

300615



UNIVERSIDAD LA SALLE 18

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

reg.

DEMOLICION DE EDIFICIOS MEDIANTE
EL USO DE EXPLOSIVOS

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
SALIM BENITO MORENO VALDES
JUAN MANUEL DE LA ROSA CARDENAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE TEMATICO

CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LOS SISMIOS DE 1985 EN EL DISTRITO FEDERAL.

- I.1 Tectónica de Placas y Sismología
- I.2 Los sismos de 1985 en la Ciudad de México.

CAPITULO II: EXPLOSIVOS

- II.1 Reseña Histórica
- II.2 Propiedades de los explosivos
- II.3 Equipos y Accesorios para voladuras
- II.4 Clasificación y tipo de explosivos

CAPITULO III: ASPECTOS LEGALES NECESARIOS PARA EL USO DE EXPLOSIVOS.

- III.1 Restricciones de la S.D.N., S.C.T., y D.D.F.
- III.2 Seguridad en el uso de explosivos en la
demolición de edificios.

CAPITULO IV. EL METODO DE DEMOLICION MEDIANTE EL USO DE EXPLOSIVOS.

- IV.1 Revisión del Edificio
- IV.2 Demoliciones previas
- IV.3 Preparación de la estructura
- IV.4 Barrenación

- IV.5 Cálculo de cargos
- IV.6 Diseño de tiempos
- IV.7 Accondo de escombros

**CAPITULO V. SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES NECESARIAS
ANTES Y DURANTE LA DETONACION.**

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE TABLAS

- Tabla 2.1 Tiempos de Encendido en estopines LP.
- Tabla 2.2 Resistencia nominal de Estopines Eléctricos Dupont.
- Tabla 4.1 Profundidad en Barrenos
- Tabla 4.2 Valores de coeficiente P (Henrych, 1979)
- Tabla 4.3 Valores de coeficiente T (Henrych, 1979)
- Tabla 4.4 Voladura de Muros (Gustfsson, 1981)
- Tabla 4.5 Voladura de Muros de Concreto (Gustafsson, 1981)
- Tabla 4.6 Factor del Material K Para Voladura de Muros
- Tabla 4.7 Voladura de Columnas de Concreto reforzado (Gustafsson, 1981)
- Tabla 4.8 Voladura de Muros de Concreto reforzado (Gustafsson, 1981)
- Tabla 4.9 Factores para dosificación por Barreno

INDICE DE FIGURAS

- 1.1 Subducción de Placas
- 1.2 Localización del Area dañada por los sismos de 1985
- 1.3 Zonificación del Subsuelo de la ciudad de México
- 1.4. Intensidades máximas y mínimas según el terreno
- 1.5 Distribución de la sismicidad en México
- 2.1 Estructura de un fulminante
- 2.2 Estructura de un estopín instantáneo
- 2.3 Estructura de un estopín de tiempo
- 2.4 Circuitos eléctricos de voladoras para el uso de estopines.
- 4.1 Demolición y corte de acero para poder barrenar
- 4.2 Procedimiento para demolición de muros usando explosivos.
- 4.3 Demolición parcial de un muro en forma de arco; actuando como dos columnas independientes
- 4.4 Protección en columnas contra golpe de aire y escombros (Primer método).
- 4.5. Protección en columnas contra golpe de aire y escombros (Segundo Método).
- 4.6 Protección en planta baja contra golpe de aire y escombros.
- 4.7 Distribución de altura y profundidad en barrenos.
- 4.8 Cráter generado por una explosión
- 4.9, 4.10 Geometría de los barrenos en muros y columnas de concreto.
- 4.11 Desplazamiento vertical de la estructura al demoler el edificio
- 4.12 Planta de retardos (en diagonal y en arco)
- 4.13 Método de demolición para una columna demasiado robusta.

4.14 Cableado en columnas (Primer método)

4.15 Cableado en columnas (Segundo método)

4.16 Cableado en columnas (Tercer método)

PROLOGO

La demolición de estructuras con el uso de explosivos utilizados para la paz y el desarrollo, no tiene una larga historia; de hecho, es muy reciente el desarrollo de técnicas para voladuras. El primer Ingeniero en utilizar explosivos para demolición fué quizá Justinian Watson. Oficial Militar Británico que servía en la armada. Este, fué seleccionado para demoler con explosivos la torre del Castillo Negro en 1757. Sin embargo, la estructura fué dejada en mal estado, por lo que no se cumplieron en su totalidad los objetivos.

El uso moderno de explosivos en demolición se inició en los años 30's con el desarrollo de cargas para demolición de metal.

La técnica de demolición con explosivos puede ser usada para todo tipo de estructuras (huecas, columnas de chimeneas, torres de enfriamiento, edificios en su gran variedad, etc) y para materiales como concreto, acero y mampostería.

INTRODUCCION

Como consecuencia del sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985, las edificaciones de la ciudad de México sufrieron daños irreparables, por lo que se tuvo la necesidad de demolerlas, con el menor grado contaminante (protección a la población) y con la máxima medidas de seguridad, sin olvidar que se necesitaba realizarlo en el menor tiempo posible y al menor costo. Para lograr que la Ciudad de México retomará su paso camino al desarrollo, el cual se había visto obstaculizado por el sismo y sus desastres.

El sistema seleccionado fue el uso de explosivos para la demolición, sistema que cumplía con las metas anteriormente mencionadas, pero ocasionaba un desafío para la ingeniería mexicana, debido a que en primer término el uso de explosivos está muy restringido por los sistemas de defensa nacional y en segundo lugar, la ingeniería mexicana nunca se había enfrentado a un problema como el que acontecía en esos momentos; por lo que se tuvo la necesidad de contratar Supervisión y Asesoría Técnica a ingenierías del extranjero, las cuales cumplieron su cometido, dejando plasmada la necesidad de profundizar las investigaciones dentro de este concepto; por lo que el objetivo de esta

Tesis es profundizar en el estudio de la demolición de edificios mediante el uso de explosivos para que ésta sea eficaz, con calidad, limpieza, salubre; en un tiempo pereditorio y a un costo mínimo, evitando al máximo tener que recurrir a la asesoría técnica extranjera.

Los temas aquí expuestos involucran desde los trámites legales hasta que el edificio se encuentre demolido. No se tocarán los trabajos posteriores a la demolición como pudieran ser, la remoción de escombros, el acarreo, etc.

C A P I T U L O

I

ANTECEDENTES DE LOS SISMOS DE SEPTIEMBRE DE 1985
EN EL DISTRITO FEDERAL.

I.- 1 TECTONICA DE PLACAS Y SIEMOLOGIA.

Hasta 1985, no existía en nuestro País, un sistema de demolición de edificios usando explosivos. El desafortunado y lamentable terremoto del 19 de septiembre de 1985, dejó una gran cantidad de edificios dañados en la Ciudad de México, donde por razones de seguridad - la gente, no pudo seguir habitándolos, además del peligro latente para los edificios aledaños.

Dado que el objeto del presente trabajo surgió de la inquietud originada por el sismo anteriormente mencionado, daremos un vistazo a la ciencia que lo estudia.

Sismología.

Se define a la sismología, como la ciencia que estudia los sismos (del Griego Seísmo = sismo temblor o terremoto), sus causas, efectos y fenómenos asociados.

Origen de los Sismos.

Los sismos pueden tener diversos

orígenes:

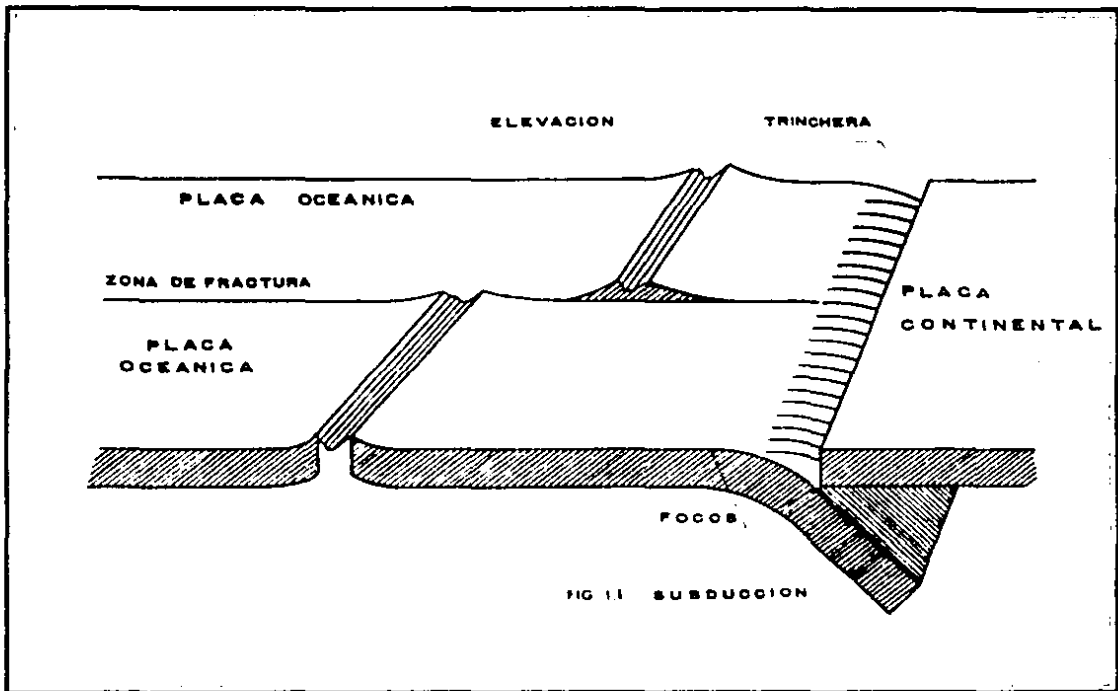
- a) Tectónico (Movimiento de la corteza a lo largo de fallas).
- b) Volcánico (Krakatoa 1887)
- c) De colapso (Colapso de techos de cavernas. Deslizamiento de Tierra).
- d) Explosivo (TNT. nuclear, meteoritos).

Tectónica de Placas.

La idea básica se centra en el hecho de que la litósfera se encuentra formada por una serie de placas que se mueven horizontalmente sobre una capa subyacente de mayor viscosidad.

Es de notar que los movimientos de éstas, son principalmente:

- a) Surgimiento de Corteza. A lo largo de las cordilleras mesoceánicas. (en el centro de los océanos) brota material, proveniente del interior de la Tierra.
- b) Subducción. Las placas oceánicas se sumergen - debajo de las continentales. Son precisamente estos movimientos los que ocasionan la gran mayoría de los sismos en el mundo. (Ver figura 1.1)



5

orientación en partículas de hierro en rocas a ambos lados del océano, al reconstruir formaciones antiguas).

Fallas Geológicas.

Definimos como falla geológica a discontinuidades estructurales en la corteza terrestre; según la falla tenga o no movimiento se clasifica en activa o inactiva.

Las fallas activas las encontramos, por ejemplo en las líneas que dividen a dos placas de la corteza.

Así, en California las Placas - Americanas y del Pacífico, determinan la falla de San Andrés, en Guatemala, las Placas Americana y del Caribe, determinan la falla de Motagua. El movimiento de la falla de San Andrés, en 1906 originó el famoso terremoto de San Francisco, mientras que el de la falla de Montagua en 1976 causó el sismo en Guatemala.

En nuestro País en 1979, al hundirse la Placa de Cocos, en su movimiento de subducción bajo la Placa Americana, ocasionó el sismo que trajo como consecuencia el colapso de la Universidad Iberoamericana.

Teoría del rebote elástico.

Tras el sismo de 1981 en Minowari, Japón, el investigador Nipón Koto, sugirió que las fallas geológicas no son consecuencias de los sismos sino su origen.

En 1906, Reid, después del sismo de San Francisco propuso esta teoría.

Al experimentar las masas rocosas fuerzas antagónicas a los lados de una falla, llegan a un punto donde los esfuerzos son excesivos ocasionando un corrimiento de las rocas a lo largo de la falla de manera que cada masa rocosa trata de recuperar su forma original.

Ondas Sísmicas.

El movimiento descrito a lo largo de una zona de una falla geológica en el interior de la corteza terrestre produce ruptura en las rocas. Esta irrupción en el estado de equilibrio bajo la superficie de la Tierra se propaga a otros lugares mediante ondas, de la misma manera que al arrojar una piedra en un estanque la ruptura del equilibrio se propaga a través de ondas que podemos percibir en la superficie del agua.

Es en las fosas oceánicas (donde ocurre el fenómeno de subducción) en donde se origina más del 90% de la energía sísmica del Planeta, en una región de éste tipo están los Estados de Guerrero y Oaxaca por ejemplo.

Deriva Continental.

Del inciso anterior, se desprende de que la corteza terrestre es un mosaico dinámico, cuyo origen es relativamente reciente. La Tierra tiene aproximadamente 4,600 millones de años. Hace unos 200 millones de años existía un solo supercontinente, al que han dado en llamar Pangea, compuesto de dos enormes masas " Laurasia" (Norteamérica, Europa y el norte de Asia) y "Gondwana", Africa, la India, Australia y la Antártica).

Por razones imprecisas, ese gran continente se fracturó y los trozos empezaron a viajar (según explica la tectónica de placas) en lo que se denomina Deriva Continental.

Wegener, propuso esta teoría en los años 30, pero fue ridiculizado. En los años 60 y sobre todo en los 70 renació gracias al apoyo de la Paleontología (coincidencia de fósiles en distantes continentes antes unidos), la Paleogeología (mismas formaciones geológicas en Africa y Sudamérica, por ejemplo) y Paleomagnetismo (idéntica

La zona de la corteza donde ocurre la ruptura de la roca en el interior de la Tierra lo ubi camos como un punto al que se conoce como FOCO, el punto de la superficie sobre el foco se denomina EPICENTRO.

Las ondas sísmicas se clasifican de la siguiente manera:

- a) ONDAS DE CUERPO
 - PRIMARIAS
 - SECUNDARIAS
- b) ONDAS DE SUPERFICIE
 - DE LOVE
 - DE RAYLEIGH

a) Las Ondas de Cuerpo son; las que se originan en el Foco y se propagan en el interior de la Tierra.

Las Ondas Primarias también llamadas longi tudinales, de compresión, irrotacionales o P se caracterizan por propagarse de manera -

que las partículas del suelo experimentan cambio de volumen pero sin rotación, a que su velocidad de propagación es mayor que - las demás, llegan primero a las estaciones sismográficas; su velocidad de propagación V_p está entre los 7 y los 14 Km/seg. -- aproximadamente, dependiendo del tipo de - subsuelo.

Las Ondas Primarias se propagan en medios sólidos o líquidos, algunas veces son audibles.

Las Ondas Secundarias, transversales de - cortante, rotacionales o S. son de menor - velocidad de propagación que las ----- P ($V_s = .6V_p$) deforman las partículas del suelo al imponerles una rotación.

Debido a que las partículas de un líquido no pueden experimentar una deformación de éste tipo (de cortante), las ondas S. - sólo se propagan en medios sólidos.

El movimiento del terreno al paso de las ondas S. de un lado para otro y de arriba para abajo, es la causa de los mayores daños sísmicos en estructuras.

- b) Las Ondas de Superficie son consecuencia de las ondas P y S y se propagan en la parte exterior de la corteza terrestre y se atenúan rápidamente con la profundidad.

Las Ondas Love se propagan en medio estratificados de roca, son ondas polarizadas horizontalmente.

Las Ondas Rayleigh Se caracterizan por sus largos períodos; las partículas del suelo se mueven (como con las olas del mar) en un plano vertical describiendo una trayectoria elíptica retrógrada. Su efecto es muy destructivo para construcciones de poca profundidad.

Así, para la red urbana de drenaje las ondas de Rayleigh son un peligro, mientras que para el drenaje profundo no.

Cabe resaltar que tanto las condiciones del suelo como la topografía afectan considerablemente a la propagación de las ondas sísmicas atenuándolas o amplificándolas.

INTENSIDAD Y MAGNITUD.

La intensidad de un sismo es una medida de la destrucción sísmica en un lugar.

A medida que aumenta la distancia del epicentro, disminuye la intensidad.

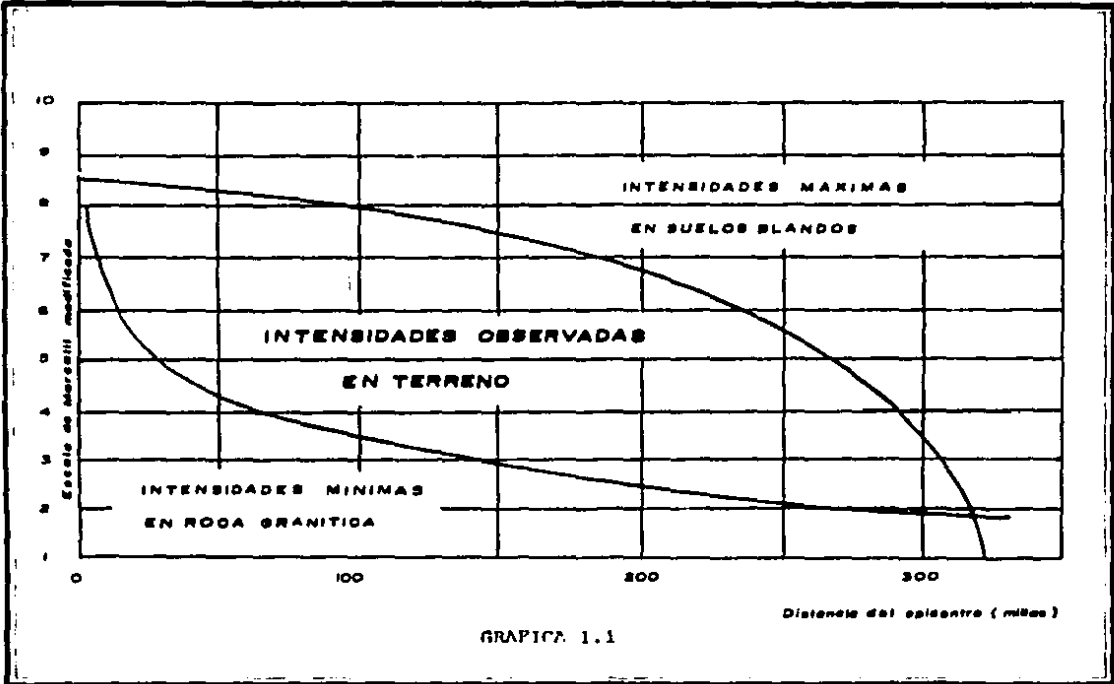
Las escalas de intensidad tienen la característica de ser subjetivas, como ejemplos se tienen las escalas de Mercalli Modificada (MM), la de Cancani-Sieberg muy empleada en Europa occidental, la de Rossi-Forel, la de Mendvev-Sponherver-Karnik (MSK-64), la del Observatorio Meteorológico Central de Tokio.

