

CAPITULO II

II.- PROCEDIMIENTO DE EVALUACION FISICA EN EL SITIO Y EN GABINETE.

Para lograr una acertada calificación de una estructura afectada por un evento extraordinario, es básico el llevar a cabo un estudio que revise la totalidad de los efectos inducidos en forma particular y global, abarcando diferentes aspectos de investigación y análisis enmarcados dentro de un esquema planificado.

De esta manera, el estudio y evaluación de daños serán determinados en principio por un levantamiento físico detallado de las áreas afectadas, el cual deberá aportar información consistente de cada uno de sus elementos conformantes, especificando el tipo de daños presentes, su magnitud, ubicación y extensión; debiendo quedar perfectamente acotados, de tal manera de reproducir lo más exactamente posible las condiciones encontradas, apoyándonos para ello con la parte correspondiente del proyecto ejecutivo que nos fue proporcionado o bien obtenido en campo, así como en demás información de antecedente que nos aporte aspectos asociados al análisis. La totalidad del levantamiento quedara plasmado en planos o plantillas apropiadas para tal fin.

II.I.- LEVANTAMIENTO FISICO DE DIMENSIONES DE LAS ESTRUCTURAS DEL INMUEBLE.

Durante la inspección deberá de revisar y palpar directamente todos y cada uno de los elementos situados en las áreas del siniestro, y adicionalmente los espacios adyacentes y sus elementos integrantes, para evaluar su servicio ante la posible ocurrencia de daños indirectos originados por la transmisión de sobreesfuerzos mecánicos o de otra índole.

Si bien es cierto que no existe un procedimiento en la práctica que pueda ser aplicable a manera de fórmula para la totalidad de los casos de estudio que nos ocupan, ya que cada proyecto contiene y demuestra diferentes formatos de investigación y por consiguiente tendrá que tratarse en lo particular, señalamos a continuación los criterios básicos que deberán de tomarse en cuenta para enfrentar técnicamente el problema que representa una estructura solicitada bajo diferentes eventos extraordinarios.

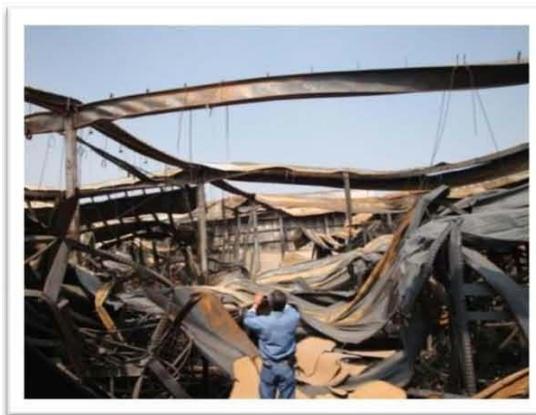


Figura II.I Revisión de los elementos estructurales Afectados por el incendio.

II.I.I.- EVALUACIÓN DE DAÑOS ANTE SOLICITACIÓN POR SISMO.

Los efectos inducidos por un sismo en una estructura urbana o de infraestructura son variables, y dependerán de factores directos e indirectos asociados, siendo estos últimos: magnitud, duración y regionalización; y los primeros: su resolución geometría, materiales que la constituyen; y mas principalmente de los criterios estructurales adoptados en su materialización, que en conjunto determinaran su desempeño y respuesta; ya en el caso más crítico podrían tener lugar colapsos locales o generales; y/o daños irreversibles, y en el menor un sin número de fallas típicas de servicio, ambos patrones deberán de ser evaluados dependiendo de su magnitud; a manera visual, táctil y auditivamente; y de ser requerible mediante pruebas, ensayos y modelos estructurales, temas que serán tratados más adelante.

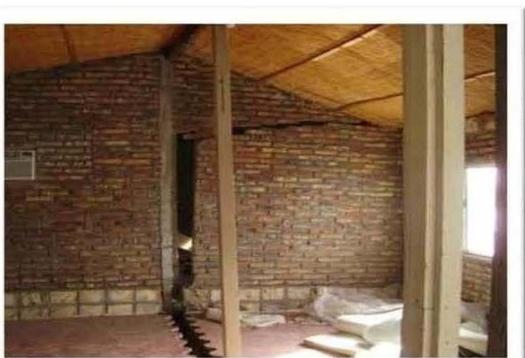
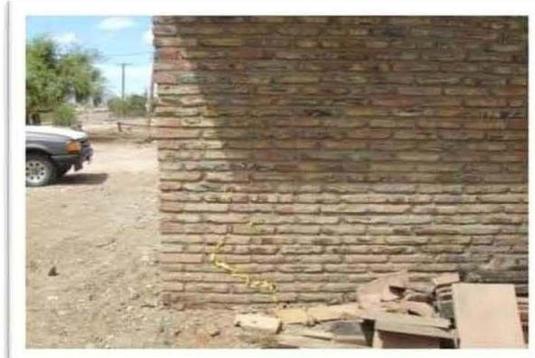


Figura II.II Vista de daños ocasionados por el sismo del día 4 de Abril de 2010, en la Cd. de Mexicali.

Lo anterior nos llevara a clasificar a los distintos comportamientos, dentro de lo estipulado en los criterios de diseño estructural, del reglamento de construcciones para el distrito federal o en su normatividad correspondiente, que invariablemente serán connotados dentro de estados limite de falla o servicio, independientemente de la acción accidental que se presentara durante su vida útil.

Indicándose que se considerara como estado limite de falla cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualesquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente la resistencia ante nuevas aplicaciones de carga y por estado limite de servicio a la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.

Habiendo quedado establecido el significado de los estados límite de falla y servicio inducidos por acciones accidentales, indicamos a continuación los requisitos básicos que deberán atenderse en el proceso de inspección de daños.

En levantamiento de campo por medios visuales y de mediciones:

- Fisuramientos.
- Agrietamientos.
- Desplazamiento de los marcos de superestructura, manifestado por el agrietamiento de muros de mampostería a manera lineal o diagonal.
- Deformaciones permanentes en marcos dúctiles.
- Desconchamientos de elementos estructurales. (desprendimientos de secciones de concreto).
- Movimientos verticales (hundimiento o emersión).
- Inclinación visible (desplome).
- Colapsos parciales o totales.

II.I.II.- EVALUACIÓN DE DAÑOS ANTE SOLICITACIÓN POR INCENDIO.

A continuación se presentaran los lineamientos generales de cómo puede llevarse a cabo un estudio y evaluación de daños causados por fuego en una edificación urbana de orden habitacional o industrial, en las que la probabilidad de un incendio es más susceptible de ocurrir por la naturaleza y cantidad de los materiales combustibles contenidos, los que al interactuar con otras condiciones que pueden existir o hacerse presentes como son; la facilidad de acceso del aire exterior al lugar del fuego, debida a corrientes que se producen a través de vanos o grandes espacios abiertos así como la inexistencia o características de los materiales empleados en el confinamiento de áreas. Determinaran las temperaturas máximas, la cantidad de calor producido, la velocidad de combustión, la velocidad con las que aumentan las temperaturas y el tiempo de duración total del incendio; de esta manera de su magnitud y extensión dependerá el grado de efectos inducidos sobre la estructura así como su proporción de daños.

