos más recientemente y de menor altura (2 a 3 niveles) sólo presentaron daño en los acabados de fachada. La funcionalidad del hospital no se vio afectada durante ni después del sismo.

La estructura de la torre de especialidades tiene una planta en forma de T constituida por dos cuerpos rectangulares, separados entre sí. Están construidos a base de marcos de concreto rellenos con muros de mampostería y de losas macizas de concreto apoyadas perimetralmente. La altura de entrepiso es de alrededor de 4 m, común en construcciones destinadas a uso hospitalario. Las columnas de concreto de la torre cambian sus dimensiones, en la dirección corta del edificio, en cada nivel. En el sótano, planta baja y primer nivel se tienen columnas de 80x40 cm, en el segundo de 65x40 cm, en el tercero de 60x40 cm, en el cuarto de 35x40 cm, y en el quinto y sexto de 30x40 cm. En la fig. 4.3 se presenta el aspecto de una de las columnas del segundo nivel a la cual se le había retirado el recubrimiento de azulejo después del sismo. Se puede observar que no existe daño estructural en este elemento. Esta observación se repitió en otros elementos.



Figuras 4.2 y 4.3 - Vista general del Hospital San José y columna de segundo nivel, sin recubrimiento

Los daños que se observaron en el hospital San José corresponden a la categoría de no estructurales. De acuerdo con las autoridades del hospital, no se registraron daños en instalaciones. Se presentaron grietas inclinadas en muros divisorios de mampostería, en la dirección corta de la torre (fig. 4.4), asociadas a la diferencia de rigideces entre los elementos estructurales (columnas y losas) y los no estructurales, así como al acoplamiento de dichos muros a la estructura.

También se presentó agrietamiento en muros aparentemente de mampostería próximos a la zona de la junta constructiva que existe entre los dos cuerpos de la torre (fig. 4.5). Estas grietas pudieron ser producto del roce y golpeteo entre ambos cuerpos durante el movimiento, al no existir una separación suficiente. La separación de cuerpos en la junta, medida a nivel de azotea, fue de 8 cm; sin embargo, se apreció que la misma se encuentra rellena con pedacería de madera y otros materiales. Los sistemas de piso, al nivel de la junta constructiva, también mostraron signos de agrietamiento y aplastamiento. En la fig. 4.6 aparece un

detalle del aplastamiento y desconchamiento del recubrimiento de cantera de la fachada ocurrido entre la torre de especialidades y un cuerpo alargado anexo de dos niveles.



Figuras 4.4 y 4.5 - Agrietamiento en muros divisorios y muros de la junta constructiva entre cuerpos

De la inspección realizada, no se encontró comprometida la estabilidad de la estructura. Sólo es necesaria la rehabilitación de los muros no estructurales de los marcos de concreto. Para evitar el daño en la junta constructiva, e incluso el golpeteo entre cuerpos de la torre, se recomienda limpiarla. Se debe evaluar la conveniencia de ampliar la junta; para ello es necesario determinar los desplazamientos laterales máximos para los sismos de diseño.



Figura 4.6 - Aplastamiento y desconchamiento de la fachada por golpeteo entre cuerpos

4.7.2 Hospital General San Alejandro

Este conjunto se localiza en el número 2721 de la calle 10 Poniente, en la colonia San Alejandro de la ciudad de Puebla. Tiene 23 años de antigüedad y está formado por tres cuerpos de los cuales destaca una torre de nueve niveles sobre el terreno (fig. 4.7).



Figura 4.7 - Vista general de la torre del Hospital San Alejandro

En la fig. 4.8 se muestra una planta de conjunto del Hospital San Alejandro. Los edificios A y C fueron evacuados debido a los daños estructurales y no estructurales observados. La torre (edificio B) permaneció funcionando. De acuerdo con un mapa geológico de la ciudad de Puebla, publicado por Chávez-García et al. (1995), el hospital se encuentra desplantado sobre tobas con depósitos aluviales (fig. 4.1).

La cimentación de la torre (edificio B) está constituida por un cajón y pilas circulares de concreto reforzado. El cajón de cimentación tiene una losa de 30 cm de espesor y contratrabes de 1.8 m de peralte. Las pilas perimetrales tienen 1.7 m de diámetro, mientras que las interiores tienen 1.3 m de diámetro. Todas ellas tienen 17 m de longitud apoyándose en la capa dura que se encuentra bajo un estrato de arcillas y limos de alta compresibilidad. Esta información fue proporcionada por el ingeniero consultor en mecánica de suelos del proyecto inicial, quien se encontraba en el lugar al momento de la visita. También señaló que en la calle 11 Sur, a unos 200 m al sur del Hospital San Alejandro se encuentra un brote de agua azufrosa.

