

***M É X I C O:***  
***1965-2000***

*“Lo que no se destruye por vejez, incendio o sismos, se destruye por ignorancia.”*

*Alejandro Mangino Tazzer.*

## **III.- MÉXICO. (1965 -2002).**

### **1.- CIUDAD DE MÉXICO.**

1.1.- CONTEXTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

1.1.1.- Subsuelo y Asentamientos diferenciales.

1.2.- **AÑOS 70.** EDIFICIOS REESTRUCTURADOS A TRAVÉS DE LA TEORÍA CALDERÓN

1.2.1.- **Templo de San Francisco (1970).**

1.2.2.- **Templo de la Concepción (1974).**

1.2.3.- **Templo de Mexicaltzingo (1978).**

### **2.- OAXACA, SISMO 1999**

2.1.- EDIFICIOS INTERVENIDOS DESPUÉS DEL SISMO DE 1999.

### **3.- PUEBLA, SISMO 1999**

3.1.- TEMPLO DE LA COMPAÑÍA DE JESÚS

### **4.- ZONAS ARQUEOLÓGICAS**

### **III.- MÉXICO 1965 – 2000.**

La teoría de restauración introduciendo hormigón armado para reforzar edificios históricos, se inició a finales de los años sesenta en México. Al hablar del origen de este nuevo material dentro de nuestro patrimonio histórico en la Ciudad de México es indispensable hacer referencia a la teoría<sup>1</sup> que desarrollaron los arquitectos José Luis y Bernardo Calderón Cabrera. Básicamente sus principios consistían en transformar la forma original de trabajo de los oficios de fábrica a través de la utilización del hormigón armado y de las verificaciones por cálculos matemáticos; de este modo se presuponía que la estructura iba a ser capaz de soportar los empujes de tensión, compresión y cortante. Para analizar esta evolución sobre los criterios de intervención con hormigón armado y poder rectificar como se han comportado estas reestructuraciones de los años setenta escogimos tres de los edificios históricos de la Ciudad de México más característicos e interesantes por las actuaciones con dicho material –que a simple vista pueden parecer muy drásticas-: el Templo de San Francisco, el Templo de Mexicaltzingo y el Templo de la Concepción. Estas construcciones fueron restauradas aplicando metódicamente los criterios desarrollados por los arquitectos Calderón. En cuanto a las intervenciones de los años ochenta, de carácter civil, seleccionamos el edificio conocido como la Casa de Heras y Soto que presentaba fuertes deformaciones en su sistema estructural, por lo que el arquitecto Ricardo Prado lo reestructuró introduciendo refuerzos de hormigón armado en el interior de las columnas del patio.

Ahora en el siglo XXI, después de treinta años de utilización de esta técnica de reestructuración y de los diferentes fenómenos (asentamientos, sismos, hundimientos diferenciales, etc.) que han afectado la estabilidad estructural de estos edificios, es el momento para hacer una revaloración sobre la efectividad y sobre el comportamiento de estos materiales en la restauración de edificios históricos. La verificación de estos resultados de las técnicas de restauración con hormigón armado podrán ser útiles como experiencia para nuevas intervenciones de nuestro patrimonio histórico.

---

<sup>1</sup> Esta teoría de reestructuración de edificios históricos con hormigón armado fue analizada en la 1ª parte del siglo XX de 1950 a 2000 en el punto (4.2.2 Primeras técnicas de intervención con hormigón armado en México).

## 1.1.- CONTEXTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.



(Fig. 1)

Vista del Centro Histórico donde se aprecian algunos de los edificios más representativos de la Ciudad de México (Palacio de Minería, restaurado por el Arq. Rafael Esponda entre 1973-1976; Museo Nacional de Arte y el Palacio de Correos intervenido recientemente por el Arq. Ricardo Prado).

