

## Integrando Conceptos de Mitigación de Riesgo Sísmico en la Planificación de los Asentamientos Humanos



Arq. Ignacio Armillas  
Asesor Técnico Principal del Proyecto:  
"Planeación para la Revitalización del Centro Histórico de la Ciudad de México en el Contexto de la Mitigación del Riesgo Sísmico"

### 1. LA PLANIFICACIÓN URBANA Y MITIGACIÓN DE DESASTRES.

La planificación de los asentamientos humanos es un proceso que incorpora el análisis ponderado de los factores que actúan sobre el desarrollo del medio físico y el bienestar de la sociedad, con el fin de sintetizar políticas, programas y acciones específicas para guiar y gestionar el desarrollo de los mismos.

A principios de siglo la planificación era primordialmente, un ejercicio arquitectónico, no muy distante en concepto a la vieja escuela de "Beaux-arts". La planificación era pues más bien diseño urbano, donde se consideraban factores físicos y el propósito era el construir un medio ambiente más ordenado y atractivo. En la década de los 30 se empezaron a integrar estudios de índole social y económica al proceso de la investigación urbana. Estos factores quedaron plenamente incorporados al proceso de la planificación en las décadas de los 40 y 50. Finalmente, durante la década de los 60 y en particular la de los 70 se sumó la preocupación del medio ambiente a los factores considerados en el proceso de la planificación de los asentamientos humanos.

A pesar de que la planificación urbana y regional ha ampliado notablemente su esfera de interés y acción, aún hoy, rara vez se tienen en cuenta directa e integralmente factores relacionados con la mitigación y protección de los desastres naturales e industriales. Es verdad que en algunas ciudades ribereñas se excluyen del desarrollo ciertas tierras propensas a inundaciones, y en general ciertas industrias tóxicas o peligrosas son vedadas de áreas residenciales. Sin embargo, existe la tendencia a considerar siniestros causados por desastres naturales como anomalías inevitables, cuando en realidad son, en medida considerable, testimonio de una planificación deficiente que ha hecho caso omiso de la vulnerabilidad a los desastres.

Este hecho resulta sorprendente si se tiene en cuenta que la mitigación y protección de desastres, como objetivo, encuadran totalmente dentro de los propósitos de la planificación del desarrollo de los asentamientos humanos. Lo que es más, la planificación y gestión del desarrollo de los asentamientos humanos emprendida, sin tomar debidamente en cuenta, el potencial de peligro proveniente de desastres naturales e industriales puede exacerbar el impacto al multiplicar el riesgo, puesto que, el crecimiento de urbes y la densificación de población en ellas, concentra los elementos en riesgo (seres humanos y bienes materiales), elevando considerablemente el nivel del mismo.

La planificación de los asentamientos humanos influye en la distribución de bienes y servicios, y en detalle llegar a proponer alteraciones a la topografía, la construcción y mantenimiento de obras públicas, la disponibilidad de áreas residenciales e industriales, la ubicación de sistemas de comunicaciones y transporte, etc. Estos y otros factores no sólo inciden directamente en la vulnerabilidad a los desastres naturales e industriales, sino que pueden tener también consecuencias indirectas no menos importantes. Esto ilustra claramente la importancia de la coordinación a través del espacio y el tiempo de los sectores que integran el desarrollo de asentamientos humanos con los factores que pueden conllevar a mitigar el riesgo de desastres naturales.

La planificación de los asentamientos humanos y la planificación para la mitigación, prevención y protección en materia de desastres deben integrarse en un solo proceso si se quieren lograr resultados óptimos. La mitigación de los desastres se logrará por medio de adaptaciones apropiadas a los factores causales, así como, con medida para contrarrestar las condiciones de vulnerabilidad acumuladas.

Por adaptaciones apropiadas se entiende, en lo

referente a sismos, no solamente, la formulación e implementación después de un siniestro; la adaptación debe reflejarse conceptualmente desde la morfología general de la zona metropolitana y las características del tejido urbano, hasta en las especificaciones de los sistemas esenciales de vida como son el agua y distribución de alimentos. Como ilustración del concepto de adaptación en la planificación a situaciones adversas tenemos el caso de ciudades localizadas en latitudes donde los extremos de frío y nieve influyen directamente en todo aspecto de su desarrollo físico.

Claro está que la reducción de riesgo tiene costos económicos, sociales y políticos asociados con ella. El planificador urbano, como técnico, no puede y no debe adjudicarse el papel de decisión sobre qué niveles de riesgo son deseables o aceptables para la sociedad, pero sí puede y debe asesorar sobre cómo lograr reducir el riesgo a niveles de predeterminados y cuáles son los costos asociados con dicha reducción. Es decir, deberíamos poder estimar niveles de pérdida en términos de vida humana, bienes y productividad para eventos sísmicos de cierta periodicidad; proponer alternativas para reducir las pérdidas esperadas; y, determinar el costo de implementar las medidas de mitigación propuestas. Desafortunadamente, escasean metodologías que nos guíen en esta labor.