Esteva y Rosenbluth encontraron una expresión que relaciona la intensidad I de la escala MM y la velocidad máxima del terreno V (en cm/seg).

$$I = \frac{\log 14v}{\log 2}$$

Con base en la intensidad es posible dibujar isosistas o líneas isosísmicas (de igual intensidad) que delimitan las áreas afectadas y dan idea de la propagación de la onda telúrica.

La magnitud de un sismo es una medida de la energía liberada por un sismo.



GRAFICA 1.1

Distancia del epicentro (miles)

Por lo anterior, a un sismo se asocia una sola magnitud, mientras que su intensidad - varía de estación en estación.

La escala de Richter es empleada universalmente. Este autor define la magnitud de un sismo de la siguiente manera:

"Es el logaritmo común de la amplitud A de la traza, en micras, de un sismógrafo (Wood Anderson con una amplificación de 2800, período natural de 0.8 seg. y coeficiente de amortiguamiento 80%), a una distancia de 100Km. del epicentro".

La energía sísmica liberada a - que se hizo alusión anteriormente puede ser calculada mediante la expresión:

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

donde E (ergios) es la energía sísmica y M es la magnitud del sismo según Richter.

INSTRUMENTOS DE MEDICION SISMICA.

Para obtener información cuantitativa sobre los diversos aspectos de un temblor se emplean

tres tipos de instrumentos:

sismógrafos, acelerógrafos y sismoscopios.

Sismógrafos.

Son instrumentos de gran sensibilidad que registran el desplazamiento del terreno, se emplean en estaciones sismológicas para estudiar entre otras cosas, la propagación de las ondas sísmicas en el interior de la Tierra y en las capas superficiales, para determinar la dirección, distancia y profundidad a la que se origina el movimiento y para el estudio de temblores lejanos.

Un sismógrafo tiene las siguientes partes:

- a) Sistema inercial
- b) Sistema de captación de movimiento relativo.
- c) Sistema para amplificar.
- d) Sistema de registro.

Diferentes tipos de Sismógrafos:

Atendiendo a la diversidad en los sistemas de captación, amplificación y registro, tenemos los siguientes tipos de sismógrafos:

- 1.- De sistema mecánico.- Por ejemplo el sismógrafo Wiechert, que aún se encuentra en la estación sismológica de Tacubaya, pesa 17 Ton.
- 2.- De amplificación óptica directa.- Como el sismógrafo Milne-Shaw, aún usado en estaciones sismológicas, o como el Wood-Anderson, fue inventado en 1922, representando un gran avance ya que su masa es un gramo y ocupa un espacio de 10x10x40cm.
- 3.- Electromagnéticos.- Son los más modernos, dentro de éste tipo esta el inventado por Benioff cuya amplificación es superior a 100.000.
- 4.- De deformación.- En 1932 también Benioff, inventó un sismógrafo que detecta la variación en distancia entre dos puntos del terreno separados - aproximadamente unos 20m.

Acelerógrafos.

Son aparatos de creación relativamente reciente (1932) y registran la aceleración del terreno, son escasos aún en nuestro País, principalmente por -

su alto costo.

Dado que el proceso de integración es en sí más preciso que el de diferenciación, es más conveniente calcular las velocidades y desplazamientos del terreno a partir del registro de aceleraciones que seguir el procedimiento inverso.

A diferencia de los sismógrafos que operan continuamente, los acelerógrafos, cuentan con un arrancador que los pone en marcha al ocurrir el temblor. - En unos aparatos éste arrancador es sensible a movimientos horizontales del terreno y en otros a movimientos verticales.

Sistema Inercial de un Acelerógrafo.

Las partes de un acelerógrafo son, como en el caso del sismógrafo:

- 1.- Sistema Inercial.
- 2.- Sistema de Captación de Movimientos relativo.
- 3.- Sistema para amplificar.
- 4.- Sistema de registro.

Entre los diferentes tipos de -

acelerógrafos, se pueden citar el SMAC y el AR-240 de fabricación Japonesa y Norteamericana, respectivamente y que se encuentran instalados en México.

Sismoscopio.

Un sismoscopio es un aparato que proporciona un solo punto de un espectro de respuesta.

Al ocurrir un sismo, un aparato como el de Wilmot, proporciona el desplazamiento máximo que sufre un sistema de un grado de libertad de período T y de fracción de amortiguamiento crítico.

Existen además otros tipos de sismoscopios. Dado que éstos aparatos son mucho más económicos que los acelerógrafos, hace posible la instalación de un número considerable y usualmente a un acelerógrafo se asocian varios sismoscopios.

I.2 LOS SISMOS DE 1985 EN LA CIUDAD DE MEXICO

INFLUENCIA DE LA GEOLOGIA EN EL MOVIMIENTO SISMICO.

Los suelos descansan sobre la -

roca fundamental, la que trasmite a éstos las ondas sísmicas.

El espesor de los distintos estratos de suelo y sus propiedades elásticas determinan el tipo de movimiento sísmico que se producirá en la superficie para un movimiento dado en la roca fundamental. Las características del suelo modifican así la intensidad y la frecuencia del movimiento sísmico.

Anteriormente, se ilustra cuanto puede variar la intensidad de un sismo para dos lugares que se encuentran a la misma distancia del epicentro, pero con diferente suelo, (Gráfica 1.1).

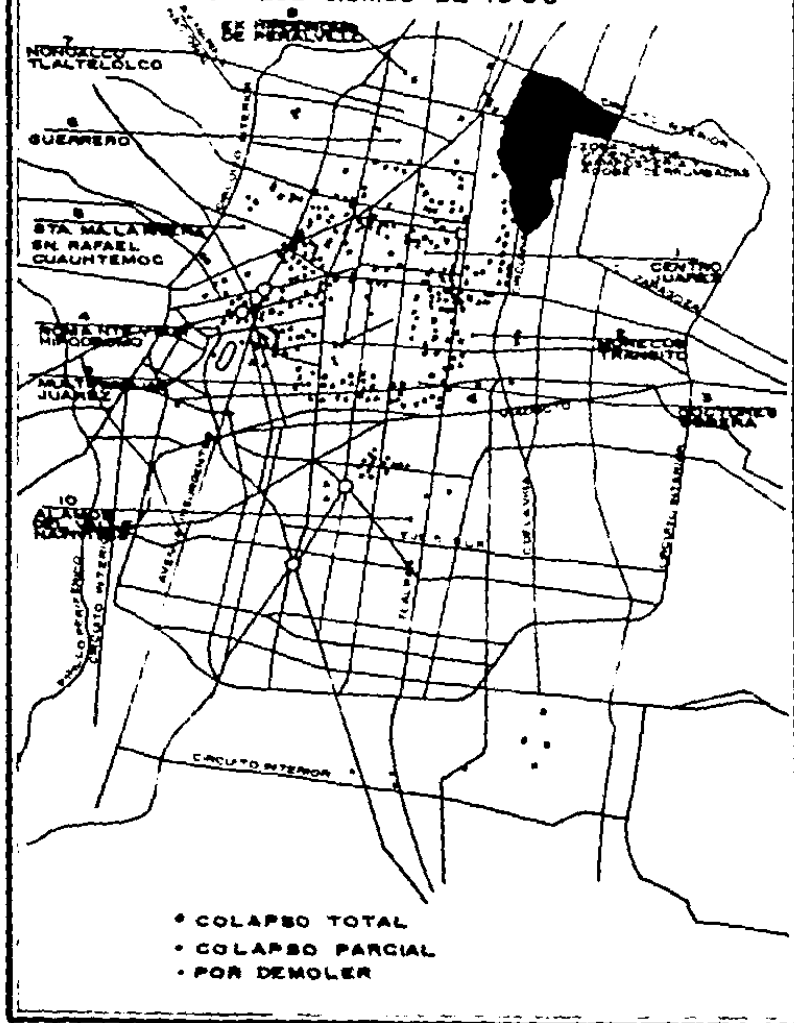
En la Ciudad de México, la formación arcillosa que constituye el subsuelo al verse afectada por las ondas sísmicas, responde con un movimiento oscilatorio cuyo período depende del espesor y de las propiedades mecánicas de las arcillas y por lo tanto es diferente en distintos sitios de la Ciudad. Las amplitudes de los movimientos y las magnitudes de las aceleraciones máximas son amplificadas con respecto a las que ocurren en la base rígida sobre la que descansa la formación arcillosa.

El Sector Oficial, delimitó la zona dañada principalmente al norte de la Ciudad, por el - Circuito Interior; al sur, por División del Norte y el Eje 5 Sur (Eugenia); al Poniente por la Calzada de la Viga y Circunvalación. En ésta zona los daños observados fueron clasificados en: (Ver figura 1.2)

- 1.- Estructuras con colapso total. Se consideran todas aquellas estructuras que estaban totalmente derrumbadas.
- 2.- Estructuras con colapso parcial. Se consideran todas aquellas estructura que presentaron derrumbes parciales de sus niveles superiores ó - grandes giros de su base o algún daño que indudablemente hace que deban demolerse completamente.
- 3.- Estructuras con daños graves. Se consideran a todas aquellas edificaciones que presentaron daños muy graves en sus elementos estructurales a simple vista y que pueden ser reconstruidas - o demolidas en el futuro.

De las edificaciones dañadas (757)

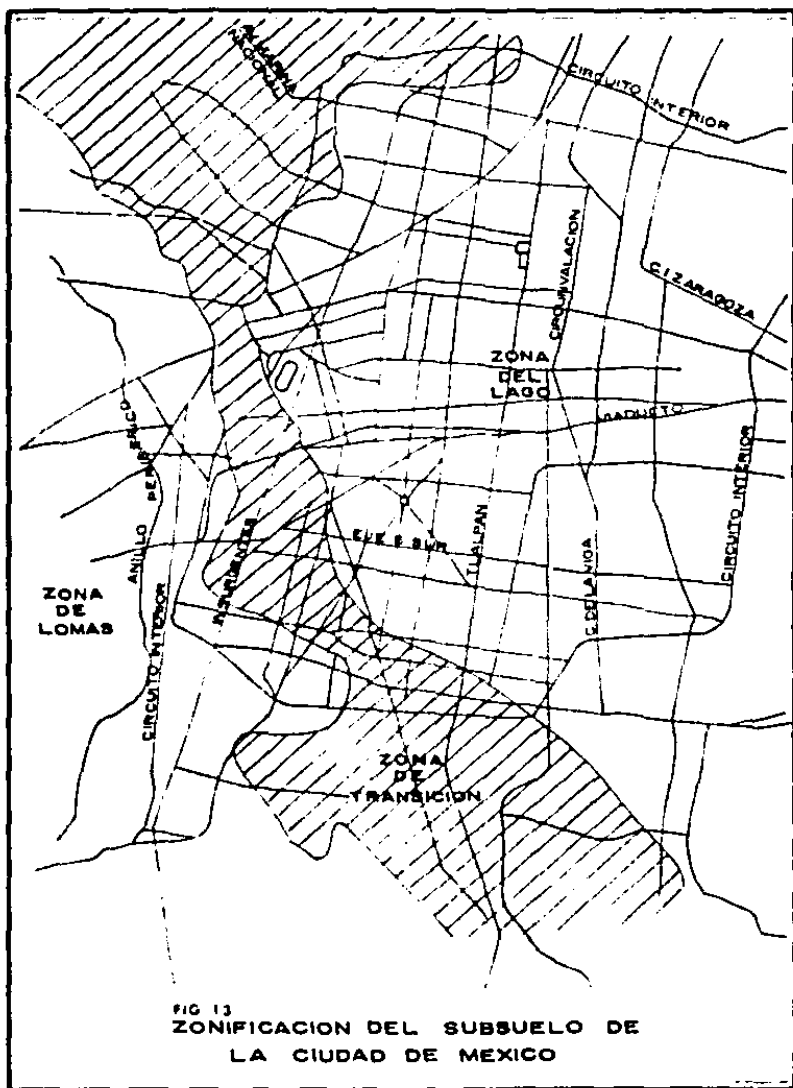
FIG 17 LOCALIZACION DEL AREA DARADA
 POR LOS SISMOS DE 1980



el 55% fueron casa habitación, vecindades y multifamiliares, las de Administración Pública, representan el 9% y las de la Administración Privada el 23%. Los que se colapsaron totalmente fueron 133 (18%), los de colapso parcial sumaron 353 (47%) y el resto con daños graves que en su mayor parte se tendrán que demoler resultaron 271 (35%).

La habitación de uno o dos niveles fue la que resultó menos dañada y representó el 1% del total de edificaciones de esta altura; los edificios de 6 a 15 niveles fueron los más afectados; en la comparación relativa, los de 6 a 8 representaron el 8.4%, los de 9 a 12 el 13.5%, los de más de 12 el 10.4%. Los resultados que se obtuvieron de los edificios con daños respecto al tipo de estructura se observa que las de concreto eran el 93%, acero el 1% y mixto el 6%.

En la figura correspondiente a la zonificada del Distrito Federal se muestra la clasificación que se tiene de éste en base al subsuelo de la Ciudad de México, en la que se define una zona de terreno firme, una de terreno compresible y una franja intermedia, llamada de transición en la que el espesor del terreno compresible es reducido. (Ver figura 1.3)



El área dañada se encuentra ubicada totalmente en la zona de terreno compresible de la Cuenca del Valle de México, la zona de más alta gravedad de daño se ubica en el Poniente de dicha zona compresible, donde la profundidad de la primera capa dura está entre 26 y 32m y la profundidad de la segunda capa dura entre 30 y 46m.

TIPOS DE FALLA ESTRUCTURAL MAS PREVALECIENTES:

- Comportamiento frágil, por falla de columnas en la mayoría de fallas de edificios a base de marcos, el colapso fue originado por la falla de los extremos de las columnas por cortante. El estado de las vigas o losas reticulares, hace pensar que no hubo fluencia del refuerzo en estos elementos y que, por lo tanto, no se pudo desarrollar el comportamiento dúctil que se requiere para que sea válido adoptar el reglamento en vigencia.

- Muros divisores de mampostería: La presencia de los muros de mampostería contribuyó en forma significativa a la falla, como son: su distribución asimétrica en planta, primer piso flexible y asimetría.

SISMICIDAD EN EL MUNDO Y EN LA REPUBLICA MEXICANA

Basándonos en lo explicado ante-

riormente, resulta fácil comprender las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo corresponden al Cinturón Circumpacífico y al Cinturón Sísmico Mediterraneo (también llamado Cinturón Alpino).

El Cinturón Circumpacífico, bordea el Océano Pacífico recorriendo la costa occidental del continente americano, desde Alaska hasta Chile, Nueva Zelanda, Japón y Parte de la Costa Oriental de Asia. Este complejo sísmico es el más activo del globo, ya que se le atribuyen más del 80% de los sismos destructores detectados a la fecha.

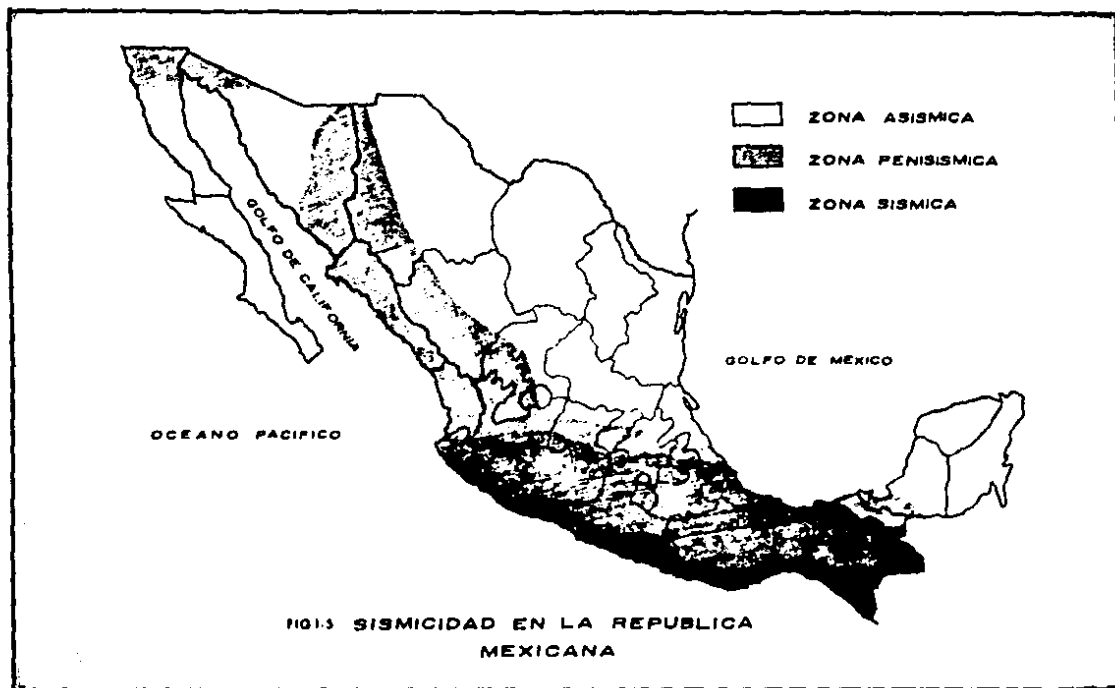
El Cinturón Sísmico Mediterraneo que se extiende desde Birmania hasta la Islas Azores, pasando por Asia Menor y por el Mar Mediterraneo, es mucho menos activo que el anterior y los sismos que ocurren en esta zona son esencialmente superficiales con profundidades no mayores a los 60 Kilómetros.

Dentro de las zonas de baja sismicidad se encuentran: Africa, Australia Antártida, Siberia, Brasil y la Costa Oriental de América del Norte. Nótese que es baja o nula.

Por estar situada la República Mexicana en el Cinturón Circumpacífico, es de especial inte-

rés el estudio del problema sísmico.

Se ilustra la distribución de la sismicidad en México. El territorio nacional se ha dividido en tres zonas: la sísmica, que se caracteriza por sismos frecuentes, la penisísmica, en donde los sismos son poco frecuentes y la asísmica en la cual los temblores son raros o desconocidos. (Ver Figura 1.5)



CAPITULO II

EXPLOSIVOS.

II.: RESENA HISTORICA.

Desde la aparición del hombre en la tierra hasta el siglo XIV éste no conocía otra detonación que no fuera la del rayo y otros fenómenos telúricos sin pensar que una substancia aparentemente inofensiva llegara a ocasionar explosivos como los que en la actualidad son capaces de destruir a la humanidad.