Antes de explicar las intervenciones realizadas a los edificios históricos en México a través del uso del hormigón armado, creo necesario exponer el **contexto tan particular** en el que se efectuaron dichas restauraciones, ya que ahora, con las nuevas valoraciones que se están estableciendo sobre este material (incompatibilidades físicas, químicas y mecánicas), con la tendencia actual de mínimas intervenciones y con la recuperación de técnicas tradicionales, posiblemente, a simple vista pudieran juzgarse como reestructuraciones sumamente agresivas, muchas veces injustificadas y dañinas para la estabilidad del conjunto. Pero, precisamente esta relación que existe entre los factores del contexto geográfico, económico, socio-cultural y las técnicas de restauración como instrumento para disminuir y contrarrestar los deterioros producidos en el patrimonio histórico, fueron las pautas que creímos importantes para analizar el surgimiento, el comportamiento y la eficiencia de las técnicas de intervención con hormigón armado bajo estas circunstancias tan restrictivas para la restauración de los edificios de fábrica, en las últimas décadas del siglo XX.

### 1.1.1.- EL SUBSUELO Y LOS ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES.



**(Fig.2 y 3) Hundimiento diferencial del atrio de la Catedral Metropolitana.**

Observar el hundimiento diferencial que presenta el suelo, mientras en la primera foto, la zona donde se localiza el Sagrario el pavimento se ha levantado, en la segunda foto se observa por el contrario, el fuerte hundimiento existente.

Uno de los mayores problemas y “retos” que presentan los edificios históricos en México, además de las características intrínsecas de debilidad en algunas mamposterías, son las condiciones de suelo blando y compresible<sup>2</sup> y de los fenómenos sísmicos. En la Ciudad de México hablar de hundimientos, es referirse a la diaria rutina, ya que se calcula que el área del Centro Histórico<sup>3</sup> se ha hundido diferencialmente alrededor de 7

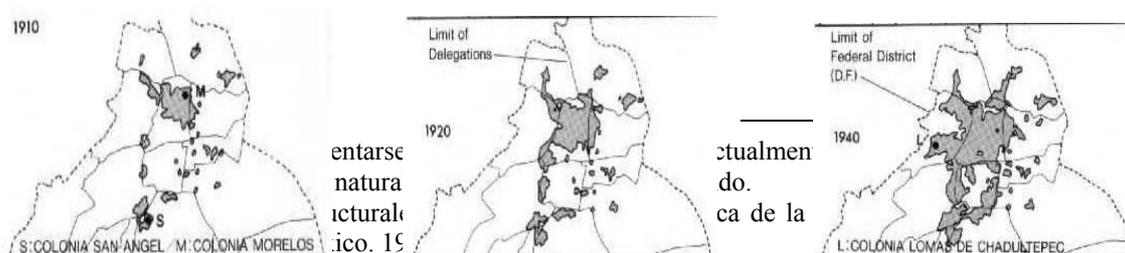
---

<sup>2</sup> El subsuelo está formado por arcillas, limos, arenas y gravillas, que en estratos de diferentes espesores condicionan las propiedades físicas; una de las condiciones del subsuelo es su grado de alto contenido de agua que da la resistencia y homogeneidad. Este tipo de suelo ha sido un perenne reto para los constructores, desde los aztecas hasta los actuales, porque sufre grandes deformaciones por la consolidación de cargas aplicadas a la superficie.

<sup>3</sup> Lo que hoy se conoce como el Centro Histórico de la Ciudad de México fue donde se asentaron los aztecas y fundaron México-Tenochtitlán en 1325 sobre el Lago de Texcoco.

