

EVALUACIÓN DEL SINIESTRO POR COLAPSO

CHAMPLAIN TOWERS SOUTH

**EVALUACIÓN
DE INFORMACION DISPONIBLE
Y EVALUACION DE LAS CAUSAS
POTENCIALES DEL SINIESTRO
POR EL COLPADO DE LA ESTRUCTURA
INFORMACION INICIAL RACABADA**

**Investigación de Siniestros
Método de INGENIERIA INVERSA**

3

EVALUACION DEL SINIESTRO POR COLAPSO

CHAMPLAIN TOWERS SOUTH

EVALUACION DE INFORMACION DISPONIBLE Y EVALUACION DE LAS CAUSAS POTENCIALES DEL SINIESTRO POR EL COLPADO DE LA ESTRUCTURA

ANALISIS DE CAUSAS POSIBLES Y DEFINITIVAS

Investigación de Siniestros Método de INGENIERIA INVERSA

Capítulo 3

Fuente(s):

**Federation of European Risk Management Associations – FERMA
Mutualidad de Seguros de la Agrupación de Fincas Rústicas de España - MAPFRE
El Sistema Benchmark y La Gestión y Protección del Riesgo
Fuentes de difusión de Información: BBC – NBC – ABC – WP – NYT – Otras fuentes**

COLAPSO DE UN EDIFICIO
CASO CHAMPLAIN TOWERS SOUTH
EJERCICIO DE ESTABLECIMIENTO DE CAUSA(S) PROBABLE(S)

En la segunda entrega de la actual secuencia de eventos, hemos estudiado condiciones probables del colapso y establecido algunas como posibles, pero que normalmente vienen asociadas con condiciones exógenas que rebaten en buena medida el hecho de que dicha cadena de sucesos sucedidos sucesivamente, (**que nosotros llamamos la condición “3S”**), sea realmente fortuito dejando espacio, en consecuencia, con un hecho que se bien están encadenados, como ya lo dijimos, era completamente previsible a la luz de hallazgos que se han realizado y estudios y considerandos vistas a la luz de la Ingeniería y consecuentes con la transgresión de fenomenologías, que de haber sido oportunamente atendidas, muy seguramente podrían haber evitado el derrumbe de la edificación.

Estas conclusiones, como veremos, están acompañadas de una serie de batallas entre especialistas que solamente en una instancia judicial deberán ser demostradas o rebatidas y que están vinculadas con “errores y/u omisiones” que no solo atañen a la Administración del conjunto, la Junta de Copropietarios designada por mayoría de propietarios, sino que también involucra a las instancias oficiales del Estado de La Florida, pues si bien es cierto que se tiene previsto un lapso de 40 a 50 años para una revisión estructural de cualquier edificación, también debe ser obvio que dicha expectativa se acompañe con una serie de procedimientos de mantenimiento, observación y corrección de deficiencias que atendidas a tiempo y de manera técnica permitan deterioros de la edificación (independiente que esta sea una casa, bodega, edificio, puente o cualquier otra estructura mayor) fácilmente corregibles y principalmente mucho más económicos que la pérdida total de la estructura, que dicho sea de paso, no solo afectó una porción del edificio, sino que llevó a las autoridades del Estado a determinar la necesidad de colapsar la parte de la edificación que, en apariencia, no estaba sometida a las mismas condiciones.

En nuestro medio colombiano, ya vivimos esta experiencia, cuando el 12 de octubre de 2013 la Torre 6 del Complejo Habitacional Space, se derrumbó en Medellín, donde doce personas fallecieron. En el caso de La Florida, el número de víctimas, hasta donde está oficialmente anunciado haciendo a no menos de 98 víctimas, mientras que en el de nuestro caso ascendió a 12, pero ello gracias a que las unidades habitacionales apenas estaba en proceso de venta. Se ha demostrado, de acuerdo con estudios que no vienen al caso, que errores constructivos fatales fueron el origen del evento en Antioquia, razón que llevó a la toma legal de demoler el complejo entero, tal como acaeció con Champlain Tower South y que debió ser resultado de una decisión similar.

El **20 de enero de 2014** los ingenieros civiles de la **Universidad Nacional de Colombia**, encabezados por **Eduardo Behrentz Valencia**, determinaron que el edificio se debería demoler parcialmente, puesto que la falta de capacidad estructural de las columnas del edificio no les permitía soportar las cargas normales a las cuales se vieron sometidas. Según las conclusiones, de haberse diseñado el edificio con la totalidad de los requisitos de la ley 400 del 97 a torre 6 no se hubiese derrumbado.



Sin embargo, para el caso que nos ocupa, en 1979, **Reiber** comenzó a construir **Champlain Towers South** a través de su empresa **Nattel Construction**, junto con **Champlain Towers South Associates**, una sociedad formada por 15 empresas promotoras que tenían cada una entre 4.17% y 12.5% del proyecto. **Champlain Towers South**, una torre de condominios con 136 apartamentos, se

construyó en 1981, mismo año que su gemela **Champlain Towers North**. Una tercera torre, la **Champlain Towers East**, se alzó en 1994. Todas se encontraban en la misma zona, a unos metros de distancia.

SECUENCIA DEL COLPADO

En la primera parte de nuestros análisis observamos sobre las condiciones en que quedó el conjunto, cual fue la secuencia del derrumbe o desplome, ahora trataremos de mostrar cómo fue originándose la misma:

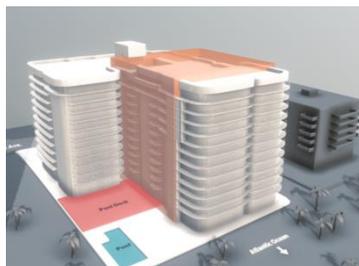
1. Una falla “desconocida” causa el colapso de la Terraza de la piscina y partes del estacionamiento inferior (en sótano).
2. Esta falla inicial causa el colapso de la sección media de la estructura del condominio ubicada al norte de la piscina.
3. La sección noreste, protegida del colapso inicial por un muro estabilizador llamado “muro de corte”, permaneció en pie durante unos segundos antes de derrumbarse por su propio peso.

De hecho, tal como es posible observar en el video tomado desde ésta misma posición, se muestra como la sección noreste “oscila” en sentido opuesto (a la derecha) para luego volver a su posición original, pero continúa el movimiento pendular a la izquierda y previo un cabeceo frontal muy leve del cual no se recupera, se desploma a continuación. (Esto es posible observarlo aún en YouTube utilizando la URL <https://youtu.be/p3OcTkyQoSs> al igual que el estado en que se evidencia el aparente fallamiento estructural que ha empezado a ser apuntalado en prevención de nuevas caídas y el estado a nivel del suelo en que terminan los escombros y la forma en que la estructura opuesta alcanza a ser rasgada tras el arrastre de las porciones derrumbadas.

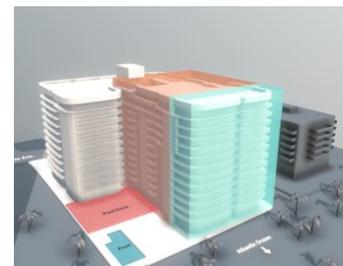


Falla la Plataforma de la Piscina

Tras ella fallan las columnas en el sótano de la torre central



Se desploma totalmente la Torre Central y oscila la torre lateral



Luego de oscilar, se desploma totalmente la Torre externa

Secuencia del colapso



Comparativamente, se observa que el estado de Champlain es similar, desde el punto de vista geométrico al del caso SPACE de Medellín y como no queda duda de un desplome vertical, es decir: falla de elementos estructurales que conllevan un arrastre vertical con acumulación de escombros.

Colapsos similares – ¿Causas diferentes?



CAUSAS DE FALLA Y DESPLOME DE CHAMPLAIN TOWERS SOUTH

Observamos con detenimiento los posibles daños a los que se ve sometida una estructura por doce causas distintas que involucran Actividad Humana, Fenómenos Geológicos, Cambio Climático, Condiciones Marítimas y Atmosféricas o Actividades Humanas, por Desarrollo, Industria, Agrícola, Usufructo desmedido (Turismo), Pesca o Actividades en el mar. Demostramos como pueden o no ser influyentes en el proceso de colapso que nos ocupa.

En consecuencia, la alternativa lógica vuelve la vista hacia la Causa Estructural, que puede estar basada en Fallas de Diseño y Construcción o su deterioro paulatino y carente de correcciones oportunas o por las condiciones de los suelos (recordemos que Champlain Condo se ubicaba en línea perpendicular a la costa a no menos de 100 metros de la línea de agua de mar y por tanto, el conjunto, al igual que todos aquellos que se ubican a su alrededor, “cumplen con la misma premisa” dejando no más de 35 a 40 metros de playa de arena).

Siendo así las cosas, debemos preguntarnos: ¿se construyó el Condominio al igual que los existentes a su alrededor, sobre arenas de playa?; ¿se utilizó éste material en el proceso de producción del Concreto de Construcción? Está demostrado que dicho componente no es recomendable. Es peligroso utilizar la **arena** de mar en las mezclas de **concreto para** construcciones, simplemente no se debe hacer, ni procesándola, ni añadiendo otros materiales o algo **por** el estilo. ...Distintas fuentes mencionan que la sal que contiene la **arena** corroe el acero de las varillas. Por lo tanto, de demostrarse su utilización, en caso de realizarse un análisis de laboratorio, con espectrometría y otras especialidades y determinarse que éste elemento se encontraba presente, se evidenciaría negligencia y errores de construcción a partir de los componentes utilizados, rayando en la indolencia y mala práctica de la Ingeniería.

Ahora bien, ¿de haberse utilizado, porqué la estructura se sostuvo en pie por 40 años y como nadie hablo de los estados de corrosión evidentes desde el sótano del conjunto o a través de simples observaciones de inspección no se detectaron las marcas de óxidos en distintas partes de la estructura? ¿Existe acaso, alguna normatividad en EE.UU. que permita el uso de arenas de mar en la fabricación de Concretos Estructurales? Realmente, no lo sabemos...

¿Por qué si desde la inspección, hallazgos y observaciones de Morabito Consulting reiteradamente se hicieron observaciones que denotaban corrosión, no se intervino la estructura para corregirlos? Quizá lo de siempre: Costo y detrimento de los propietarios al verse sometidos a reparaciones, es una posible respuesta.

Si definitivamente, se utilizó un Concreto adecuado, porqué había corrosión?

- Por otra parte y separándonos de la parte netamente constructiva, vale decir que la costa este de la Florida, en cada temporada, es alcanzada por huracanes, vientos y oleajes altos que podrían llegar incluso a las edificaciones produciendo cuando menos efectos poco apetecibles, pero que acumulados a lo largo del tiempo pudieron llegar a resultar en evidencia de algún tipo de daño. Pero aunque no lo sabemos con exactitud, al parecer no se tienen trazas de alarma o requerimientos de intervención por emergencias originadas en estos fenómenos. Un ejemplo de impacto de Huracán que golpeó Miami fue IRMA (hasta ahora el más poderoso formado en el Atlántico) en Septiembre de 2017 con vientos de hasta 215 km/h, lluvias torrenciales e inundaciones pues fue catalogado como una Tormenta de Categoría 4. Zonas como El Brickell y zonas residenciales de las costas del Estado se vieron afectadas. El Estado completo fue declarado zona de desastre por D. Trump. Los aeropuertos de Fort Lauderdale (Internacional y Executive), West Palm Beach International, Bimini International y Fort Myers (Southwest) que sirven a Miami fueron cerrados por el impedimento que significó para vuelos de línea. Más del 25% de la población del Estado fue evacuada a zonas de refugio.