A raíz de los sismos de septiembre de 1985 en México se inició un proyecto que tiene como objetivo el establecer las bases empíricas y metodológicas para incorporar los conceptos de peligro, vulnerabilidad y riesgo sísmico en el proceso de la planificación del desarrollo urbano. El proyecto tomó como objeto de estudio la revitalización del Centro Histórico de la Ciudad de México. En este trabajo se partió de una evaluación del peligro sísmico existente en la Cuenca de México basada en estudios geológicos, sismológicos e históricos; se analizó la vulnerabilidad física del Centro Histórico; y, se determinaron niveles de riesgo sísmico para esta área. Los resultados se están aplicando en la preparación de un plan de revitalización de una sección del Centro Histórico. En este papel se presentan, a grandes rasgos, los resultados de este trabajo, dentro del contexto físico y el desarrollo de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

## 2. LA CUENCA DE MEXICO

### 2.1. Morfología y formación de la Cuenca de México.

La zona metropolitana de la Ciudad de México, una de las concentraciones de población mayores en el mundo, ocupa parte de la llanura lacustre de la cuenca endorreica comúnmente conocida como el Valle de México. Esta cuenca está totalmente rodeada de altas montañas que impiden el drenaje natural de sus aguas hacia otros sistemas hidrográficos.

La Cuenca de México es parte del Eje neovolcánico Trans-mexicano, el cual es de formación reciente y atraviesa el país desde el Océano Pacífico al Golfo de México, a lo largo del paralelo 19 Norte, es decir en la parte centro sur del país. Esta cuenca es de fondo casi totalmente plano, formado por relleno de

depósitos aluviales y lacustres, interrumpido ocasionalmente por algún peñón o cono volcánico. Su forma es la de un rectángulo irregular inclinado en dirección noreste-sureste. Sus dimensiones son 120 kilómetros de Norte a Sur y 80 kilómetros de Este a Oeste, lo que representa una superficie total de 9 600 kilómetros cuadrados. Del área total, el 40 por ciento es llano y el resto es accidentado a causa de los lomeríos y vertientes de las montañas circundantes. La elevación promedio del llano es de aproximadamente 2250 metros sobre el nivel del mar. Las alturas que delimitan la cuenca se cubren de bosques hasta los 4000 msnm y de nieve y glaciares más allá de los 4800 msnm. Al norte las elevaciones no llegan a los 3000 msnm pero, por contraste, algunos picos en las montañas del sur sobrepasan de los 5000 msnm. La estructura geológica de esta cuenca es producto y causa de su naturaleza sísmica. Su formación original remonta al paleoceno, es decir entre 65 y 37 millones de años. Durante este período, después de haberse plegado los depósitos del cretácico y emergido la masa continental, se inició el intenso vulcanismo característico del período terciario. Este proceso dió lugar a la formación de las masivas cordilleras de Norte América, entre ellas la del Eje Neovolcánico Transmexicano. Dentro de esta zona montañosa se formó un valle o sistema de valles en lo que es hoy la Cuenca de México, y cuyo sistema hidrográfico drenada al sur hacia el actual valle de Morelos.

El período de vulcanismo del terciario fue seguido por un largo período, durante el plioceno superior, caracterizado por erosión y formación de abanicos aluviales, un proceso que continuó hasta el pleistoceno inferior. El material acarreado por la erosión estaba constituido por arenas y arcillas, formando los depósitos conocidos localmente como los Depósitos de Tarango.

Dado el hecho que la Cuenca de México se encuentra situada directamente sobre la zona donde la placa de subducción entra en fusión, el fenómeno de actividad volcánica ha continuado intermitentemente a través del tiempo. Hace aproximadamente un millón de años, ya entrado el período cuaternario, la efusión de lavas formó la Sierra de Chichinautzin cerrando la parte sur del valle. Esto represó los ríos y transformó el valle en una cuenca de fondo lacustre. Al mismo tiempo, la actividad volcánica depositó de ceniza que se transformó en una arcilla lacustre conocida como Arcilla Tacubaya. Surgiendo de los lomeríos circundantes, seguían extendiéndose abanicos aluviales compuestos principalmente de arenas.

Con el paso de los milenios, sobre las capas de arcillas y arenas, los materiales acarreados por el agua, la deyección de ceniza y lava volcánicas, y los restos de la vegetación calcinada fueron rellenando la cuenca, formando los llamados Estratos de Becerra. Los procesos brevemente expuestos anteriormente resultaron en la formación de una serie de capas irregulares de diversos espesores y densidades, y por lo tanto de distinta respuesta sísmica. En el extremo sur de la cuenca, el total de los depósitos tiene un espesor de 800 metros. Los depósitos superficiales, espesor de hasta 50 metros de profundidad.