Las características de los materiales que conforman la superestructura conjuntamente con los criterios adoptados en su diseño y su resolución geométrica serán aspectos determinantes en el desempeño y respuesta última para este tipo de solicitaciones, ya que de sus propiedades particulares y generales de diseño dependerá la resistencia al fuego, cuya definición básica es; la capacidad de un material o un elemento estructural de permanecer ejerciendo las funciones para las que ha sido diseñado, durante un tiempo determinado bajo la acción accidental por fuego, sin embargo los efectos de un incendio en una estructura completa quedaran fuera de la resistencia al fuego de elementos estructurales individuales debido por una parte, a los efectos incidentes por expansión general y por otra a los efectos de continuidad y restricción ejercido por un elemento sobre otro.



Figura II.III vista de los daños en la estructura metalica en un inmueble propiedad de home depot



Figura II.IV Vista de los daños ocasionados por incendio, en un inmueble ubicado en la Cd. de Mérida.

Las temperaturas especiales a que se elevan los incendios reales de edificios generalmente alcanzan los 1000°C o más, y son muy pocos los materiales que conservan una resistencia estructural de importancia a dichas temperaturas. Así la mayor apropiación del concreto reforzado en la constitución de edificaciones urbanas (casas habitación, edificios de oficinas, escuelas, estadios etc.) es el resultado de experiencias, investigaciones o reglamentos locales; que han demostrado y justifican cada vez más su extenso uso y aplicación, ya que este presenta mejores características de resistencia al ataque del fuego, si lo comparamos con otros materiales de construcción como es el caso de la madera y el acero, a los que es necesario adicionarles agentes retardantes de ignición; y/o protegerlos mediante elementos adicionales que reúnan propiedades para evitar o minimizar deformaciones plásticas por fluencia, sin embargo indicamos que en la mayoría de los casos estas estructuras llegan a presentar daños irreversibles o bien rehabilitaciones altamente costosas.

Para el caso que nos ocupa el desarrollo de las técnicas por estado límite para diseño inicial y/o de evaluación ante una acción accidental debida a fuego, necesariamente serán aplicables.

II.I.III.- EFECTOS DE LA TEMPERATURA EN UNA ESTRUCTURA

- **Transmisión de temperatura.**

Una propiedad importante del concreto ante la acción de un fuego patrón, es la cualidad de resistir la transmisión de calor y de limitar las temperaturas actuantes a una zona comparativamente poco profunda cerca de la superficie expuesta, esto debido a su baja conductividad térmica, llegándose a afectar ante temperaturas elevadas únicamente las capas superficiales, excepto cuando el incendio tenga una LARGA duración.

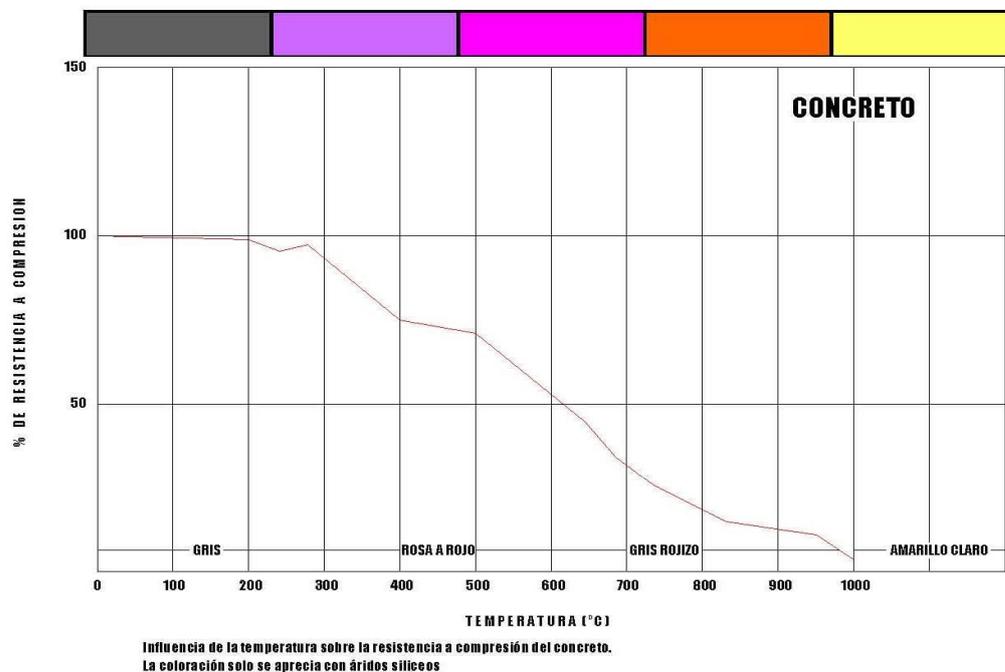
En cada incendio independientemente de su curso específico, se presentaran los rasgos esenciales citados en el primer párrafo de solicitud por incendio y de los cuales dependerá el grado de efectos inducidos sobre la estructura solicitada, asociándose a una curva de TIEMPO/TEMPERATURA, en la que las manifestaciones podrán ser apreciables en elementos aislados o de conjunto, siendo estas las siguientes:

- **Coloración**

En la siguiente tabla se podrá observar el cambio de color del concreto expuesto a diferentes temperaturas.

Tabla 1 Efectos que produce el fuego en el concreto (Carvajal, 2001)				
Color	Gris Sin cambio	Rosa a rojo	Gris Rojizo	Amarillo claro
Temperatura	200-300°C	600°C	900°C	1000°C
Resistencia residual (%)	100-80	80-40	40-20	20-0
Características	Disminuye el contenido de humedad.	Remoción del agua combinada químicamente.	Pérdida casi total de la resistencia del concreto.	Pérdida total de la resistencia del concreto.
	Pérdida de agua evaporable.	Aparición de fisuras.		
	Tensiones en concreto debido a la extinción del agua.	Descenso irreversible de la resistencia.		
		Esfuerzos diferenciales.		

Tendrá lugar una serie de cambios progresivos de color que son característicos para cada nivel de temperatura alcanzado; esta coloración se conservara aun después del enfriamiento y podrá identificarse prácticamente en todos los tipos de concreto, Pudiéndose manifestar en la superficie y dentro de la sección del concreto, dependiendo de la profundidad de penetración del calor, dicha coloración estará también relacionada al porcentaje de resistencia a la compresión simple y al modulo de elasticidad como se muestra en la Grafica II.I



Grafica II.I

El efecto de las altas temperaturas sobre la resistencia a la fluencia de las varillas de refuerzo comunes, durante la aplicación del calor y después del enfriamiento, generaran cambios a manera de disminución en sus propiedades mecánicas. Así pues, una baja en la resistencia a la fluencia del refuerzo al 33% aproximadamente del valor normal, probablemente de cómo resultado un cuando menos una deflexión severa. La ausencia de esta evidencia, es por lo tanto, señal de que la temperatura del acero durante el incendio, no excedió un rango sobre los 600°C, la conclusión, puede ser entonces, que el refuerzo de los elementos sometidos a flexión que no muestren señales visibles de deformación severa, muy probablemente no hayan sufrido una reducción en su resistencia.