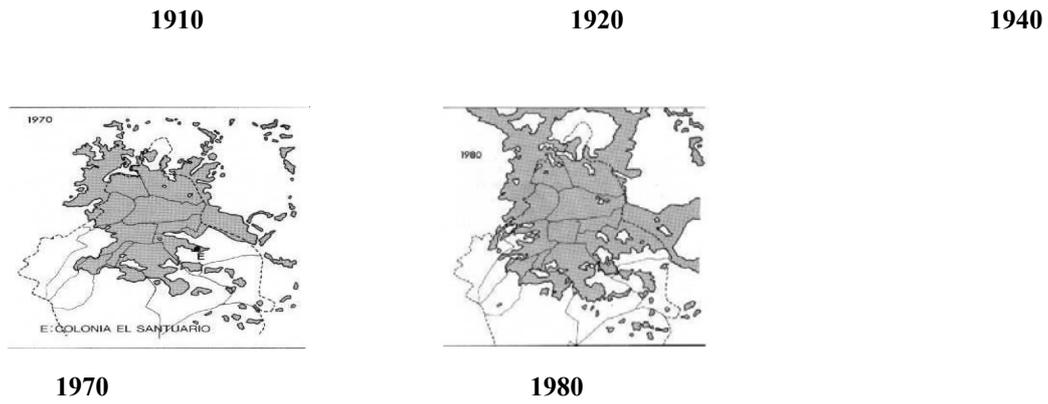
metros en el siglo XX<sup>4</sup>. El subsuelo, sobre todo en la zona donde se encontraba el antiguo “lago”<sup>5</sup>, es altamente compresible, prueba de ello es que, “en los últimos cincuenta años, el hundimiento promedio, debido a la pérdida de humedad en las arcillas se ha acelerado desde 0.25mm hasta 8.8 mm al mes”<sup>6</sup>; a esta compresibilidad natural de las arcillas y al rápido crecimiento urbano y de población, desde mediados del siglo pasado el hombre le añadió al iniciar la extracción de agua, el inexorable y creciente problema gradual del hundimiento regional, fenómeno que daña a valiosos monumentos del patrimonio cultural, en un permanente proceso de asentamientos diferenciales, que se manifiestan como **agrietamientos, desplomes progresivos** en los elementos verticales (columnas, muros y torres) e **inclinaciones** en los edificios con sus consiguientes grietas, fuertes debilitamientos de algunos elementos y sobre todo, **la reducción de la seguridad estructural**.

Este hecho ya era conocido desde la época prehispánica, desde entonces se tomaron medidas, el hincado de estacas de madera para consolidar los apoyos fue un procedimiento muy usado. Así mismo, se procuraba aligerar la construcción mediante el uso de ollas o platos cerámicos enfrentados unos a otros en las bóvedas, con lo cual se conseguía dejar huecos en las partes más gruesas. Pero a pesar de las soluciones constructivas de aquella época, la mayoría de los edificios no estaban aptamente preparados para soportar fenómenos tan agresivos como el sismo, las inundaciones y los asentamientos diferenciales.



<sup>5</sup> La zona conocida como “del lago” o “zona lacustre”, en la época anterior al asentamiento de la Cuenca de México, era un sólo lago formado por lo que posteriormente fueron los lagos de Xochimilco, Chalco, Zumpango, Xaltocan y Texcoco. Con el tiempo el nivel del agua bajó y se separaron; ya en la época Mexica (1325), en temporada de lluvias los lagos crecían y se volvían a unir. Para evitar que la salinidad del lago de Texcoco dañara los cultivos y las construcciones, se construyeron albarradones y diques con lo que se formó el lago de México entorno a Tenochtitlán y Tlatelolco. Las modificaciones al lago se inician desde antes de la llegada de los mexicas.

<sup>6</sup> “Deformaciones en suelos plásticos en la Ciudad de México”. Dr. Luis Arnal Simón. Facultad de Arquitectura. UNAM. 1998.

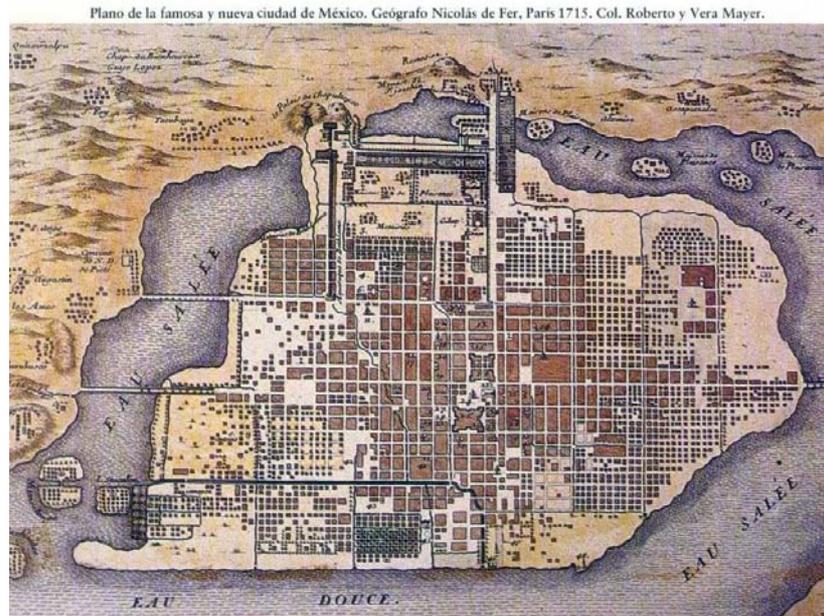


**(Fig. 4) Crecimiento de la Ciudad de México de 1910 a 1980** se aprecia el aumento tan grande que afectó gravemente a las construcciones de fábrica del Centro Histórico después de los años cuarenta.