A su vez, el peso de estos depósitos ha causado

un lento asentamiento de la cuenca produciendo fracturamientos tensionales en las capas profundas debajo del material de relleno. Aunque estas fallas son inferidas, puesto que se han producido en las capas profundas, el comportamiento sísmico de la cuenca acusa su existencia.

Esta breve descripción de la historia y morfología de la Cuenca de México ayuda a entender cómo la complejidad de la formación geológica del subsuelo crea condiciones de alto peligro sísmico en la cuenca. Debido a las formaciones subterráneas y diversidad de densidades de la multiplicidad y variedad de las capas profundas, el comportamiento sísmico de la cuenca acusa su existencia.

Esta breve descripción de la historia y morfología de la Cuenca de México ayuda a entender cómo la complejidad de la formación geológica del subsuelo crea condiciones de alto peligro sísmico en la cuenca. Debido a las formaciones subterráneas y diversidad de densidades de la multiplicidad y variedad de las capas que conforman el relleno, las ondas sísmicas que llegan a la cuenca son sujetas a ampliación y resonancia, de allí que el comportamiento de la superficie exhiba tal variación de un lugar a otro.

### 2.2. Ecología

Paradójicamente, los mismos factores que formaron el complejo subsuelo de esta cuenca conllevaron a crear, en la superficie, un rico medio ambiente de clima estable y moderado, pues la altura compensa por la latitud. Debido a la topografía endorreica, el fondo de la cuenca se cubrió de lagos poco profundos, con riberas de tierra fértil de origen volcánico, elevándose hacia las montañas circundantes. La misma topografía crea condiciones de precipitación muy variadas dentro de la propia cuenca, acentuando así la gran variedad de ecosistemas. La variedad y la riqueza del medio físico propiciaron la existencia de poblaciones sedentarias remontando ocho mil años y el desarrollo de civilizaciones emergieron ciudades de considerable complejidad y dimensión. Entre las principales ciudades que surgieron en esta cuenca antes de el encuentro con el mundo europeo merecen mención por lo menos tres: Cuicuilco (500 - 200 a. C.) que fue la más temprana de estas ciudades, Teotihuacan (100 a.C. - 700 d. C.) que fue la más imponente, y Tenochtitlan (1325 - 1521<sup>o</sup>, la antecesora de la actual Ciudad de México.

## 3. LA CIUDAD DE MEXICO

### 3.1. Orígenes y evolución

Históricamente, se considera que, la Ciudad de México fue fundada por los Mexica (también conocidos como Aztecas) en 1325, bajo el nombre de Tenochtitlan. En un principio esta ciudad compartió unos islotes naturales dentro del Lago de Texcoco que legendariamente provinieron del norte, se establecieron en el seno de los señoríos que ocupaban los fértiles llanos que bordeaban el sistema de lagos en la Cuenca de México. Las capitales de estos señoríos eran herederos de civilizaciones con raíces milenarias. Como se ha mencionado ya habían florecido grandes ciudades en esta

parte del mundo

El desarrollo de Tenochtitlan fue una función directa del crecimiento del Imperio Azteca, un impeno joven y en proceso de expansión en la época de la llegada de los europeos. Sin embargo, para principios del siglo XVI Tenochtitlan era una urbe con más de 200.000 habitantes, ordenada sobre una cuadrícula, fundada sobre unos pequeños islotes y construida en su mayor parte sobre islas artificiales. La urbe estaba conectada a las riberas del lago por anchas calzadas de varios kilómetros de longitud. Era una ciudad limpia, abastecida de agua dulce por medio de acueductos procedentes de manantiales en las montañas circundantes. Su mercado, o más bien el mercado de la ciudad de Tlatelolco que físicamente ya formaba parte integral de la Capital Azteca, atraía a más de 60.000 personas diariamente. Este mercado sorprendió a los españoles por sus dimensiones, orden y variedad de productos en venta.

En 1522, habiendo consolidado la derrota del Imperio Azteca, Hernán Cortés, Capitán de los conquistadores, encomendó a su agrimensor y geómetra, Alonso García Bravo, el trazado de la nueva capital. Esta ciudad sería construida sobre las ruinas de la Gran Tenochtitlan. La traza resultó un cuadrángulo ligeramente trapezoidal en su lado norte, de unas 185 hectáreas, conteniendo unas cien manzanas en su mayoría rectangulares (18 calles de norte a sur y siete de este a oeste). Dentro de este trazado habían siete plazas.