CAUSAS DE DESPLOME INTERPRETADAS

En nuestra opinión y dando por sentado el descarte que se ha venido realizando de las potenciales fuentes de daños, nos queda por evaluar el referido a SUELOS. Son evaluables, las siguientes:

A. SOLIFLUXION

La **solifluxión** es el proceso geomorfológico característico de zonas de clima periglacial (aunque puede darse incluso en los **trópicos**), consistente en el desplazamiento masivo y lento por gravedad de formaciones arcillosas u otros tipos de suelo sobre el permafrost a causa de la plasticidad y fluidez adquirida por aquellos cuando absorben gran cantidad de agua.

B. SOCAVACION

La **socavación** resulta de la excavación profunda causada por el **agua**. Uno de los tipos de erosión hídrica, puede deberse al embate de las olas contra un acantilado, a los remolinos del agua, especialmente allí donde encuentra algún obstáculo la corriente, y al roce con las márgenes de las corrientes que han sido desviadas por los lechos sinuosos. En este último caso es más rápida en la primera fase de las **avenidas**.

SOCAVACION EN AMBIENTES MARINOS

Cuando una estructura es construida en el ambiente marino, la presencia de la estructura va a cambiar el patrón del flujo en sus alrededores dando como resultado uno o más de los siguientes fenómenos: **a.** La contracción del flujo **b.** La formación de un vórtice en forma de herradura enfrente de la estructura **c.** Turbulencia **d.** La aparición del fenómeno de reflexión y difracción de ondas **e.** Facilitar la rotura de las olas **f.** Generar un diferencial de presión en el suelo y licuefacción permitiendo la suspensión y el transporte de las arenas producido por las corrientes. Como resultado de los fenómenos anteriores, se puede presentar erosión local al pie de la estructura. Cuando la erosión es considerable la estructura puede fallar, ocasionando pérdidas económicas y dejando a la línea de costa sin la protección adecuada.

Es de considerar dos aspectos bien definidos en el presente caso:

EROSION:

La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas **pluvial** (lluvias) o de **escorrentía** también denominada escurrimiento, que en contacto con el suelo, vencen la resistencia de las partículas de éste generándose el proceso de erosión. En el caso que nos ocupa, se requerirá evaluar, dentro del método constructivo, la remoción de vegetación natural original y excavaciones (incluyendo métodos) en el diseño de la cimentación, que hubiesen

permitido la incorporación de sedimentos a los oleajes o corrientes del mar, alterando el ecosistema natural.

EROSION HIDRICA:

Definida como la producida por agua de lluvia y abarca la erosión por el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo (observe el lector nuestros comentarios en torno al huracán IRMA) y en general de que la península de La Florida es blanco de una importante cantidad de eventos tormentosos que pueden, de manera paulatina, afectar edificaciones tan cercanas a la línea de costa. Además la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por escurrimiento.

Así mismo, se presenta un fenómeno denominado **Saltación Pluvial** que está vinculado con el impacto de lluvia en suelos desprovistos de vegetación natural y expuesta, que disminuyen la permeabilidad, incrementando la escorrentía.

Y para completar, la erosión hídrica incluye el fenómeno denominado **Escorrimento Superficial Difuso**, que comprende la erosión laminar sobre zonas desprovistas de vegetación o reemplazada por otras no autóctonas que se afectan por saltación pluvial. Considérese que el escurrimiento difuso acaece cuando la **velocidad del agua es inferior 0,3 m/s**

Es muy probable entonces, que al estudiarse la causa del desplome, se deban analizar otros aspectos de orden técnico, como el Escorrimento Superficial Concentrado y el Escorrimento Subsuperficial.

En resumen y para casos similares, dejamos definidos los aspectos vinculados a ésta fenomenología tan particular y pocas veces considerada:

PROCESO de Erosión Hídrica y su Contribución a la Inestabilidad Estructural

TIPO	ACCION	EFECTOS
<p>EROSION POR LLUVIA: La acción de las aguas lluvias, incluidas las provenientes de huracanes, con la contribución de otros agentes climáticos (vientos), sobre la superficie de interfluvio (Forma superficial de un terreno más elevado entre dos cauces en el mismo sistema de drenaje).</p>	<p>Saltación Pluvial: Desalojo y dispersión por gotas de lluvia.</p>	<p>1 Impacto de la gota de agua 2 Reducción de la capa de infiltración 3 Destrucción de los poros y de las fisuras del suelo expuesto</p>
	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DIFUSO	
	<p>Erosión laminar: Arrastre uniforme de capas de suelo a muy corta distancia.</p>	<p>1 Escorrimento de suelos limosos y arenosos 2 Es fuente importante de sedimentos</p>
	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL CONCENTRADO	
	<p>Surcos de erosión: El escurrimiento concentrado forma pequeños canales paralelos.</p>	<p>1 Destrucción de taludes y laderas 2 Alto aporte de sedimentos 3 Borrado de canales por perfilado</p>

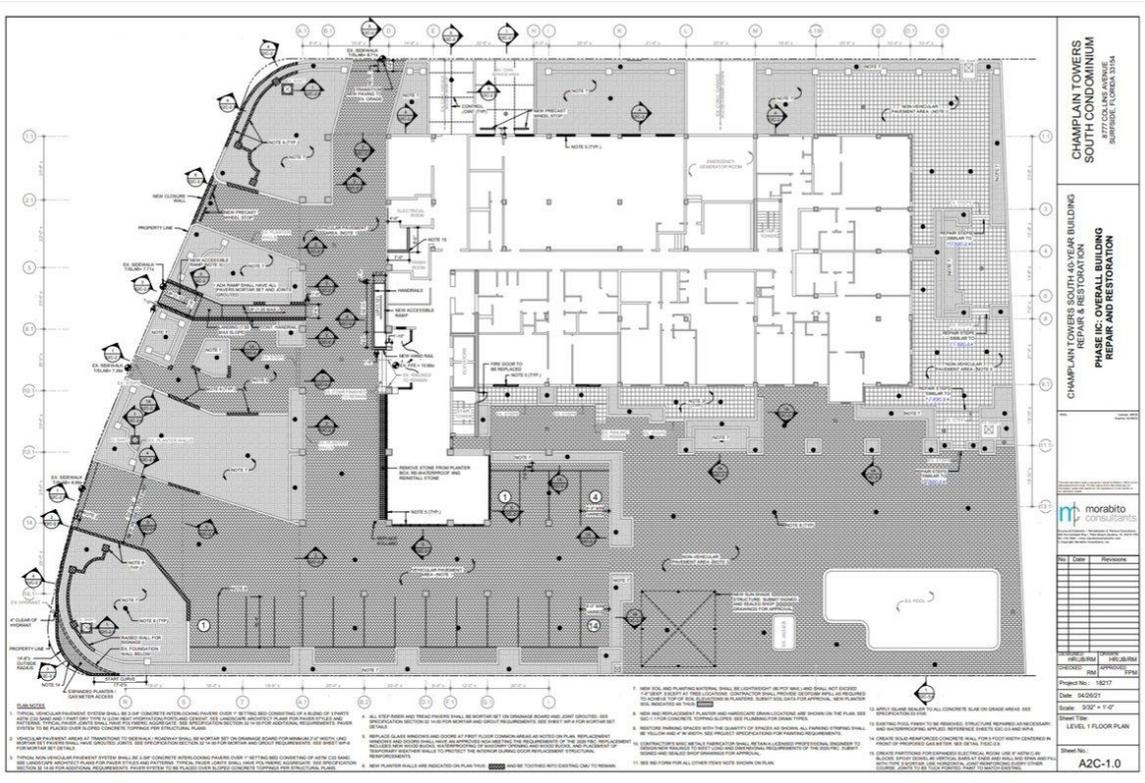
	Cárcavas: Zanjas profundas y de gran tamaño difíciles de controlar	1 Acentúan el relieve promoviendo otras formas de inestabilidad. 2 Fuente importante de sedimentos 3 Corrección de alto costo
EROSION INTERNA: Por flujo subterráneo	ESCURRIMIENTO SUBSUPERFICIAL	
	Tubificación y Cavernas: Debilitamiento interno	Originar manantiales, cárcavas y hundimientos
EROSION FLUVIAL en grandes o pequeñas fuentes de agua natural	Socavación de fondo	Profundiza el fondo de los cauces naturales
	Socavación lateral	Elimina el soporte de laderas (cortes, cortes o excavaciones de cimentación)
	Descarga torrencial	Efectos devastadores en márgenes de cauces e incluso en el borde de playas.

TIPOS DE SOCAVACION

Se supone que los diferentes tipos de socavación se presentan independientemente el uno del otro por lo que al estimarse la socavación total deben considerarse los efectos de: la socavación a largo plazo, la local y la general por contracción u otros factores, evaluándose además el efecto del posible movimiento lateral del suelo y por consiguiente del edificio. Por ello el interés de determinar los diferentes tipos de socavación radica en saber si la estructura corrió algún riesgo y en consecuencia se estableció uno o más mecanismos de protección. Veamos un ejemplo sobre una sola pila o columna:

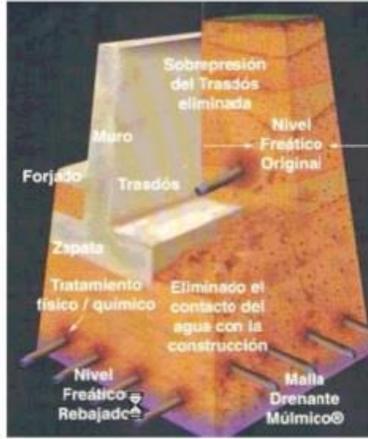
Primero es pertinente conocer la disposición de columnas de Champlain Tower South en materia de pilotaje:





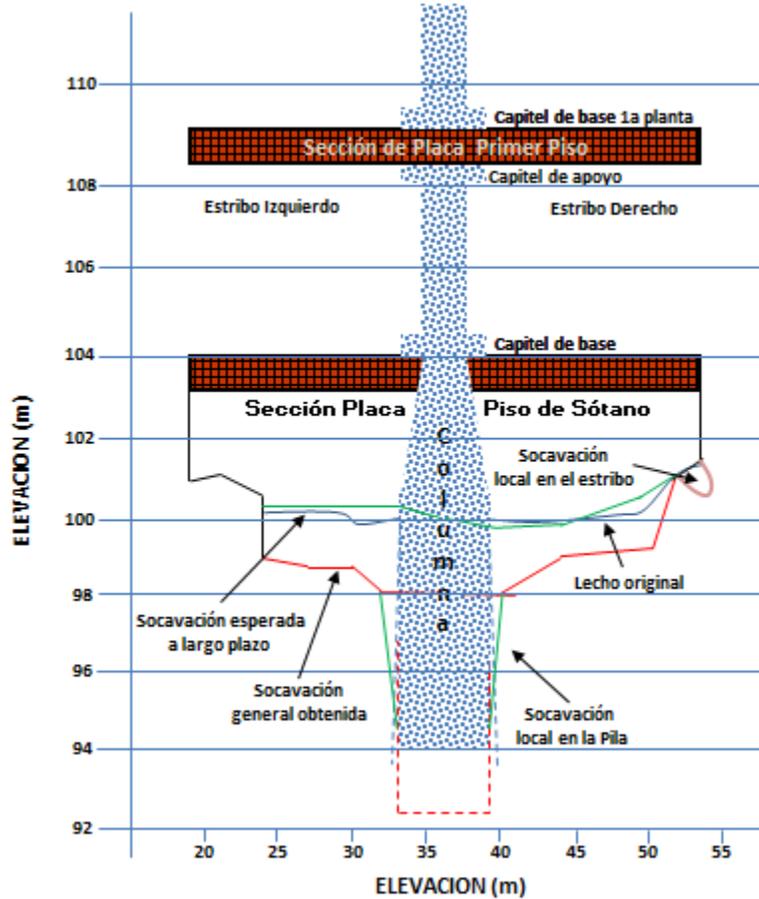
Algunos ingenieros que analizan la falla de la torre han mencionado que el derrumbe parece haber comenzado en algún lugar cerca de la parte inferior del edificio.