Tanto los edificios bajos como la torre están estructurados a base de marcos y losas aligeradas (encasetonadas) de concreto reforzado apoyadas perimetralmente en los marcos. En el edificio C y en la torre los claros son de 7.2 m en ambas direcciones; en el cuerpo A son de 9.0 m. Hasta donde se logró apreciar en una cala practicada, el refuerzo longitudinal de las columnas está proporcionado por paquetes de dos barras del no. 10 en las cuatro esquinas y el refuerzo transversal mediante estribos cerrados del no. 4 con una separación de 10 cm. Se detectaron tres geometrías diferentes de columnas. Las de la torre son rectangulares de 95x45 cm; en los cuerpos restantes, las perimetrales son de 60x35 cm, mientras que las interiores son de sección cuadrada de 45 cm de lado. Los edificios cuentan con acabados de azulejo y aplanados de mortero en muros. Los plafones de techo son de metal desplegado entre 2 y 5 cm de espesor.

Según el encargado de los trabajos de rehabilitación en el momento de la visita, el sismo provocó fugas de agua potable en tuberías de cobre en alrededor de seis puntos del edificio, concentrados en los pisos superiores y azotea.

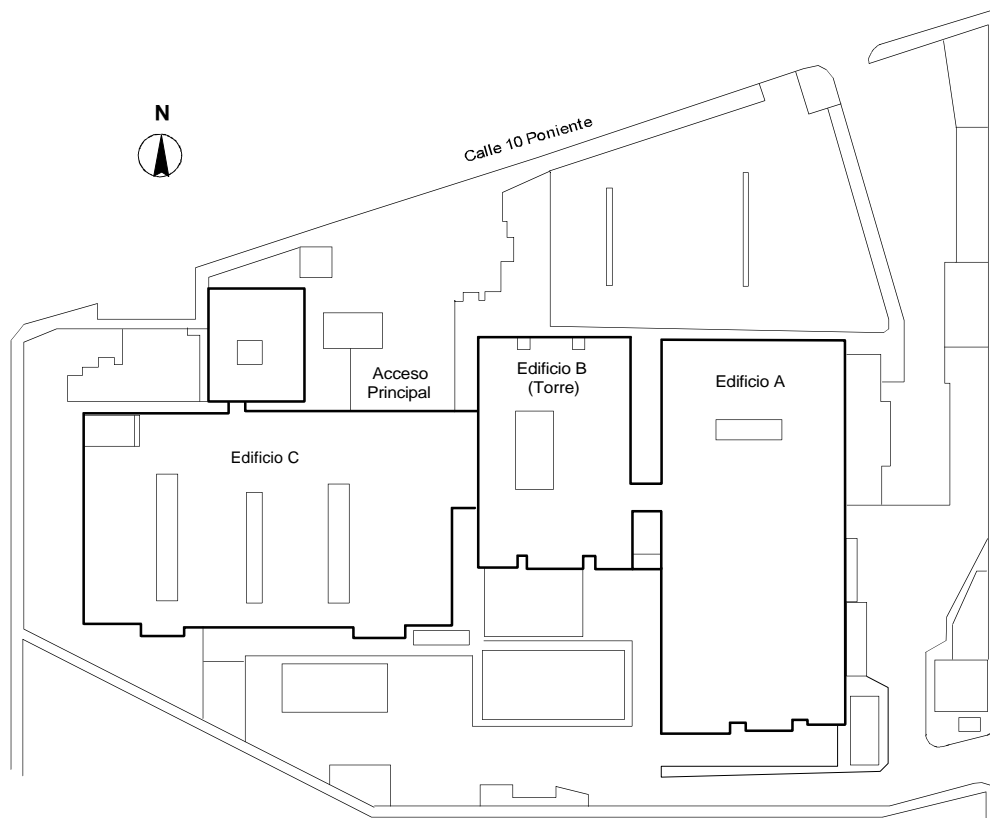


Figura 4.8 - Planta de conjunto del Hospital San Alejandro

El golpeteo entre cuerpos independientes causó el agrietamiento y aplastamiento de las regiones vecinas a las juntas constructivas (fig. 4.9). Sin embargo, el daño parece haberse agravado por la existencia previa de asentamientos relativos entre los diferentes cuerpos del hospital.