Entre los años 1200 y 1300 se inventó la pólvora Negra la más antigua de las sustancias explosivas, que consistía en una mezcla de salitre carbón de leña y azufre. Probablemente su inventor fué Bertoldo Schwarz, a quien también se le debe su aplicación en las armas de fuego, pero no fué sino hasta el siglo XVII en Alemania e Inglaterra en donde se usó para demoler piedras con este método se encontraron resultados satisfactorios y se dió en el primer paso a la utilización de los explosivos en minas, túneles y caminos.

Cinco siglos después de descubierta la pólvora negra se inventaron otros nuevos explosivos; a la pólvora negra se le substituyó el salitre por clorato potásico, encontrando un explosivo más potente y se presentó en 1788. a la plata negra, siendo uno de los explosivos más peligrosos. En 1799, se descubre el primer explosivo -

que detona mediante percusión, el fulminato de mercurio, --
constituyéndose en un verdadero detonante abriendo nuevos -
horizontes para la aparición de la nitroglicerina y éste a la
vez para el descubrimiento de la dinamita.

El descubrimiento de la dinamita - -
nos lleva a la segunda edad dentro de la historia de los ex-
plosivos (1866 a 1960). Este explosivo no es otra cosa --
que nitroglicerina 75 % absorbida en un 25 % de tierra de -
infusorios (una tierra de Diatomeas muy porosa)

Con el invento de la dinamita se - -
inician grandes investigaciones científicas para resolver -
problemas causados por el uso de los explosivos :

- Se logró fabricar con temperatura más baja que - -
el punto de congelamiento

- Se logró disminuir el costo con las dinamitas de -
Nitrato de amonio con nitroglicerina

- Las dinamitas reemplazan a los explosivos anterior-
res a la época.

- Se utiliza el fulminato de mercurio a manera de --
cebo para hacer explotar a la dinamita.

Es hasta los años sesenta cuando se-
descubren explosivos de nitrato amónico, pernosores de los-
explosivos de seguridad.

El nitrato de amonio empezó a ser --
utilizado para sustituir parcialmente a la nitroglicerina -
en las dinamitas, empezando a tener un gran auge por sus di-
versas características.

- Sensibilidad relativa.
- Bajo costo, al usar el nitrato de amonio, clase - fertilizante con un sensibilizador de combustible carbonoso sólido (p. ej. nitrato de amonio fertilizante en 80% y diesel 20%).
- Seguridad en su manejo
- Características no perjudiciales a la salud a diferencia de la nitroglicerina.

Posteriormente se sustituyen los -- combustibles sólidos como el carbón por aceite combustible, resultando el Anfo. (amonía Nitrogen Fuel Oil). Explosivo- que por economía, seguridad en su manejo (cargado a granel) sustituye a las dinamitas

Sin embargo este explosivo tiene -- una gran debilidad; su sensibilidad con el agua, dificultad que se solucionó protegiéndolo químicamente, dando -- como resultado los Hidrogeles (water gels), con las mismas características del Anfo, pero además resistente al agua, con lo que queda totalmente desplazada la dinamita; este - explosivo se halla disponible en diferentes velocidades de detonación.

II.2 PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS

Velocidad de detonación.

Es la velocidad en m/seg. a la - -

cual una onda de detonación recorre una columna de explosivos. Esta velocidad deberá ser igual o exceder ligeramente la velocidad del sonido a través del material a volar. La velocidad es un parámetro importante que se emplea para calcular la presión de detonación de un explosivo; Resulta afectada por el tipo de producto, el diámetro, la confinación, la temperatura y el grado de cebado.

Densidad.

Es el peso por unidad de volumen ó peso específico. El patrón de medición es el agua de 1 g./cm³ de densidad, la mayoría de los explosivos comerciales tienen una $\gamma = 0.8$ a 1.6 g./cm³., sabiendo la densidad, se determinará si se hundirá en el agua y la cantidad de Kilogramos que podrán cargarse por medio del agujero perforado.

Presión de Detonación.

Es la presión medida en Kilobares. en la zona de choque por delante de la zona de reacción. La presión de detonación de un cebo que es proporcional a la densidad multiplicada por la velocidad de detonación elevada al cuadrado; deberá exceder a la presión de detonación del material cebado.

$$P = 2.5 pD^2 \times 10^{+f} ; \text{ donde :}$$

P= Presión de detonación (Kilobars.)

p= Densidad (g./cm³)

D= Velocidad (m/seg.).

Energía.

Es la medida del potencial de fragmentación o movimiento de materiales de los explosivos; sirve de orientación para la formulación de nuevos explosivos.

Fuerza:

Es la capacidad de trabajo útil de un explosivo.

Resistencia al agua:

Es el tiempo en hora durante las cuales un explosivo puede permanecer cargado bajo el agua y sin detonar. El estado de reposo o movimiento del agua, así como la profundidad en que este localizado el explosivo - - bajo el agua, son factores que determinan la resistencia -- del explosivo.

Sensibilidad:

Es la energía, presión o potencia mínima para que iniciado un explosivo, en la práctica se expresa en función del número de la actividad de la cápsula; - mientras mayor es éste mayor será su actividad.

Grado de Sensibilidad.

Es una medida de la capacidad de propagación de cartucho de un explosivo bajo ciertas condiciones de ensayo. En ocasiones un explosivo es tan sensible que se propagan entre barrenos separados, dependiendo del material a volar.

Del grado de sensibilidad se expresa como la distancia a través del aire a la cual un cartucho (detonante) hace explotar a otro sin cebar (receptor).

Emanaciones:

Son los gases tóxicos que resultan de una detonación, y varían según el explosivo a detonar,

Los explosivos también despiden gases no tóxicos pero en realidad los que son sujetos de estudio son las emanaciones ya que son los que producen efectos perjudiciales; es recomendable esperar unos minutos antes de estar en el lugar de detonación dependiendo del explosivo utilizado.

Inflamabilidad:

Es la facilidad con la que puede encenderse un explosivo por medio de la llama o calor.

II.3 EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA VOLADURAS.

Se llama accesorios para voladuras a los productos o dispositivos usados para cebar cargas, suministrar o transmitir una llama que inicie una explosión, o llevar una onda detonadora de un punto a otro

Dispositivos de Iniciación.

Inicfadoras:

Los dispositivos de iniciación, son un explosivo sensible que detona dentro del explosivo base. poco sensible pero más poderoso, provocándole su

iniciación en una forma máxima deseable, o mechas que se prenden y hacen estallar su fulminante.

a) mechas para minas: Consiste en un núcleo de pólvora negra especial, envuelto con varias cubiertas de hilazas o cintas y sustancias impermeabilizantes, la velocidad de ignición oscila entre 125 y 131 segundos por metro. No son exactos en el tiempo, por lo que no son útiles cuando se desea una explosión en un tiempo limitado.

b) Ignitacord.

Es un aparato para encender mecha, tiene la apariencia de un cable muy pequeño de diámetro y arde progresivamente con una flama exterior corta y muy caliente, que permite encender una serie de mechas, con la ventaja de que el tiempo necesario para iniciar el encendido de la serie, es el mismo que necesitará para encender una sola mecha.

Sus velocidades de combustión son: de 26 a 33 seg/m, 52 a 65 seg/m y 13 a 16 seg/m, según su presentación.

Detonadores:

Estos se dividen en dos tipos, según la energía a utilizarse: los eléctricos y los no eléctricos.

Los detonadores eléctricos son llamados estopines; Existen en varios tipos según la necesidad de la explosión y su uso.

Los Estopines no son otra cosa que un fulminante (no eléctrico) que funciona con corriente eléctrica, con ellos puede iniciarse simultáneamente varias cargas de explosivos de gran potencia, Tetranitrato de Pentaeritritol (PENT). (Ver figura 2.1)

Los estopines eléctricos tienen una carga básica de un explosivo de alta velocidad, una carga como cebo y una carga de ignición suelta o de tipo píldora. El dispositivo para una detonación eléctrica, consiste en dos alambres aislados plásticamente, con un tapón de hule para mantener los alambres en su lugar sin que se muevan y un puente de alambre anticorrosivo de diámetro pequeño que une las terminales de los alambres debajo del tapón. al aplicar la corriente eléctrica, el puente se pone incandescente y hace explotar el estopín.

En general los estopines se presentan enrollados formando un ocho, asegurado con una banda de papel; en la actualidad es el detonador de uso más común ya que tiene ventajas de efectuar la voladura con una máquina explosiva que provee la energía eléctrica lejos del área a volar en un lugar seguro y con un número considerable de estopines conectados en circuitos bien diseñados

Estos pueden ser instantáneos o de retardo, de diferente potencia, con tiempo de ruptura muy rápido, especiales para resistir altas temperaturas, etc.

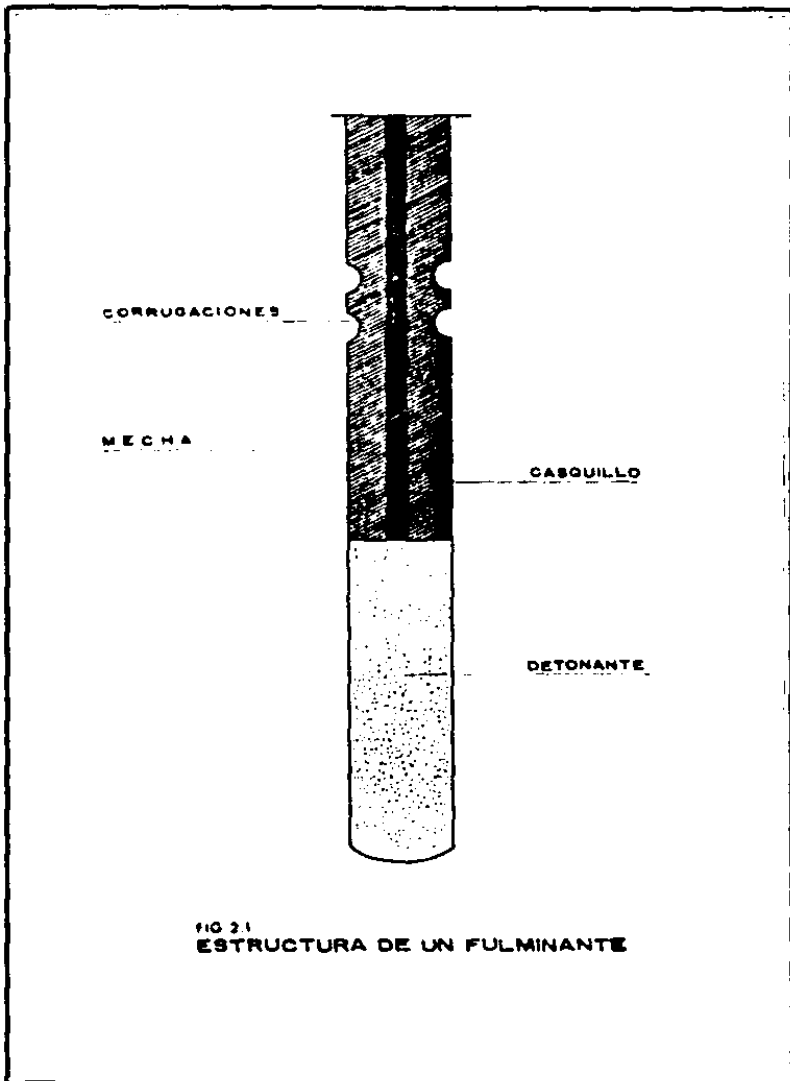


FIG 2.1
ESTRUCTURA DE UN FULMINANTE

a) Estopines eléctricos tipo instantáneo:

Los estopines eléctricos tipo instantáneo tienen casquillos de aluminio de 1 1/8 Pulgadas de largo: Estos son detonadores para un tipo de uso común, un alambre lleva aislamiento color rojo y otro color amarillo; estos dos colores distintos son de gran ayuda al hacer las conexiones. (Ver figura 2.2).

b) Estopines eléctricos de tiempo.

Estos son semejantes a los estopines eléctricos instantáneos, con la diferencia de que - - - llevan un elemento de retardo colocado entre el puente de alambre y las cargas de detonación. (Ver figura 2.3)

Existen tres tipos de estopines eléctricos de tiempo, los regulares "Mark V, y los estopines eléctricos de tiempo MS" y los estopines eléctricos "LP". La diferencia estriba particularmente en la duración del intervalo de retardo entre periodos consecutivos.

c) Estopines eléctricos de tiempo regulares MARK V.

La nueva serie de estopines de tiempo regulares, ha sido fabricada para disparar con un intervalo definido entre el estopín más lento de cualquier periodo y el más rápido del siguiente periodo. Estas nuevas series aseguran un intervalo positivo de tiempo entre periodos y a través de toda la serie de tiempos; comprenden 10 periodos de retardo, los tiempos de los estopines MARK V, después de aplicar la corriente, para el periodo es de 25 -

ALAMBRES CONDUCTORES
DE CORRIENTE

CARGA DE
IONICION

CARGA
PRIMARIA

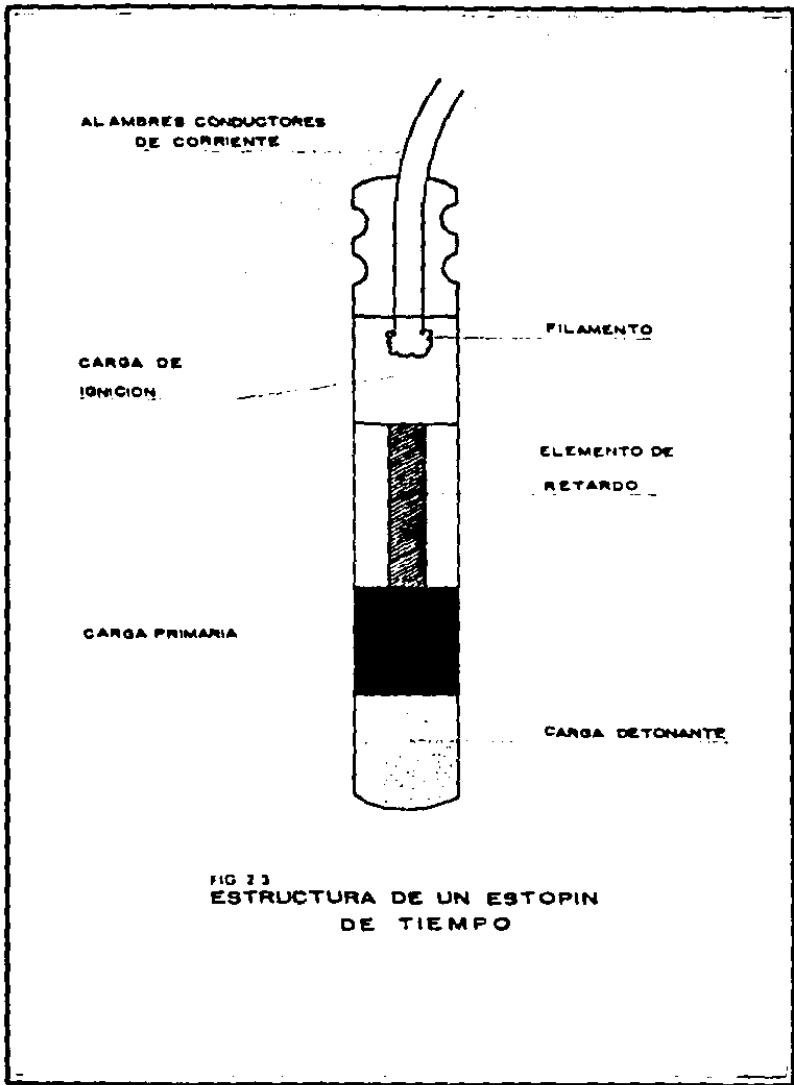
CARGA
DETONANTE

FILAMENTO

CASQUILLO



FIG 22
ESTRUCTURA DE UN ESTOPIN INSTANTANEO



MS, y para el décimo período es de 9.6 segundos.

d) Estopines eléctricos de tiempo " MS ":

Los estopines eléctricos de tiempo-con retardo de milésimos de segundo difieren de los estopines de tiempo ordinarios en que los intervalos de tiempo -- ordinario son muy cortos. Su elemento de retardo es diferente al de los estopines de tiempo ordinario. Se surten en 10 períodos cuyos números indican el tiempo que tarda el disparo en producirse, en milésimos de segundo a saber: MS-25, - MS-50, MS-100, MS-150, MS-200, MS-300, MS-400, MS-600, ---- MS-800, MS-1000.

e) Estopines eléctricos "LP" (Tiempo Maestro)

Los detonadores "LP" son generalmente aplicados en donde se requiere de intervalos de tiempo - más largos y más precisos para lograr un control en la fragmentación, y en el acomodo de ésta.

TABLA 2.1 TIEMPOS DE ENCENDIDO EN ESTOPINES " LP ".

PERIODO	TIEMPO NOMINAL DE ENCENDIDO (MILESIMAS DE SEGUNDO)
0	0
1	500
2	1,000
3	1,500
4	2,000
5	2,500
6	3,000
7	3,500
8	4,000
9	4,500
10	5,000
11	5,500
12	6,000
13	6,500
14	7,000
15	7,500

Mechas Detonantes:

a) Primacord:

Este producto es un cordón detonante que contiene un núcleo de tetranitrato de pentacritritol (Neperita) dentro de una envoltura impermeable reforzada -- con cubiertas que lo protegen. Tiene una velocidad de detonación muy alta de 5400 metros/segundo, la fuerza con que - estalla es suficiente para hacer detonar los explosivos vi lentos continuos dentro de un barreno, de modo que si se -- conecta al 1er. cartucho, que se coloque en el barreno, - - actúa como un agente iniciador a todo lo largo de la carga- explosiva.

El "Primacord" se usa principalmente para disparos múltiples de barrenos grandes en la superficie ya sean verticales y horizontales, y con un número -- ilimitado.

Máquinas Explosoras:

Estas máquinas suministran la co---- rriente necesaria para disparar detonantes eléctricos. Hay dos tipos de máquinas explosoras:

El tipo descarga de "Condensador", y el Tipo "Generador".

a) Descarga de Condensador:

Utiliza pilas secas para la carga - de un banco de condensadores que ya así pueden proporcionar una corriente directa y una de corta duración a los disposi

tivos de disparo eléctrico. Están previstas de cajas metálicas resistentes al agua y se caracterizan por:

- 1) Una capacidad extremadamente alta, en comparación con su peso y tamaño.
 - 2) Ausencia de partes dotadas de movimiento.
 - 3) Eliminación del factor humano que interviene en las máquinas de tipo mecánico.
 - 4) Una luz piloto y
 - 5) Un sistema de alambres e interruptores que reúne importantes características de seguridad.
- b) Generador.