▪ **Desconchamiento, Desprendimiento y Agrietamiento.**

Las anteriores manifestaciones en elementos estructurales son fallas típicas debidas a incendio, sin embargo estas, también se pueden presentar bajo la acción de fuerzas laterales entre otras, de las cuales ya hemos hecho mención; para el caso que nos ocupa, su ocurrencia dependerá de la magnitud del mismo en su fase máxima, en la cual tienen lugar las mayores temperaturas por un régimen de combustión uniforme llegándose a alcanzar en este, temperaturas entre 600°C y > 1000°C, así como por la naturaleza de la estructura, la cual puede brindar factores asociados a dicho régimen, facilitando o incrementando la susceptibilidad de estas fallas.

Por otra parte, existen daños debidos a la acción de gases que contienen ácido clorhídrico, así como los que emite el PVC en ignición como resultado de su exposición al fuego. Inicialmente haremos referencia al desconchamiento del que podemos distinguir tres tipos:

- Desconchamiento del agregado.
- Desconchamiento explosivo.
- Desprendimientos.

De esta manera, el desconchamiento del agregado se debe al estallido y fracturación de sus partículas, como resultado de cambios físicos o químicos bajo temperaturas elevadas. Por regla general, su manifestación es en poca extensión, limitándose solo a la superficie del elemento de concreto.



Figura II.VI Vista del desconchamiento en una trabe

El desconchamiento por desprendimientos, se refiere a las capas o trozos de concreto de tamaños diversos, que ocurren como resultado de una exposición al fuego bastante larga. Este fenómeno es producido por roturas o agrietamiento del concreto, y es más probable que se presente aumentando la deformación.

Las grietas son causadas por esfuerzos inducidos, que resultan de diferencias en la expansión térmica, asociada con la distribución irregular de temperatura sobre una sección transversal y por esfuerzos de restricción debidos a expansión diferencial entre el concreto y el refuerzo.

II.I.IV.- EVALUACIÓN DE DAÑOS ANTE SOLICITACIÓN POR CICLON TROPICAL.

El presente apartado refiere a una de las acciones accidentales con igual o mayor poder destructivo que un sismo de grandes proporciones; la magnitud de los daños producidos a estructuras urbanas y demás infraestructuras debidas a este evento, dependerá de su categoría, la cual será dimensionada por la velocidad de los vientos, sin embargo, existe una combinación de factores colaterales que caracterizan a las tormentas ciclónicas tropicales, los cuales son originados por el factor principal, y que necesariamente incrementaran los efectos sobre las estructuras dispuestas en áreas próximas a las regiones costeras, siendo estos, la elevación del nivel del mar y fuertes precipitaciones, jugando un papel importante la topografía zonal.



Figura II.VII Vista de los daños ocasionados por el paso del Huracán Wilma, en inmuebles de la Riviera maya

Por otra parte, al igual que en las acciones accidentales anteriores la mejor respuesta de las estructuras ante este evento, dependerá de sus características constructivas, en otras palabras, un diseño que no reúna los factores de seguridad adecuados contra la combinación de acciones más desfavorables capaces de ocurrir en su vida de servicio, será altamente vulnerable.

La tabla II.I Refiere la clasificación del desarrollo de los huracanes basada en la intensidad de la tormenta, que refleja el daño potencial. El método de categorización más comúnmente usado es aquel desarrollado por H. Saffir y R.G. Simpson (tabla II.II). Como ya fue indicado, la determinación del nivel de categoría depende principalmente de la presión barométrica y de las velocidades sostenidas del viento. Los niveles de mareas de tormenta fluctúan grandemente debido a las condiciones atmosféricas y batimétricas. Los niveles esperados de las mareas de tormentas son estimados generales de una típica ocurrencia de un huracán.

CLASIFICACIÓN DEL DESARROLLO DE LOS HURACANES

AMBIENTE	DESARROLLO	CRITERIOS
Tropical	Depresión	Vientos máximos sostenidos ≤ 63 km/h (39 millas/h)
	Tormenta tropical	63 km/h < vientos sostenidos < 119 km/h (74 millas/h)
	Huracán	Vientos sostenidos ≥ 119 km/h (74 millas/h)
	Depresión tropical (disipación)	Vientos máximos sostenidos ≤ 63 km/h (39 millas/h)
No tropical	Tormenta Subtropical (disipación)	63 km/h < vientos sostenidos < 119 km/h (74 millas/h)
	Depresión Subtropical (disipación)	Vientos máximos sostenidos ≤ 63 km/h (39 millas/h)

Fuente: Adaptado de Neumann, C.J. *et al.* Tropical Cyclones of the North Atlantic Ocean, 1871-1986 (Washington, D.C: U.S. Department of Commerce, NOAA, 1987).

Tabla II.I

ESCALA DE HURACANES SAFFIR-SIMPSON (SSH)

Número de categoría del huracán	Vientos sostenidos		Presión atmosférica en el ojo (milibares)	Maretazo de la tormenta		Nivel de daño
	(km/h)	(millas/h)		(metros)	(pies)	
1	119- 153	74- 95	980	1,2- 1,5	4,0 - 4,9	Bajo
2	154- 177	96-110	965 - 979	1,8-2,4	5,9- 7,9	Moderado
3	179 - 209	111 - 130	945 - 964	2,7 - 3,7	8,9- 12,2	Extenso
4	211 - 249	131 - 155	920 - 944	4,0 - 5,5	13,0- 18,0	Extremo
5	< 249	<920	< 920	> 5,5	> 18,0	Catastrófico

Fuente: Adaptado de Oliver, J. y Fairbridge, R. The Encyclopedia of Climatology (New York: Van Nostrand Reinhold Co., Inc., 1987).

Tabla II.II

La verificación de la respuesta estructural post evento y evaluación de daños para la acción accidental que nos ocupa, igualmente quedara clasificada dentro de los lineamientos que establece la normatividad local o regional del área afectada, refiriéndonos a la verificación de los estados limite de falla y servicio, apropiándose para este caso lo establecido en sismo y viento, ya que Las velocidades de los vientos de los huracanes pueden llegar hasta los 250 km/h (155mph) en la pared del huracán, y ráfagas que exceden los 360km/HR (224mph). El poder destructivo del viento aumenta con el cuadrado de su velocidad. Así pues, un aumento de la velocidad del viento de tres veces aumenta su poder destructivo por un factor de nueve. La topografía juega un rol importante: la velocidad del viento disminuye a baja elevación por los obstáculos físicos y áreas protegidas, y aumenta al pasar sobre las cimas de los cerros. Otro agente que contribuye a la destrucción es la fuerza vertical hacia arriba, que acompaña a los huracanes: cuanto mayores la dimensión vertical de un huracán, tanto mayor es el efecto de la fuerza vertical hacia arriba.