Se ha especulado que una o más columnas del edificio pudieron haber colapsado simultáneamente, fallando luego de la pérdida de soporte de la plataforma de la piscina (en nuestra opinión es muy factible ésta causa), pero por se quiebran las columnas como si súbitamente hubiera aumentado la carga sobre ellas o como si hubiesen perdido sustentación e apoyo. Por ello hemos mencionado la socavación, que en esencia podemos esquematizar en los siguientes diagramas:



Esquema de solución para evacuación de aguas en cimentaciones

TIPOS DE SOCAVACION POR FILTRACION



Se supone que los diferentes tipos de socavación se presentan independientemente el uno del otro por lo que al estimarse la socavación total deben sumarse los efectos de:

La socavación a largo plazo, la local y la general por contracción u otros factores, evaluándose además el efecto del posible movimiento lateral de la corriente. El

interés por determinar los diferentes tipos de socavación radica en saber si la estructura corre algún riesgo y en establecer formas de protección.

SOCAVACION A LARGO PLAZO

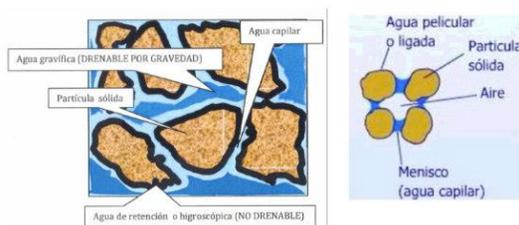
Dentro de un proceso investigativo adelantado por Ingeniería Forense, se debe estudiar la tendencia a la degradación que el lecho presenta a lo largo del tiempo debido a sus causas externas, ya sean naturales o inducidas por el hombre, pero sin tenerse en cuenta eventos extremos o crecientes (caso de los huracanes), por no ser de naturaleza transitoria, o sea que no se presentan durante crecientes, la socavación a largo plazo se considera de tipo permanente, manifestándose en extensiones importantes a lo largo de su recorrido. En pocas palabras, estamos diciendo que los Condos situados en las vecindades del aquí considerado, pueden estar sometidos a condiciones similares de deterioro.

En razón de las reiteradas épocas de huracanes que afectan La Florida, las migraciones de los cauces (dependientes de la categoría de vientos y el arrastre de lluvias torrenciales) pueden resultar causa acumulativa de flujos sobre las estructuras. Es decir, habrá que estudiar el curso, características y condiciones de un número de años por lo menos equivalente al de la edad de Champlain Towers procurando determinar si se generaron daños que se volvieron acumulativos con el correr de las temporadas ciclónicas.

Así mismo, es preciso determinar si como consecuencia de una mayor capacidad de vientos y oleaje pudieron transportar sedimentos del lecho oceánico.

Lo más común es que la contracción de flujo que puede ocasionar la remoción de materiales debería incluir dicha contracción del flujo, duplicando sus efectos. En el caso de los huracanes, el Estado, a través de sus instancias de investigación y control, deberá determinar si las temporadas de huracanes se consideran cíclicas o transitorias y pueden haber sido factor aportante al deterioro continuo y paulatino del sistema estructural de la edificación, aunque de serlo, dichas autoridades han debido recorrer y constatar de primera mano las afectaciones en los edificios en la “línea de fuego” de huracanes y determinar y exigir la reparación y corrección de fallas que debieron ser muy evidentes en cada caso particular.

LA socavación por inundación afectando edificaciones puede asimilarse a la presentada en puentes vehiculares, donde el diseños de columnas suele presentar geometrías que



Acción del agua entre partículas de materiales sólidos consolidados o no.

permiten el flujo con menor fricción y arremetimiento sobre las estructuras, sin embargo, en caso de evidenciarse y comprobarse que el perfil columnario del edificio no ofrecía tales características, procesos naturales continuos de embate pudieron ir minando la capacidad portante y de resistencia y flexión de las columnas, hasta su fallamiento, en vista de la carencia de una intervención oportuna de los defectos que pudieron ir acumulándose a lo largo de las cuatro décadas de su operación.



Al construir bajo rasante cualquier elemento, (zapata, muro, pantalla, foso, etc.) se crea un efecto de barrera a los flujos subterráneos que altera los niveles freáticos) o sus trayectorias.

Con la acción humana hemos ido soterrando o desviando aquellos flujos naturales que impedían o dificultaban labores constructivas, con la creencia de que esto era una solución definitiva, o por lo menos esa ha sido nuestra intención; hoy por hoy el tiempo demuestra que no hay nada más lejos de la realidad. En muchos casos los flujos soterrados vuelven a tener influencia en la edificación y los desvíos en muchas ocasiones afectan a edificaciones ajenas.

La cimentación es el elemento más importante de cualquier edificación. Las edificaciones enterradas deben estar protegidas contra la humectación desde su origen. Cualquier contacto o filtración de agua que afecte a estos elementos, con el tiempo se traduce en una afección estructural.

Al construir bajo rasante cualquier elemento, (zapata, muro, pantalla, foso, etc.) se crea un efecto de barrera a los flujos subterráneos que altera sus niveles (nivel freático) o trayectoria.

Con la acción humana hemos ido soterrando o desviando aquellos flujos naturales que impedían o dificultaban labores constructivas, con la creencia de que esto era una solución definitiva, o por lo menos esa ha sido nuestra intención; hoy por hoy el tiempo demuestra que no hay nada más lejos de la realidad. En muchos casos los flujos soterrados vuelven a tener influencia en la edificación y los desvíos en muchas ocasiones afectan a edificaciones ajenas.

La cimentación es el elemento más importante de cualquier edificación. Las edificaciones enterradas deben estar protegidas contra la humectación desde su origen. Cualquier contacto o filtración de agua que afecte a estos elementos, con el tiempo se traduce en una afección estructural.



Agua afectando cimientos

El agua, cuyo origen puede ser diverso (niveles freáticos, fuga de redes de abastecimiento o saneamiento, lluvia, riegos, etc.) siempre afectará de un modo u otro, pudiendo provocar muchos efectos negativos, afectando tanto al suelo portante como a la estructura:

- Al suelo portante por: Presiones intersticiales, asentos, pérdida de capacidad portante, socavación, **karstificación**, lavado de finos, etc.
- A la propia estructura mediante numerosos y muy diversos procesos físicos, químicos o biológicos, ya sean directos o indirectos como: Empujes adicionales en muros y soleras, hinchamiento, pérdida de resistencia, retracción, deformación, reblandecimiento, asentos, grietas, erosión, filtración, inundación, humedades en general, **haloclastia**, degradación, disgregación, desagregación, **heladicidad**, disolución, corrosión y pudrición.

Karstificación: Con el nombre de karst, relieve kárstico, carst, carsto o carso se conoce a una forma de relieve originada por meteorización química de determinadas rocas, como la caliza, dolomía, yeso, etc., compuestas por minerales solubles en agua. Se denominan ciencias del karst al conjunto de las disciplinas que lo investigan.

Haloclastia: Es la fragmentación de la roca debida a las tensiones que provoca el aumento de volumen que se producen en los cristales salinos. Estos se forman cuando se evapora el agua en las que están disueltas.

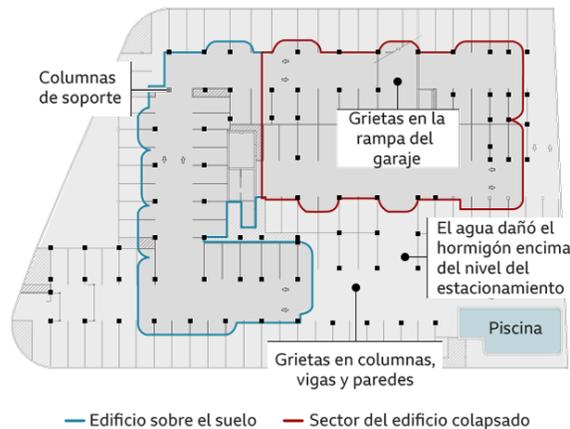
Heladicidad: En resistencia de materiales la **heladicidad** de un material poroso se define como la **capacidad** del mismo **para resistir ciclos sucesivos de congelamiento / descongelamiento** al estar totalmente impregnado con agua.

Las patologías más frecuentes son la degradación, las humedades, las filtraciones y finalmente las grietas.



Corrosión, degradación, filtraciones y humedades
El mismo tipo de hallazgos mencionados en los estudios de
Morabito Consulting

Una inspección estructural en 2018 encontró problemas en el estacionamiento subterráneo



Fuente: Informe "Champlain Towers South 40 year building repair and restoration", 2018 **BBC**

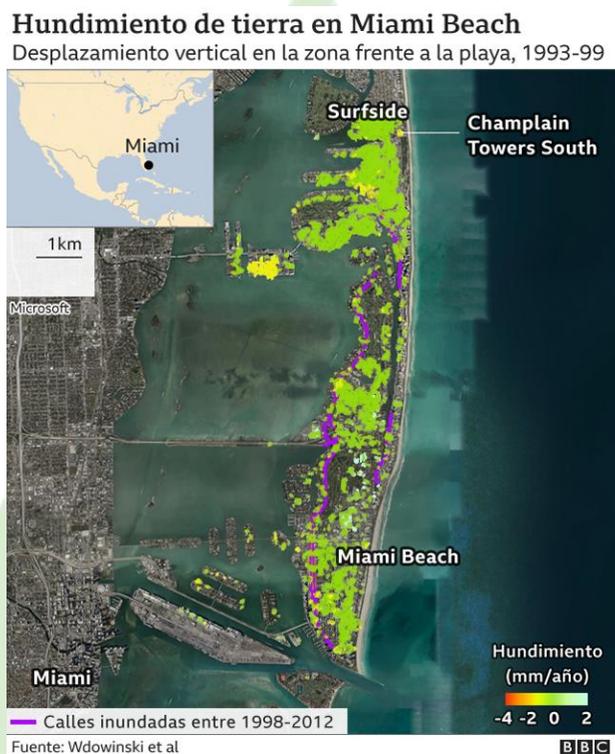
Según informes catastrales; el Surfside, se ha señalado con una antigüedad de 40 años. Tiempo que confirma el análisis del concreto, el acero reforzado, los cimientos, la composición del suelo y el diseño del edificio. Este último paso incluye la **recopilación y estudio de los dibujos y planos, así como los modelos computarizados de cómo se debe comportar la estructura.**

El procedimiento incluye, entre otros:

- Defectos estructurales.
- Efectos ambientales. (Deterioro de los cimientos por agua salina).
- Antigüedad del edificio -40 años- la subsidencia y porosidad del terreno donde fue construido.
- Otro factor a analizar son las **vibraciones de la reciente construcción** de un edificio adyacente de 18 pisos, el Eighty Seven Park.