Varios capitanes habían aconsejado edificar la capital de la Nueva España en tierra firme, en poblados existentes como eran Tacuba, Tacubaya o Coyoacán. Este último fue el lugar donde los españoles fundaron el primer municipio en el Valle de México y donde se establecieron hasta que la nueva ciudad capital fuese habitable y en el que tuvieron después sus aposentos de descanso. Razones religiosas, militares y políticas adujo e impuso Cortés sobre los más prácticos y quizá, —visto a la distancia— más sensatos consejos, de sus capitanes, para decidir construir la nueva ciudad sobre los restos de la Gran Tenochtitlan. Quedó, así, marcado el destino, de la ciudad cabecera de la Nueva España, hoy capital de la República Mexicana.

La Conquista transformó la Capital Azteca estéticamente, pues los templos y palacios de ésta fueron destruidos y reemplazados por iglesias y edificios de otro estilo y técnica constructiva. Sin embargo, la traza de Tenochtitlan se mantuvo casi intacta. Si bien los canales eventualmente fueron transformados en calles, los alineamientos en casi toda instancia fueron mantenidos. La Plaza Mayor se mantuvo en el mismo sitio; la Catedral se construyó donde estaba el Templo Mayor de Tenochtitlan, el Palacio de Gobierno sobre el Palacio del Emperador Azteca y las zonas residenciales, se mantuvieron como tales. Los capitanes y demás personajes influyentes tuvieron solares y casas en el perímetro de la Plaza Mayor, a los soldados se les concedieron otros lotes preferentes y los indígenas quedaron fuera de la traza, tanto por el temor a levantamientos como, por prejuicios sociales. De este modo el polo urbano indígena se situó en Tlatelolco.

En términos de las funciones políticas, culturales

y económicas hubo, aun, menos cambio, más bien, la función de capital se consolidó al establecerse el Virreinato que gobernaba territorios más amplios que los del Imperio Azteca, y que se vinculaba directamente con el viejo Mundo. La función de sede del poder quedó ratificada cuando por cédula de Carlos V se crea el 15 de octubre de 1522 el Ayuntamiento de México, que habría de proyectar su influencia en todo el territorio conquistado y colonizado y sería sede del poder en la Nueva España.

En 1535 se estableció, en la ya capital de la Nueva España, la Casa de Moneda; en 1539 la imprenta; y en 1551, la Universidad. Para ese entonces existía ya el Palacio del Arzobispado, dos colegios, un hospital y al menos cuatro templos y conventos, amén de numerosas casas-fortaleza. Es de notar que a pesar de la cantidad de obras nuevas, la Ciudad de México todavía no perdía el carácter de ciudad eminentemente lacustre en la que permanecen, aunque no integras, algunas de las extraordinarias obras hidráulicas de la época mexicana.

En el curso del siglo XVI el italiano Tomaso Porcacchi da Castiglione describió la Ciudad de México de la siguiente manera:

*"En este gran lago salado, pues, está fundada la ciudad de Temistitan; no en el centro, sino a una milla, en la parte más cercana a tierra firme.*

*Esta ciudad abarca un círculo de alrededor de tres leguas, lo que sería poco menos de doce millas; tiene cuatro entradas por caminos hechos a mano de piedra y tierra, que atraviesan el lago y que viniendo de tierra firme llegan al centro de la ciudad; otros, el más corto, está a una milla; por éste llega a tierra firme un arroyo de agua dulce, de cinco pies de altura, buena para beber; vierte sus aguas en el centro de la ciudad.*

*Las calles, bellas y largas, las principales particularmente están trazadas a cordel. De éstas, unas son de tierra y ladrillos y otras de agua. Por los canales, al igual que en Venecia, en hermosas góndolas, o canoas que son barcas ahuecadas hechas de un solo madero, viajan los vecinos para su solaz. De una calle a otra, que todas tienen su salida, están puestas algunas vigas anchas, grandes y recias, y bien labradas que sirven de puentes, de modo que pueden cruzar por ellas diez hombres de a caballo juntos a la par".*

Exceptuando el Palacio nacional, que fue reconstruido entre 1693 y 1697, nada queda de la arquitectura civil de los siglos XVI y XVII, pues la ciudad vivió una época de gran auge arquitectónico durante el siglo XVIII. Las edificaciones de esta época mostraban solidez y adaptación a las condiciones prevalentes, es decir, a la naturaleza sísmica y cenagosa del Valle de México. Casi todos los edificios eran de cal y canto, y dominaba esa cromática tan particular a esta ciudad, el tezontle rojo (piedra volcánica muy liviana y fuerte) y el gris claro de sus jambas y dinteles. A pesar de la extensa renovación de la ciudad, la traza rectilínea de García Bravo se mantuvo sin modificación.