Su principio se basa en un generador modificado que proporciona una corriente directa pulsativa. Son de tipo de máquinas llamadas de vuelta o de cremallera, están diseñadas para que no fluya corriente alguna hasta que se da todo el movimiento necesario a la manivela o cremallera, y es entonces cuando se tendrá la corriente en las líneas de disparo.

Instrumento de Prueba.

- a) Galvanómetros de voladuras.

Es un instrumento que permite al artillero probar estopines o encendedores eléctricos uno por uno para determinar o no si está cerrada una serie del circuito y para localizar alambres y conexiones rotas. Este instrumento tiene una pila especial de cloruro de plata que proporciona la corriente necesaria para mover una manecilla en una escala graduada.

La pila y las partes del galvanómetro se encuentran cerrados en el interior de una caja que tiene dos partes para contacto.

b) Voltímetro de voladuras.

Es un instrumento para fines varios, diseñado para dar al usuario un medio para efectuar revisiones y mediciones para voladuras seguras y eficientes.

El instrumento tiene tres escalas para trabajar con corriente alterna y tres para corriente directa; con las cuales se pueden medir corrientes extrañas que estén dentro del rango del instrumento y para revisar líneas de corriente. El Ohmetro tiene dos escalas que proporcionan un rango hasta 1,000 Ohms y puede utilizarse para mediciones de resistencias en el circuito de voladuras y para detectar errores o defectos en la conexión del circuito.

c) Reóstato:

Es un instrumento que se utiliza para probar la eficiencia de las máquinas explosoras de tipo de generador está formado por una serie de bobinas de resistencias diferentes.

Al utilizarse, las resistencias equivalentes del reóstato sustituyen a todos los estopines de un circuito a excepción de dos o cuatro haciendo posible de este modo revisar la acción de la máquina explosora disparando únicamente unos cuantos estopines eléctricos en

cada prueba.

II.4 CLASIFICACION Y TIPO DE EXPLOSIVOS.

Dinamitas:

las dinamitas se empaacan en una amplia variedad de diámetros y longitudes.

Cartuchos Comunes:

Los cartuchos o envolturas de la dinamita sirven para proteger al explosivo contra la humedad. para los cartuchos de dinamita que tienen un diámetro de 2 plg. o menos, el tipo más común de cartuchos está hecho de papel manila. Para diámetros mayores y para algunas aplicaciones específicas en diámetros pequeños, se fabrica un cartucho de papel en espiral,

Cartuchos perforados:

El cartucho perforado incorpora varias hileras de perforaciones el número posición y características de las cuales han sido cuidadosamente determinadas. El objetivo es permitir que el papel se rompa con el atacador fácilmente en un barreno y así mismo facilitar el manejo normal antes de empaacar.

Los cartuchos perforados ofrecen las ventajas de:

- 1) Se ahorra el tiempo anteriormente consumido en el rajado.
- 2) Se elimina el explosivo expuesto contra la pared del barreno, mejorando por lo tanto la seguridad
- 3) Se reduce el desmoronamiento de los explosivos

utilizando los barrenos hacia arriba.

4) Se elimina el contacto del usuario con la dinamita, tanto durante el rajado como en el cargado.

Agentes Explosivos:

Un agente explosivo comercial es un compuesto o mezcla insensible al fulminante, que no contiene ingredientes explosivos y que puede hacerse detonar cuando se inicia con un cebo explosivo de alta potencia.

La compañía Du Pont ofrece dos grupos especiales de compuestos insensibles. El primer grupo está clasificado como materiales oxidantes debido a que no contienen altos explosivos y se conocen como nitro-carbo-nitratos, como ejemplo tenemos de este grupo el Nitramón y ANFO-P; incluidos dentro del segundo grupo están "Nitramex", HD "Tovex" y "Pelletol", de las muchas ventajas ofrecidas por estos compuestos o mezclas sin nitroglicerina sin duda las más importantes son la seguridad en el manejo, uso y su bajo costo.

Nitramón:

El Nitramón A viene empaquetado en recipientes metálicos con diámetros desde 4 hasta 9 plg. - por 24 plg. de longitud, también en latas de 11 plg. de diámetro por 16 plg. de longitud, para utilizarse en barrenos de 12 plg. El Nitramón A, tiene una densidad que varía desde 1.27 para diámetros inferiores a 5 plg. hasta 1.48 - para diámetros mayores.

La introducción de agentes explosi-

vos de menor costo, ha dado como resultado una aguda reducción en el consumo de los grados del nitramón, ha sido la razón para este cambio.

Nitramite:

El nitramite 2 se desarrolló para proporcionar una carga económica suplementaria en columnas de dinamita y por lo tanto no tiene extremos metálicos.

Tipos Sismográficos.

Nitramón S, es un nitro-carbo-nitrato formulado para asegurar la propagación de unidades de pequeños diámetros, el nitramón S posee potencia y velocidad de igual magnitud que las gelatinas normalmente utilizadas en la prospección sísmica; aunque el principal uso de este grado ha sido para prospección sísmica, ha demostrado también ser muy efectivo para excavaciones subacuáticas de rocas de coral, mampostería, demolición voladuras de material caliente en hornos de acero.

Cebos para el nitramón. contienen un alto explosivo sensible a la cápsula pero con un alto grado de seguridad con respecto al fuego, choque y fricción.

Escudos y puntas, los escudos del cebo para nitramón, están diseñados de tal modo que pueden utilizarse tanto como estopines eléctricos como un Primacord.

Nitramón WW, este es un tipo especial de nitro-carbo-nitrato que utiliza para prospección --

tiene una gravedad específica en el agua de 1.30, tiene todas las ventajas de seguridad del nitramón, es un explosivo ideal para la exploración sísmográfica en el mar.

Nitramite WW y Nitramite WW-EL, tienen gran parecido al Nitramón WW, y Nitramón WW-EL, en funcionamiento y uso, pero se empaquetan en forma diferente tienen una gravedad específica de 1.15, y vienen empaquetados en cartuchos de papel, enrollados en espiral que tienen una barrera de asfalto para protegerlos contra la filtración del agua, estos productos como Nitramón WW y el Nitramón WW-EL, tienen una cavidad para colocar el reforzador y facilitar su cebo.

Agentes explosivos y cebos.

Cebos sin Nitroglicerina, la dinamita es generalmente el material de cebo más económico para agentes explosivos, pero ciertos productos y condiciones de uso requieren cebos especiales.

Cebos para el Nitramón, probablemente el cebo sin nitroglicerina más viejo y más familiar es el cebo para el Nitramón, que ha sido una confiable unidad para iniciar los nitrocarbonitratos "Nitramón". Los cebos para el Nitramón contienen un explosivo sin nitroglicerina relativamente seguro y por lo tanto están generalmente clasificados como altos explosivos.

Cebos de alta presión de detonación (HDP-Primera), el desarrollo de los explosivos adecuados y de los agentes explosivos de bajo costo ha creado una nece-

sidad para cebos compactados sin nitroglicerina y de elevada energía (High Detonación Pressure). Du Pont desarrollo recientemente una serie mejorada de tres cebos HDP, los HDP-1, HDP-2 y HDP-3.

Explosivos licuados, ningunos otros explosivos comerciales han sido tan ampliamente aceptados en un periodo tan corto o han tenido un avance tan rápido en el desarrollo como los agentes licuados. Los explosivos licuados formulados y producidos adecuadamente ofrecen un número de ventajas sobre los otros explosivos y agentes explosivos que son como sigue:

- a) Alta densidad y alta potencia de volumen.
- b) Alto grado de resistencia al agua.
- c) Economía.
- d) Alta densidad, de cargado al desplazar el aire o el agua y llenando completamente el barrenado.
- e) Facilidad de manejo y cargado.
- f) Confiabilidad.

Tovex, fue el primer explosivo licuado, sensibilizado con TNT, el Tovex, tiene una densidad de 1.1 y está formulado para proporcionar suavidad y facilidad de flujo sin comprometer su resistencia al agua o su vida útil en almacenamiento.

Super Tovex, en los primeros días de los explosivos licuados se hizo obvio que una modificación-

de tovox que tuviera más densidad y mayor energía utilizada como carga de fondo permitiría aún mayores bordos y espacios que los obtenidos con el "Tovex", el Super Tovex, - fué el primer explosivo licuado de alta densidad diseñado - para este fin, se encuentra en el mercado en paquetes similares al tovox, pero en diámetros de 3 a 8 plg. aunque el - Super Tovex, llenó una necesidad ha sido reemplazado, por - productos Tovex A-2, A-4 y A-6; Estos productos proporcionan una serie de potencia variable de explosivos licuados sensibilizados con aluminio, el Tovex A-6, tiene la mayor densidad (1.6) y más potencia teórica de la serie. La ventaja en la energía teórica para fórmulas de explosivos que -- contienen aluminio puede calcularse rápidamente el problema es obtener que esta fuente de energía reaccione a tiempo -- para producir trabajo útil.

Pourvex, es una modificación del - - Tovex que posee propiedades físicas poco usuales, el Pourvex es un explosivo licuado sensibilizado con TNT, muy suave y fluido con una fuerte resistencia al agua, debido a su ---- cohesividad y fluidez y extrema resistencia al agua, el --- Pourvex puede vaciarse a un barrenado que contenga agua con - poco o ninguna tendencia a encampanarse: el Pourvex simplemente fluye hasta el fondo para desplazar por completo al - agua, Pourvex Extra, Tovex Extra y Tovan Extra, han demostrado en pruebas de campo poder proporcionar mayor energía de voladura, produciendo en general un mejor movimiento de

roca y fragmentación que otros explosivos licuados. la resistencia al agua y características de duración dentro del barreno de los explosivos licuados Extra son similares a la de los grados Pourvex esto es una semana mínimo en agua estática.

II.5 Métodos y Técnicas de Voladuras

Disparo con mecha de Seguridad

La mecha de seguridad se utiliza -- para disparar barrenos solos o barrenos múltiples en rotación pero no para disparar dos o más cargas que deben detonar simultáneamente, para disparos en rotación, esto incluirá la forma correcta de cortar mechas así como el empleo -- adecuado del Ignitacord, para un mejor control en el orden de disparo de barrenos múltiples.

Uso del cordón encendedor Ignitacord.

Elimina la necesidad de recortes sin embargo todas las mechas del disparo deben ser exactamente de la misma longitud por lo regular hace posible hacer más pequeños los tramos de las mechas utilizadas en el disparo -- compensado casi totalmente el costo adicional del cordón y sus conectores. Si las conexiones están hechas en el orden adecuado y con los espaciamientos indicados la rotación -- del disparo es positivo. El ignitacord no debe utilizarse -- como sustituto para mecha de seguridad o en cualquier lugar en donde está prohibida una flama abierta.

El Ignitacord debe cortarse con una navaja aguda o con unas pinzas de corte, nunca debe serru-

charse para no provocar una ignición.

Técnicas para Disparo con Electricidad.

Los circuitos eléctricos de voladura para satisfacer los requisitos específicos de los estopines eléctricos utilizados en el disparo un estopín se inicia cuando se ha acumulado suficiente energía calorífica en el alambre del puente para elevar la temperatura de la mezcla de ignición al nivel crítico, la corriente debe estar arriba de un nivel mínimo para poder elevar la temperatura, y debe permitirse fluir por un cierto período de tiempo, entre más alta sea ésta menor será el tiempo.

En un circuito en serie, en donde la corriente es la misma para todos los estopines, se tendrán fallas como resultado, si uno de ellos dispara y corta la corriente antes de que los otros estopines hayan sido iniciados; por lo tanto, la mínima corriente recomendada debe ser suficiente para asegurar que todos los estopines se hayan iniciado antes que detone el primero, Puesto que puede haber grandes variaciones entre los fulminantes eléctricos manufacturados por las diferentes compañías.

Pueden dispararse los estopines eléctricos sin ningún problema siguiendo cada una de las siguientes fases de trabajo:

- a) Selección y planteamiento del circuito de voladuras más eficiente,
- b) Selección y uso adecuados de la energía eléctrica

ca disponible.

c) Conexión y revisión adecuada de los circuitos de estopines y líneas de guía.

d) Protección del circuito de voladuras contra los riesgos de la electricidad extraña.

Circuito de Voladuras.

Los tres circuitos básicos comúnmente utilizados en disparos múltiples son (Ver figura 2.4)

- En serie
- En paralelo
- En series paralelas

Circuitos en serie.

Proporcionan una sola trayectoria -- para la corriente a través de cada estopín del circuito, -- después de efectuar todas las conexiones, los dos extremos libres se unen a las líneas de guía las que, a su vez, se conectan a la fuente de energía; al hacer la conexión de -- la serie, es una buena idea el conectar colores iguales -- entre sí.

Circuitos en Paralelo.

Se conecta un alambre de cada estopín a un lado del circuito de voladuras, y el otro alambre del estopín al otro lado del circuito en paralelo simple -- es en el que todos los alambres de un color se agrupan y -- se colocan en una conexión común y todos los alambres del -- del otro color se unen en la otra conexión; en la práctica,

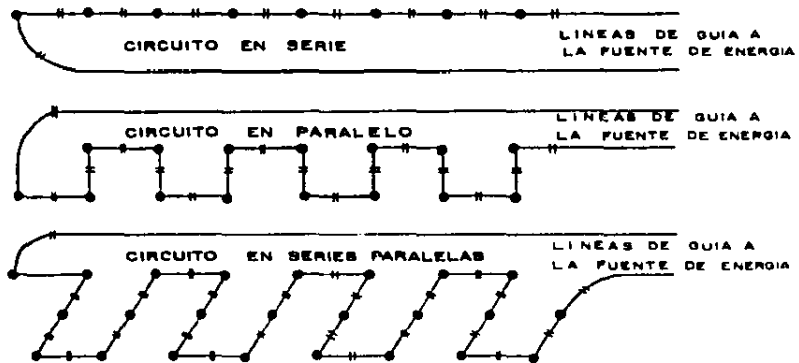


FIG 24
 CIRCUITOS ELECTRICOS DE VOLADURAS
 PARA USO DE ESTOPINES

muy rara vez los alambres de los estopines no son suficientemente largos para alcanzar puntos comunes por lo tanto, se hace necesario utilizar uno de varios tipos de arreglos en paralelo.

Circuitos en series paralelas.

Este método es una combinación de los dos circuitos previamente descritos y consiste en unir dos o más series de estopines eléctricos conectándolos en paralelo.

Conexión de los alambres.

Los alambres desnudos se colocan lado a lado y se doblan a la mitad de su longitud para formar una gaza, esta gaza se tuerce varias veces para formar una conexión de baja resistencia, puede también usarse la conexión convencional "Wester Unión", si los extremos desnudos de los alambres están sucios o corroídos deben limpiarse con la hoja de una navaja. En donde se utilice alambre de aluminio, se necesitan conexiones muy firmes para romper la capa de óxido de aluminio que siempre está presente en la superficie del alambre. Las conexiones desnudas de los alambres de un circuito de voladura nunca deben tocar tierra, quedar en charcos de agua o descansar sobre rieles, tubería o cualquier otro posible conductor eléctrico.

Revisión de los circuitos de voladura,

El Galvanómetro de Voladuras y el Voltiómetro pueden utilizarse para revisar la continuidad de un circuito en serie y también emplearse para detectar cortos circuitos; para revisar adecuadamente un circuito de voladuras es necesario primero que todo, conocer la resistencia del circuito, ésta en ohms de un estopín se multiplica por el número de estopines en la serie.

Cuando los extremos abiertos del circuito en serie se colocan sobre las terminales del Galvanómetro o Voltiómetro de Voladuras, la aguja debe marcar aproximadamente la resistencia teórica del circuito. Si la aguja se mueve demasiado muestra que existe un corto circuito u otro paso de corriente fuera del circuito de los estopines, si la aguja no se mueve en lo absoluto, o no tanto como debiera, existe una rotura en el circuito o una resistencia elevada, como la producida por una conexión defectuosa.

Debe entenderse, por supuesto, que estos instrumentos están diseñados, en particular, para revisar los circuitos en serie, probar estopines individuales de cualquier circuito, y encontrar roturas y cortos en las líneas de guía. No son suficientemente sensibles para detectar la omisión de sólo un estopín del circuito de voladura.

TABLA 2.2
RESISTENCIA NOMINAL DE ESTOPINES ELECTRICOS
DU POINT EN OHMS POR ESTOPIN.

Alambre de Cobre			Alambre de Hierro		
Longitud del alambre en pies.	Estopines instantáneos	Estopines de retardo	Estopines instantáneos	Estopines de retardo.	Longitud del alam bre en pies
4	1.26	1.16	2.10	2.00	4
6	1.34	1.24	2.59	2.49	6
7	-	-	2.84	-	7
8	1.42	1.32	3.09	2.99	8
9	-	-	3.34	-	9
10	1.50	1.40	3.59	3.49	10
12	1.58	1.48	4.09	3.99	12
14	1.67	1.57	4.58	4.48	14
16	1.75	1.65	5.08	4.98	16
20	1.91	1.81	6.08	5.98	20
24	2.07	1.97	-	-	24
30	1.71	1.61	-	-	30
40	1.91	1.81	-	-	40
50	2.12	2.02	-	-	50
60	2.32	2.22	-	-	60
80	2.72	2.62	-	-	80
100	3.13	3.03	-	-	100
120	3.54	3.44	-	-	120
150	4.14	4.04	-	-	150
200	5.16	5.06	-	-	200

250	6.19	6.09	-	250
300	7.19	7.09	-	300
400	9.22	9.12	-	400

Puede revisarse individualmente los estopines eléctricos antes y después de colocarse en el barrenado, simplemente haciendo contacto entre los extremos desnudos de sus alambres y las dos terminales del galvanómetro de voladuras. La resistencia de un estopín eléctrico es tan pequeña que debe causar una deflexión completa de la aguja.

Revisión de la Línea de Guía.

Las líneas de guía se prueban conectando los extremos desnudos a las terminales del instrumento cuando los extremos opuestos están separados (no debe haber deflexión de la aguja) y después cerrados (la lectura del medidor debe indicar la resistencia aproximada de la línea de guía).

Fuga de Corriente.

Esto puede ocurrir a través de rupturas en el aislamiento del alambre del estopín o en donde las conexiones desnudas del circuito entran en contacto con la tierra.

REFERENCIAS

- Explosives and Rock Blasting
Field Technical Operations
Atlas Powder Company
Dallas, Texas, U.S.A.
1987

- Blaster's Hand Book (Manual
Para Explosivos)
Explosives Products Division
Dupont
Wilmington, Delaware, U.S.A.
1980

C A P I T U L O

III

ASPECTOS LEGALES NECESARIOS PARA EL USO DE EXPLOSIVOS

III.- Restricciones de la S.D.N., S.C.T.

y D.D.F.