Figura 4.9 - Aplastamiento en juntas constructivas

Algunas de las columnas del primer nivel del edificio C presentaron agrietamientos inclinados, aunque sólo en las caras paralelas a la dirección larga del edificio (fig. 4.10). En la columna de la fig. 4.10 se midieron grietas de 0.5 mm a 1.5 mm de anchura. Las columnas que presentaron daño en la primera planta se destacan en la fig. 4.11. Como se aprecia en dicha figura, las columnas dañadas se concentran en los extremos norte y sur del edificio. Dichas columnas están conectadas rígidamente a dos vigas acarteladas en la dirección larga con claros diferentes. La diferencia de claros de las vigas que se conectan a la columna provoca un cortante en la columna necesario para mantener el equilibrio. Se especula que este cortante más la fuerza inducida por el sismo produjo el agrietamiento en la columna, mismo que se observó en la dirección del cortante referido por carga vertical.



Figura 4.10 - Agrietamiento inclinado en columnas del primer nivel del edificio C

Las columnas del edificio C estaban confinadas, en la dirección larga, por muros de mampostería en toda su altura. Este arriostramiento rigidizó a las columnas, de modo que atrajeron una mayor cantidad de fuerza cortante en el intervalo elástico que fue de tal magnitud que provocó el agrietamiento inclinado del concreto de la columna. En una columna en particular, hacia el extremo sur de dicho edificio, fue evidente que uno de los muros no estaba en contacto con ella mientras que el del lado opuesto sí lo estaba. En este caso, el agrietamiento inclinado se orientó de manera de sugerir la formación de un puntal de compresión dentro de la columna hacia el muro en contacto. Este agrietamiento no se formó en la otra dirección, ya que al estar separado el muro de la columna, ésta pudo deformarse lateralmente sin aumentar la rigidez a corte y flexión.

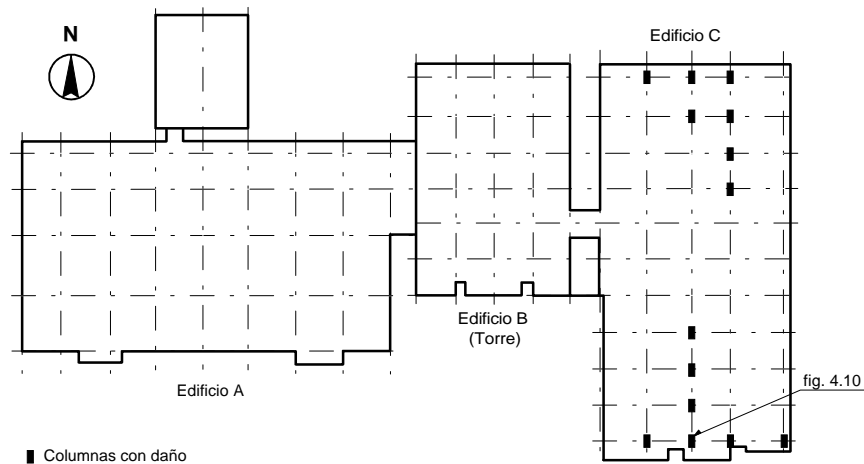


Figura 4.11 - Localización de las columnas con daño por corte en el primer nivel

El tipo y magnitud de los daños observados en el edificio C llaman la atención si se relacionan con la moderada intensidad del sismo de Tehuacán. Los agrietamientos en la estructura, específicamente los inclinados asociados a corte no debieron presentarse. Sin embargo, por las condiciones del subsuelo, no se puede descartar la posibilidad de efectos de sitio. Resulta conveniente revisar el diseño de la estructura original y proponer un esquema de rehabilitación integral que considere no sólo la resistencia del edificio (ausencia de colapso) sino también que establezca como objetivo de desempeño la permanencia de funcionalidad del hospital, incluyendo contenido e instalaciones. En este ejercicio se debe evaluar la posible influencia del suelo en la respuesta de la estructura.

En el recorrido, también se observaron ligeros daños en muros divisorios y en acabados (fig. 4.12). La cimentación de uno de los cuerpos fue inspeccionada y no presentó daño alguno.



Figura 4.12 - Daño en elementos no estructurales

4.7.3 Hospital de Traumatología y Ortopedia

Este inmueble se encuentra sobre la calle de Diagonal Defensores de la República esquina 6 Poniente, al norte del centro de la ciudad de Puebla. Fue construido hace 12 años, iniciando su operación hace 10. Se encontró desocupado por el daño observado a raíz del sismo de Tehuacán (fig. 4.13). El inmueble está compuesto por cinco cuerpos de uno a cinco niveles, comunicados por pasillos y puentes, con alrededor de 10500 m² de construcción total. Todos los cuerpos son de planta aproximadamente rectangular.