El fraile Francisco Ajoltrín describió la Ciudad de México a fines del siglo XVIII de la siguiente

manera:

*"Se miran vistosamente repartidas sus calles, que cruzan con la mayor igualdad y rectitud de oriente a poniente y de norte a sur, formando las encrucijadas ángulos perfectos, y aunque el terreno es por lo seguro y pantanoso, por estar encima de la laguna, ha corregido la industria y el arte lo que por naturaleza la hiciera inhabitable por la misma humedad y ninguna firmeza de su suelo. Para evitar la humedad hay en muchas partes norias muy ligeras que sacan el agua a la calle de unas pequeñas albercas, donde se recoge. Estas norias las hay en el convento general de San Francisco, en San Agustín, en la Merced, en los Jesuitas, en los conventos de Santa Clara, de Valvanera y otros, con que se remedia en gran parte este daño.*

*Los edificios son de una piedra sumamente porosa y ligera, pero dura y permanente, que llaman tezontle. Sacan esta piedra de unas rocas, que sin duda han sido de volcán de fuego, por su figura y por lo adusto y requerido de las piedras; las he visto aún más ligeras que la madera más débil, bien que no todas son igualmente débiles y ligeras. La providencia del Señor ha puesto este género de piedras donde tanto se necesita. Y no obstante se van sepultando insensiblemente en algunos barnos de la ciudad sus casas y edificios. La iglesia de la Casa Profesa de los Jesuitas, la de San Fernando, de Misioneros Franciscanos, y otras, lo están publicando. He visto casas en la calle de Tacuba, frente a Santa Clara, sepultada casi enteramente la primera vivienda".*

Unas décadas más adelante, en los primeros años del siglo XIX, el naturalista Alejandro Humboldt visitó esta ciudad y escribió con referencia específica a los materiales utilizados para la construcción:

*"México debe contarse, sin duda alguna entre las más hermosas ciudades que los europeos han fundado en ambos hemisferios ... La arquitectura, en general, es de un estilo de bellissimo orden ... Dos clases de piedras de cantería, es de saber, la amigdaloidal porosa llamada tezontle y, sobre todo, un pórfido con base de leldespatio vídrioso y con cuarzo, dan a las construcciones mexicanas cierto viso de solidez y aun magnificencia".*

La extensión original de Tenochtitlan no fue sobrepasada hasta mediados del siglo pasado, es decir que casi todo el desarrollo urbano fue contenido en esta área, concentrando las riquezas arquitectónicas y urbanas en lo que hoy se denomina el Centro Histórico de la ciudad.

La Ciudad de México no habría de perder este carácter hasta principios del siglo XX.

### 3.2 Riesgo de desastres naturales.

En relación a desastres naturales, los mexicanos habían resuelto los dos problemas principales inherentes en un asentamiento lacustre: el control de las aguas de los lagos para evitar las inundaciones y el suministro de agua potable. El peligro de inundaciones provenía del lago de Texcoco que recibía las corrientes de los ríos

del Este y del oeste así como las aguas de los lagos del norte. Por esta causa se halla la ciudad amenazada por una general inundación, pues como toda el agua que cae en 60 leguas de circunferencia, con la que están en continuo arrojando los dos volcanes o sierras nevadas, sea su natural depósito la llanura donde está fundada la ciudad, por ser lo más bajo de todo este gran valle y no tener desagüe por ninguna parte, impidiéndolo las sierras que la circundan, vienen a crecer tanto las lagunas, que se entran por la ciudad, o al menos impiden el desagüe de lo que llueve en su caso; como sucedió el año de 1629, que duró la inundación hasta el de 1633, en cuyo tiempo estuvo toda la ciudad anegada, de suerte que se andaba en canoas por todas partes ..."

Los problemas de inundación y abasto de agua persisten hasta el presente. Si bien el problema de las inundaciones se ha llegado a controlar por medio de una variedad de obras, siendo la más reciente el impresionante sistema de drenaje profundo completado en la década de los años 70, el problema de abasto de agua se agudiza más cada día debido al crecimiento poblacional. Esto a pesar de las grandes obras ya realizadas para abastecer a la ciudad desde valles adyacentes.

El otro peligro siempre inminente en la cuenca lo constituyen, por supuesto, los terremotos. Fuentes históricas hacen referencia a sismos sísmicos desde la época prehispánica. Una de las referencias a sismos más temprana que tenemos proviene del Códice Telleriano-Remensis, en el cual consta:

*"Año de siete navajas y de 1460 según la cuenta nuestra, hubo un temblor de tierra y es de saber que como ellos tenían que se había de perder el mundo otra vez por temblores de tierra, iban pintando todos los años los agujeros que acaecían".*

Con el paso de los siglos, el número de referencias aumenta, a medida que existe un mayor número de fuentes de información. El interés por registrar, explicar e interpretar el fenómeno telúrico desde una perspectiva cada vez más "científica", tiene evidente relación con los altos índices de sismicidad en esta región. En el mismo Códice antes mencionado existe la siguiente descripción:

