

4.1.2.- MÉXICO AÑOS 60-75:

PRIMERAS TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN CON HORMIGÓN ARMADO, TEORÍA DE LA REESTRUCTURACIÓN DE LOS CALDERON.

La reestructuración de monumentos históricos en México, **aplicando por primera vez las nuevas tecnologías** encabezadas por el hormigón armado, se inició a finales de los años sesenta. Esta nueva teoría fue desarrollada por los arquitectos José Luis y Bernardo Calderón Cabrera¹. Dichos principios estaban fuertemente influidos por cuatro factores:

- La preocupación para rescatar el patrimonio del fuerte deterioro producido por los sismos, los asentamientos diferenciales, los hundimientos y la baja calidad de los materiales;
- La idea de que la presencia de grietas demostraba un peligro de inestabilidad al sistema estructural de las fábricas, que no soportarían mayores esfuerzos;
- La influencia de los nuevos conocimientos sobre la estabilidad de las construcciones a través del cálculo matemático, basados en el hormigón armado y en el acero, y la necesidad de reforzarlos a través de estos materiales;
- Antes que demoler las construcciones históricas era mejor transformarlas.

El nuevo método de reestructuración consistía en *“aplicar a los edificios históricos un nuevo sistema de refuerzos estructurales, introduciendo y/o confinando con hormigón armado: cimientos, muros, bóvedas y cúpulas, modificando en algunos casos su forma de trabajo. El objetivo de esta actuación era que: “los elementos fueran capaces de combatir esfuerzos de tracción, compresión y cortante tanto en plano vertical como en el horizontal”*.²

¹ Actualmente, los arquitectos Calderón siguen impartiendo esta teoría de reestructuración en la maestría de restauración en la UNAM y en otras instituciones privadas y públicas; son miembros de la Sociedad Mexicana de Arquitectos Restauradores.

² CALDERON Bernardo y José Luis (1975). *Reestructuración de monumentos*. UNAM. México.

La finalidad de estos nuevos refuerzos era **proporcionar las características de rigidez al conjunto**, para evitar los continuos daños por sismo y asentamientos diferenciales en los edificios de fábrica.

Esta teoría fue trascendental **para la incorporación del cambio tecnológico y para la aceptación de los nuevos materiales**, específicamente, la aceptación por los refuerzos de hormigón armado en la restauración. Dichos conceptos estructurales no surgieron de la nada, al contrario, estaban fuertemente fundamentados en diversos estudios de cálculo y en múltiples análisis de estructuras modernas, basando sus principios en los conocimientos del acero y del hormigón armado. Premisa que ayudó a modificar la comprensión de los edificios históricos y a **buscar en los nuevos materiales la única solución para reforzarlos**.

Con respecto a esta debilidad en los edificios históricos establecían que: *“lo más importante para reestructurar un monumento es recordar que fueron construidos antes de que se conociera la teoría de la elasticidad ni se pudiera comprobar sobre bases matemáticas, por lo tanto, estamos ahora en ventaja para poder calificar las fallas y cuantificar los refuerzos, y es más, muchas veces lo logramos por medio de reestructuraciones con concreto armado estratégicamente proyectada”*.³ Añadían que *“en un nuevo edificio suponemos las cargas y con ellas calculamos cortantes, momentos y deformaciones de las piezas, es decir, prevemos estas tres últimas cosas. En cambio, en un edificio de mampostería que necesita reestructurarse podemos cuantificar con más exactitud las cargas que ya tiene, con ello calculamos los cortantes y los momentos que también son más exactos, calculamos las deformaciones y las podemos corroborar en el lugar, por lo tanto, nuestro cálculo además de informativo es verificador”*.

Por esto los arquitectos Calderón proclaman que *“no hay pretexto para no aplicar cálculos matemáticos”*⁴, o bien, *con sólo observar los elementos estructurales se puede saber si la falla es por cortante, por tracción, por compresión o por deformación y se*

³ CALDERON, José Luis (1973) “Apuntes Reestructuración de Monumentos”. Clase teórica y taller. UNAM. México,

⁴ Desde el punto de vista científico, esta forma de reestructurar con hormigón armado desde los años sesenta hasta los ochenta estuvo fuertemente influida por la teoría de la elasticidad y por la imperiosa necesidad de aplicar cálculos matemáticos para corroborar la fragilidad de las estructuras antiguas y de reforzarlas con hormigón armado como se realizaba a edificios de nueva planta.

puede calificar y dosificar el refuerzo con ayuda del concreto armado. Así llegamos a la hermosa conclusión, que si efectuamos los cálculos y medimos las deformaciones podemos sacar las constantes de modulo de elasticidad por momento de inercia, que en cálculo nuevo siempre suponemos. Para una reestructuración, la seguridad es entregada en una fórmula matemática que inclusive nos sirve para formar una estadística experimental".⁵ Como se observa en este texto extraído de apuntes de clase de los Calderón, hay una **modificación tajante sobre el comportamiento estructural de los edificios históricos, asignando demasiada seguridad a las bases de cálculo matemático.**

Debido a ello, la nueva teoría de reestructuración se basaba 100% en el uso del hormigón, ya que este material ayudado con el acero eran los únicos que cumplían los requerimientos de la teoría de la elasticidad y, por lo tanto, los consideraban idóneos para resistir mejor los distintos esfuerzos de las mamposterías.