En México, el manejo de explosivos está reglamentado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por la Secretaría de la Defensa Nacional (Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento), y el uso de Explosivos para demolición de Edificios por el Departamento del Distrito Federal. (Reglamento del Distrito Federal, publicado el 2 de julio de 1987, en el Diario Oficial de la Federación).

En la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento, se contemplan a las pólvoras y a los explosivos en su artículo 41, fracción III, así como a los artificios para explosivos en el artículo 41, fracción IV.

Recalcando que es aplicable a:

- a) Toda sustancia mezcla o compuesto con propiedades explosivas.
- b) Cualquier instrumento, máquina o ingenio con aplicación al uso de explosivos.
- c) Toda aquellas sustancias químicas que por si solas o combinadas son susceptibles a usarse como explosivos.

Así mismo, contempla el almacenamiento de explosivos, éste deberá de hacerse en polvorines con indicaciones especiales dadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Se puede decir que el almacenamiento de explosivos en la demolición de edificios es relativo, ya que la mayoría de las veces al llegar el vehículo con los explosivos, estos se empiezan a colocar por lo que casi no hay almacenamiento.

En la misma Ley en su Artículo 68 se habla sobre los permisos especiales que hay que solicitar para la seguridad en los medios de transportes de explosivos. Entre los requisitos necesarios para obtenerlos se encuentran:

- a) Copias fotostáticas autorizadas de la concesión o permiso otorgado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- b) Certificado de que se reúnen los requisitos de seguridad, expedido por la primera Autoridad Administrativa del lugar en donde estarán los explosivos. En que se haga constar los efectos - por transportar, que no hay peligro contra la seguridad pública en las instalaciones y que estén protegidas contra robo.

- c) Plano de los proyectos de los depósitos y polvorines, anotando las distancias a las vías de comunicación, poblaciones, Líneas de energía eléctrica y gasoductos.

Es importante también seguir las normas siguientes para transporte y almacenamiento de los explosivos:

- 1.- Cualquier vehículo que esté transportando explosivos deberá estar marcado, pintado ó tener un letrero en la parte delantera, a ambos lados y en la parte trasera con la palabra "Explosivos", en letra de no menos de 4 pulgadas de altura en colores que hagan contraste con los del fondo; ó el vehículo deberá llevar en un lugar visible una bandera roja de no menos de 24 pulgadas de lado con la palabra "Explosivos" en letras rojas de cuando menos 3 pulgadas de altura ó la palabra "Peligro", en letras de 6 pulgadas de altura.
- 2.- Los vehículos no deberán llevar cápsulas detonadoras, fulminantes cuando estén transportando otros explosivos; ni metales, herramientas metálicas, aceites, cerillos, armas de fuego, ácidos, sustancias inflamables o materiales semejantes.
- 3.- Los vehículos que transportan explosivos no deberán estar sobrecargados y en ningún caso se apilarán las cajas ó latas de explosivos a una altura mayor que la de la carrocería. Cualquier vehícu

lo de caja abierta deberá llevar una lona para cubrir las cajas ó latas de explosivos.

- 4.- Todos los vehículos, cuando estén transportando explosivos deberán inspeccionarse para determinar si: los frenos y el mecanismo de la dirección - están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están bien aislados y firmemente asegurados; si la carrocería y el chasis están - limpios y libres de acumulaciones de aceite y grasas; si el tanque de combustible y la línea - de alimentación están seguros y sin fugas; si se han proporcionado dos extinguidores de incendio, localizados cerca del asiento del chofer; y, en general, si el vehículo está en condiciones adecuadas para el transporte de explosivos.

- 5.- El piso de los vehículos deberán estar perfectamente empalmado y ajustado. Cualquier pieza - metálica que esté expuesta en el interior del - vehículo y que pueda entrar en contacto con algún paquete de explosivos deberá ser cubierta ó protegida con madera ó algún material no metálico.

- 6.- Los explosivos no deben de transportarse en remolque. Así mismo, a los vehículos que transporten explosivos no deberá engarcharseles ningún tipo de remolque.

- 7.- Los vehículos que transportan explosivos no deben llevar pasajeros ni personas no autorizadas para viajar en ellos. No deben permitirse fumar ni llevar cerillos.
- 8.- Los paquetes ó cajas de explosivos no deben - aventarse ó dejarse caer al estarlos cargando, descargando o acarreado, sino que deben depositarse cuidadosamente y almacenarse ó colocarse de tal manera que no se deslicen, caigan ó muevan.
- 9.- Los motores de los vehículos que transportan explosivos deberán estar parados antes de cargar ó descargar los explosivos
- 10.- Los explosivos y los detonantes deben depositarse separadamente en almacenes independientes, secos ventilados, a pruebas de balas, y resistentes al fuego, alejados de otros edificios, vías de ferrocarriles y carreteras. La Tabla Americana de Distancias, proporciona las distancias de seguridad entre otros edificios, vías de ferrocarril y carreteras, para cantidades variables de explosivos y detonantes.
- 11.- Una bodega para el almacenamiento de dinamita debe estar construída de tal manera que se evite el congelamiento de la dinamita durante largos periodos de tiempo en climas fríos. Si la dinamita

ta se congela, deberá descongelarse antes de utilizarla, ya que el peligro de que explote prematuramente es mucho mayor cuando está congelada.

Es muy importante que para garantizar la seguridad cuando se va a demoler un edificio, obtener los requisitos que se señalan, ya que se tiene que hacer un estudio generalizado del edificio, en donde se acentarán - como mínimo los siguientes datos:

- 1) Localización.
 - a) Delegación.
 - b) Dirección (Calle, No. del predio, entre que calles, etc.)
 - c) Croquis de localización.
 - d) Croquis de colindancias.
 - e) Pavimentos por derechos públicos de vías.
 - f) Límites, incluyendo muros medianeros.

- 2) Propietario.
 - a) Nombre y razón social.
 - b) Domicilio.

- 3) Responsable.
 - a) Nombre.
 - b) Domicilio.

- c) Teléfono.

- 4) Características generales del edificio.
 - a) No. de niveles.
 - b) Uso del edificio (función).
 - c) Descripción de la estructura.
 - d) Superficie del inmueble.
 - e) Reparaciones anteriores.
 - f) Elementos especiales.
 - Muros de contención.
 - Cisternas y tanques de almacenamiento subterráneos.

- 5) Tipo de propiedad.

- 6) Motivo por el que se propone demolerse.
 - a) Inspección (tipo de daño de la estructura y lugar donde se presenta).
 - b) Riesgo en la seguridad pública.

- 7) Notificaciones.
 - 7.1 Notificaciones al propietario.
 - a) No. de Oficio.
 - b) Fecha del oficio.

- 8) Situación financiera.
 - a) Presupuesto.
 - b) Persona física o moral que autoriza los gastos

9) Seguros.

- a) ¿Estaba asegurado el edificio?
- b) Seguros contra accidentes o desperfectos durante la voladura.

10) Notificaciones y permisos

- a) Acuerdo formal entre los propietarios y la H. Junta de vecinos para la demolición.
- b) Se harán notificaciones según el caso a diferentes dependencias como son:
 - 1) I.N.A.H. (patrimonios arqueológicos, museos etc.)
 - 2) I.N.B.A. (patrimonios artísticos, museos etc)
 - 3) S.E.P. (Escuelas, guarderías, etc.)
 - 4) S.E.D.U.E.
 - 5) S.T.C. (metro, cables, instalaciones, etc.)
 - 6) TELEGRAFOS (líneas telegráficas, Oficinas - Centrales, etc.)
 - 7) CIA. DE LUZ (cableado, estaciones, subestaciones).
 - 8) TELMEX. (centrales telefónicas, registros telefónicos, líneas telefónicas, etc.)
 - 9) PEMEX. (gasoductos, instalaciones)
 - 10) S.R.E.
 - 11) C.F.E. (colocación de sismógrafos, cableados, estaciones, subestaciones).

11) Coordinación Central de la Secretaría General de Obras.

- a) Notificación Oficial.
- b) Respuestas.
- c) Aclaraciones.

Estos preparativos legales y administrativos se llevaron a cabo por COVITUR, en las demoliciones que se realizaron en los edificios dañados por los sismos de 1985. Se puede considerar esta fase como la primera etapa del proceso de demolición del edificio, mediante estos preparativos el dueño del inmueble planea, coordina y administra la demolición dictaminado que constructora demolerá el edificio y la supervisora que prestará sus servicios.

El Departamento del Distrito Federal, Reglamenta las medidas preventivas en demoliciones en los artículos 290 y 297 en su Capítulo Único "Demoliciones" del Departamento del Distrito Federal recalcando lo siguiente:

- 1.- Con la solicitud de Licencia de Demolición, se deberá presentar un programa de demolición, en el que se indicará el orden y fechas aproximadas en que se demolerán los elementos de la construcción. En caso de uso de explosivos, el programa señalará con toda precisión el o los

días y la hora o las horas en que se realizarán las explosiones.

- 2.- Las demoliciones de locales construidos o edificaciones con un área mayor de 60 m², o de 3 o más niveles de altura, deberán contar con un Director Responsable de Obra.
- 3.- Cualquier demolición en zonas del patrimonio histórico, artístico y arqueológico de la Federación o del Distrito Federal requerirá, previamente a la Licencia de Demolición, de la autorización correspondiente por parte de las autoridades federales que corresponda y requerirá, en todos los casos, de Director Responsable.
- 4.- Previo al inicio de la demolición y durante su ejecución, se deberán proveer todos los acordamientos, tapias, puntales o elementos de protección de colindancias y vía pública que determine en cada caso el Departamento.
- 5.- En los casos autorizados de demolición con explosivos, la autoridad competente del Departamento deberá avisar a los vecinos colindantes

la fecha y hora exacta de las explosiones, --
cuando menos con 24 horas de anticipación.

- 6.- Los procedimientos de demolición, deberán su-
jetarse a lo que establezcan las Normas Téc-
nicas Complementarias correspondientes.
- 7.- El uso de explosivos para demoliciones queda--
rán condicionado a que las autoridades federa-
les que correspondan otorguen el permiso para
la adquisición y uso de explosivos con el fin
indicado.
- 8.- Los materiales y desechos y escombros prove--
nientes de una demolición deberán ser retira--
dos en su totalidad en un plazo no mayor de 28
días hábiles contados a partir del término de-
la demolición y bajo las condiciones que esta-
blezcan las autoridades correspondientes en ma-
teria de vialidad y transportes.

III.-2 Seguridad en el uso de los explosivos en la demoli-
ción de edificios.

Cuando se hubo terminado con --
los requisitos y preparativos administrativos que piden las

diferentes Secretarías, es decir, lo que denominamos la primera etapa, se continúa con la planeación y control de los procedimientos necesarios para la demolición del edificio. En esta segunda etapa se deben realizar muchos trabajos referentes a la seguridad que se debe de tener tanto para el personal que intervenga en la demolición como en la seguridad pública.

Se tendrá también que realizar un programa de seguridad vecinal durante el transcurso de la demolición y sus preparativos, en el cual se tienen que tomar en cuenta los procedimientos para evacuaciones, vialidad de tránsito, protección a instalaciones y otros, que se verán más a fondo en el Capítulo V del presente estudio.

Dado que se está trabajando con explosivos es necesario tener un cuidado especial en su manejo. Las normas, la Ley y su Reglamento que regula la Secretaría de la Defensa Nacional, así como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, llevan un control efectivo para los fines de estas Secretarías, como para los usuarios de explosivos, sin embargo es conveniente seguir otra clase de reglas de seguridad que no son exigidas legalmente pero que sin embargo son necesarias durante su transporte y su manejo

Entre esta se pueden citar:

- 1.- Las cajas ó barriles que contengan explosivos - deben levantarse y bajarse cuidadosamente sin - deslizarlos uno sobre otro ó dejarlos caer de - un nivel al siguiente; y no deberá tener ningún manejo brusco.
- 2.- Las cajas, latas ó paquete de explosivos no deben abrirse de un almacén de explosivos o arsenal, ni siquiera en un radio de 50 pies del almacén ó arsenal.
- 3.- Deben emplearse herramientas fabricadas con madera ó con algún otro material no metálico para abrir las cajas, barriles ó cualesquier otra - vasija en que se encuentre contenido un explosivo. Nunca deben emplearse herramientas metálicas.
- 4.- Los explosivos y detonantes que se les den a - los obreros deberán colocarse en receptáculos - aislados independientes, equipados con tapas - construidas y sujetadas de tal manera que no se puedan abrir accidentalmente durante el transporte.
- 5.- No deberá permitirse a ninguna persona, excepto al operario, viajar con los explosivos ó detonantes cuando estén siendo transportados en un tiro, túnel o cualquier otra obra subterránea.

Deberán considerar el transporte del punto central del almacenamiento al área de detonación de la cual ya se dieron recomendaciones; de aquí en adelante el manejo de explosivos deberá ser únicamente realizado por el personal de la brigada de explosivos, la cual empezará a trabajar después de que:

- a) Las demoliciones previas, preparaciones de protección y barrenación del edificio ya están terminadas en su totalidad.
- b) La energía eléctrica, para las instalaciones del edificio ya ha sido cortada, y si se requiere de luz artificial, únicamente se podrán utilizar lámparas portátiles de gas.

Cuando ya hubieran llegado los explosivos al lugar en que se utilizarán y durante su carga es necesario seguir las siguientes condiciones de manejo:

- 1.- Los explosivos y detonadores deberán mantenerse aparte hasta el último momento.
- 2.- Siempre deberán manejarse cuidadosamente, mantenerse secos, y protegidos de golpes, fricción, fuego o chispas.

3.- Los alambres de los detonadores eléctricos deberán mantenerse fuera del contacto de corrientes erráticas o superficies cargadas eléctricamente.

Para atender a un mejor control en la seguridad durante las demoliciones, se debe llevar a cabo una visita realizada por Ingenieros especialistas en el ramo, mismos que analizarán la posible caída de escombros y se hará un levantamiento de daños en el edificio para poder determinar la seguridad al trabajar en éste y poder tomar las precauciones que se juzguen pertinentes.

Es indispensable que exista una brigada de topografía la cual estará estudiando los posibles hundimientos, desplomes o desplazamientos que pudiera tener la estructura y fuera a poner en riesgo la seguridad pública. Esta brigada deberá estar tomando lecturas, sin interrumpirlas, presentado detalladamente los desplomes, desplazamientos, hundimientos o cualquier tipo de movimiento que pudiera tener la estructura y en caso de presentarse algún movimiento considerable se puede desalojar el edificio rápidamente y sin ningún accidente.

Los Ingenieros en estructura se encargaran de obtener la distribución de los elementos estructurales del edificio por demoler, para que sobre éstos planos se indiquen las preparaciones necesarias y que después serán entregadas a la supervisora que tendrá a su cargo el cumplimiento de éstos.

Cuando se les haya dado el visto bueno a estas preparaciones, se puede iniciar el cargado de explosivos en la estructura.

Es conveniente hacer notar que se están utilizando explosivos, por lo que se debe trabajar con personal calificado y poniendo en práctica todas las medidas de seguridad, pues hay que recordar que la gran mayoría de las veces estaremos en una zona urbana y un mal control puede ocasionar un lamentable percance.

Para esto es fundamental tener un conocimiento total del explosivo a utilizarse en las demoliciones y conocer el detalle toda la gama de iniciadores y su funcionamiento, esto hará posible el control de la caída que se requiere, pues si no fuera así se desplomaría el edificio hacia un lugar no deseado poniendo en peligro las --

construcciones vecinas y aumentando el costo, pues tendremos una mala fragmentación que obligará a una demolición posterior de las losas, columnas y traveses no fragmentadas.

En las demoliciones de edificios con explosivos es verdaderamente importante tomarse en cuenta los aspectos de seguridad, el aspecto social y el efecto a la comunidad.

En el caso de las demoliciones efectuadas en los edificios dañados por los sismos del mes de Septiembre de 1985, se acordonó la zona a 200 metros a la redonda del edificio por demoler dando aviso de la fecha y hora de la detonación para que la gente que habitara en el área restringida fuera evacuada, obteniendo la seguridad pública necesaria.

¿Qué es el golpe de aire y vibraciones?

Al explotar un barrendo, se produce una fuerte onda de esfuerzo en el concreto que está a varios diámetros de distancia del mismo y lo pulveriza.

En las voladuras se producen vibraciones en el suelo, en lugares que están a más de cien metros de distancia.

Cuando se produce la explosión en un barreno se produce una onda de compresión en el aire, que se manifiesta tanto por la acción del explosivo al explotar, como por el material volado, en éste caso concreto, así como por el ruido que se generará. En el ruido se tienen varias frecuencias, que van variando hasta los 20.000 hz. Sin embargo habrá frecuencias menores de 20 hz., en los cuales se guarda una considerable cantidad de energía, energía que puede llegar a dañar estructuras y/o a generar vibraciones en frecuencias más altas que se llega a percibir como vibraciones en ventanas, puertas u objetos sueltos.

Dentro de los daños más comunes causados por el golpe de aire, se encuentra la rotura a los vidrios de las ventanas, los cuales son abundantes en el caso de demolición de edificios, tratando de controlar el golpe de aire, para evitar dichos daños, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- a) Evitar el uso de explosivos no confinados.
 - 1.- Enterrar el cordón detonante 30 cm. o más.
 - 2.- Utilizar cordón detonante con carga baja y ente

rrarlo unas cuantas pulgadas más de lo estipu
lado.

b) Usar el taco adecuado.

1.- Utilizar bolsas de arena cernida y seca, sobre todo en columnas de borde, dosificando el Hidrogel lo menos posible.

c) Programar los Disparos.

1.- Programar los disparos cuando los vecinos estén normalmente ocupados o esperen que ocurra una voladura.

2.- Evitar disparos en la madrugada o entrada la tarde para evitar la posibilidad de detonaciones durante inversiones térmicas, que puedan aumentar el ruido.

d) Procurar que la progresión de la detonación en columnas exteriores sea menor que la de la velocidad del aire.

Es importante entrar a trabajar con la brigada de explosivos, únicamente después de haberse realizado las demoliciones previas, preparaciones de protección y barrenación del edificio, lo mismo que haber cortado la energía eléctrica. Si se requiere de luz artificial se deberá usar lámparas de gas.

C A P I T U L O

IV

EL METODO DE DEMOLICION MEDIANTE EL USO DE EXPLOSIVOS

IV. 1 Revisión del Edificio.

La rapidez es la principal ventaja del método de demolición con explosivos, sobre todo si se tratan de edificios de más de 6 niveles, pues en estos se aumentaría el peligro haciéndolo por el método convencional y sería demasiado prolongada con respecto al tiempo.