*"Año de dos casas y de 1533 tembló una vez la tierra, y fingien que humeaba la estrella que ellos llama Sitalchoha, que es la que nosotros decimos Venus, que es una estrella con quien ellos tenían gran cuenta".*

Investigaciones históricas recientes han recavado referencias de cerca de mil terremotos que han afectado la Cuenca de México en un período de solamente 450 años (de 1450 a 1900 aproximadamente). Durante este período no existía el instrumental mínimo para la detección de actividad telúrica, y solamente existen registros históricos adecuados durante los últimos 150 años de este período. Por lo cual se puede suponer que hubieron más temblores de los que tenemos cuenta histórica. Aún así, se puede decir que durante los últimos cinco siglos han ocurrido, en promedio, más de dos sismos significativos por año en la Cuenca de México. Por significativos, se entienden sismos de suficiente intensidad como para ser registrados sin la ayuda de instrumentos y de suficiente magnitud como para haber justificado su

descripción en alguna fuente histórica. El número de sismos reales ha sido, sin duda, mayor que la cifra sugerida aquí. Esta conclusión es soportada por datos obtenidos por medio de instrumentos sobre actividad sísmica durante el presente siglo en la Cuenca de México. Los estudios históricos sugerirían una frecuencia cíclica de seis a dieciocho años para sismos violentos en la Cuenca de México, con una media de once años en los temblores decimonónicos. Sin embargo, los tres sismos importantes registrados a principios de este siglo tuvieron una separación entre sí de solamente dos años, lo cual impide hablar de una cíclica constante. Por lo cual cabría preguntarse si la mayor frecuencia no será el resultado de la existencia de mayor información. Una conclusión importante que sí puede deducirse de los registros históricos, es la variación en el alcance geográfico de actividad telúrica en el país. Entre las zonas más afectadas destaca particularmente la Ciudad de México. Es en ella donde se registran, por lo general, los mayores desastres

#### 4. LOS SISMOS DE 1985

##### 4.1 Fuente del movimiento telúrico.

A lo largo de toda su historia, la Ciudad de México ha sufrido los estragos de la actividad telúrica, ya sea ocasionada por terremotos originados en la zona de subducción, en las fallas existentes entre la costa y la cuenca; o bien, actividad volcánica dentro de la propia cuenca. Esta última también ha ocasionado erupciones recientes. La parte sur-oeste del valle fue cubierta por la erupción del pequeño volcán Xitle (parte del sistema del Ajusco) hace dos mil años. Esto, en términos geológicos, es un evento relativamente reciente, y acusa el potencial de otro tipo de desastre natural presente en el Eje neovolcánico.

A pesar de la larga historia de sismos en la cuenca, los que afectaron a la Ciudad de México en septiembre de 1985 han sido los que en términos absolutos, han causado el número más elevado de pérdidas de vidas y propiedad en la historia de la ciudad, por un margen bastante considerable. Este hecho es el producto de dos factores. El primer factor tiene que ver con la magnitud del sismo, la mayor registrada en este siglo. El segundo factor responde al rápido crecimiento demográfico del área metropolitana de la Ciudad de México. Este crecimiento ha colocado a esta ciudad entre una de las mayores concentraciones de población en el mundo.

En el año 1985, el área metropolitana de la Ciudad de México contaba con una población que sobrepasaba los 17 millones de habitantes. Cifra sumamente elevada en relación con la población registrada al acaecer otros sismos severos ocurridos en este siglo. Específicamente, en 1911 la Ciudad de México tenía una población de aproximadamente 750.000 habitantes; para 1932 esta había sobrepasado 1.250.000; y, en 1942 ya rebasaba 1.800.000. Sin embargo, el crecimiento explosivo de la población del país experimentado a partir de la Segunda guerra Mundial y su concentración en la ciudad capital, provocaron que para el año 1957 la población del área metropolitana llegara a los 5 millones

de habitantes, y que en 1979 casi se triplicara llegando a los 14 millones. Es decir, en el lapso de tiempo desde el primer terremoto significativo de este siglo hasta el más reciente, la población del área metropolitana creció de 750.000 a más de 17 millones. Tomando el nivel de peligro sísmico como una constante y el nivel de población como un índice de riesgo, el nivel de riesgo sísmico al cual está sujeta la Ciudad de México se ha multiplicado más de veintidós veces en un período de tan solo 74 años. De allí se deriva la magnitud del siniestro de 1985

De los sismos severos mencionados en el párrafo anterior, el primero en afectar la ciudad desde el advenimiento de construcciones de altura moderada y tecnología contemporánea fue el de 1957. Este temblor de magnitud 7.6 con un epicentro a 250 km de distancia, causó la pérdida de aproximadamente 100 vidas y ocasionó daños extensos, incluyendo el colapso de algunos edificios. El sismo de 1979 fue de menor intensidad e impacto.