1.1.1

1.1.2 Imagen Satelital y detalle Estructural afectado del edificio colapsado (Champlain Towers South)

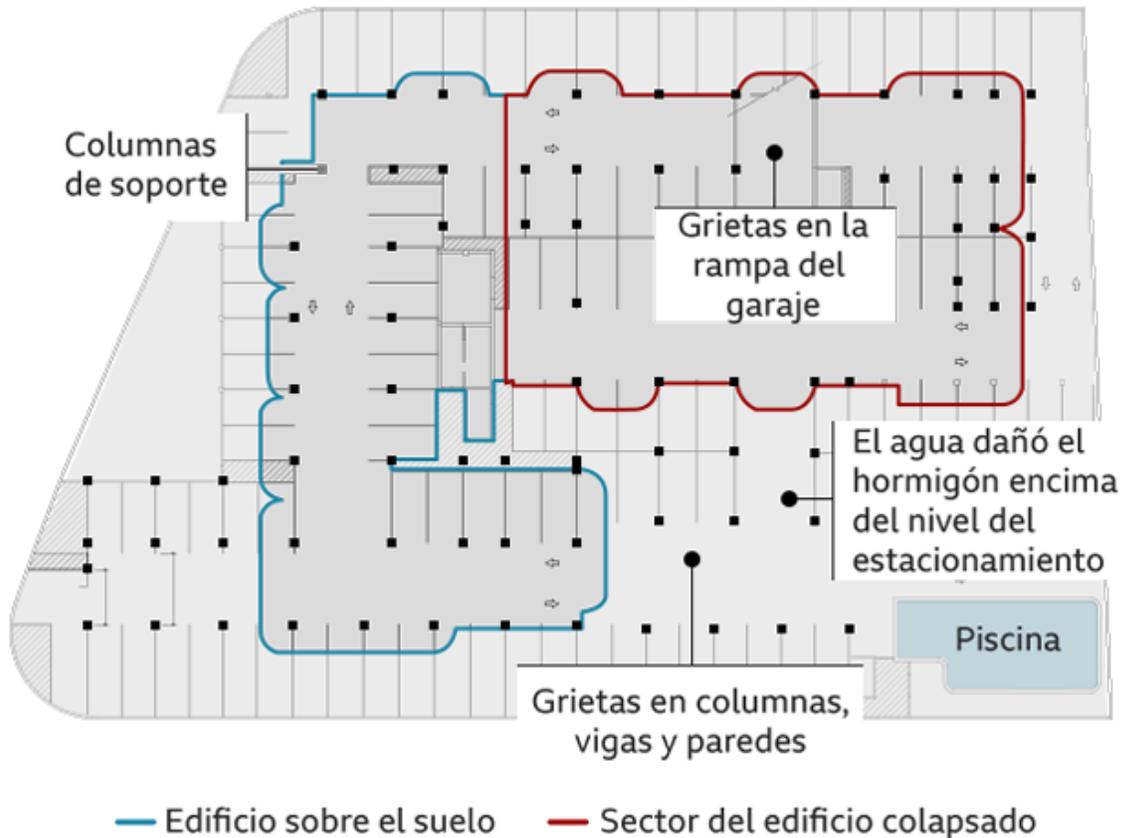


De otra parte se ha confirmado que con base en imágenes tomadas por una cámara de vigilancia en un condominio vecino se confirma que el edificio no cayó de una vez, sino que su **desplome fue en etapas**.

Aunque es demasiado pronto para estar; señala en un comentario que el ingeniero Frank Morabito una de las causas pudo ser **el área de la piscina que identificó como una zona de gran preocupación** debido al error estructural en su diseño original presentado en un reporte en 2018.

El ingeniero Morabito detalla que la plataforma de la piscina de la planta baja no estaba inclinada para drenar, por lo que el agua «se quedaba en la impermeabilización hasta que se evaporaba».

Una inspección estructural en 2018 encontró problemas en el estacionamiento subterráneo



Fuente: Informe “Champlain Towers South 40 year building repair and restoration”, 2018 **BBC**

Ambos profesionales, se encuentran aún efectuando registro de todos los detalles que van encontrando del condominio colapsado; y que por los momentos es lo que tiene de información para dar a la prensa y autoridades, una gran cantidad de defectos estructurales como: «abundantes grietas... de columnas, vigas y paredes» .

Finalmente, tanto Kilsheimer y su colega Morabito, **comentan que por su experiencia en el área no creen que una sola condición fue la causante del derrumbe** y que el estudio forense en este caso requiere de más tiempo por ser un desastre aparentemente de causa natural.

«El derrumbe parcial del edificio Champlain Towers South se ha vuelto una alerta trágica y un temor recurrente para los que viven ya no solo en la populosa Miami Beach, sino en las áreas costeras de Florida.»

1.2 Condiciones Catastrales de otros edificios.

El derrumbe del edificio «Champlain Towers South», mantiene en desconcierto y preocupación a los residentes de la bahía de Miami; que requieren saber si su edificio enfrenta problemas similares; y han alertado a las autoridades locales, mismas que ordenaron nuevos controles.

Según la fuente, **la mayoría de los edificios a lo largo de la costa fueron diseñados bajo el mismo principio estructural de construcción que el «Champlain Towers South», es decir sobre cimientos de pilotes, utilizando columnas de hormigón y acero para transferir la carga del edificio al suelo.**

Entre los cuales se encuentran: «Champlain Towers North», construido con un diseño casi idéntico y el «**Eighty Seven Park**»

C. LICUEFACCION O LICUACION DE SUELOS

La licuefacción o licuación es el proceso de cambio físico en el que una sustancia en estado sólido o gaseoso pasa directamente a estado líquido, gracias a un cambio radical en sus condiciones físicas. - Fuente: <https://concepto.de/licuefaccion/>

El término generalmente se emplea para referirse a los gases (o sea, licuefacción de gases), pero también es común su uso a la hora de referirse a procesos radicales de conversión a líquido de sólidos que comúnmente no son capaces de hacerlo.

En el caso de los gases, se trata de un proceso muy común y de gran importancia industrial, en el cual un cuerpo gaseoso se comprime a muy bajas temperaturas, forzando a sus partículas a vincularse de un modo tal que adquieren un estado de liquidez temporario.

Este es el método empleado en el transporte de la mayoría de los gases (dado que en estado líquido son mucho más estables) y es la razón por la cual el gas acumulado en los encendedores es un líquido: al activar el mecanismo de encendido, disminuye la presión y parte del líquido vuelve a su forma gaseosa, permitiendo que la chispa del mechero lo encienda y alimentando una llama.

Por tanto, se entiende por licuefacción de un suelo la **pérdida anómala de su resistencia al esfuerzo cortante** de forma temporal o definitiva, lo que permite un aumento rápido de las presiones intersticiales (por falta de drenaje) hasta valores del orden de la presión total existente. En estos casos la presión efectiva prácticamente se anula, con lo que los granos dejan de estar en contacto y la resistencia al corte desaparece por lo que el material se comporta como un líquido, dando lugar a movimientos verticales y horizontales de su masa, que se traducen en deslizamientos (en caso de taludes) o grandes asentamientos.

El fenómeno de la licuefacción afecta a determinados suelos sedimentarios naturales o a los depósitos artificiales, en los que los contactos entre los granos son comparativamente escasos, lo que propicia que se pierdan casi totalmente durante el flujo propiamente dicho. El tamaño de los granos, su uniformidad y la baja velocidad de sedimentación en aguas tranquilas, son factores que se conjugan para formar estructuras muy sueltas.

Este fenómeno se suele dar por disminución de la resistencia a los esfuerzos cortantes del suelo producido por una sollicitación brusca sobre el suelo, tal como un **sismo**, un impacto, etc., siendo importante desde el punto de vista ingenieril por la rapidez con que puede tener lugar como veremos más adelante.

Los materiales en los que se puede dar este fenómeno son las arcillas saturadas muy sensibles, las arenas secas sueltas y las arenas limosas saturadas, sobre todo las de baja compacidad.

Veamos este fenómeno en función del tipo de suelo al que se asocian:

- Arcillas saturadas:

Todas las arcillas que han presentado fenómenos de licuefacción poseen una historia geológica común, ya que se formaron por sedimentación marina y emergieron por la recuperación isostática de los continentes al desaparecer las grandes cargas de hielo.

El resultado de este proceso en las arcillas fue la lenta sustitución del agua salada por agua dulce, que produjo el lavado de la sal, provocando con ello la pérdida de iones sódicos y en consecuencia de actividad eléctrica de superficie, con lo que la resistencia al esfuerzo cortante se vio fuertemente disminuida y la sensibilidad aumentada. La menor resistencia conduce a menores factores de seguridad en los taludes naturales hasta que fallan sin causa aparente; en el proceso, la arcilla se remodela comportándose como un líquido, estado que conserva, ya que la falta de iones en el agua impide la reestructuración.

Estas arcillas denominadas “**Arcillas Rápidas o Quick Clays**” se encuentran fundamentalmente en el Norte de Europa (Noruega y Suecia), así como en el Este de Canadá y en el Noreste de EE.UU.

- Arenas sueltas secas:

En las arenas sueltas y secas pueden ocurrir fenómenos de licuefacción por un mecanismo semejante al que ocurre en arenas saturadas con la diferencia de que en arenas secas la **presión de poro** se genera **en el aire de los vacíos** y no en el agua.

En este caso debe tenerse en cuenta que el aire no es incompresible, por lo que su volumen debe disminuir antes de que la presión generada sea importante, además, el aire tiene más facilidad que el agua para drenarse, por lo que lo hará con mayor rapidez. Por todo esto, la licuefacción en un material seco, solo será posible si una masa grande de suelo de estructura suelta tiende a disminuir de volumen bruscamente en todos sus puntos. Además, el lapso en estado líquido será necesariamente más corto.

Este fenómeno en arenas sueltas secas se ha documentado en ciertos “loess” detectados en China.

- Arenas limosas saturadas:

Este fenómeno suele denominarse licuefacción espontánea cuando ocurre en arenas limosas saturadas, por la rapidez con que tiene lugar siendo el caso de licuefacción más importante desde el punto de vista ingenieril.

La licuefacción se produce cuando determinados tipos de suelos afectados por terremotos desarrollan **elevadas presiones intersticiales de forma rápida** (sin drenaje), dando lugar a una pérdida de la resistencia al corte y a la rotura del suelo, que se comporta como si fuera un líquido.

De acuerdo con la observación de zonas afectadas por licuefacción, ésta tiene lugar en las siguientes **circunstancias**:

- Terremotos de magnitud igual o superior a 5.5, con aceleraciones superiores o iguales a 0.2
- Por debajo de 15 m de profundidad no se han dado
- En la mayoría de los casos donde se han observado licuefacciones, el nivel freático estaba a poca profundidad, inferior a 3 m; por debajo de 5 m, la susceptibilidad a la licuefacción suele ser muy baja.