Por el contrario, si se tienen edificios de menos de 6 niveles se encarecería demasiado la demolición, pues en este método lo que se busca es tener una buena fragmentación a base de la energía gravitacional que se presenta cuando se vuelan con explosivos los primeros niveles. Sin embargo si tenemos edificios que tengan menos de 6 niveles se tendría que usar explosivos en casi un 80% de los niveles pues sólo así se lograría que se fragmentaran los últimos niveles al caer el edificio y lógicamente al usar demasiados explosivos es antieconómico el método.

La demolición de un edificio se puede catalogar como una tarea fácil dentro de la Ingeniería. Aún así se necesitará de un proyecto, una compañía

contratista, una compañía supervisora y un especialista en estructuras; Este último se encargará de la revisión del edificio.

El demoler un edificio, implica estudios de diferentes tipos como lo son los sociales, económicos y sobre todo estructurales. Se deberán hacer peritajes estructurales en el edificio así como de mecánica de suelos; peritajes que nos llevarán a saber cuáles son los daños y si son reparables o no. Algunas veces los daños son reparables, sin embargo puede ser que sean demasiado costosas estas reparaciones, y es aquí en donde se deberá hacer el estudio económico para tomar la decisión de demoler el edificio o repararlo.

Cuando ya se tomó la decisión de hacer la demolición, habrá que realizar programas y estudios de los diversos métodos para demoler el inmueble.

Se tendrá que tomar en cuenta algunas variables como son la factibilidad de usar cada método, rapidez en que se desee la demolición, costo de cada uno de los métodos, etc.

Se puede dar el caso en que se utilicen dos métodos en un edificio. Por ejemplo, empezar a demoler a mano una parte por problemas de colindancias

y después usar el método de explosivos ó algún otro método mecánico.

El especialista en estructuras deberá de hacer una relación de todo aquel elemento que pueda obstruir la caída libre del edificio como lo pueden ser los muros divisorios, rampas, cubos de elevadores, cubos de escaleras y aquellos que no trabajan soportando una carga estructural. Sin embargo hay ocasiones en que si trabajan estos elementos estructuralmente al estar dañados los edificios, pues uno de éstos elementos pueden estar sosteniendo el peso que alguna trabe que falló debería de hacerlo; el ingeniero estructurista no deberá de omitir tal posibilidad ayudado del levantamiento físico y de los planos estructurales del edificio por demoler.

IV. 2 Demoliciones Previas.

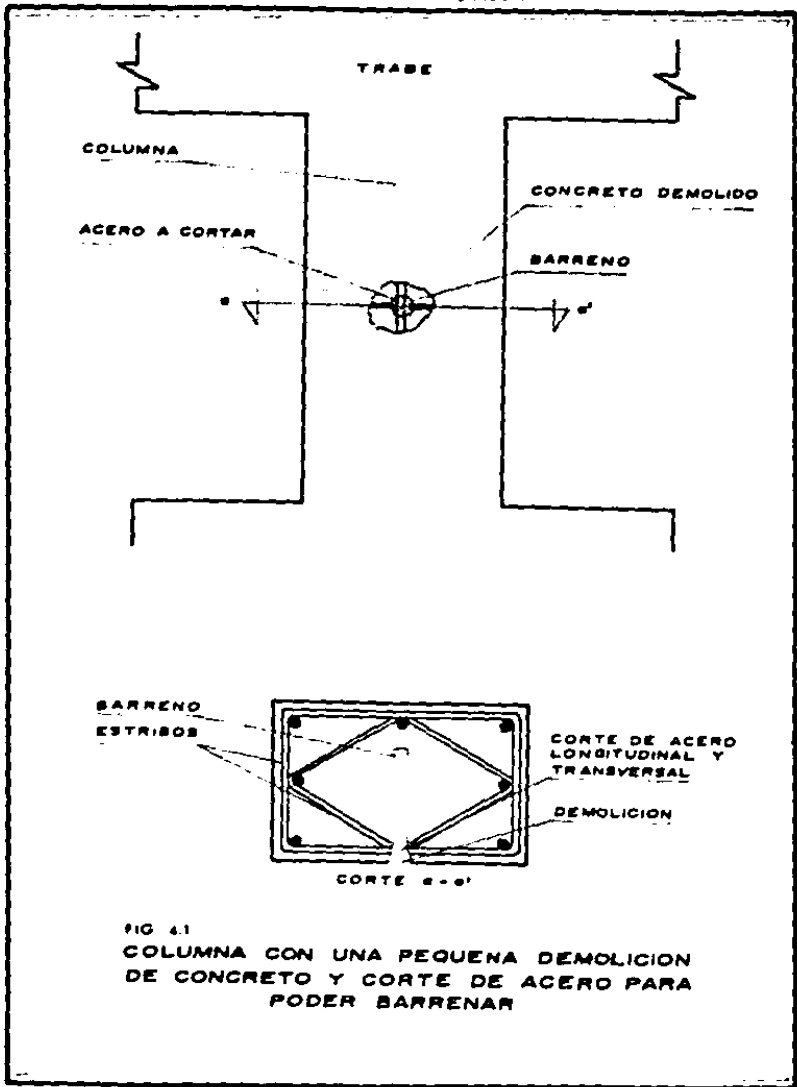
La mayoría de las veces en la demolição de un edificio a base de explosivos, se tiene que demoler en forma manual parte del edificio, sobre todo si éste tiene colindancias demasiado pegadas, y que al momento de la caída del edificio a demoler les pueda causar daños. También se demolerán parcialmente algunos elementos que son demasiado resistentes.

Es muy común encontrar en las plantas de sótano así como en las plantas bajas, sobre todo en edificios demasiado altos, columnas con acero de refuerzo transversal (estribos), con muy poca separación, lo que generará un problema al estar barrenando. Para aliviar dicho problema tendremos que demoler en la zona de barrenación y después cortar las varillas con soplete. Hay muros estructuralmente calculados para contrarrestar las fuerzas sísmicas o muros de concreto los cuales también tendrán que tener una demolición parcial, para poder debilitarlos y así poder dar la dirección de caída deseada. (Ver figura 1.4)

Sin embargo en los pisos en donde el proyecto marque barrenación se deberán demoler totalmente los muros de concreto y de tabique sin excepción.

En los muros del sótano se deberán demoler todos los muros exceptuando los perimetrales. Estos muros ayudarán a formar un cajón para la caída del escombros en el momento de la demolición con explosivos.

Las rampas en el edificio como son las de escalera, estacionamientos y otras deberán ser debilitadas para no tener demasiada rigidez a la hora de la demolición del edificio.



Para efecto de tener una buena y más rápida demolición de éstos elementos anteriormente citados, así como para la barrenación se tienen diversas herramientas y maquinaria, como también varias técnicas para éstas "demoliciones menores".

También se ha pensado en una demolición de muros usando explosivos. En ésta época es dudoso cual de éstos dos métodos es más barato, sin embargo, se necesita tener los muros demolidos lo más rápido posible, por lo que la demolición usando explosivos parece ser la más recomendable.

Para efectuar la demolición de un muro se deberá barrenar la parte inferior de éste aproximadamente a unos 15 cm. de altura. Se formará una hilera de barrenos separados entre 0.80 m y 1.20 m dependiendo si tiene o no daños y si es de concreto o tabique.

Si el muro no está muy dañado, probablemente se tendrán que utilizar más hileras de explosivos. Se podrá tomar como regla general, que por cada 1.5M. de altura se utilizará una hilera horizontal de cartuchos.

Se tendrán que hacer unas volas duras a forma de prueba para llegar al factor aproximado de

carga, que por lo general será de 0.150 Kg/m³, ya sea de tabique o concreto, pues podremos jugar con la separación entre barrenos para obtener la fragmentación deseada.

Los barrenos deberán medir - aproximadamente 3/4 partes del espesor del muro y se deberán cebar con estopines eléctricos y explotarlos al mismo tiempo. (Ver figura 4.2)

Es recomendable poner malla o tela de gallinero para evitar que los fragmentos del muro - sean lanzados, sobre todo en muros de colindancia ó exteriores.

Los muros estructurales de concreto que el especialista en estructuras ordene debilitar, únicamente se demolerán en forma de arco, para que sigan cumpliendo sus funciones pero con menor rigidez, es decir como si fueran dos columnas separadas. (Ver Figura 4.3)

Estos procedimientos tienen que ser agilizados mediante el uso de maquinaria ligera como lo son rompedoras, perforadoras, piernas y aceros de perforación y sus diferentes aditamentos como brocas y punzetas. Estos equipos son neumáticos por lo que necesitarán de un compresor de aire para poder funcionar.

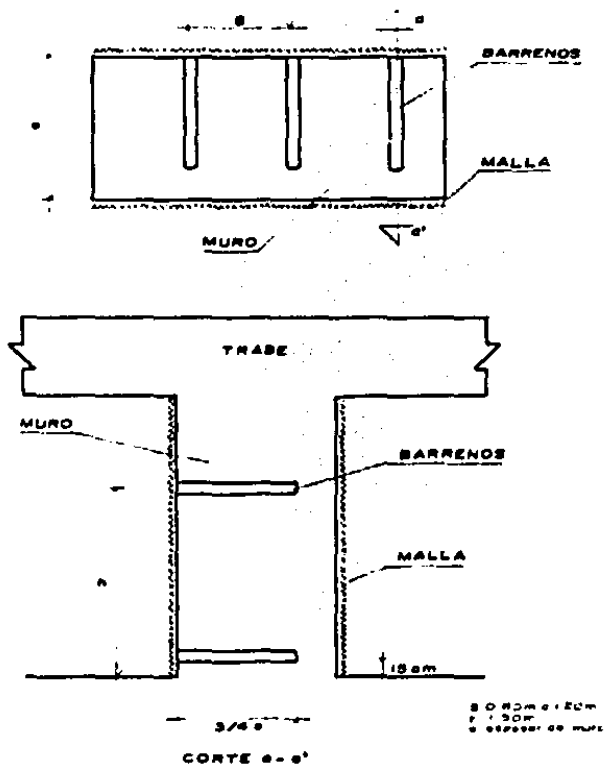
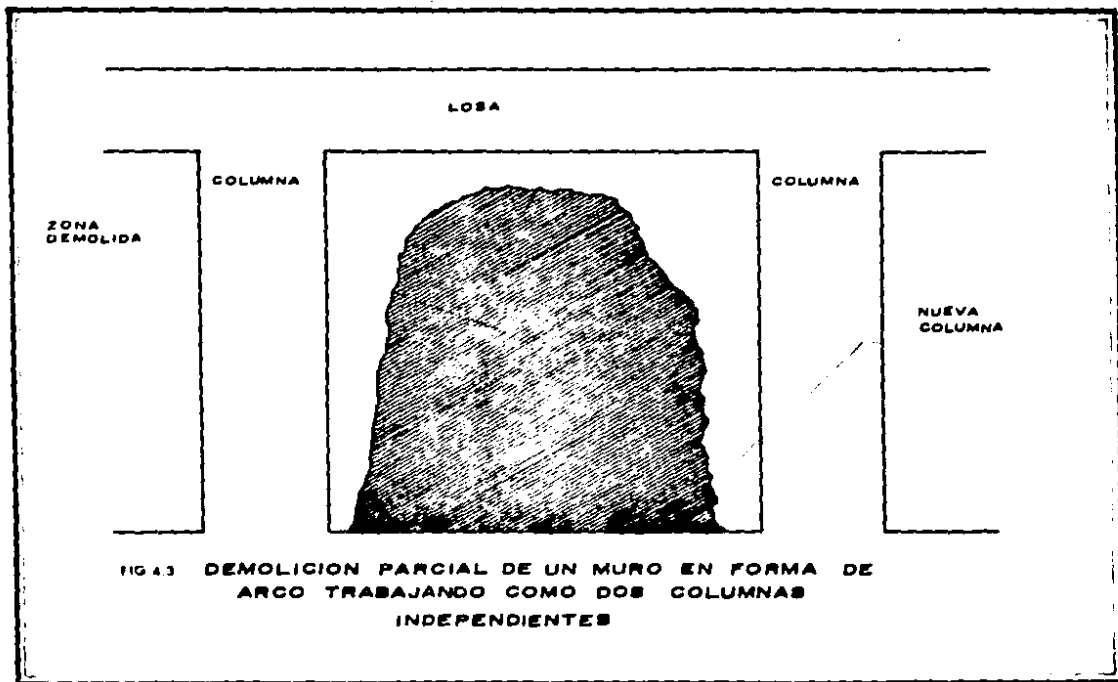


FIG 4.2
 PROCEDIMIENTO PARA DEMOLICION DE
 MUROS USANDO EXPLOSIVOS



IV. 3 Preparación de la Estructura.

Las preparaciones antes de la demolición del edificio no se restringen a las demoliciones menores. Se tendrán también que colocar protecciones tanto en el edificio a demoler, como en las construcciones vecinas, además de cuidar las colindancias con cortes en sus estructuras, etc.

Para realizar la demolición de un edificio usando explosivos necesitaremos tener un espacio considerable entre las edificaciones cercanas, para evitar - daños en éstas últimas, si llegara a presentarse algún pateo del edificio por demoler.

En caso de no ser así, se deberá hacer un estudio económico para saber si es posible realizar los trabajos de protección del edificio vecino, o si es preferible esperar para ver los daños causados con la caída del edificio y después repararlo.

Cuando se tiene la separación necesaria para no causar daños a la construcción vecina, se deberá hacer un corte aproximadamente a una distancia de 3m de la junta constructiva entre ambos.

El corte se hará a todo lo largo de la colindancias entre las dos edificaciones, con un ancho de 0.5 m pero sin cortar el acero de refuerzo. Previamente a este paso, se deberá apuntalar para evitar desplazamientos verticales en las losas.

Una vez que se hizo la demolición se procederá a colar la franja de corte hecha en las losas del edificio.

Este tipo de preparaciones servirán en caso de que hubiera algún pateo por parte de la estructura a demoler, pues en caso de que se presentará no se transmitiría al otro edificio, ya que se transmitiría únicamente hasta el corte realizado.

Sin embargo no sólo hay construcciones alrededor del edificio por demoler. También se encontrarán semáforos, arbotantes, tomas siamesas, postes de luz teléfono y sus respectivas líneas, aéreas y subterráneas. Estos objetos habrá que desmontarlos y colocarlos después de haber realizado la demolición.

Los cables subterráneos deberán ser protegidos con triplay y sobre éste colocar una cama de

tezontle o arena para amortiguar el golpe de los escombros.

Algunas ocasiones hay construcciones alrededor del edificio con vidrios y puertas demasiado caros, motivo por el cual hará que protegerlos con triplay, pues reponerlos algunas veces presenta un gasto sumamente alto.

Hay que recordar que el golpe de aire, así como los objetos lanzados en el momento de la detonación, se presentan únicamente en los primeros niveles del edificio, pues son éstos los que tienen barrenadas y cargadas sus columnas.

Por ésta razón se tendrán que poner protecciones especiales en éstas últimas así como en el perímetro del edificio en la planta baja.

La protección que se pondrá en columnas se hará utilizando malla ciclónica alrededor de éstas, dándole dos vueltas.

La malla se colocará cubriendo los barrenos, y excediendo ésta misma una distancia que será el diámetro de la columna en caso de ser circular o el lado mayor de la sección transversal en caso de ser cuadrada

o rectangular.

Además se agregará una protección a base de hojas de triplay en el perímetro de la columna, sujeta por flejes a su alrededor. Siempre habrá que dejar visibles los barrenos para posteriormente efectuar su carga. (Ver figura 4.4)

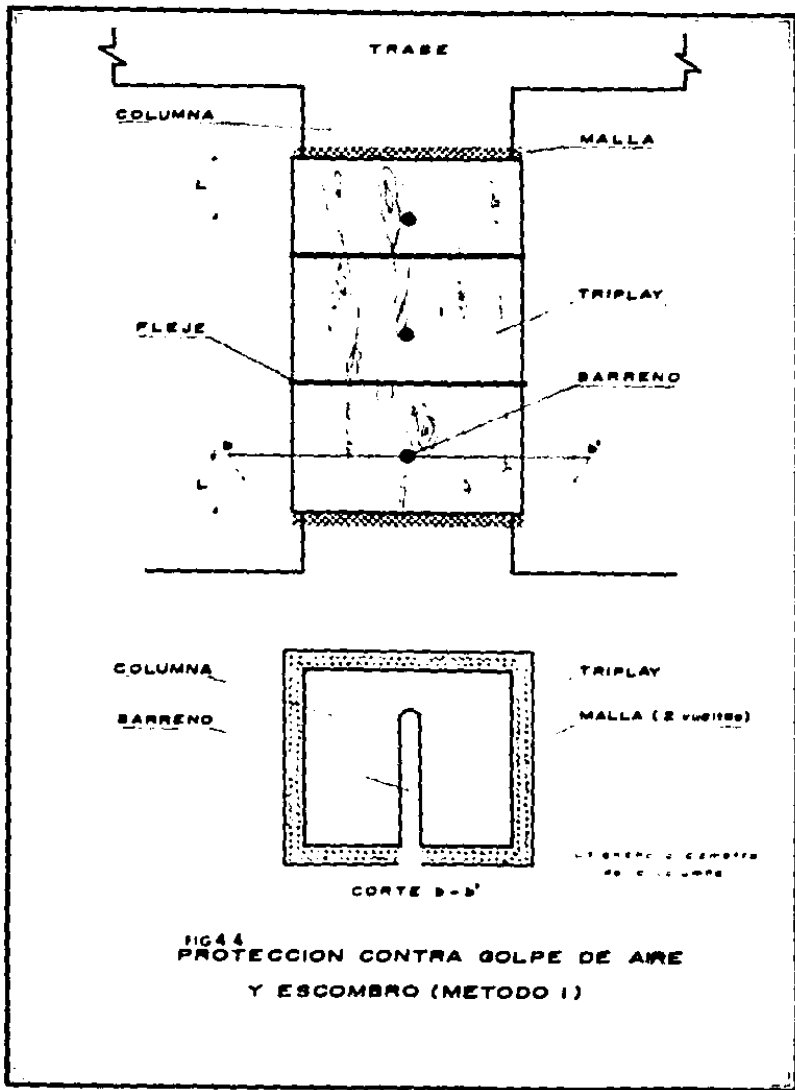
Si se quisiera tener un mejor resultado se puede usar otro tipo de protección en columnas barrenadas.

El principio es el mismo sin embargo, se podrá tener mayor control sobre el concreto que sale disparado en el momento de la detonación.

Se deberá dar una vuelta con malla ciclónica alrededor de la columna, dejando sobrada la malla en la misma forma que el anterior método.

En seguida, se dará otra vuelta pero esta vez de lámina pintro, amarrada con flejes.