Los movimientos sísmicos que causaron la devastación en 1985 tuvieron su origen a 360 kilómetros al oeste del Valle de México, en la zona de subducción tectónica en el Pacífico frente a la costa de México. La actividad sísmica de esta región se encuentra entre las más intensas del planeta. Los movimientos telúricos surgen como consecuencia de la subducción de la Placa de Cocos bajo la masa continental de Norte América. La fusión de dicha placa al sumirse bajo el continente da origen a vulcanismo, lo cual es consecuencia común que se verifica también en otras partes del mundo, pero en el caso de la Placa de Cocos, el ángulo de inclinación cambia del frente de penetración y como consecuencia el macizo volcánico resultante no es paralelo a la costa. Este es el llamado Eje neovolcánico Transmexicano, el cual cruza el país de oeste a este a lo largo del paralelo 19 norte.

Esta característica geomorfológica hace que los movimientos telúricos que se originan en la zona de subducción repercutan con especial intensidad en la parte central del país. Este tipo de actividad tectónica es una situación recurrente que ocasiona frecuentes sismos de diversas intensidades, las mayores de hasta 7.5, aunque se han registrado ocho temblores de magnitud por encima de 8.0.

##### 4.2. Intensidad de los sismos de 1985.

Sin embargo, la intensidad de los sismos de septiembre de 1985 sentidos en la Ciudad de México, fue considerablemente superior a la esperada para un evento sísmico de este tipo en el Valle de México. En los días 19 y 20 de septiembre se presentaron dos sismos principales. El movimiento más severo ocurrió a las 7h 19, en la mañana del día 19 y registró 8.1 en la escala de Richter. El segundo movimiento severo ocurrió 36 horas después y registró 7.5 en la misma escala. Se sintieron varios temblores entre los dos sismos y en los días siguientes.

La duración del sismo más intenso del día 19 fue extraordinariamente larga. En realidad, este suceso estuvo formado por dos terremotos, el segundo de ellos comenzó 29 segundos después de iniciado el primero lo que contó para una mayor duración de este temblor. La ruptura

que produjo estos sismos se propagó a lo largo de la falla costera de poniente a oriente. Como resultado, la duración del movimiento fuerte en la zona del epicentro fue de aproximadamente 60 segundos.

En la Cuenca de México el movimiento terrestre comenzó despacio, variando en intensidad entre los grados I y II de la escala de Mercalli. Gradualmente la intensidad fue incrementándose a los grados entre VI y IX, con las mediciones más altas en la parte central del área urbana. El movimiento fue oscilatorio con una frecuencia de onda de dos segundos. La naturaleza compleja del subsuelo del valle ocasionó las variaciones en la intensidad así como los efectos de resonancia observados en los patrones de daños.

#### 4.3. Daños causados por los sismos.

La parte central del área metropolitana, en la cual se encuentra el distrito del Centro Histórico, fue una de las partes altamente afectadas. La razón principal por la que esta área resultara severamente castigada es que la ciudad originalmente fue construida en un lago, mismo que ha sido desecado a través de los siglos, por lo que la parte más antigua de la ciudad yace sobre depósitos lacustres de arcilla cenagosa. A consecuencia de ello, el movimiento sísmico en esta área fue cinco a seis veces mayor a los registrados en las zonas construidas sobre terreno más duro en la periferia de la ciudad, el suelo en la parte central de la ciudad experimentó movimientos horizontales de aproximadamente 42 centímetros en ciclos de dos segundos. La aceleración más fuerte fue equivalente al 18 % de la fuerza de la gravedad, tres veces más que la experimentada en el sismo de 1957, que hasta entonces había sido el más intenso de este siglo.

Las estimaciones de pérdidas de vida humana varían considerablemente hecho que es común en el caso de desastres de gran escala. El informe final del Comité Metropolitano para Emergencias proporcionó las siguientes cifras oficiales: 4.287 muertos; 5748 heridos de gravedad; 10.188 con heridas leves y 22.669 personas psicológicamente afectadas. Se rescataron un total de 4.096 personas vivas de entre los escombros de los edificios.

Como se puede esperar existe menos divergencia en las estadísticas sobre el daño físico. En el mismo informe del Comité Metropolitano para Emergencias se reporta un total de 5 728 edificios dañados o destruidos. De este total, 15 % se colapsaron en forma parcial o total en el momento del sismo, 38 % sufrieron daño estructural y 47 % no sufrieron daño estructural. Sin embargo, estas estadísticas no incluyen edificios particulares que pudieron sufrir daño y fueron reparados

por sus propietarios sin reportarlos al gobierno. Además, estas estadísticas se refieren a unidades por edificios y no reflejan la superficie de construcción perdida o dañada.