Por lo tanto, su teoría se basó en:

- Proyectar refuerzos que fueran capaces de soportar todos los esfuerzos (compresión, flexión y cortante) que aparecieran en el cálculo.
- La estabilidad de las estructuras tenía que ser evaluada bajo los nuevos lineamientos de cálculos matemáticos.
- Únicamente se podía reforzar con dos materiales: hormigón armado y acero.

A través de los refuerzos de hormigón armado buscaban *“confinar y hacer trabajar de manera homogénea a la construcción histórica”*, ya que **proporcionaba mayor rigidez al conjunto y cambiaba la forma de trabajo a las mamposterías para soportar todo tipo de esfuerzos**, consideraban que: *“una estructura hecha con un conglomerado de sillares sueltos, se le transformaba en una estructura que además actuaría como pórtico o marco rígido, siendo más resistente y menos deformable”*.

⁵ CALDERON, José Luis 1973 “Apuntes Reestructuración de Monumentos”. UNAM. México, p. 2-3.

El proceso de reestructuración establecido consistía:

1.- **en los cimientos** realizaban una caja rígida a través de dos plataformas (losas de hormigón y una viga invertida) para que combatiera cualquier asentamiento diferencial. La cimentación debía ser lo suficientemente fuerte para soportar los esfuerzos de los apoyos verticales en sus anclajes con la misma.

2.- **en los muros** armaban una retícula con vigas y columnas de hormigón armado, que les proporcionaran **rigidez y mayor capacidad de resistencia**, para resistir tracciones, compresiones y cortantes en cualquier sentido. Todo el refuerzo de los muros debía confinar el material original, empacándolo y homogeneizando su trabajo.

3.- **en las cubiertas** la forma de confinar bóvedas fue mediante zunchos, vigas y cadenas, así como la colocación de redes de malla en el intradós y en el extradós, para combatir los distintos esfuerzos tanto en el plano horizontal como en el vertical. El concepto era confinar los elementos estructurales a través del hormigón armado para que fuera un conjunto homogéneo.

4.- **en las torres**⁶ les colocan una especie de “encamisado” formado por vigas en el sentido horizontal y por columnas en el sentido vertical ambos de hormigón armado. En general lo realizaban por dentro de la construcción.

⁶ por su esbeltez sufren más los efectos de movimientos horizontales.

4.1.3.- MÉXICO AÑOS 80:

TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN CON HORMIGÓN ARMADO EN EDIFICIOS CIVILES.

A finales de la década de los setenta, en la Ciudad de México, se utilizaron con hormigón armado dos sistemas para reestructurar edificios de carácter civil, como palacios del siglo XVII y XVIII que presentaban fuertes deformaciones en su sistema estructural.

La primera alternativa consistía en una estructura independiente de hormigón armado que *“en forma de <muleta o prótesis> soportara la arquería de piedra”*, evidenciándose la nueva estructura.

La segunda alternativa *“buscaba dejar visualmente la arquería original pero proporcionándole la suficiente capacidad de carga para que absorbiera tanto cargas axiales como empujes laterales y su trabajo fuera el más adecuado”*.⁷

En la mayoría de reestructuraciones de edificios civiles se optó por utilizar la segunda opción. La ventaja que presentaba este sistema era que garantizaba la estabilidad de las columnas, ligaba el conjunto y quedaba oculto sin deformar la apariencia de las columnas. Además conservaba externamente la imagen original y así *“nadie que no sepa lo que se hizo, puede imaginarse que dichas columnas y entrepisos tienen refuerzos internos de concreto”*.⁸

Este criterio de intervención consistía en introducir refuerzos con hormigón armado en el interior de la fábrica para *“mejorar el comportamiento estructural del edificio, la capacidad portante de los elementos y ayudar a contrarrestar los esfuerzos inducidos”*. El proceso consistía en: desmontar los tambores de las columnas del patio, perforar las piezas en el centro, insertar un núcleo de varillas formando un *“alma de acero densamente armada”* e inyectar el hormigón. Este material también se introducía desde la cimentación para ampliar las bases y consolidar los coronamientos; en los muros se inyectaba mortero de cemento portland y, en algunos casos, se introducían unos nuevos

⁷ PRADO Ricardo (1979) “El Palacio de Manrique y la Canoa”. Una investigación sobre su historia y una propuesta para su destino. *Tesis de maestría*. UNAM. Facultad de Arquitectura.. México.

⁸ PRADO Ricardo (1998) “Experiencias en Restauración” *Apuntes del Posgrado de Arquitectura*. No. 3. UNAM. México. Pg. 23

elementos verticales y horizontales de hormigón armado; por último, en los forjados colaban unas losas de hormigón armado que “*servían como diafragma de rigidez y cerraban el marco rígido con las columnas armadas*”.