Tipos de licuefacción

Podemos emplear el término de licuefacción en tres contextos usuales:

Licuefacción de gases. Es el proceso de compresión de gases a baja temperatura para llevarlos a un estado líquido, del que saldrán espontáneamente si disminuimos la presión, o explosivamente si aumentamos su temperatura.

Licuefacción de suelos. Es la consecuencia de movimientos sísmicos (temblores intensos, incluso tsunamis), cuya energía es tal, que pueden variar la consistencia de ciertos suelos y hacerla semejante a la de un líquido pesado o la de arena movediza. Esto suele desencadenar aludes o derrumbes.

Licuefacción directa del carbón. Es un uso muy específico del término, que alude a un cambio químico –no físico, como los anteriores– conocido como proceso Pott-Broche, que convierte al carbón en una mezcla de hidrocarburos llamada “crudo sintético”, muy semejante al petróleo. El proceso suele consistir, a groso modo, en la mezcla del carbón con disolventes a grandes presiones y temperaturas, para luego añadir hidrógeno a la mezcla (proceso conocido como “hidrocraqueo”).

Fuente: <https://concepto.de/licuefaccion/>

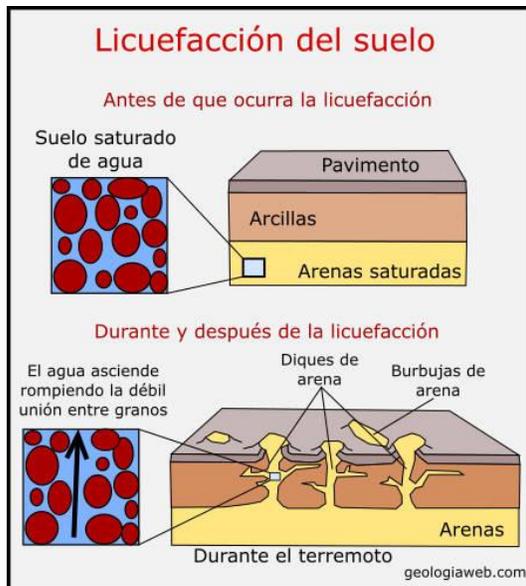
Ejemplos de Licuefacción de suelos:



La licuefacción del suelo es la variación de la consistencia del suelo después de un sismo.

La licuefacción de suelos es un fenómeno en el cual los terrenos, a causa de saturación de agua y particularmente en sedimentos recientes como arena o grava, pierden su firmeza y fluyen como resultado de los esfuerzos provocados en ellos debido a los temblores. La licuefacción es una causa mayor de destrucción relacionada con terremotos (más aún que por la acción directa de las ondas sobre los edificios). En otras palabras, la licuefacción es capaz de desplazar, hundir o incluso volcar infraestructura, sean casas, edificios u otros. Como es de esperarse, la infraestructura de regiones costeras es la que más peligro corre y,

por tanto, toda obra construida en estas zonas debe contar con estudios previos y detallados que caractericen el tipo de suelo que presenta el sitio. Una buena parte de los daños observados en Japón después del gran terremoto del 2011 fueron causados por licuefacción de suelos. (Se resaltan los párrafos siguientes en razón de que este tipo de fenómeno de suelos aunque poco común en nuestro medio, ya se ha evidenciado).



Este fenómeno actúa sobre los materiales del suelo que como condición general es que se encuentran completamente saturados, es decir llenos de agua, pero sobre esos materiales generalmente se encuentra otra capa impermeable, por ejemplo, arcillas.

Básicamente la licuefacción se da cuando ocurre un terremoto o temblor muy fuerte, y el agua que se encuentra en esos suelos saturados y poco compactos tiende a salir hacia la superficie (sectores de menor presión) cortando al suelo en varias direcciones, y puede causar grandes daños a las estructuras de ingeniería civil como carreteras, puentes, edificios y las cimentaciones de aquellas estructuras.

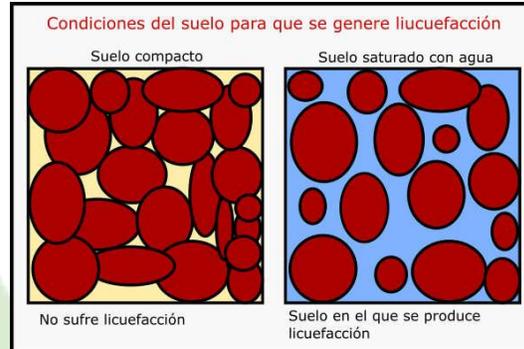
PRINCIPIO Y CAUSAS DE LICUEFACCION

Cuando el suelo está en condiciones normales, se caracteriza porque suele ser compacto y firme, esto en gran parte se debe a la fuerza gravitacional entre las partículas, el bajo porcentaje de agua, el contenido de materiales cementantes como la sílice, óxidos de hierro y carbonatos que afianzan esa rigidez en el suelo.

Pero cuando el suelo se encuentra saturado completamente o casi al 100% de agua, hace que la presión sobre los poros y sobre las partículas aledañas debido al agua aumente, y la fuerza gravitacional entre partículas disminuya y por lo tanto hace que ese suelo sea susceptible a los esfuerzos cortantes.

Cuando el suelo esta con gran porcentaje de agua, es como si estuvieran flotando, y casi no hay contacto entre partículas, no hay compactación, y cualquier cambio en los esfuerzos afectaría a ese suelo.

Es así que, cuando ocurre un terremoto la presión de agua se vuelve lo suficientemente intensa como para contrarrestar la atracción gravitacional entre las partículas del suelo, desestabilizando el equilibrio de esfuerzos que mantenía a las partículas unidas, y es así que al agua empieza a cortar el suelo y sale hacia lugares de menor presión causando efectos negativos en las estructuras que se encuentran sobre esas capas de suelo.



EFFECTOS O CONSECUENCIAS DE LA LICUEFACCION

El fenómeno de licuefacción puede tener muchos efectos en el suelo y las estructuras de construcción civil. Algunos ejemplos son:

Arena de Ebullición	Cuando ocurre el fenómeno de licuefacción bajo la superficie en los estratos de suelos saturados, la presión de agua que es desestabilizada por el terremoto, rompe o corta al suelo y sale a la superficie a manera de burbujas, tal como cuando hierve el agua en una olla.
Daño a Estructuras de Ingeniería Civil	La combinación del terremoto junto con el fenómeno de licuefacción es bastante destructiva. Generalmente afecta a la cimentación de edificios, puentes, túneles etc. Y causan el colapso de estas estructuras civiles que se pueden observar por la inclinación de edificios, rotura de carreteras, trizado de cimentaciones. Además, pueden causar la pérdida de vidas humanas.
Daños a Estructuras Costa Afuera	Es muy común que la licuefacción afecte a estructuras costa afuera o que se hacen en zonas de mar, por ejemplo, a puentes, debido a que sus cimientos están sobre materiales completamente saturados por agua de mar.
Deslizamientos de Tierra	La licuefacción causa que el suelo se desestabilice, lo que puede generar deslizamientos de gran y pequeña magnitud durante y después del terremoto, ya que los suelos de mala calidad se relacionan con deslizamientos antiguos o sedimentos recientes poco consolidados.

<p>Fallas de Presas y Muros de Contención</p>	<p>Los suelos alrededor de represas hidroeléctricas siempre se encuentran saturados con agua debido a que están cerca de ríos con gran caudal, y un gran terremoto puede causar que las estructuras y muros de las presas hidroeléctricas colapsasen o se inunden.</p>
--	--

Después de que ocurre la licuefacción en el suelo, este ya no presenta las mismas características de resistencia y rigidez, por lo tanto, el suelo después puede sufrir una variedad de fallas estructurales.

Es decir que un suelo que ha sufrido licuefacción ya no se considera estable y no es apto para realizar construcciones de ingeniería civil.

Si se llegara a construir sobre estos suelos las estructuras podrían sufrir colapsos o inclinaciones que pueden ser peligrosas para la gente que use esas estructuras.

Se recomienda prevenir la ocurrencia de este fenómeno.

METODOS PARA REDUCIR LOS RIESGOS DE LICUEFACCION DEL SUELO

1. Ante todo, se recomienda evitar no construir sobre suelos o materiales que se hayan comprobado so muy susceptibles a que sean afectados por licuefacción. Para ello, se debe realizar estudios geológicos y geotécnicos que determinen las propiedades de los suelos donde va a construir.
2. Si ya no se puede evitar construir sobre materiales o suelos susceptibles a sufrir licuefacción, se recomienda primero mejorar las condiciones del suelo, en ello se incluye las características de resistencia, densidad y drenaje. Después se recomienda diseñar estructuras ingenieriles capaces de responder efectivamente ante un terremoto y ante la licuefacción de suelo.

D. SIFONAMIENTO

El proceso de **sifonamiento** puede definirse como una inestabilidad del suelo producida cuando un flujo de agua ascendente, es decir, en sentido contrario al peso del terreno, genera una presión igual a la presión de tierras, anulando, por tanto, la presión efectiva.

Es decir, el sifonamiento provoca una **presión efectiva nula** lo que hace que en estas condiciones un suelo sin cohesión pierde su resistencia al corte y se comporte como un fluido, con lo cual tenemos la impresión que el terreno se ha “licuado” y se comporta como un líquido en ebullición. Para que se anulen las tensiones efectivas tenemos que aumentar la presión intersticial, ya que la presión total se mantendrá constante si no variamos la geometría ni las densidades de los materiales. Sin embargo, aunque similares, el

sifonamiento no es lo mismo que la licuefacción de suelos. El fenómeno que hace aumentar a esta presión intersticial será lo que diferencia el sifonamiento de la licuefacción.

- **Sifonamiento:** en este caso, la causa del aumento de la tensión intersticial es un flujo ascendente de agua. Comúnmente esto ocurre en excavaciones al abrigo de pantallas, donde el nivel freático se encuentra relativamente alto y se realiza un bombeo de la excavación. El esquema hidráulico será el de la figura que se encuentra más abajo en el apartado de sifonamiento.

El **sifonamiento** se produce, como hemos dicho, cuando en un trabajo de excavación y en un terreno saturado por debajo del nivel freático, el agua debe llenar la excavación hasta la cota superior del nivel. Al interponer una cimentación, esta debe soportar la subpresión por el empuje del agua por la diferencia entre la cara inferior de la cimentación y el nivel freático.

Esta filtración en el terreno se puede producir a mayor o menor velocidad, siempre en función de diferentes medidas. En este caso, se puede dar el caso que la velocidad o circulación del agua sea elevada, produciéndose arrastre de partículas o rotura súbita del fondo en la excavación.

En excavaciones de más de 6 m de profundidad al abrigo de pantallas impermeables debe estudiarse con detalle puesto que si se produce el **sifonamiento del suelo** las consecuencias podrían ser muy graves, llevando incluso a la ruina toda la obra.

Una forma de evitar que pase esto es realizando un **bombeo** en el fondo de la excavación, de forma que se produzca un rebajamiento del nivel freático, pero siempre con las debidas precauciones para con las estructuras cercanas. En estos trabajos se debe tener un especial cuidado con la existencia de estratos con menor permeabilidad cercano a los pies de las pantallas, puesto que las presiones pueden resultar mayores a la obtenida.