La frecuencia de la onda sísmica y su movimiento oscilatorio dañaron especialmente las estructuras de edificios entre 4 y 12 pisos de altura. Por lo tanto, una gran proporción de los 5.728 edificios anteriormente mencionados eran edificios de más de cuatro pisos, lo que representa una pérdida considerable de área construida.

El sector de construcción más afectado en términos de número de estructuras perdidas o dañadas fue el de vivienda, aproximadamente 68 % de las construcciones que sufrieron colapso parcial o total pertenecían a esta categoría. Sin embargo, proporcionalmente se detectó un mayor daño en los servicios médicos con una pérdida de 4.260 camas de hospital, aproximadamente 25 % de la capacidad existente; y en las escuelas en que se afectaron 761 escuelas públicas que representaban casi 30 % de las existentes. De estos edificios, 15 se colapsaron o tuvieron que ser demolidos; 310 necesitaron reparaciones mayores (estructurales) y 436 requirieron reparaciones menores. De las 1 044 escuelas registradas en la Secretaría de Educación, 904 sufrieron cierto grado de daño y 9 tuvieron que ser demolidas. La pérdida de oficinas públicas administrativas fue también considerable.

La gran pérdida de edificios de los tipos mencionados anteriormente puede ser explicada como una combinación de varios factores, siendo la más obvia que las oficinas gubernamentales y los grandes hospitales generalmente se localizan en las zonas centrales de la ciudad. Además, los edificios administrativos en muchas situaciones eran alquilados, lo que implica que no necesariamente estaban diseñados para cargas adicionales, característicos de las oficinas públicas. Las escuelas presentaban otra particularidad debido a que este tipo de estructuras generalmente son asimétricas ya que requieren de un pasillo a un lado y grandes ventanales del otro. Las construcciones asimétricas son especialmente vulnerables a las fuerzas sísmicas.

Todos los sistemas de infraestructura sufrieron cierto grado de daño, incluyendo los servicios básicos como suministro de agua, electricidad y drenaje. Las rupturas en la red de agua afectaron el servicio para más de 4.000 habitantes en la ciudad, mientras que el servicio eléctrico tuvo que ser suspendido en las áreas dañadas para reducir el peligro de incendio y de explosiones. El derrumbe total del edificio Central de Teléfonos suspendió la comunicación telefónica con el resto del país y el mundo, agregando así una dificultad mayor a las operaciones de emergencia.

Las pérdidas más dramáticas en el sector vivienda, sin duda alguna fueron las que involucraron unidades de altura como eran los edificios que se colapsaron en los complejos Juárez y Nonoalco-Tlatelolco. En el derrumbe total o parcial de algunos de estos edificios se perdieron muchas vidas. Sin embargo, un gran número de unidades habitacionales se perdió en la zona centro de la ciudad, aunque hubo menos víctimas puesto que eran construcciones de poca altura. La mayor parte de estas unidades eran antiguas, algunas históricas, que originalmente fueron construidas para albergar a una familia y ahora eran ocupadas por varias familias de menores recursos. Otras fueron desde un principio construidas como viviendas multifamiliares para grupos de escasos recursos, todas estas construcciones se caracterizaban por su sobreocupación (el espacio promedio por familia era de unos 20 metros cuadrados), su falta de mantenimiento y el estado deplorable en general. Por ello, la población más afectada por el sismo fue, como ocurre frecuentemente en casos de desastres naturales, las personas de bajos recursos económicos, quienes habitualmente viven y trabajan en las zonas más vulnerables del área urbana.

En el transcurso de las semanas siguientes al desastre, el gobierno inició programas de reconstrucción de vivienda, hospitales y escuelas. Se restauraron totalmente los servicios de agua, drenaje y electricidad. Durante este período de emergencia el Presidente de la República estableció la Comisión Nacional de Reconstrucción, a la cual se encomendó la doble función de prestar todo el auxilio necesario a la población damnificada durante la fase de emergencia y reconstrucción, y la de sentar las bases para programas de protección de la población en el futuro. Esta segunda función debería derivarse directamente de las experiencias vividas durante los sismos de septiembre.

De los trabajos de la Comisión Nacional de Reconstrucción surgió el Sistema Nacional de Protección Civil. Los detalles del mismo serán presentados en otra ponencia frente a un seminario por el Arquitecto Miguel Messmacher, Coordinador de Asesores del Secretario de Gobernación, y quien tiene a su cargo el desarrollo de este programa del Gobierno de México.

Pasado el período de emergencia también era el momento para empezar a considerar las estrategias de desarrollo urbano a largo plazo con el propósito de reducir las repercusiones de futuros sismos en el área metropolitana. Para lograr este propósito sería indispensable incorporar conceptos de mitigación de riesgo sísmico como una parte integral de los planes de desarrollo físico de la Ciudad de México.