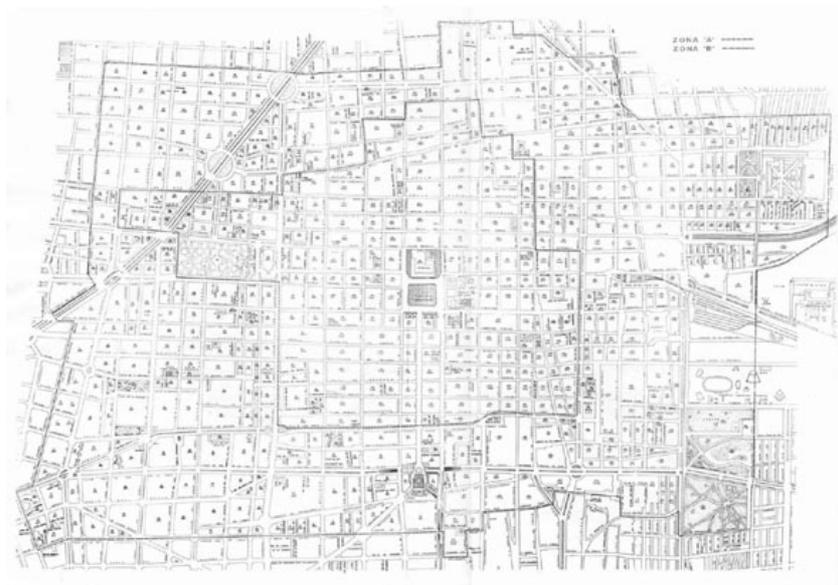
En estas imágenes se aprecian tres etapas del crecimiento de la Ciudad de México.



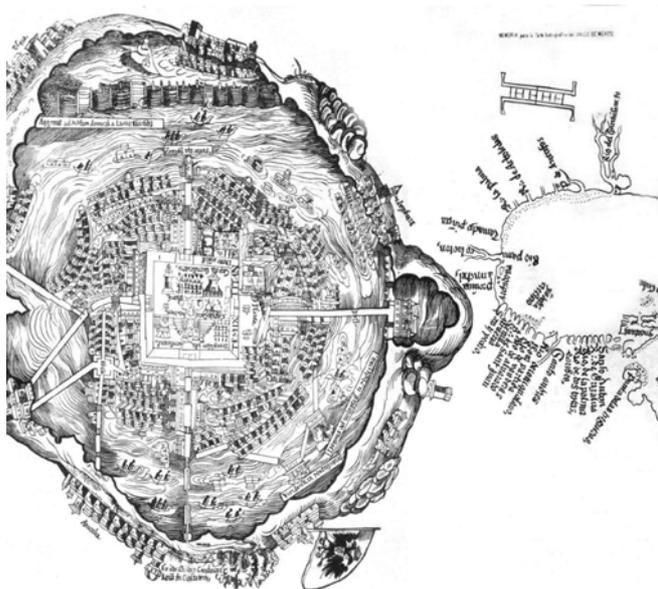
**(Fig. 5) Fundación México Tenochtitlán (1523)**



(Fig. 6) Plano de Nueva España en 1715



(Fig.7) Plano del Centro histórico de la Ciudad de México 1990.