- **Licuefacción:** en este fenómeno, el aumento de la presión de poro viene producido por un esfuerzo súbito (y repetido) sobre la masa de suelo. De manera simplificada, podemos decir que en los suelos sometidos a una carga “rápida”, esta carga es absorbida en primer lugar por el agua, produciéndose sobrepresiones intersticiales (al igual que en el caso de la consolidación) que pueden llegar a producir la anulación de tensiones efectivas.

E. FALLAS GEOTECNICAS DE LOS SUELOS

¿Qué son fallas Geotécnicas?



Un problema **geotécnico** se define como cualquier evento que cause deformaciones y daños a un terreno y a las obras civiles circunvecinas. Estos problemas **geotécnicos** podrían presentarse de diferente forma: Asentamientos del terreno

Dentro de la gama de fallas geotécnicas se incluye la licuefacción de terrenos, de la que ya hablamos detenidamente. Sin embargo existe otro fenómeno asociado denominado SIFONAMIENTO.

Desde el punto de vista geotécnico ingenieril, podemos encontrarnos ante dos tipos de problemáticas fundamentales en relación con los suelos. Por un lado los problemas denominados “**habituales**” en los que los suelos forman parte del medio natural y se ven sometidos a la acción antrópica, respondiendo a los problemas generales que esta acción o acciones plantean, como son las excavaciones a cielo abierto, la construcción de cimentaciones, las obras subterráneas, etc.

Dentro de estos problemas habituales se encuentran, por tanto, los siguientes:

1. Problemas de **capacidad portante o resistencia**: El terreno debe ser capaz de resistir los incrementos de tensiones, ya sean positivos o negativos, inducidos por las obras de ingeniería, no llegando a alcanzar los límites de seguridad previamente establecidos.
2. Problemas de **deformabilidad**: las estructuras en contacto con el terreno han de ser capaces de experimentar los movimientos de las mismas sin repercusiones especiales. Tales movimientos son la consecuencia de las deformaciones inducidas en el terreno por las cargas que las estructuras transmiten al mismo. De esta manera, por ejemplo, se suelen definir para las cimentaciones, unos asientos máximos y una distorsión angular máxima admisibles, según del tipo de estructura, que no deben ser rebasados.
3. Problemas de **durabilidad** temporal: las condiciones de resistencia y deformabilidad anteriormente descritas, deben permanecer sin variación a lo largo del tiempo, o por lo menos no disminuir en el tiempo por debajo de los valores admisibles previamente establecidos. Esto puede suceder con relativa frecuencia en los casos de nuevas actuaciones ingenieriles que afectan las condiciones de contorno de actuaciones previamente ejecutadas.

Por otro lado están los problemas denominados “**especiales**” que se pueden dar en los suelos, por su propia condición y la acción de la naturaleza sin intervención antrópica. Esta problemática de determinados suelos puede afectar sobremanera la actividad ingenieril,

bien por la propia existencia de dicha condición o debido a que la intervención humana se acentúa dichos problemas naturales existentes.

Esta problemática puede interferir y alterar el equilibrio natural del terreno, incluso de forma cíclica, o bien puede provocar que las obras y el terreno circundante sufran de forma distinta la acción climática, que muchas veces se sucede de forma periódica aunque no cambie la intensidad o al menos no sea menos intensa.

De esta forma podemos distinguir las siguientes problemáticas fundamentales de este tipo en el ámbito de los suelos:

1. Los suelos expansivos
2. Los suelos colapsables
3. Los suelos licuefactables

F. CAUSAS DE ORIGEN HUMANO Y ECONOMICO EN EL DESPLOME DE ESTRUCTURAS

De manera resumida debemos decir que existen algunos problemas comunes entre las causas del colapso de edificios. Encontramos cinco (5) errores humanos que hacen que se derrumben las estructuras y particularmente los edificios:

- Los cimientos son muy débiles.
- Los materiales no son resistentes.
- Los trabajadores cometen errores.
- La carga es más pesada.
- La fortaleza no fue probada.

Está claro que un terremoto puede hacer que se derrumbe un edificio, sobre todo en zonas del mundo donde no hay estructuras antisísmicas.

Pero no siempre eventos extremos como los movimientos telúricos son la causa de los desplomes.

Construcciones poco adecuadas o bien **errores y descuidos** de los encargados de erigir las edificaciones pueden ser también los responsables.

Por ejemplo, un edificio en Tenerife, España, se derrumbó y provocó la muerte de siete personas. Aún se desconocen las causas del colapso, pero la construcción no contaba con una habilitación de obras y tampoco se notificó al ayuntamiento, según informaron las autoridades.

También en el mismo mes, un edificio de siete plantas se desplomó en Nairobi, Kenia, tras las intensas lluvias que afectaron la zona. Al menos 36 individuos perdieron la vida y otras 70 simplemente desaparecieron.

Existen algunos **problemas comunes entre las causas del colapso de edificios.**

1. Cimentación Débil o Defectuosa

Construir cimientos adecuados es costoso, pero evita pérdidas económicas y sobre todo de vidas.

Una buena y adecuada cimentación puede valer hasta la mitad del precio de un edificio. Se afirma que dos cosas que deben ser fundamentales cuando se está realizando la base de la construcción: **la solidez del suelo y el peso del edificio junto a su contenido.**

Los constructores **intentan ahorrar dinero** que debe asignarse a los cimientos, como por ejemplo en terrenos pantanosos como en la ciudad de Lagos, donde muchos edificios se han desplomado.

Incluso en tierras firmes, las bases tienen que ser lo suficientemente sólidas para soportar el peso de la edificación.

2. Los Materiales no son resistentes

Puede suceder que los materiales que se utilizan en las obras no sean lo suficientemente resistentes para contener la carga.

Particularmente en África se registraron colapsos de edificios que llevaron a la Organización Africana de Normalización a adelantar reuniones mensuales para discutir por qué tantas construcciones de ese continente se derrumban.

Y desde la entidad advierten sobre la **existencia de mercados que venden materiales falsificados** o que se utiliza chatarra en lugar de acero para las edificaciones.

Incluso hay casos de falsificadores que **adulteran certificados de autenticación**, según alerta de la Organización Africana de Normalización.

También dice que los contratistas **a veces emplean, a sabiendas, materiales incorrectos para ahorrar costos.**

O usan la cantidad de hormigón para soportar la carga de un edificio de una sola planta, y la construcción termina siendo de cuatro niveles.
Y esto es algo que los entes reguladores no controlan.

3. Los trabajadores comenten errores

Incluso cuando a los trabajadores se les dan los materiales adecuados para hacer el hormigón, **es posible que los mezclen de forma incorrecta**. ¿Y la supervisión?

Esto resulta en un concreto que no es lo suficientemente resistente para sostener el peso.

Además, se acusa a los contratistas de **emplear a trabajadores no calificados** porque son más baratos y de esta manera ahorran dinero.

O también los obreros entienden mal las proporciones de mezcla del concreto y **usan carretillas en lugar de los medidores adecuados para calcular la cantidad de cemento**.

4. La carga es más pesada

Un edificio puede derrumbarse cuando el peso que lleva dentro es mayor que el que puede soportar el edificio.

Si una construcción fue diseñada para ser una vivienda y luego se convierte en una biblioteca, con cajas y cajas de libros que se apilan, **el inmueble puede colapsar por el excesivo peso**.

Otra razón por la que la carga es a menudo más pesada que lo calculado en el diseño original es porque se añaden plantas al edificio.

5. La fortaleza estructural no fue probada

En todas las fases de la construcción, la fortaleza del edificio debe ser probada. "Se debe ser estricto con el control de la edificación".

El gran problema surge cuando **en cada etapa de la construcción hay alguien con una fuerte motivación para ahorrar o ganar dinero**.

Hay muchas razones físicas por las cuales un edificio puede desmoronarse, pero en general **la corrupción** está detrás de todas, concepto en el que estamos de acuerdo.

G. ERRORES DE CONSTRUCCION QUE CAUSAN DESPLOMES

Daños asociados a estructuras por negligencia y errores

En los últimos años se ha evidenciado un marcado incremento en la siniestralidad de proyectos constructivos debido a negligencia y errores asociados al incumplimiento en los lineamientos urbanos y normas técnicas, al inicio de procesos constructivos sin información de estudios de campo y a la falta de rigor en procesos constructivos y de diseño. Esto se ha reflejado en grandes daños sin que haya ocurrido ninguna amenaza o evento natural. Lo anterior podría catalogarse también como **vicios ocultos**. Los vicios ocultos en la construcción **son defectos o errores** en la vivienda, **edificio o estructuras**, que **no se aprecian en la entrega al cliente**. Generalmente estos defectos o errores, afloran habiendo transcurrido un tiempo desde la finalización de la misma. Estos vicios pueden ser consecuencia de errores en la fase de ejecución de la obra o de deficiencia en el proyecto. Algunos ejemplos de vicios ocultos pueden ser:

- Humedades y filtraciones, consecuencia de una mala impermeabilización o de defectos en la instalación de la red sanitaria
- Grietas en muros y tabiques.
- Desprendimiento de ladrillos o material de revestimiento.
- Defectos en aplanados, pinturas y acabados arquitectónicos.
- Mal funcionamiento de la red eléctrica, interruptores, luces y tomas de corriente.
- Tuberías que no funcionan correctamente o colocación de colectores defectuosos.

Lo anteriormente citado podrían ser los vicios más comunes, pero existen también vicios ocultos de la construcción que afectan a la estructura, estos ponen en riesgo a las personas que habitan el edificio y además suelen ser vicios con un costo de reparación muy elevados. Estos vicios son más complejos de identificar y diagnosticar.

Los siguientes casos son ejemplos de vicios ocultos, negligencias y errores que ocurrieron durante el proceso constructivo de la obra y que ponen en riesgo la vida de las personas que sufrieron algún tipo de daño o consecuencias derivadas del siniestro.

Lotus Riverside, Shanghái, China El 27 de junio del 2009, el edificio de apartamentos Lotus Riverside Block 7 de 13 niveles colapsó en la ciudad de Shanghái, China. La estructura se encontraba ubicada junto a un río y su cimentación consistía en pilotes de concreto prefabricados. En el proceso de excavación del estacionamiento, los trabajadores arrojaron el suelo removido a la parte trasera del edificio. Posteriormente una fuerte lluvia, causó la saturación de agua del suelo provocando una presión lateral en los pilotes y posterior ruptura de los mismos. En el momento de derrumbe de este edificio, una persona perdió la vida.

H. COLAPSO DE EDIFICIOS (Fuente: www.arkiplus.com)

Los edificios, al igual que todas las estructuras, están diseñados para soportar ciertas cargas sin deformarse excesivamente. Las cargas son los pesos de personas y objetos, el peso de la lluvia y la nieve y la presión del viento – llamadas cargas vivas – y la carga muerta del

propio edificio. Con edificios de varias plantas, la fuerza generalmente acompaña suficiente rigidez. Con altos edificios de muchos pisos, el techo es un asunto menor, y el soporte del peso del edificio en sí es la consideración principal. Al igual que los puentes largos, los edificios de gran altura están sujetos a un colapso catastrófico.

Las causas del derrumbe de un edificio pueden ser clasificadas en líneas generales para facilitar el análisis.