II.II.- INSPECCION OCULAR DE SERVICIO Y SEGURIDAD ESTRUCTURAL.

Durante el levantamiento físico de daños se deberá de determinar si el inmueble puede seguir dando el servicio o si se deberá de evacuar definitivamente, así mismo, aquí es donde se podrá determinar los trabajos a seguir, ya que en caso de considerarse el inmueble pérdida total se tendría que realizar el levantamiento a detalle de todos los elementos que conforman el inmueble, elaborar los generadores de obra y el presupuesto de reposición, para su posteriormente conciliarlo con el asegurado, por lo que ya no se tendrían que realizar lo indicado en los puntos II.III, II.IV y II.V, de este capítulo.

II.III.- TOMAS DE MUESTRAS EN EL INMUEBLE CON TECNICAS: DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS.

Una vez tomando la decisión de que para determinar el grado de afectación del inmueble se tiene que realizar estudios, es muy importante saber qué tipo de muestra se tendrá que realizar, con la finalidad de no dañar mas a la estructura, por lo que a continuación se mencionaran los tipos de muestras que se podrán utilizar:

Los tipos de pruebas y los alcances dados a las mismas, que podrán practicarse para complementar la investigación en la evaluación de una estructura, dependerán del criterio del personal técnico que realice la inspección y levantamiento físico de daños; las cuales se dividen en: PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS (PND) Y PRUEBAS DESTRUCTIVAS (PD), de las que únicamente se dará una referencia genérica de las más comúnmente empleadas, ya que existe una gran cantidad de normas tanto nacionales como internacionales que pueden ser aplicables en los distintos campos de la ingeniería, para a la verificación de los materiales y/o elementos que constituyen las estructuras, infraestructuras y elementos aislados de almacenamiento o conducción.

II.III.I.- PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS (PND).

Como su nombre lo indica, las PND son pruebas que se realizan a los materiales, ya sean estos metales, concreto, plásticos (polímeros), cerámicos o compuestos, etc., generalmente se emplean para determinar o estimar cierta característica física, mecánica o química del material en cuestión, Las principales aplicaciones de las PND las encontramos en:

- a.- Detección de discontinuidades internas y/o superficiales (grietas).
- b.- Determinación de composición química.
- c.- Detección de fugas.
- d.- Medición de espesores y monitoreo de corrosión.
- e.- Adherencia entre materiales.
- f.- Inspección de uniones soldadas.
- g.- Estimación de la resistencia del concreto en un elemento estructural.
- h.- Detección de trayectorias y profundidad de agrietamientos en elementos de concreto y densidad.
- i.- Localización y determinación de diámetros de acero de refuerzo en elementos de concreto

En la siguiente tabla se indican los tipos de PND, así como el objetivo y campo de aplicación de las mismas.

TIPO DE PRUEBA	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.	TIPO DE ENSAYE
ENSAYES EN ELEMENTOS DE CONCRETO.		
Esclerómetro	Estimación de la resistencia del concreto, que forma parte de un elemento estructural.	Mecánico
Ultrasonido	Detección de trayectorias y profundidad de agrietamientos en elementos de concreto, estimación de la densidad de la masa de concreto.	Sónico.
Pachometro	Localización y determinación de diámetros de acero de refuerzo en elementos de concreto	Electromagnético.
ENSAYES EN ELEMENTOS DE ACERO.		
Líquidos penetrantes	Determinación de porosidad e Inspección de uniones soldadas en elementos metálicos.	Químico
Ultrasonido	Medición de espesores. Detección de discontinuidades internas y externas, en elementos metálicos	Sónico.
Hidrostáticas	Detección de fugas en recipientes y/o ductos.	Físico.
Radiográficas.	Determinación de adherencia entre materiales, Inspección de uniones soldadas, Detección de discontinuidades internas y externas, en elementos metálicos.	Rayos X.

Por otra parte las instituciones o empresas que desempeñen esta actividad, deberán contar con equipo especializado, personal altamente capacitado y funcionales instalaciones; para realizar los estudios de verificación de calidad de los diversos elementos y sus materiales componentes, en obras y plantas productoras, así como para la evaluación de estructuras dañadas, proyectos de reparación y estudios sobre propiedades físicas, químicas y mecánicas de los mismos, que adicionalmente estos laboratorios requerirán estar certificados y normalizados por organismos reguladores de orden federal o particular en la totalidad de sus procedimientos de verificación, para obtener una ventaja competitiva y de posicionamiento en el mercado.



Figura II.VIII Toma de detección de acero en una columna



Figura II.IX Medición de la dureza del concreto con un esclerómetro

II.III.II.- PRUEBAS DESTRUCTIVAS (PD).

Por otra parte, las pruebas para caracterización de materiales destructivas (PD) son utilizadas, al igual para obtener parámetros mecánicos, físicos o químicos, permitiéndonos calificar un material con una mayor precisión, sobre la base de estándares predefinidos por diseño o de especificaciones particulares de calidad. Estas pruebas a diferencia de las no destructivas se distinguen por un muestreo practicado sobre los elementos en estudio, a fin de obtener especímenes representativos para su ensaye en laboratorio, de esta manera se inferirá sobre la base de los resultados obtenidos; sus condiciones de estabilidad, nivel de servicio y evolución en forma aislada o conjunta. Con esto, se observa claramente la diferencia entre el concepto de inspección y el ensaye de uno o más elementos que constituyen una estructura o infraestructura.

En la siguiente figura se enlistan las pruebas destructivas y de análisis más comúnmente solicitadas a los laboratorios de calidad de materiales, en las que su alcance dependerá del objetivo de la investigación (tabla III.IX)

TIPO DE PRUEBA	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.	TIPO DE ENSAYE
ENSAYES EN ELEMENTOS DE CONCRETO.		
Resistencia a la compresión	Método de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros moldeados y núcleos de concreto	Mecánico
Resistencia a la flexión	Método de prueba para determinar la resistencia a la flexión del concreto.	Mecánico.
Resistencia a la compresión por flexión	Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión del concreto utilizando porciones de vigas fracturadas a la flexión.	Mecánico.
Resistencia a la tensión	Método de prueba para determinar la resistencia a la separación por tensión en especímenes cilíndricos de concreto.	Mecánico.
Modulo elástico	Prueba para determinar el modulo de elasticidad del concreto, el cual es directamente proporcional a la resistencia a la compresión del mismo	Mecánico.
Contenido de aire	Determinación del contenido de aire en las mezclas del concreto fresco, aplica únicamente a concretos elaborados con partículas de densidad relativamente elevada.	Físico.

Análisis petrográfico	Conocer la mineralogía y la petrografía de los agregados finos y gruesos que se utilizaron en la elaboración del concreto y su relación con el material cementante.	Físico-Químico
	Determinar el estado del mortero, presencia de micro fisuras, grado de deterioro y fenómenos de borde entre los agregados y la pasta.	
	Conocer la litología de los elementos pétreos, la identificación de especies deletéreas frente a la reacción álcali-sílice, la presencia de minerales meta estables y productos de alteración, tales como reacción con sulfatos, carbonatación, agilización y lixiviación de sus componentes	

ENSAYES EN ELEMENTOS DE ACERO.