Como tercer paso se volverá a dar otra vuelta a la columna con malla ciclónica, pero ésta se dejará sin apretarla, para que estando floja se puedan



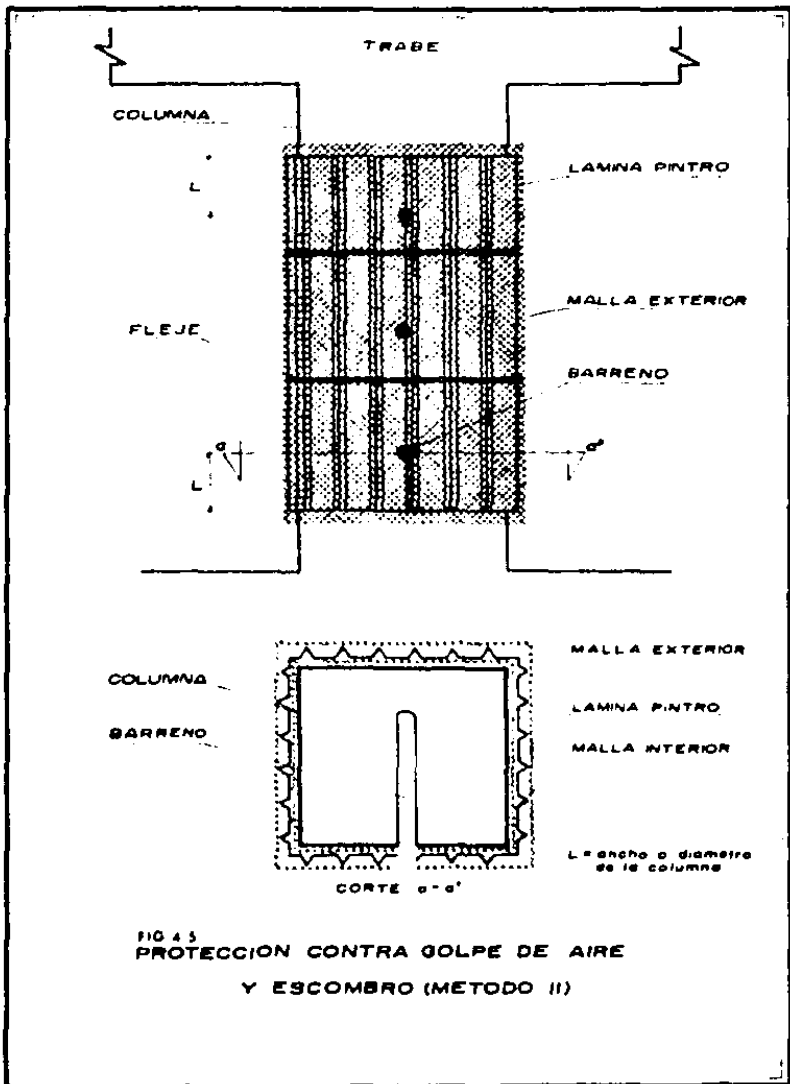
colectar en ésta todos los pedazos de concreto que serán lanzados. (Ver Figura 4.5)

Aunado a éstas protecciones en columnas de los niveles inferiores, se deberá poner otro tipo de protección en la planta baja para evitar al máximo cualquier proyectil y disminuir el golpe de aire.

Esta se compondrá de una pared de malla ciclónica en todo el perímetro del edificio (en donde haya peligro al salir disparado un explosivo) más otra de hojas de triplay de 3/4."

Deberán estar sujetas con cable de acero, pero únicamente en la parte superior; trabajará como una cortina, pues se trata de eliminar el golpe de aire y los objetos que son lanzados, y de no ser así seguramente se rompería la protección. (Ver Figura 4.6)

Una de las preparaciones que es necesario realizar antes de que se hagan las anteriores, será el desmantelamiento de plafones falsos, muros de tablaroca y cualquier elemento que obstaculice los trabajos de preparación de estructura y barrenación.



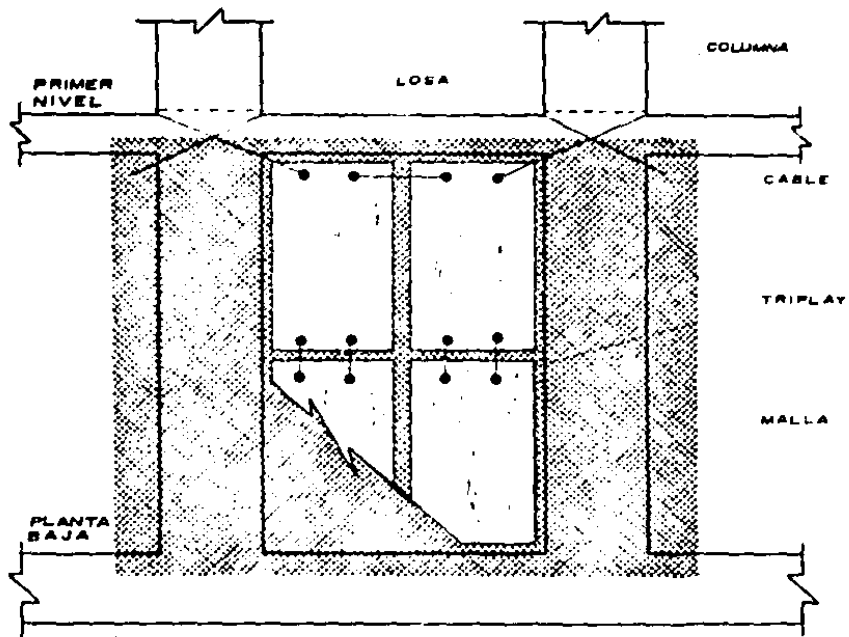


FIG 46

PROTECCION EN PLANTA BAJA CONTRA GOLPE DE AIRE
Y PROYECTILES

IV. 4 Barrenación.

Uno de los elementos que inter vendrán para que se tenga una buena detonación, será el tener barrenos bien hechos pues se podrá confirmar debidamente el cartucho de explosivos y trabajará satisfactoriamente.

Lógicamente para que caiga el edificio los elementos que más nos van a importar son las co lumnas.

Los barrenos estarán distri-- buidos en las columnas de los primeros niveles del edificio, pues como ya se ha comentado, no se necesita en niveles superiores, ya que la fragmentación en estos se logrará con - la ayuda de la gravedad.

Los barrenos deberán de quedar lo más centrados posibles en la columna y horizontalmente.

Uno de los problemas para que se logre hacer un barreno con éstas características, será - el encontrar acero de refuerzo al estar barrenando, el cual se deberá cortar con sopleta en las partes que estorbe para - éste trabajo.

Antes de cargar e' barreno con

el explosivo, se debe limpiar con aire para poder hacer una buena verificación de la profundidad y diámetro de éste.

La profundidad de los barrenos se realizará de acuerdo a la tabla 4.1.

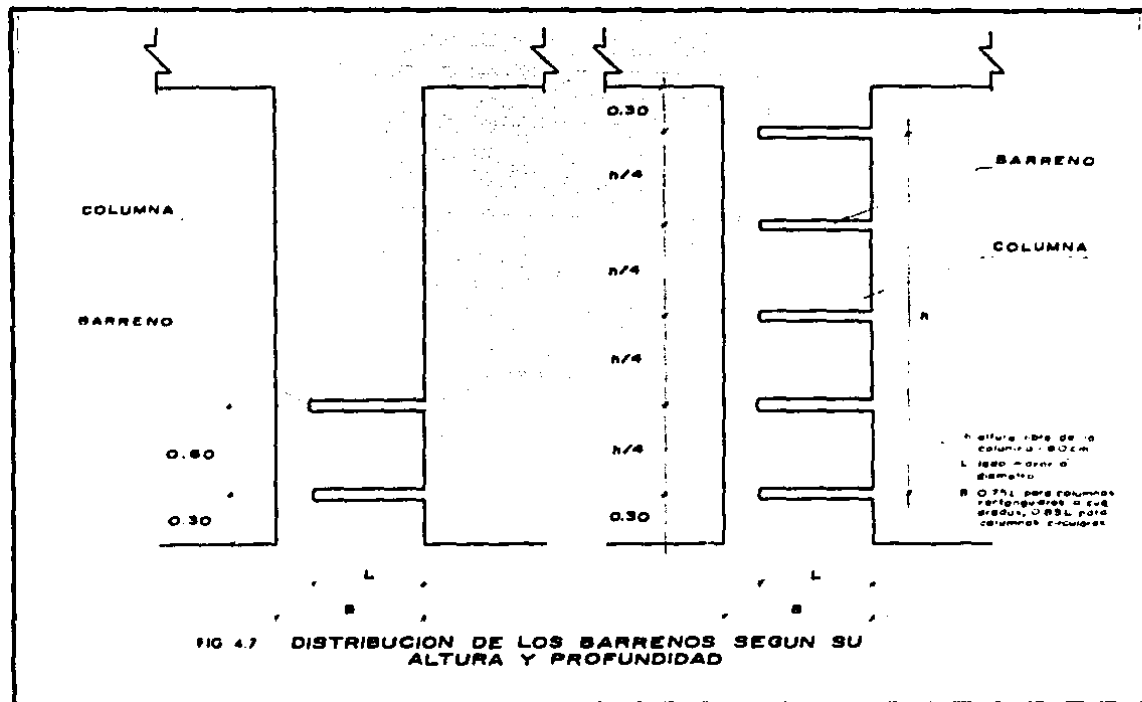
El diámetro en los barrenos será de 1 1/4". Esta es la medida que se utilizó en los edificios y dañados en México por los sismos de Septiembre de 1985, - - - - -
pues se utilizaron cartuchos del 1" de diámetro

La distribución en el barreno es -- una característica importante a cuidar para una buena fragmentación.

En el sótano y planta baja se debe tener una pulverización de las columnas, y así lograr que - el edificio caiga con mayor velocidad. Los barrenos irán --
disminuyendo conforme más alto sea el entrepiso a cargar.

Los barrenos debe tener una separación de 60 cm. entre sí, y una separación de 30 cm. entre la losa superior y el barreno más alto, y de la misma forma sucederá con la losa inferior y el primer barreno.

En caso de que la separación de - - - - -
60 cm. entre barrenos no se pueda cumplir se dividirá la --
altura entre el número de éstos pero descontando los 60 cm de la separación entre losa y barrenos, pues ésta no debe --
variar. (ver figura 4.7)



TIPO DE COLUMNA	UNIDAD	PROFUNDIDAD (%)
Cuadrada	Lado de la Sección	75
Rectangular	Lado mayor de la - sección	75
Circular	Diámetro	85

TABLA 4.1 Profundidad en barrenos

IV.5 Cálculo de Cargas.

Debido a la poca información que se ha obtenido de las investigaciones y experimentos para saber la dosificación de explosivo que se debe dar a un barreno, el cálculo de cargas es realmente producto de la experiencia y pruebas de campo. Sin embargo las pocas fórmulas deducidas por investigadores y otras que son producto de las experiencias en voladuras de otros edificios, nos dan el rango en el cual debemos dosificar para realizar las pruebas de campo.

Para realizar este tipo de pruebas, se deberán elegir dos columnas en el entrepiso de sótano o planta baja. A cada una de ellas se le hará un barreno. Uno de éstos estará sobredosificado, y el otro subdosificado, teniendo en mente la idea de interpolar la dosis de carga, en cuanto se sepa el resultado de las voladuras.

Es muy importante el hacer las pruebas en columnas interiores y no en las perimetrales, después el trabajo que realizaban éstas columnas al volar será delegado a los elementos estructurales que se demolerá

a) MAMPOSTERIA Y PAREDES ESTRUCTURALES DE CONCRETO.

Henrych en 1979. presentó una fórmula checoslovaca (WEICHELFF o JURAJDA), para calcular la carga apropiada de explosivos, basada en el tamaño de la explosión

sión sobre el cráter (JOHNSON Y PERSSON, 1970).

El punto de inicio para los cálculos de Henrych, es un cráter en forma de cono, como se muestra en la figura 4.1., con una altura w , que es igual a su radio de base, r . El vértice del cono está en el centro de la carga concentrada, W . Obviamente, la profundidad de corte del explosivo está en función de W . (ver figura 4.8).

Henrych, después de varias experiencias en voladuras, comparó los efectos de la carga y la midió en términos de fuerza y colapso, obteniendo una mejor eficiencia individual de las cargas.

Así obtuvo la fórmula siguiente:

$$W = K (w^2 \times w^3) (P = A) (b / h) u \times a \times q$$

Donde:

W = Peso de la carga (Kg.)

K = Coeficiente de eficiencia.

w = Altura o profundidad del cráter (m)

P = Poder de compresión del material (t/m).

A = Peso unitario del material (t / m³).

b = Coeficiente de capacidad de trabajo del explosivo.

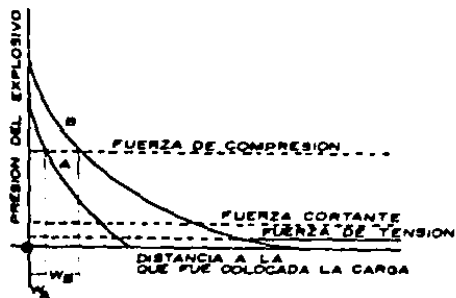
h = Densidad de carga.

u = Coeficiente de fijación de la carga.

a = Coeficiente de cooperación de la carga

t = Coeficiente de profundidad de la carga

q = Coeficiente de efecto direccional de la explosión.



MAXIMA PRESION DEL EXPLOSIVO

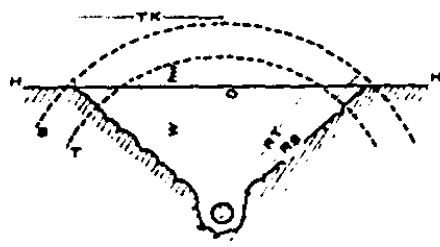


FIG 48 CRATER GENERADO POR LA EXPLOSION

s = Coeficiente de la influencia de compresibilidad del material.

Sin embargo, la mayoría de éstos -- coeficientes son constantes para la demolición, por lo que -- la fórmula se reduce a:

$$W = w^3 \times p \times t$$

Donde;

P = Coeficiente total de expulsión relativa (tabla 4.2)

t = Coeficiente de presión de vaporización (tabla 4.3)

Cuando las cargas son detonadas en -- en el centro de un muro de mampostería, se crean dos cráteres indelizados por dos conos con un eje y vértice en común en el centro de la carga concentrada.

Aún cuando la distribución de energía es diferente para cada cráter, se presupone que la carga que se necesita puede calcularse con cualquiera de los cráteres, pues según Henrych, la diferencia entre las cargas finales es muy pequeña.

El siguiente parámetro a determinar, después de calcular el peso de la carga simple concentrada, -- es el espaciamiento entre cargas.

Para lograr una falla total en la --

sección, los cráteres deberán formar una cadena entre sí.

La fórmula empleada por Henrych --- para determinar que las condiciones de desintegración del material entre las cargas sea satisfactorio, es la siguiente:

$$a = (0,5 a + w)^2 / 2 w^2$$

Donde:

a = espaciamiento entre cargas.

El valor óptimo para $a = 0.83 w$ el cual produce una $a = 1$, en unidades de w . El límite superior para que exista un enlace entre los cráteres es $2w$.

Una de las fórmulas que se utilizan como ayuda para el cálculo de cargas, es la de Gustaffson (1981). Desarrolló su método, basándose en una voladura de un block, tal como lo había realizado Langefors (1968). El método de Gustaffson, está basado en dos parámetros diferentes; dimensión del barrenado y carga específica (o peso del explosivo por volumen fragmentado),

Las especificaciones de barrenación, geometría y carga varían según el material, como se puede ver en las tablas 4.4 y 4.5.

En la tabla 4.4, las dimensiones estructurales serán de 1,30 m, en cualquier dirección y los barrenos tendrán al menos dos terceras partes del espesor

MATERIAL	w (m)			
	0 - 0.9	0.9 - 1.5	1.5 - 2.0	más de 2.0
Mampostería	5	4	3.5	3
Concreto simple	5	4	3.5	3
Muros de contención	5	4	3	3
Mampostería de tabique	3	3	3	3
Pilas de puentes	6.5	5.2	4.5	4
Concreto reforzado	7	5.5	5	4

TABLA 4.2. Valores para el coeficiente P. (Henrych. 1979)

Profundidad de la carga	1.5 a	1.2 a	0.9 a	0.75 a	0.6 a	0.3 a	Superficial
Coficiente T	1	1.1	1.20	1.35	1.5	2.0	6.0

TABLA 4.3 Valores del coeficiente T (Hnrych. 1979)

MATERIAL A VOLAR	CARGA ESPECIFI CA REQUERIDA Kg. / m ²	ESPACIAMIENTO ENTRE BARRERAS. EN FORMA CUADRA DA. V. x E. m	UNIDAD DE EXPLOSIVO USADO
CONCRETO SIMPLE DE RESISTENCIA BAJA	0.25 - 0.30	0.80 - 0.90	17mm Gelatina Donarit 2E
CONCRETO SIMPLE DE RESISTENCIA ALTA	0.20 - 0.40	0.75 - 0.90	17 mm Gelatina Donarit 2 E
CONCRETO REFORZADO SIMPLEMENTE ARMADO	0.60 - 0.75	0.50 - 0.65	17mm Gelatina Donarit 2E
CONCRETO REFORZADO DOBLEMENTE ARMADO	0.80 - 1.00	0.55 - 0.60	17mm Gelatina Donarit 2E + 1/2 cartucho 22 mm GD entre carga
CONCRETO EXTRAFORZADO DE TIPO MILITAR	1.50 - 2.00	0.40 - 0.50	17 mm Gelatina Donarit 2E + 22 mm GD1
		0.50 - 0.55	22 mm GD1

TABLA 4.4 VOLADURA DE MUROS (GUSTAFSSON 1981)

MATERIAL A VOLAR	ESPEJOR DEL MURO m	ESPACIO ENTRE BARREROS E 1	NUMERO DE FILAS DE BARREROS	UNIDAD DEL EXPLOSI VO USADO
CONCRETO S I M P L E	0.30	1.00	1	17 mm GD2E
	0.40	0.75	1	17 mm GD2E
CONCRETO REFORZADO	0.30	0.80	1	17 mm GD2E
	0.40	0.70	1	17 mm GD2E
	0.50	0.50	1	17 mm GD2E
	0.60	0.40	1	17 mm GD2E
	0.70	0.75	2	17 mm GD2E
	0.80	0.65	2	17 mm GD2E

TABLA 4.5 VOLADURA DE MUROS DE CONCRETO
(GUSTAFSSON 1981)

del muro.