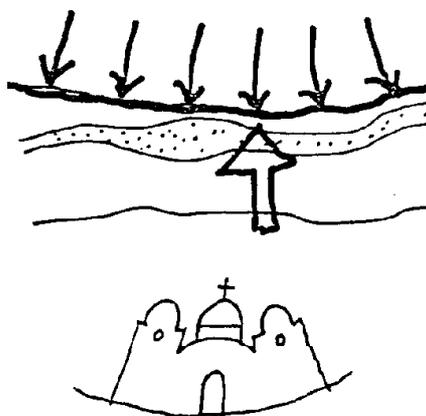
Las modificaciones en la zona del lago se inician desde antes de la llegada de los aztecas y de la fundación de México-Tenochtitlán (1325), los pueblos que les precedieron, iniciaron el proceso de consolidación del subsuelo. El pueblo mexica construía sobre lo construido cada 52 años, de acuerdo a sus ciclos políticos y religiosos, además ampliaron la

ciudad relleno el lago. Por esto, desde tiempos muy remotos existieron en esta zona formas de consolidación de las arcillas y diversas soluciones para evitar las deformaciones producidas en las estructuras. En distintos documentos, los españoles expresan su preocupación por las condiciones que el subsuelo presentaba: *“la isla se movía constantemente, ocasionando hundimientos, grietas o desplazamientos, varios edificios se perdieron irremediamente”*. En 1524 Alonso García Bravo, por orden de Cortés, hace la traza de la nueva ciudad, las manzanas eran cuadrangulares, pero su forma a veces se acomodaba a los canales.<sup>7</sup>

---

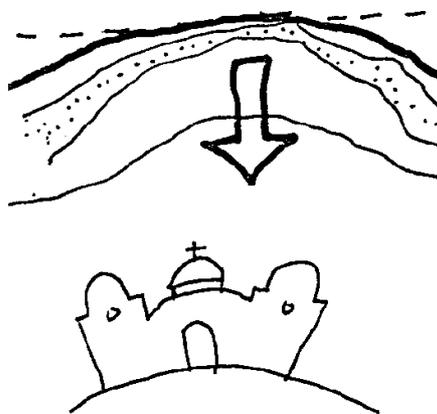
<sup>7</sup> La ciudad tenía conforme a estas primeras previsiones urbanas, una salida hacia las Atarazanas (al Poniente) y otra hacia Tacuba (al Oriente), para asegurar la salida de la isla hacia tierra firme. La traza resultó un cuadrángulo ligeramente trapezoidal en su lado norte. El eje norte-sur tendría 18 cabeceras (lados menores de cada manzana) de aproximadamente 90 varas cada una (75 metros y fracción) y mediría 1350 metros y el oriente-poniente, 7 cuadras (lados mayores) de 200 varas cada una (167 metros) y su longitud sería de 1338 metros. La superficie de la primitiva traza habría sido por lo tanto, de 1 806 300 metros cuadrados(180) hectáreas. De acuerdo con el plano reconstruido por Antonio García Cubas, a mediados del XVI la ciudad tendría 100 manzanas.

El subsuelo de la Ciudad de México ha sufrido y sigue sufriendo movimientos diferenciales, algunos especialistas consideran que éstos hundimientos -que afectan fuertemente a las estructuras de los edificios- se han producido en dos tiempos.



El primero de ellos, sucedió durante los siglos XVI hasta el XX, a través de la consolidación de las arcillas bajo los esfuerzos inducidos por el peso propio de las estructuras *“que al actuar sobre los suelos desigualmente compresibles produjeron asentamientos diferenciales mayores que los que pudieran presentarse en un suelo razonablemente homogéneo”*.<sup>8</sup> A este modo de consolidación se le llamó: “de cazuela”, por el trazado de su deformación.

**(Fig. 8) Deformación del suelo en forma de cazuela**



El segundo movimiento, llamado hundimiento regional, se comenzó a producir a principios del siglo XX<sup>9</sup>, por diferentes factores, entre los que destacan: el desmedido crecimiento urbano y poblacional, las excavaciones del metro subterráneo y en especial, la excesiva extracción del agua del subsuelo que supera la captación de los mantos profundos. Este hundimiento debido a la pérdida de presión en el agua de los estratos permeables, es un fenómeno que ha generado un notable descenso de la superficie, *“esto a su vez ha provocado deformaciones en las arcillas superiores que sin embargo, son desigualmente compresibles, produciendo asentamientos diferentes en los edificios, que no son iguales ya que el suelo no es homogéneo.*

**(Fig. 9) Deformación del suelo en forma de floreo.**

<sup>8</sup> “Deformaciones en suelos plásticos en la Ciudad de México”. Dr. Luis Arnal Simón. Facultad de Arquitectura. UNAM. 1998

<sup>9</sup> A partir de la consolidación política y económica del régimen surgido de la Revolución Mexicana en los años 40, se inicia el proceso de urbanización acelerada de varias ciudades del país. La más importante es desde luego, la Ciudad de México, que demanda todo tipo de servicios, siendo el agua potable uno de los más importantes. Con ello se incrementa la explotación de los mantos subterráneos y la rápida aceleración del hundimiento general.