Resistencia máxima a la tensión.	Determinación de la carga máxima que soporta el metal antes de fracturarse.	Mecánico
Resistencia a la Fatiga (Stress)	Determinación de la resistencia de un metal a la tensión bajo carga dinámica o cíclica.	Mecánico.
Deformación (Strain)	Determinar la deflexión experimentada por el metal al aplicársele una carga.	Mecánico.
Modulo de Elasticidad (Modulus of Elasticity)	Determinar el modulo elástico con la relación de fatiga a deformación. Entre mas alto el modulo de elasticidad, mas fuerte el metal.	Mecánico.
Limite Elástico (Yield Strength)	Determinar el comportamiento elástico del metal.	Mecánico.
Dureza (Hardness)	Determinar la resistencia de un metal a la deformación plástica	Mecánico.
Impacto (Toughness)	Resistencia a la fractura al aplicar una carga bajo condiciones desfavorables de absorción de energía y deformación plástica.	Mecánico.
Densidad (Density)	Determinar la Relación Peso / volumen	Físico.
Conductividad Térmica (Thermal Conductivity)	Obtener relación de comportamiento en como se transmite el calor en la masa metálica.	Físico.
Coefficiente de Expansión (Coefficient of Expansion)	Determinar la relación de cambio dimensional de un metal sujeto a cambio de temperatura.	Físico.
Propiedades Corrosivas	Determinar el grado de ataque por reacción química o electroquímica del medio que lo rodea	Químico.



Figura II.X Extracción de núcleos de concreto

II.IV.- RESULTADOS DE LABORATORIO

Durante la inspección se deberá de determinar qué estudio se deberá de realizar con la finalidad de determinar el daño al inmueble, posteriormente se analizaran la o las pruebas realizadas, y el resultado de estas pruebas nos indicaran el paso a seguir, es decir, se nos indicara si al inmueble se le deberá realizar algún reforzamiento o simplemente reparaciones menores, en caso de que las pruebas nos indique que se tendrá que realizar algún reforzamiento al inmueble, será necesarios hacer un análisis estructural (punto II.V de este capítulo), para determinar el tipo de reforzamiento adecuado para la estructura evaluada.

A continuación se muestra el resultado de un ensaye destructivo (extracción de corazones de concreto) realizado a un inmueble afectado por un incendio, en este caso el asegurado reclamaba pérdida total, motivo por el cual se determino realizar dicho ensaye, sin embargo el resultado de laboratorio nos indico que los elementos estructurales no resultaron afectados por el incendio, por lo que únicamente se realizaron reparaciones menores, así como la reposición de unas losas de concreto armado (sin afectar columnas y trabes).

Dicho ensaye fue realizado a un inmueble ubicado en la Cd. de Mexicali, B.C, propiedad del ISSSTE.

INFORME DE RESULTADOS DEL MUESTREO DE CORAZONES, ESCLEROMETRO Y PACHOMETRO DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZAD DEL EDIFICIO DE LA DELEGACION ESTATAL DEL ISSSTE EN BAJA CALIFORNIA, AV. LERDO DE TEJADA No 1580 COL. NUEVA, CP 21100 MEXICALI, B.C.

Se realizo el muestreo de corazones que contemplo los diferentes elementos estructurales en la estructura de acuerdo a la ubicación elegida, misma que se presenta en la tabla 1, de ubicaciones.

MUESTRA	NIVEL DE UBICACIÓN	ELEMENTO DE UBICACIÓN	EJE DE UBICACIÓN
1	PB	COLUMNA	B2-I
2	PB	COLUMNA	A5-I
3	PB	COLUMNA	B7-I
4	PB	COLUMNA	B13-II
5	PB	COLUMNA	A11-II
6	PB	COLUMNA	A13-II

La tabla 1. Contempla la ubicación precisa del sitio donde fueron tomados los núcleos de concreto, estos se lograron con la ayuda de un extractor de corazones tal como lo indica la figura 1.



Figura 1. Se presenta la forma en la que fue colocado el equipo de extracción para la obtención de muestras de concreto.

Las muestras fueron tomadas con el equipo denominado “extractora de corazones”, con las ubicaciones que se muestran en la tabla anterior; Obtenidas el total de las muestras que se tenían programadas, se procedió a darles el manejo de acuerdo a lo marcado en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, publicadas por el Gobierno del Distrito Federal, que para el trabajo que nos ocupa contempla la aplicación de las siguientes Normas Mexicanas: **NMX-C-169**, Extracción de corazones, **NMX-C-83**, Resistencia a compresión en cilindros de concreto, **NMX-C-109**, Cabeceo de especímenes de concreto, **NMX-C-251**, Tecnología del concreto. **ASTM-469**, Obtención de Modulo Elástico.

Los resultados obtenidos son los que se presentan en la siguiente tabla:

TABLA DE RESULTADOS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LA ESTRUCTURA DE LA DELEGACION ESTATAL DEL ISSSTE

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN CILINDROS DE CONCRETO DE LA ESTRUCTURA ISSSTE-MEXICALI*												
Nº	IDENTIFICACION	fecha de obtención	fecha de prueba	AREA	ALTURA	PESO DE LA MUESTRA	PESO VOLUMETRICO	CARGA MAXIMA	ESFUERZO MAXIMO	ESFUERZO MAXIMO	MODULO ELASTICO	
				cm2	cm	gr	ton/m3	kgf	kgf/cm2	kgf/cm2	kgf/cm2	
1	C-1	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	630.0	2.17	3183.00	124.7	124.7	121287	
2	C.2	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.80	605.0	2.01	4522.00	177.2			
3	C-2A	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.60	599.0	2.02	5455.00	213.8	195.5	151506	
4	C-3	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	635.0	2.18	4481.00	175.6			
5	C-3A	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	673.0	2.31	5760.00	225.7	201	160390	
6	C-4	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	620.0	2.13	6279.00	246.1	246.1	149376	
7	C-5	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	640.0	2.20	5486.00	215.0			
8	C-5A	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	635.0	2.18	4529.00	177.5	196	88300	
9	C-6	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	658.0	2.26	6988.00	273.8			
10	C-6A	01/06/2010	10/06/2010	25.5	11.40	666.0	2.29	6941.00	272.0	273	167533	
PROMEDIO									210.1	206.0	139732.1	
DESVEST									47.3	50.8	29721.4	

Las muestras fueron tratadas de acuerdo a lo marcado por las normas que rigen estos procedimientos, realizándose los cortes que permiten darle regularidad a la geometría, para posteriormente ser cabeceado con azufre mejorado en su resistencia tal como lo marca la norma, algunas de las muestras se presentan en la figura 2.



Figura 2. Se muestran algunos de los núcleos de concreto obtenidos de la estructura de la delegación ISSSTE.

La inspección de los núcleos de concreto se realizó con equipo de fuerza y el comportamiento con instrumento de medición de comportamiento denominado LVDT's, con precisión de 0.0001 milímetros. Tal como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Se muestra la forma en la que se obtuvo la información de resistencia y comportamiento, este último dato se logro con la instrumentación que se muestra, basado en el uso de un LVDT. Conectado a un sistema de adquisición de datos con plataforma LabVIEW.