- Mal diseño
- Cimientos defectuosos
- Cargas extraordinarias

El mal diseño no significa sólo errores de cálculo. Los fallos pueden deberse a las cargas sobre la estructura, teorías erróneas, la confianza en los datos inexactos, el desconocimiento de los efectos de las tensiones repetidas o impulsivas, y la elección incorrecta de materiales o mala interpretación de sus propiedades. El ingeniero es responsable de estos fallos, que se crean en la mesa de dibujo.

La construcción defectuosa ha sido la causa más importante de falla estructural. El ingeniero también es culpable aquí, si la inspección ha sido laxa. Esto incluye el uso de arena salada para hacer hormigón, la sustitución de acero inferior para que se especifica el par de apriete, mal remachado o incluso inadecuada de los frutos secos, el uso excesivo de la espiga de la deriva para hacer agujeros se alinean, malas soldaduras, y otras prácticas bien conocidas al trabajador de la construcción.

Incluso una estructura excelentemente diseñada y construida no se quedará en una mala cimentación. Aunque la estructura llevará sus cargas, la tierra debajo de ella no puede. La torre inclinada de Pisa es un famoso ejemplo de malas fundaciones, pero hay muchos otros. La antigua sala de armas en St. Paul, Minnesota, se hundió a 20 pies o más en arcilla blanda, pero no se derrumbó. Los desplazamientos debidos a malas fundaciones pueden alterar la distribución de la tensión de manera significativa. Este fue un problema con puentes de ferrocarril en Estados Unidos que estáticamente determinadas armaduras fueron muy preferidos, ya que no estaban sujetos a este peligro.

Cargas extraordinarias suelen ser naturales, como las nevadas o granizadas repetidas, o el terremoto, o los vientos de un huracán. Un edificio que se destina a soportar durante años debe ser capaz de responder a estos desafíos. Una estructura flexible débil puede evitar la destrucción por un terremoto, mientras que un edificio de mampostería sólida sería destruido. Los terremotos pueden causar problemas de cimentación cuando la tierra húmeda llena licua.

Modos de fallos inesperados son los más complejos de las razones para el colapso, y hemos tenido recientemente un buen ejemplo. Cualquier nuevo tipo de estructura está sujeta a un fallo inesperado, hasta que sus propiedades son bien entendidas.

Los puentes colgantes, por ejemplo, parecían la respuesta a la reducción de las grandes lagunas. Todo fue apoyado por un fuerte cable en tensión, un confiable y miembro entiende. Sin embargo, la triste experiencia mostró que la cubierta del puente era capaz de galopar y girando sin restricciones de los cables de soporte. Puente de Ellet en Wheeling se derrumbó en la década de 1840, y el puente de Tacoma Narrows, en la década de 1940, por esta causa.

Los conservadores, fuertes armaduras estáticamente determinadas fueron diseñados con eyebars pin-conectado a ser tan fuerte y segura posible. Triste experiencia trajo la realización de la concentración de esfuerzos en los orificios perforados en las eyebars. Desde los primeros tiempos, se ha reconocido que los miembros de tensión no tienen sorpresas. Fallan tirando abajo cuando la tensión en ellos llega a ser demasiado alta. Si conoces a la tensión, a continuación, dosificar un miembro es fácil. Un miembro de compresión, una columna, es diferente. Si es corto y rechoncho, lleva su carga hasta que aplasta. Pero si tratas de soportar una carga con una columna de 12 pies que se acaba de soportar la carga con una columna de 1 pie, usted está en para una sorpresa. La columna se curva hacia afuera, o hebillas, y la carga se estrella a la tierra.

Suponga que tiene una viga apoyada en los extremos, con una carga en el centro. Usted sabe que el haz se doblará, y si la carga es demasiado grande, es posible que se rompan en la parte inferior, o aplastar en la parte superior, debajo de la carga. Esta usted espera. Sin embargo, el haz puede fallar mediante la división en dos haces longitudinalmente, o cizallamiento, o por la parte superior de la viga de desviación hacia un lado o el otro también llamado pandeo,. De hecho, una viga suele fallar por cizallamiento o pandeo antes de romperse.

Un tubo hueco hace que una columna o viga muy eficiente. Si lo piensas bien, es el material en la superficie que más resiste el pandeo y la flexión. Una columna que se modificó a partir de una sección transversal compacta, como un cilindro, a una sección transversal ampliada, como un tubo, aún puede soportar la misma carga por unidad de área, pero con mucha mayor resistencia al pandeo. Como un rayo, un lado está en compresión y el otro en tensión, mientras que el tubo no puede hebillas hacia un lado o el otro. Al hacer doblar un tubo, observe que aplasta a la reducción interna de la sección transversal a una línea, que se dobla fácilmente. Los tubos deben ser apoyadas contra el pandeo. Dicho tubo tiene una muy alta proporción de fuerza para el peso, y por lo tanto la fuerza a los costos.

Fuente: www.arkiplus.com

CLAUSULA DE COLAPSO DE EDIFICIOS

1. COBERTURA.

La cláusula cubre los daños materiales a los bienes asegurados, causados por el colapso total o parcial del edificio, entendiéndose por colapso, el hundimiento o desplome

ocasionado por falla o debilitamiento de sus sistemas de apoyo o de sustentación, a causa de excavaciones, hundimiento de terrenos o derrumbes.

Para efectos de esta cláusula adicional, se entiende por colapso, el hundimiento o desplome ocasionado o producido por falla y debilitamiento de sus sistemas de apoyo o sustentación, a causa de excavaciones, hundimiento y derrumbe de terrenos.

Es requisito indispensable para que opere la cobertura de la presente cláusula, que el colapso del edificio asegurado se produzca por circunstancias externas, ajenas a la naturaleza y estructura del edificio y que dichas causas externas no estén excluidas por la cobertura de las pólizas de la que la presente cláusula constituye un adicional.

2. EXCLUSIONES.

Quedan excluidas de la cobertura los siguientes daños o pérdidas que, directa o indirectamente, provengan o sean consecuencia de:

- A. Los que directa o indirectamente provengan o sean consecuencia de terremoto, fuego subterráneo, erupciones volcánicas, explosión y erosión de la costa y salida de mar.
- B. Los que directa o indirectamente, próxima o remotamente tuvieren por origen o fueren una consecuencia de guerra, invasión, actos cometidos por enemigo extranjero, hostilidades u operaciones guerreras, sea que haya sido declarada o no la guerra; guerra civil maniobras o ejercicios militares, sublevación, rebelión, sedición, motín o hechos que las leyes califican como delitos contra la seguridad del estado, huelga legal o ilegal, lock-out, atentados, desórdenes populares o de otros hechos que las leyes califican como delitos contra el orden público, motín, desorden popular, conmoción civil, insurrección, revolución, conspiración, poder militar, naval o usurpado, ley marcial, estado de sitio o cualquiera de las causas que determinen la proclamación o mantención de la ley marcial o el estado de sitio.
- C. Los que resulten o provengan radioactividad, por cualquier combustible nuclear o cualquier desperdicio nuclear resultante de la combustión nuclear y los que deriven de las propiedades radioactivas, tóxicas o explosivas, de cualquier componente o mezcla nuclear.
- D. Los que directamente provengan o sean consecuencia de la estratificación o consolidación del terreno en que se hayan efectuado las obras de construcción del edificio asegurado, dentro del término de 5 años contados desde que se hubiere dado fin a dicha construcción.
- E. Los que directamente fueren una consecuencia de un mal diseño del edificio o del empleo de materiales inadecuados o en mal estado durante su construcción; y

F. Los perjuicios indirectos, de cualquier tipo o descripción.

OTRAS CONSIDERACIONES QUE PUEDEN COADYUVAR EN UN ANALISIS DE INGENIERIA Y SE RELATIVIZAN EN ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA

Fuente: <https://sealevelrise.org/>

2 El nivel del mar de Estados Unidos ha aumentado 6.5 pulgadas desde 1950

2.1 Y está costando miles de millones de dólares

2.2 Las inundaciones han aumentado en un promedio el 233% en los últimos 20 Años

Aunque el nivel del mar ha aumentado 6.5 pulgadas desde 1950, casi la mitad (3 pulgadas) ha ocurrido en los últimos 20 años. Este pequeño aumento en el nivel del mar ha provocado en promedio un incremento del 233% en las inundaciones causadas por las mareas en los Estados Unidos. Aumentos menores de hasta una pulgada en el nivel del mar están causando problemas reales en todas partes, desde Texas hasta Florida y Nueva York. Los mares más altos significan más agua y más inundaciones durante las mareas altas, los huracanes y las tormentas de lluvia.

3 Hay cuatro causas principales del aumento del nivel del mar

3.1.1 Dos causas son globales y dos son locales.

El hielo que se derrite de la tierra al océano, el calentamiento de las aguas que se expanden, la desaceleración de la Corriente del Golfo y el hundimiento de la tierra contribuyen a que el nivel del mar suba. Aunque es un fenómeno global, la cantidad y velocidad del aumento del nivel del mar varía según la ubicación, incluso entre las costas este y oeste. Si bien la desaceleración de la Corriente del Golfo y la tierra que se hunde solo afectan algunas áreas, y a ritmos variables, el derretimiento del hielo y la expansión térmica (aguas cálidas que se expanden) se consideran causas globales del aumento del nivel del mar en todas partes.

3.2 ¿Cómo afecta el derretimiento del hielo a las ciudades costeras?

Más de 1.700 billones de libras de hielo glacial se derriten de la tierra al mar cada año. Hay dos tipos de glaciares: continentales (capas de hielo y casquetes polares) y alpinos (glaciares en montañas y valles). A medida que el hielo de los glaciares se derrite, el nivel del mar aumenta en todas partes y el hielo de lugares tan lejanos como la Antártida puede impactar las costas de Estados Unidos.

Cada año, el equivalente a más de 800.000 Empire State Buildings hechos de hielo, cae a los océanos.

El derretimiento del hielo está causando el ascenso del nivel del mar alrededor de dos tercios del nivel regular.

LA CAPA DE HIELO DE GROENLANDIA

APORTA 700 BILLONES DE LIBRAS DE HIELO QUE SE ESTÁN DERRITIENDO CADA AÑO

LA CAPA DE HIELO DE LA ANTÁRTIDA

APORTA 550 BILLONES DE LIBRAS DE HIELO QUE SE ESTÁN DERRITIENDO CADA AÑO

LOS GLACIARES

APORTAN 450 BILLONES DE LIBRAS DE HIELO DE LOS GLACIARES DE TODO EL MUNDO SE ESTÁN DERRITIENDO CADA UNO AÑO

3.2.1 La Antártida y Groenlandia son la mayor fuente de deshielo

Si bien los glaciares de montaña y los casquetes polares se han estado derritiendo durante cientos de años, las investigaciones muestran que las capas de hielo en la Antártida y Groenlandia ahora se están derritiendo mucho más rápido y son la mayor fuente de hielo.