*En este nuevo proceso de consolidación, las presiones que deformaron la zona central, la preconsolidaron de tal manera que ahora es el perímetro que al estar menos consolidado tenderá a acelerar su hundimiento, entonces serán las zonas de la periferia o las más alejadas a la carga central, las que son críticas, produciendo entonces no el fenómeno de cazuela sino el de floreo con lo cual **los edificios tienden a abrirse**".<sup>10</sup>*



**(Fig. 10) Fuerte deformación en las mamposterías de los edificios.**

Observar la deformación que presenta en la parte superior y en la zona de los balcones el edificio de color rojo con respecto al edificio de la esquina de color amarillo.

Actualmente, el grado de explotación de esos mantos ha llegado a gran profundidad, de manera que ya se agotó la parte superficial que es en la que están apoyados los edificios prehispánicos y virreinales y se está extrayendo a niveles por debajo de ellos. Los edificios que están parcialmente apoyados en restos de construcciones previas, se hunden disparejos (diferencialmente) y lo hacen en forma de cazuela o se florean, dependiendo de la geometría del propio edificio y de la posición del punto duro que

<sup>10</sup> "Deformaciones en suelos plásticos en la Ciudad de México". Dr. Luis Arnal Simón. Facultad de Arquitectura. UNAM. 1998.

tiene debajo. Los que no están en ese caso, se hunden parejo (uniformemente), pero todos se hunden.<sup>11</sup>

Estos **asentamientos diferenciales**, se producen por el hundimiento regional<sup>12</sup> que encuentra obstáculos naturales o restos de construcciones anteriores, que provocan un alto grado de compresión en los suelos y son particularmente nocivos para los muros de mampostería, porque inducen tensiones que estos son poco aptos para soportarlos, como el fenómeno de floreo afectando la estabilidad del conjunto por la presencia de estados límites; Como consecuencia, surgió la necesidad de intervenciones, a partir de los años setenta (1970), con carácter de urgencia, para limitar los asentamientos y las fuertes deformaciones en las mamposterías de los edificios históricos.



(Fig. 11) Detalle de grietas por los fuertes asentamientos diferenciales del suelo (Fig. 12) Palacio de Minería (restaurado durante 1973-1976).

<sup>11</sup> “Una carga uniforme sobre un área rectangular produce en los estratos inferiores del suelo, esfuerzos mayores en el centro del área cargada que en su periferia; por ello el hundimiento es mayor en la parte central y da lugar a una característica en forma de cazuela”. “Ingeniería estructural de los edificios históricos” Dr. Roberto Meli, Fundación ICA., México. 1998. Pg. 38.

<sup>12</sup> El hundimiento -regional y general- ocurre desde épocas prehispánicas al colocar cargas sobre el terreno de la zona lacustre.

Ejemplo de edificios: el Palacio de Minería, el Convento de los Betlemitas y El Centro Cultural de España en México (presentan diferentes deformaciones, una parte del centro cultural estaba encima de una estructura prehispánica).

La Ciudad de México por su extensión está asentada en diferentes tipos de suelo que van desde terrenos compactos, areno-limosos con alto contenido de grava, hasta depósitos areno-arcillosos muy débiles (en esta zona se ubica el Centro Histórico, donde se localizan la mayor cantidad de edificios de fábrica). El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal distinguía tres zonas<sup>13</sup> dependiendo las propiedades de carga del terreno.

---

<sup>13</sup> Después del sismo de 1985 al observarse los efectos se puso de “*manifiesto respuestas particulares e insospechadas para determinados sistemas de superestructura y cimentación*”, por lo que se creó la zona cuatro. **DUQUE Roberto**. 1987 “Rehabilitación de edificios con riesgo” en Obras y Servicios, agosto.