Las piezas probadas en general presentaron el tipo de falla que muestra la figura 4. Que de acuerdo con la norma, nos permite establecer que la carga aplicada desarrollo su trayectoria como carga axial.



Figura 4.- Se muestra que el corazón fallado no sufrió desprendimientos por falta de adherencia, permitiendo resistencias superiores

A la conclusión de los procedimientos realizados para la obtención de los resultados que se presentan en este informe, fue posible generar las curvas esfuerzo-deformación de cada muestra probada, como muestra se presenta en la figura 5. la curva del núcleo C-4

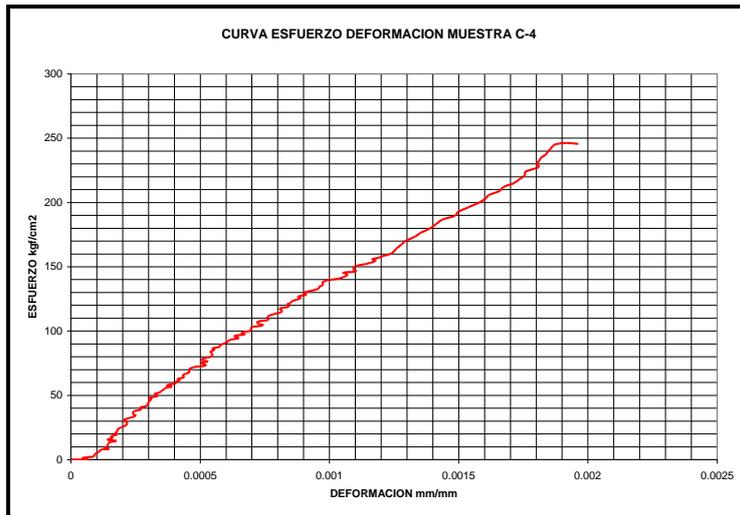


Figura 5. Se presenta una de las curvas obtenidas en el proceso de ensaye del núcleo C-4 misma que se logro a partir de la base de datos generada con el sistema de adquisición de datos utilizado.

Los trabajos en la estructura de la delegación del ISSSTE, también contemplaron la realización de calas, permitiéndonos la observación de las barras de acero de refuerzo, como lo muestra la figura 6.



Figura 6. La cala que se presenta en una de las vigas principales que nos permitió observar barras del #5 en el lecho bajo y estribos del #3.

En la figura 7. Se presenta la información correspondiente a las barras del #3 y su ubicación observada en las losas. Aproximadamente con separación de



Figura 7. Configuración del armado típico localizado en la losa de la delegación ISSSTE

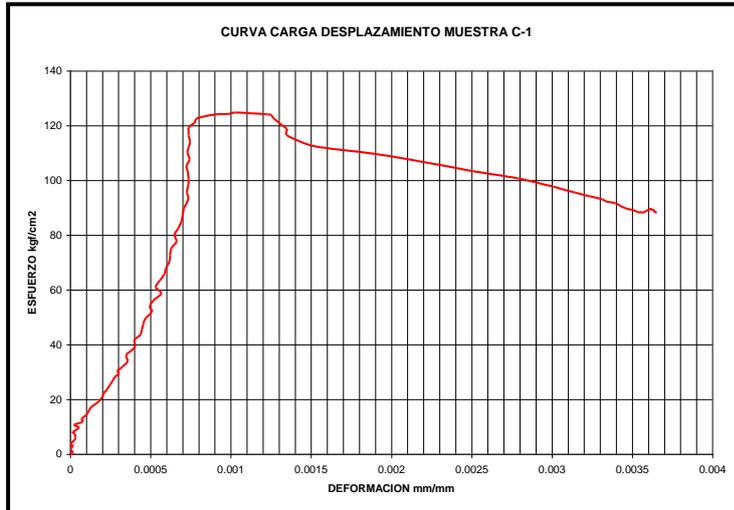
Se realizó un muestreo con pachometro, que nos permitió corroborar información de los armados que en algunos elementos estructurales fue posible observar a simple vista, tal como se muestra en la siguiente figura.



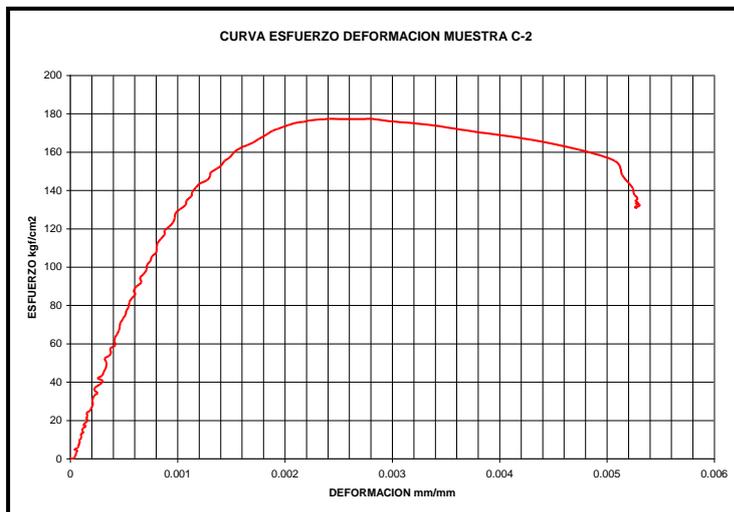
Figura 8. Detección de acero de refuerzo en una columna, en la que se obtuvo el armado que poseen las columnas del inmueble inspeccionado

El muestreo de corazones se reforzó con la realización de un muestreo esclerométrico y así ampliar la información de la calidad del concreto como lo muestra la siguiente tabla.

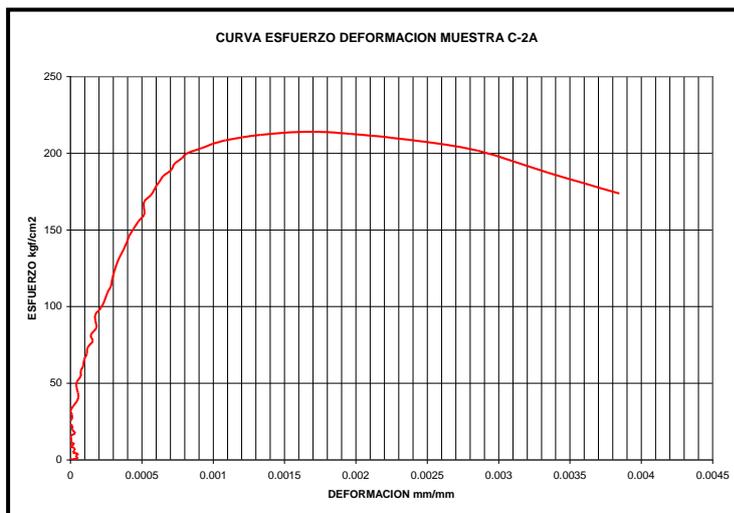
EDIFICIO: DELEGACION MEXICALI ISSSTE				PRUEBAS CON ESCLEROMETRO	
ELEMENTO	UBICACIÓN	ELECTURAS	CARA	PROMEDIO	
TRABE	A-3	55	sobre eje 3	59.8	249.16
		67			
		62			
		45			
		70			
	63	sobre eje A	65.2	298.65	
		53			
		74			
		70			
		66			
TRABE	C-2	60	sobre eje C	61.8	267.11
		60			
		66			
		60			
		63			
	60	sobre eje 2	61.2	261.38	
		60			
		57			
		57			
		63			
70					
TRABE	A-4	56	sobre eje 4	56.4	219.69
		57			
		56			
		48			
		65			
	63	sobre eje A	65.2	298.65	
		65			
		66			
		61			
		71			
COLUMNA B CUERPO B	2'- A	48		53.2	193.13
		59			
		53			
		48			
		58			
TRABE	CUERPO B	70	sobre eje 3'	70.8	353.42
		65			
		70			
		74			
		75			
	70	sobre eje B	64.4	291.11	
		63			
		58			
		76			
		55			
PROMEDIO				270.25	