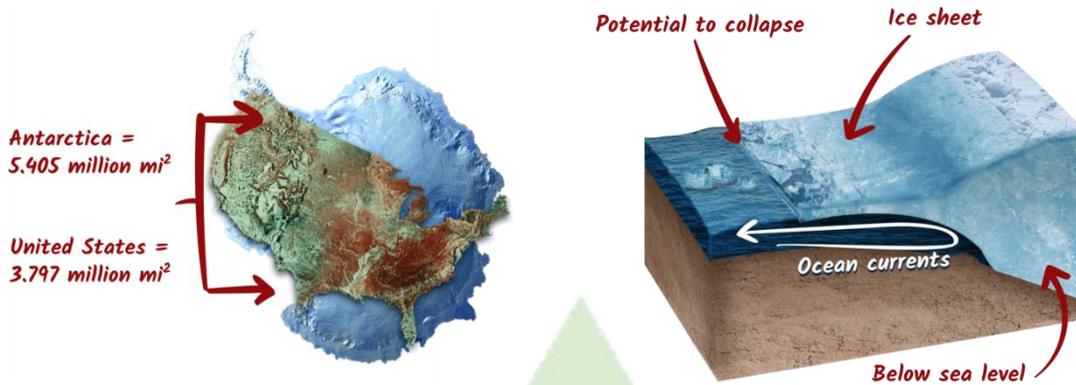
Si bien puede ser difícil medir el derretimiento del hielo, un nuevo satélite de la NASA, llamado ICESat-2, se lanzó en septiembre de 2018 y se espera que ayude a los científicos a recopilar datos suficientes para medir los cambios futuros de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida y estimar su altura anual.

3.2.2 LA ANTARTIDA ES LA MAYOR AMENAZA

Los científicos se preocupan más por la Antártida porque es casi el doble del tamaño de los Estados Unidos y contiene el 90% del hielo de la Tierra. Una parte de este hielo se asienta en tierra que está por debajo del nivel del mar, lo que significa que puede verse afectada por las corrientes oceánicas que pueden acelerar el derretimiento del hielo. El océano ya ha comenzado a romper trozos de hielo, erosionándolo desde debajo.⁵ Esto está provocando que grandes partes de la capa de hielo colapsen en el océano.

Dado que los científicos saben que la Antártida se está derritiendo, pero no cuánto se derretirá y qué tan rápido, han creado diferentes pronósticos utilizando sus mejores estimaciones. El satélite ICESat-2 de la NASA les ayudará a comprender mejor el derretimiento del hielo y a pronosticar estos cambios, pero actualmente se estima que a

finis de este siglo, la Antártida podría aportar desde menos de un pie hasta más de seis pies al aumento del nivel del mar, por lo que resulta el mayor contribuyente potencial de lejos.

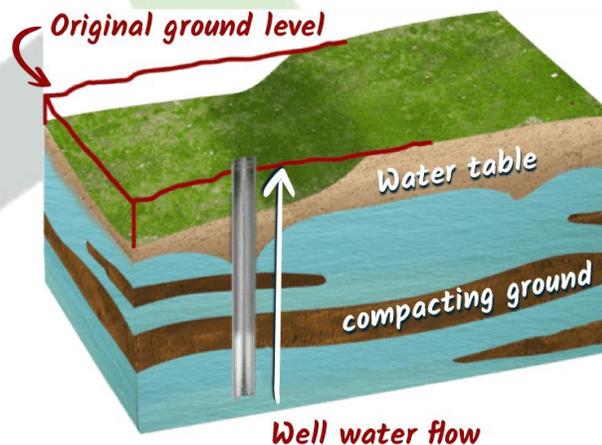


¿LA TIERRA QUE SE HUNDE VARIA SEGÚN LA UBICACIÓN?

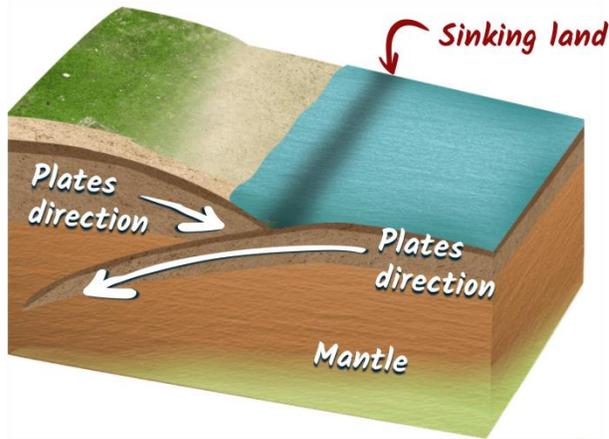
3.2.3 SON DOS LAS CAUSAS PRINCIPALES DETRÁS DE LA TIERRA QUE SE HUNDE

3.2.3.1.1 EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

A medida que las personas bombean agua del suelo, se forman huecos donde solía estar el agua, lo que hace que la tierra se hunda para llenar el espacio vacío. Esto conduce a aproximadamente el 80% del hundimiento de la tierra se debe a nosotros.



Y,

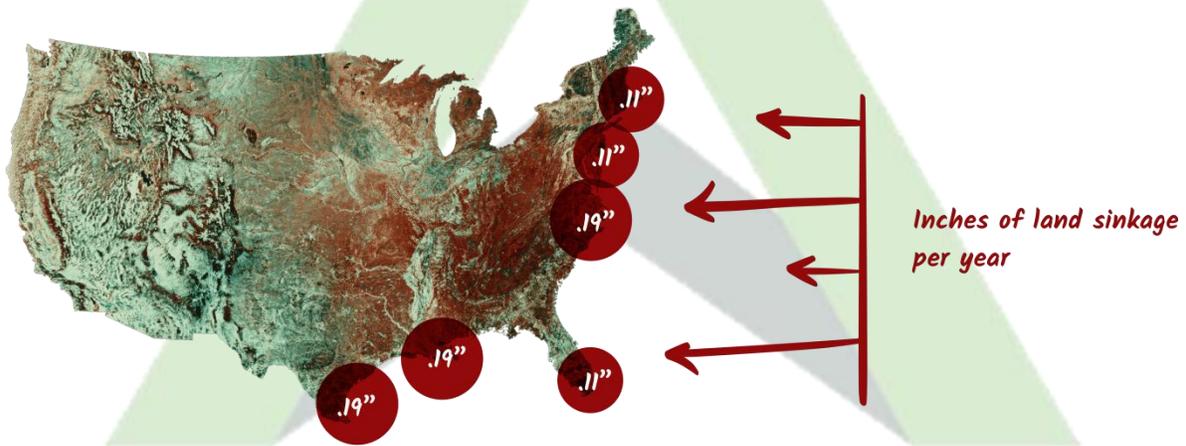


3.2.3.1.2 PLACAS TECTONICAS

Las placas tectónicas debajo de la tierra pueden hundirse ligeramente a medida que se deslizan una debajo de la otra, haciendo que la tierra se hunda, como se ve en el este. Costa.⁹ El cambio de placas tectónicas también puede hacer que la tierra se eleve, lo que está sucediendo en California y Alaska.

3.2.4 Las costas este y del golfo son las más afectadas por la tierra que se hunde

El aumento del nivel del mar es más rápido a lo largo de la costa este y la costa del golfo, donde la tierra se hunde una pulgada cada cinco a diez años. Por el contrario, la tierra en Alaska aumenta a una velocidad de más de una pulgada cada tres años, por lo que el aumento del nivel del mar es más lento. La mayoría de las ciudades costeras se encuentran en algún punto intermedio, con poco hundimiento de tierra.



3.2.4.1 LA CORRIENTE DEL GOLFO

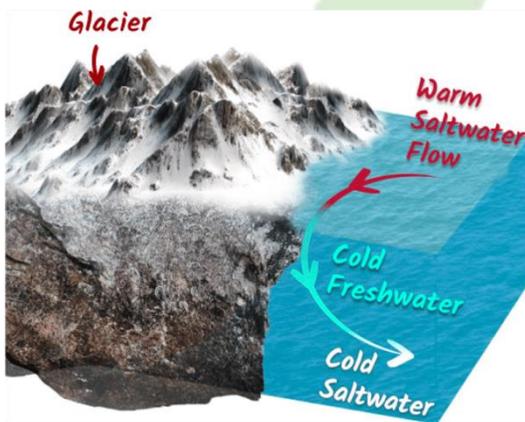
3.3 ¿Qué es la Corriente del Golfo?

La Corriente del Golfo es parte de un vasto sistema de cinta transportadora oceánica que mueve el agua alrededor de los océanos del mundo. La Corriente del Golfo se mueve hacia el norte a lo largo de la costa este de Florida hasta que gira a la derecha en Carolina del Norte, arrastrando el agua lejos de la costa oriental. La cantidad de agua que circula en la Corriente del Golfo es 150 veces mayor que la del Río Amazonas y se mueve a una velocidad promedio de 4 millas por hora.

Debido a que la Corriente del Golfo se está desacelerando, se toma menos agua de la Costa Este, lo que hace que se acumule más agua y aumente el nivel del mar en lugares como Florida.



3.3.1 El derretimiento del hielo es un factor que ralentiza la Corriente del Golfo



La Corriente del Golfo es complicada y los científicos aún debaten detalles importantes, como cuánto se ha ralentizado en todo el Atlántico. La Corriente del Golfo hace circular el agua del océano en un bucle, de sur a norte y viceversa. El agua salada cálida viaja del sur hacia el norte, donde se enfría. A medida que se enfría, se contrae y se vuelve más pesado, lo que hace que se hunda. Esto crea una corriente de agua circulante.

Pero ahora, con el derretimiento del hielo de la Antártida, Groenlandia y los glaciares, se está agregando mucha agua dulce a la ecuación, lo que altera el equilibrio de la Corriente del Golfo. Esto se debe a que el agua dulce no contiene sal, lo que la hace más liviana que el agua del océano. Dado que esta agua dulce no se hunde tan rápido, ralentiza la Corriente del Golfo.

3.3.2 La desaceleración de la Corriente del Golfo impacta en la Costa Este

La Corriente del Golfo provoca diferentes cantidades de aumento del nivel del mar a lo largo de la costa este y tiene poco efecto en cualquier otro lugar de los Estados Unidos. En Miami, ha contribuido a más de una cuarta parte del aumento del nivel del mar, y en Hampton Roads, ha contribuido con una quinta parte. Este aumento del nivel del mar es el resultado de cambios anuales en la Corriente del Golfo.

Estudios recientes han sugerido que los cambios a corto plazo en la Corriente del Golfo pueden agregar de uno a tres pies a las mareas durante un día o un semana.¹² Si esto ocurre cuando ya hay mareas altas o una tormenta de lluvia, puede causar inundaciones más extremas.



CONCLUSIONES

La pregunta que surge a continuación es entonces, la siguiente:

¿Pueden los aspectos mencionados, ser considerados, si bien no como causa directa del evento de desplome, si ser coadyuvantes en cierta forma, de la causal de destrucción de la edificación?

Esta es una respuesta que solo el tiempo y la intervención de las autoridades correspondientes en USA deberán dilucidar legalmente al establecer las responsabilidades de los intervinientes, afectados e instituciones cuya labor se centra en hacer que se cumplan las normas de mantenimiento adecuadas y de verificar si la ingeniería invertida en el proceso constructivo, cumplió con la totalidad de las reglas establecidas, o si existió negligencia en cualquiera de sus formas.

Independiente de la respuesta, ésta será una respuesta de larga espera y sin duda de sorprendentes definiciones. Por ello, nos mantendremos al tanto del desarrollo de los acontecimientos.

Juan Carlos Lancheros Rueda – C.E.O.
Cert CILA, BC's Mech Eng, BC's B.A, M.I.A, P.M.S, F.M.S.