Figura 4.13 - Vista general del Hospital de Traumatología y Ortopedia

De acuerdo con información proporcionada por el ingeniero responsable del mantenimiento, los edificios se encuentran cimentados sobre pilotes de 30 m de profundidad. Por su cercanía al Hospital San Alejandro, es probable que el término pilotes empleado corresponda a pilas; no se pudo verificar la información proporcionada. En uno de los cuerpos existe un sótano ubicado alrededor de 2 m bajo el nivel de calle. La estructuración de los diferentes edificios está resuelta mediante marcos de concreto con muros de relleno. El sistema de piso es de losas aligeradas de concreto reforzado apoyadas perimetralmente. Los acabados son, en la mayoría de los muros, de azulejo de cerámica del tipo denominado *cintilla*, o bien, aplanados de yeso. Las losas están ocultas mediante plafones de tablaroca.

Los daños observados durante la visita fueron del tipo no estructural. Sin embargo, las autoridades del hospital consideraron que la dispersión y tipo de daño afectaban el funcionamiento del mismo y decidieron evacuar a los pacientes, así como al personal médico y administrativo. Se informó de la ruptura de tuberías rígidas de agua potable en cuatro puntos de la instalación.

En la fig. 4.14 se muestra un detalle del daño que fue comúnmente observado en un muro divisorio acoplado a la estructura principal. Este daño se debe a demandas de deformación excesivas para este tipo de elementos y materiales. En algunos casos, el daño se pudo asociar con fallas constructivas o de diseño. En la fig. 4.15 se muestra un detalle del anclaje de la dala intermedia de un muro de mampostería al castillo que lo confina. Se observó que el gancho del refuerzo longitudinal de la dala no está dentro del armado del castillo sino que se interrumpe en su paño interior, lo que provoca que la dala se separe del castillo.



Figura 4.14 - Daño en muros divisorios de mampostería confinada



Figura 4.15 - Detalle de anclaje inadecuado en un muro divisorio de mampostería confinada

Otras zonas dañadas fueron el cubo de escaleras (fig. 4.16) y los quirófanos (fig. 4.17). En estos últimos, el escaso recubrimiento y la reducida separación entre elementos divisorios y estructurales fueron la causa más probable del fisuramiento y desconchamiento. Una de las mesas de cirugía, de unos 300 kg de peso, se volcó en uno de los quirófanos (fig. 4.18). Esto puede ser evidencia de las elevadas demandas de velocidad de deformación a las que se vio sometido el edificio. Afortunadamente, no se registraron víctimas.



Figuras 4.16 y 4.17 - Daño no estructural en cubo de escaleras y zona de quirófanos

La estabilidad del hospital está garantizada. Los daños observados no la comprometen y se limitan a los elementos divisorios no estructurales.



Figura 4.18 - Volcamiento de una mesa de cirugía

4.7.4 Unidad Hospitalaria Tehuacán

Este edificio aparentemente de marcos de concreto con muros diafragma de mampostería de cuatro niveles se encuentra localizado en la calle de Reforma Norte. Su fachada está compuesta prácticamente por cancelería y en los lados restantes muros de mampostería con ventanas. En este edificio se observó agrietamiento inclinado en uno de los muros de tercer nivel (fig. 4.19). No presentaba mayor daño y su funcionamiento parecía normal.

No se considera que la estabilidad del edificio se encuentre en peligro y se recomienda realizar las reparaciones necesarias.



Figura 4.19 - Agrietamiento en muros de mampostería

4.7.5 Conclusiones

A pesar de que la estabilidad de los hospitales visitados no se encuentra comprometida, fueron evidentes daños en algunos elementos estructurales y en elementos no estructurales así como en instalaciones. Es importante recordar que los hospitales pertenecen a la categoría de edificaciones que deben permanecer funcionales ante emergencias urbanas como son los sismos. De este modo, ante sismos moderados e intensos, el hospital (que incluye estructura, contenido y equipamiento) no debe presentar daños que impidan su funcionamiento y, obviamente, la atención de víctimas. Resulta controversial el hecho de que se haga necesario el desalojo de una instalación hospitalaria por daños no estructurales. Este suceso, así como los daños señalados, deben ser tomados como un foco de atención para iniciar una revisión integral del desempeño ante demandas últimas y de servicio, tanto de la estructura, como de su contenido e instalaciones de los hospitales localizados en zonas sísmicas de nuestro país. Resulta curioso notar que, de los cuatro hospitales visitados, el más antiguo experimentó daños mínimos de tipo, incluso, cosmético. Fue este hospital, el San José, el que recibió a los pacientes y personal de otra instalación evacuada, más moderna.