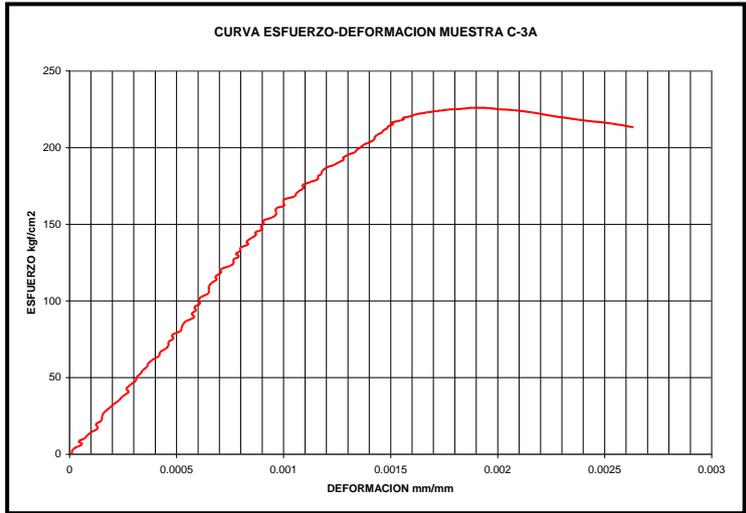
Muestra C-1



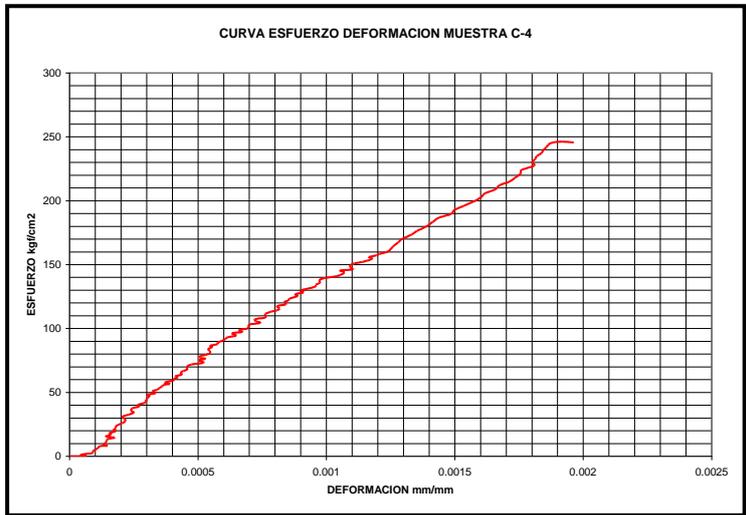
Muestra C-2



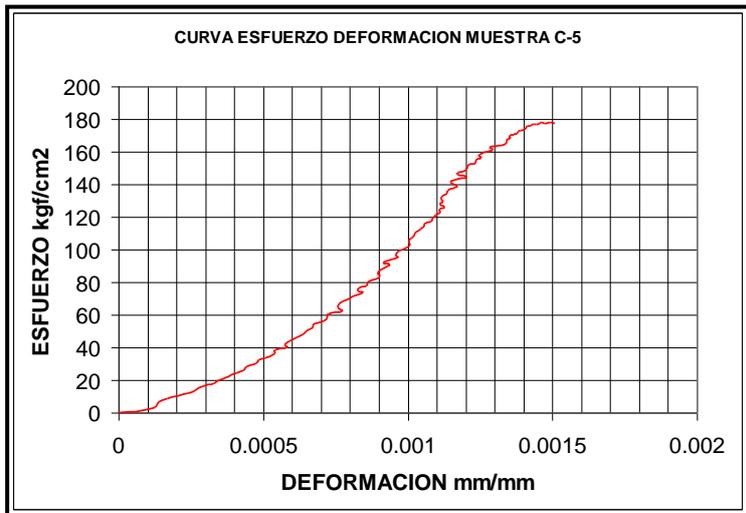
Muestra C-2^a



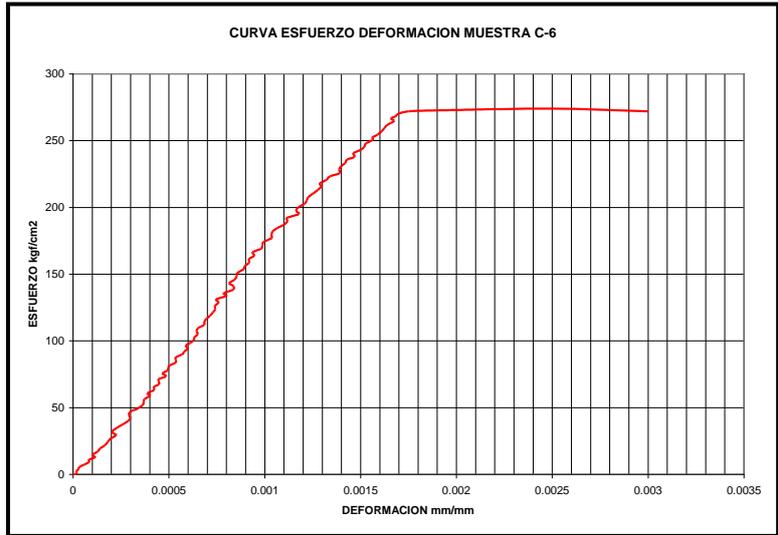
Muestra C-3A



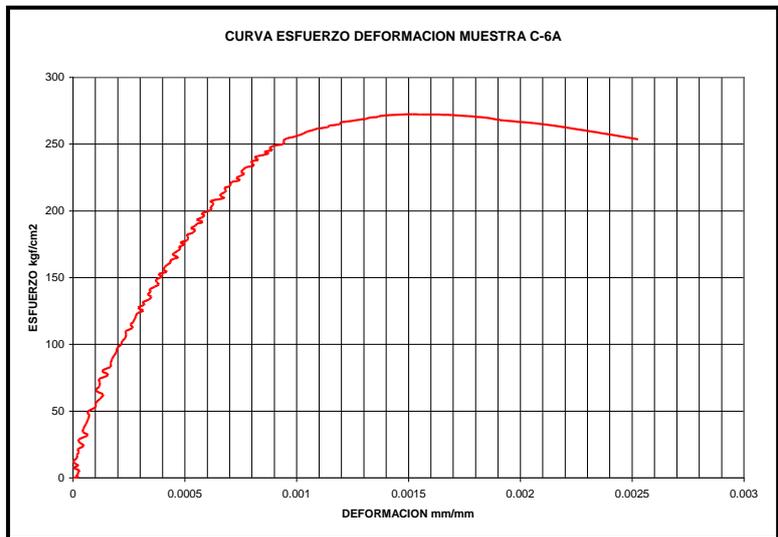
Muestra C-4



Muestra C-5



Muestra C-6



Muestra C-6A

COMENTARIOS

La estructura que nos ocupa se vio sometida a un sismo de intensidad 6.1 en la escala de Rigter, mismo que propicio la se excitación de la estructura que ocasiono desplazamientos y fuerzas asociadas, la estructuración de la edificación está resuelta en dos cuerpos estructurales simétricos, que se unen por su lado corto donde hay dos crujiás, su lado largo posee cuatro, poseyendo solo un nivel, originalmente, adosado con el tiempo un nivel adicional cubriendo solo hasta la primer crujiá de lado corto; esta carga adicional incrementó las fuerzas sísmicas aparecidas durante el sismo en cuestión resistidos inicialmente por mamposterías de uso divisorio en el sistema estructural, que al agrietarse y/o fracturarse(figura a), adoptaron una función de disipador energético durante el movimiento, que actuó adecuadamente, protegiendo razonablemente la integridad de la estructura, presentándose desprendimientos del recubrimiento de algunas columnas en la parte superior(figura b), representando ser estos daños someros



Figura a. Fallas de tensión diagonal en mamposterías ocasionadas por fuerzas sísmicas



Figura b. Desprendimiento de recubrimiento, colocado en algunas columnas como reparación del original, pandeo local del refuerzo por escasez de estribos en la zona

Las columnas de la edificación poseen todas ellas 6 barras del #5 y estribos a cada 80 cm., por lo que este tipo de refuerzo prácticamente no existe, sin embargo la estructura no sufrió daño por esta razón, pero por esta razón fue que aparecieron desprendimientos en los extremos superiores de algunas columnas, sumado al hecho de que en esta estructura se tienen **vigas fuertes y columnas débiles**, criterio contrario a lo que establecen las NTC, lo que permitió al extremo superior de algunas columnas sufrir algún deterioro, muy localizado, al presentarse giros en su rango de comportamiento plástico respecto a las vigas con mayor rigidez que las columnas.

Sin embargo es posible establecer que la estructura que nos ocupa en general no sufrió daño de conjunto, que pudiera poner en peligro su estabilidad y en riesgo a sus ocupantes; lo que nos permite establecer el amplio reconocimiento realizado, la toma de muestras de concreto y la caracterización de armados en diferentes elementos estructurales. Es sugerir una reestructuración del edificio en función del destino futuro del inmueble en cuestión.

II.V.- ANALISIS ESTRUCTURAL

Después de haber realizado la inspección correspondiente al inmueble afectado, y de realizar las pruebas necesarias para determinar el grado de afectación y si el resultado de laboratorio así lo recomienda, será necesario la realización del ANALISIS ESTRUCTURAL, con la finalidad de determinar el tipo de reforzamiento adecuado que deberá de realizarse al inmueble inspeccionado.

El análisis estructural consiste en la determinación del efecto de las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con el objeto de efectuar las comprobaciones de los Estados límites Últimos y de Servicio.

Para la realización del análisis, se idealizan tanto la geometría de la estructura como las acciones y las condiciones de apoyo mediante un modelo matemático adecuado. El modelo elegido deberá ser capaz siempre de reproducir el comportamiento estructural dominante. Para el análisis, los elementos estructurales se clasifican en unidimensionales, cuando una de las dimensiones es mucho mayor que las restantes, bidimensionales, cuando una de sus dimensiones es pequeña comparada con las otras dos, y tridimensionales cuando ninguna de sus dimensiones resulte sensiblemente mayor que las otras.

Solicitaciones Predominantes	Unidimensionales		Bidimensionales	
	Rectos	Curvos	Planos	Curvos
Flexión	Viga recta, Dintel, Arquitrabe	Viga Balcon, Arco	Placa, Losa, Forjado, Muro de contención	Lámina, Cúpula
Tracción	Cable Tensado	Catenaria	Membrana Elástica	
Compresión	Pilar		Muro de carga	

Elementos Unidimensionales

Los elementos lineales o unidimensionales, están generalmente sometidos a un estado de tensión plana con esfuerzos tensiones grandes en la dirección de línea baricéntrica (que puede ser recto o curvo). Geométricamente son alargados siendo la dimensión según dicha línea (altura, luz, o longitud de arco), mucho mayor que las dimensiones según la sección transversal, perpendicular en cada punto a la línea baricéntrica. Los elementos lineales más comunes son según su posición y forma:

Verticales, comprimidos y rectos: Columna (sección circular) o pilares (sección poligonal), pilote (cimentación).

Horizontales, flexionados y rectos: viga o arquitrabe, dintel, zapata corrida para cimentación, correa de sustentación de cubierta.

Diagonales y rectos: Barras de arriostamiento de cruces de San Andrés, barras diagonales de una celosía o entramado triangulado, en este caso los esfuerzos pueden ser de flexión tracción dominante o compresión dominante.

Flexionados y curvos, que corresponden a arcos continuos cuando los esfuerzos se dan según el plano de curvatura o a vigas balcón cuando los esfuerzos son perpendiculares al plano de curvatura.

Elementos bidimensionales

Los elementos planos pueden aproximarse por una superficie y tienen un espesor pequeño en relación a las dimensiones generales del elemento. Es decir, en estos elementos una dimensión, llamada espesor, es mucho menor que las otras dos. Pueden dividirse según la forma que tengan en elementos:

Horizontales, flexionados y planos, como los forjados, las losas de cimentación, y las plateas o marquesinas.

Verticales, flexionados y planos, como los muros de contención.

Verticales, comprimidos y planos, como los muros de carga, paredes o tabiques.

Flexionados y curvos, como lo son las láminas de revolución, como los depósitos cilíndricos para líquidos.

Traccionados y curvos son las membranas elásticas como las paredes de depósitos con fluidos a presión.

Elementos tridimensionales

Los elementos tridimensionales o volumétricos son elementos que en general presentan estados de tensión biaxial o triaxial, en los que no predomina una dirección dimensión sobre las otras. Además estos elementos suelen presentar tracciones y compresiones simultáneamente según diferentes direcciones, por lo que su estado tensional es complicado. Entre este tipo de elementos están:

Las ménsulas de sustentación

Las zapatas que presentan compresiones según direcciones cerca de la vertical al pilar que sustentan y tracciones en direcciones cerca de la horizontal.