El método de Gustaffson, se puede -
comparar con las conclusiones obtenidas por el Instituto de
Investigaciones de Standford a un estudio realizado por la-
Corporación de Ingenieros de Estados Unidos (Engineering --
News - Record, Nov. 7, 1957), en donde encontraron que la -
cantidad de T.N.T. requerida para demoler un muro de concre-
to, está determinada por:

$$W = R \times K \times c \text{ (lb)}$$

Donde:

R = Espesor del muro.

K = Factor del material.
(tabla 4.6.)

c = Factor de apisonamiento del barreno.

c = 1, Cuando el barreno cargado, no
está apisonado.

C = 0.6 Cuando si está apisonado el ba--
rreno.

Las recomendaciones propuestas indi-
can que la carga deberá ser colocada por lo menos a una dis-
tancia R . de la base del muro.

La mínima carga será de 3lb. para
muros de concreto simple y de 5 lb. para muros de concreto
reforzado.

ESPESOR DEL MURO R EN PIES	F A C T O R "K"	
	CONCRETO S I M P L E	CONCRETO R E F O R Z A D O
Menos de 3	0.95	1.66
3 a 5	0.72	1.28
5 a 7	0.54	1.00
7 o más	0.56	0.89

TABLA 4.6 FACTOR K, PARA VOLADURA DE MUROS

En el caso de vigas, la cantidad de T.N.T., requerido está dado por la ecuación anterior si es que la carga tiene un taco de arena de por lo menos 10 pulgadas.

Hay que recordar que la carga del explosivo que se utilice, está calculada únicamente para volar el concreto; si se tiene el caso de concreto reforzado se deberán aumentar las cargas para poder cortar el acero de refuerzo.

b) COLUMNAS Y VIGAS DE CONCRETO REFORZADO.

En elementos estructurales, como vigas y columnas; no se requiere de que se forme una cadena de cráteres para lograr la demolición.

Usualmente, es suficiente con lograr desestabilizar las columnas, muros de cortante y asegurar la separación entre estos elementos estructurales.

En estructuras de concreto reforzado las cargas deben de realizar estas funciones:

- a) Fragmentar el concreto.
- b) Cortar las varillas de refuerzos.

En concreto reforzado, las cargas para lograr su fragmentación, serán las mismas que para los muros de mampostería, exceptuando por las propiedades físicas del concreto, que deben de ser tomadas en cuenta. Como

siempre, las cargas para lograr que el acero de refuerzo se corte, usar otras medidas entre la separación de barrenos.

Henrych, propone para la demolición de vigas y columnas la fórmula siguiente:

$$W = F \times K$$

Donde:

W = Peso de la carga (gms).

F = Area de la sección transversal del -- elemento. (cm²).

K = Consumo específico del explosivo (g / cm³)

El valor del K, variará en el rango de 25 a 75 g/cm³.

Así, por ejemplo la demolición de una viga de concreto reforzado de 12 x 40 cm. con este método requiere de 24 Kg. de carga.

Gustaffson en 1981, concreta sus experiencias en demolición, tomando como variables el espaciamiento entre barrenos y su geometría. (ver tablas 4.7 y 4.8; figuras 4.9 y 4.10).

De éstas tablas podemos obtener la cantidad de carga en kilogramos y la distribución entre barrenos para poder volar columnas y muros de concreto.

La tabla 4.9, que es el resultado -

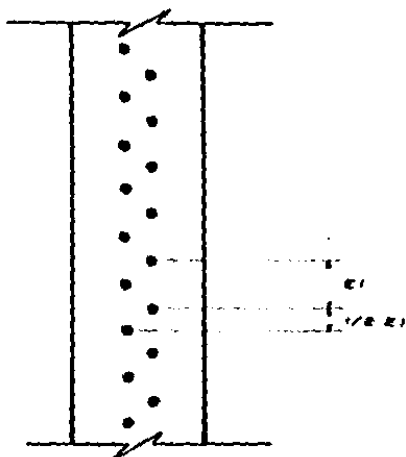


FIG 4.9
 GEOMETRIA DE LOS BARRENOS EN COLUMNAS
 DOS HILERAS (GUSTAFSSON, 1981)

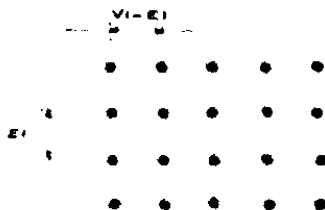


FIG 4.10
 GEOMETRIA DE LOS BARRENOS EN MUROS
 DE CONCRETO (GUSTAFSSON, 1981)

	LADO (m)	PROFUNDIDA DEL BARRENO (m)	ESPACIO EN TRE BARRE NOS E l. (m)	NUMERO DE FILAS DE BARRENOS	CARGA GD1 (Kg)
COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO	0.30	0.20	0.30	1	0.050
	0.40	0.30	0.30	1	0.100
	0.50	0.40	0.35	2	0.085
	0.60	0.45	0.35	2	0.125
	0.70	0.55	0.35	2	0.170

TABLA 4.7 VOLADURA DE COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO (Fustaffson 1981)

ESPEJOR DEL CONCRETO	PROFUNDIDAD DEL BARRENO (m)	ESPACIO ENTRE BARRENOS V1 X E1 (m)	No. DE FILAS DE BARRENOS	CARGA, GD 1 (Kg)
I. CONCRETO SIMPLE O DE BAJA RESISTENCIA.				
0.30	0.20	0.40	- -	0.03
0.04	0.30	0.50	- -	0.06
0.05	0.40	0.50	- -	0.075
II. CONCRETO REFORZADO O DE ALTA RESISTENCIA.				
0.30	0.20	0.20	2	0.03
0.40	0.30	0.20	2	0.04
0.50	0.40	0.20	2	0.05

TABLA 4.8 VOLADURA DE MUROS DE CONCRETO (gustaffson 1981)

de experiencias en demoliciones de edificios en la Ciudad - de México, nos muestra los factores de dosificación por barrenado, aplicando la siguiente fórmula:

$$W = F \times A \times \emptyset$$

Donde:

F = Factor de dosificación.

A = Area de la sección transversal (m²).

\emptyset = 15 veces el diámetro del barrenado (m).

Por ejemplo, para calcular la dosificación de una columna exterior de planta baja de 60 x 60 cms. con barrenados de 1 1/4" de diámetro y perforando 3/4 -- partes del ancho de la columna:

Se usarán cartuchos TOVEX 100

TOVEX 100:

$$L = 8''$$

$$\emptyset = 1''$$

$$W = 121 \text{ gr/cartucho}$$

$$p = 1.1 \text{ gr/c.c.}$$

De la tabla 4.9, para una columna-- exterior de planta baja. Promediando.

$$F = (0.9 + 1.10) / 2 = 1.00$$

Obteniendo el área.

$$A = 0.6 \times 0.6 = 0.36 \text{ m}^2.$$

NIVELES	C O L U M N A S .	
	EXTERIOR	INTERIOR
SUPERIORES 4to. en adelante	0.90 - 1.15	1.10 - 1.50
INTERMEDIOS 1ro. al 3ro.	0.95 - 1.20	1.30 - 1.85
PLANTA BAJA	0.90 - 1.10	0.05 - 1.20
SOTANO	**	0.92 - 1.15

** NO ES RECOMENDABLE CARGAR LAS COLUMNAS EXTERIORES DEL ENTREPISO SOTANO.

TABLA 4.9 FACTORES PARA DOSIFICACION POR BARRENO (Kg)

Sustituyendo en la ecuación de dosificación:

$$W = 1.00 \times 0.36 \times 0.4760 = 0.171 \text{ Kg.}$$

$$\text{No. de cartuchos} = W / (W/\text{cartucho})$$

$$= 0.171 / 0.121 = 1.413$$

Por lo que se utilizarán 1 1/2 cart.
de 1"Ø.

Para saber si el barreno tendrá la capacidad suficiente de alojar el explosivo, basta comparar:

$$\text{Vol. Explosivo} = (W) = 188 \text{ cm}^3 \text{ (p)} = 171 \times 1.1$$

$$\text{Vol. Explosivo} = 188 \text{ cm}^3$$

$$\text{Vol. Barreno} = \pi \frac{D^2 L}{4} = 356 \text{ cm}^3.$$

Por lo tanto, como el volumen del explosivo es menor que el del barreno, si hay capacidad.

IV.6 Diseño de Tiempos.

En la demolición de un edificio el uso de estopines tiene un papel muy importante, pues éstos nos dará la pauta para tener una buena caída del edificio, tanto en la dirección que tome al caer como para obtener la fragmentación necesaria.

Al demoler un edificio, tenemos - - que volar únicamente las columnas de los primeros niveles - para lograr que en la caída, la fuerza de gravedad sea la - que fragmente a edificio. Sin embargo también hay que poner

especial cuidado en el tiempo que se tiene que dar entre -- los disparos de las columnas de un mismo nivel pues ésto, -- aunado a la fuerza de gravedad es lo que fragmentará bien - el concreto.

Si al llevar a cabo la demolición - del edificio, volamos al mismo tiempo las columnas de los - niveles sin dar un período de tiempo entre cada detonación, el resultado será una caída del edificio, losa sobre losa - de manera de un "Sandwich", sin obtener la fragmentación de éstas.

Por el contrario, si al detonar los cartuchos de los primeros niveles, volamos las columnas - - dando un período de tiempo entre cada una de ellas, al fal- tar la primera, se provocarán elementos mecánicos tan fuer- tes que harán fallar las trabes, losas y demás elementos es- tructurales y así consecutivamente mientras se vayan volan- do las demás columnas. (ver figura 4.11).

De ésta forma, se puede hacer caer el edificio hacia la dirección que se desee, utilizando los estopines. Así, los métodos más usuales, para tirar el edi- ficio son: en diagonal y forma de arco. En la primera, se - empieza tirando una columna en una de las esquinas del edi- ficio y la caída será como su nombre lo dice en diagonal a- sus ejes x y y. En el segundo método, empezarán las detona- ciones de la misma forma pero en dos sentidos, juntándose -

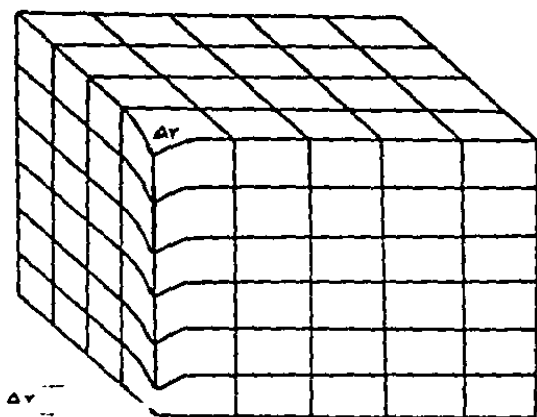


FIG 411
DESPLAZAMIENTO VERTICAL AL
DEMOLER EDIFICIOS

en el centro. (ver figura 4.12).

Regularmente la caída en diagonal - se aplica para los edificios con plantas cuadradas. La ---- caída en arco, se usará para demoler los edificios que tienen plantas rectangulares o alargadas.

Se ha tratado únicamente el uso de los retardos en planta, sin embargo, también se usarán los estopines en forma vertical, en general, cuando se necesita obtener más energía de caída para realizar una buena fragmentación, sobre todo en edificios de poca altura.

Los estopines, también los usaremos para realizar demoliciones en columnas demasiado robustas.- Se pondrán tres hileras de retardos, los de las orillas detonarán primero y los del centro detonarán instantes después.

Al detonar los primeros estopines se logrará hacer más pequeña la sección y los segundos estopines tendrán menos trabajo al volar una columna menos robusta. (ver figura 4.13).

Lo mismo se podrá poner en práctica en el caso de columnas que tengan otras adyacentes. Entonces se tendrán que volar primero las adyacentes y después la columna principal.

IV.7 Acomodo de Escombros.

La dirección de caída de un edifi--

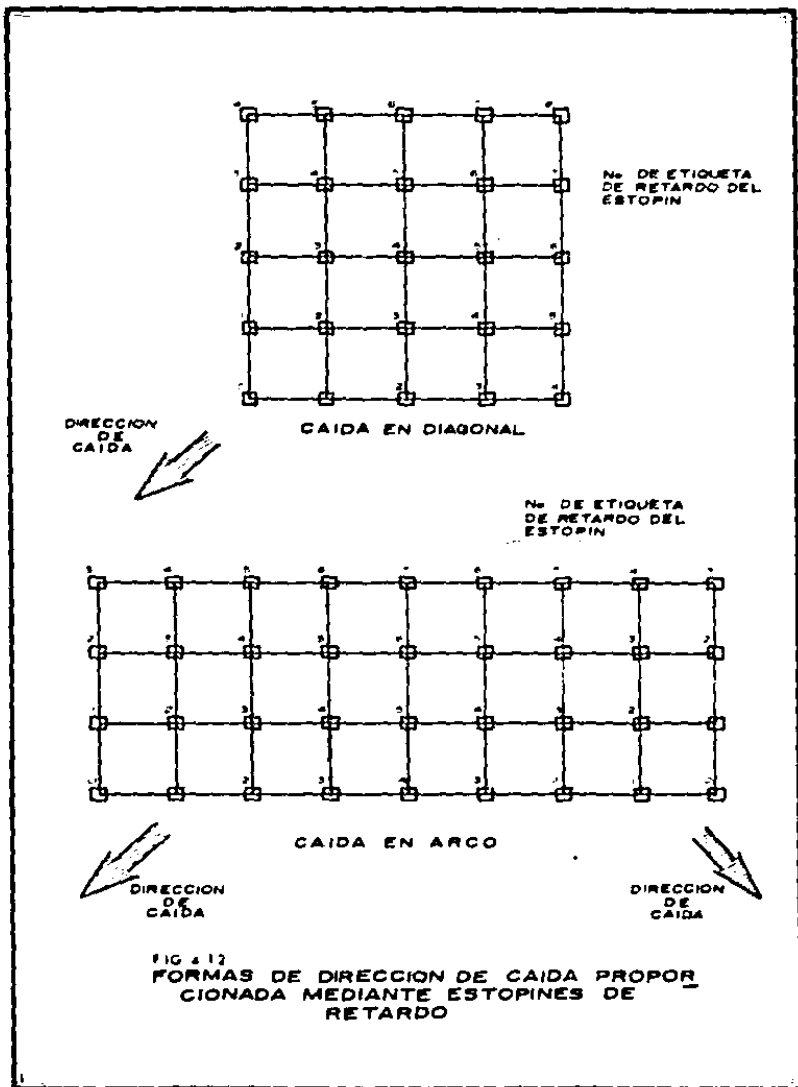
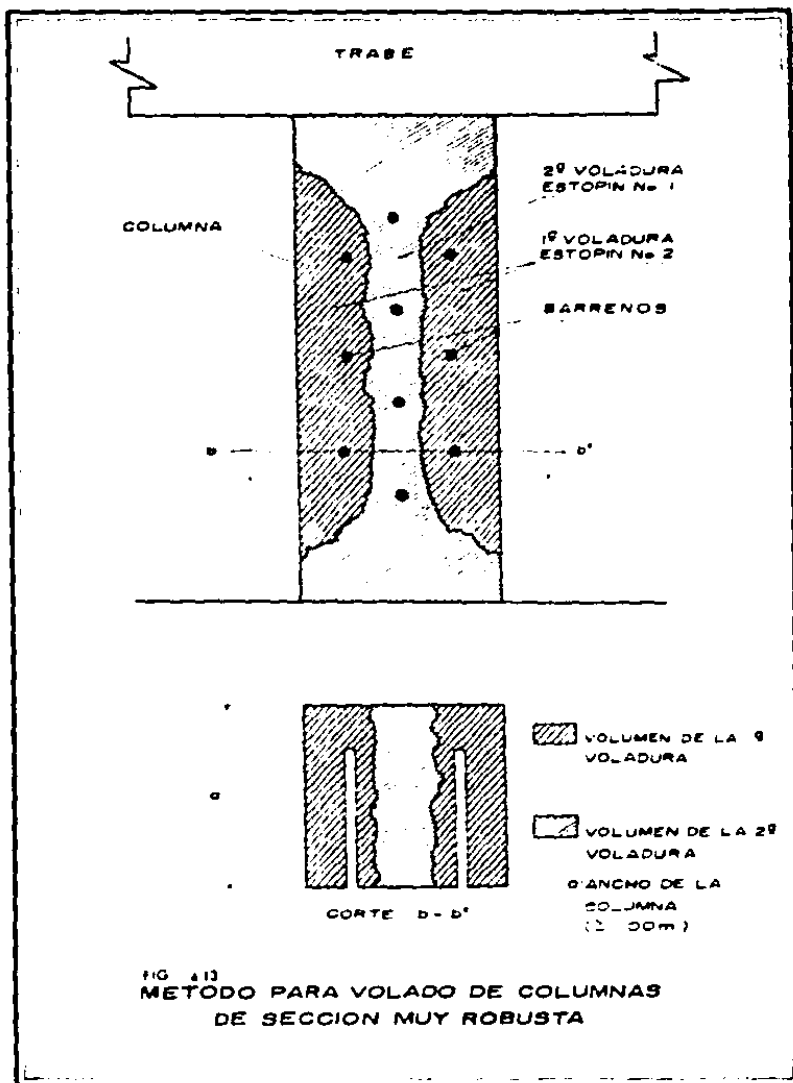


FIG 4 13
 FORMAS DE DIRECCION DE CAIDA PROPOR
 CIONADA MEDIANTE ESTOPINES DE
 RETARDO



cio es una variable más dentro de los trabajos que se tienen que realizar para demoler un edificio.

Cuando un edificio que se va a demoler y no se encuentra aislado, es decir, por lo menos tener tres metros de separación entre la construcción más cercana es necesario hacer un estudio muy especial para darle la dirección de caída deseada. Este estudio se llevará a cabo - mediante una buena sincronización en los tiempos de los estopines eléctricos (ver mismo capítulo tema IV.7), y siendo ayudado con cables de acero tensados en columnas y muros.- A ésta última técnica le llamaremos cableado.

El cableado, por lo regular, se aplicará en niveles en donde no exista barrenación, aunque ésta regla podrá no ser cierta en todos los casos. En ocasiones se tendrá que colocar el cableado en columnas o muros que - contengan barrenos pero que tengan una muy alta resistencia o dimensiones muy grandes; el cable ayudará a tener una segura caída de los mismos con una dirección correcta.

Para la colocación de cables existen varios métodos. Estos se utilizarán indiferentemente y atendiendo a la facilidad de colocación según el caso.

Para el cableado se debe usar cable de acero de $3/4"$ y grapas para hacer el amarre del mismo.

El cable deberá estar amarrado de -- las columnas de la manera siguiente: Deberá tener dos vueltas alrededor de la columna que utilizaremos para jalar, y no como la que será jalada, que llevará una sola. Ambas llevarán grapas para fijar el cable. El perímetro de las columnas se ranurará, de manera que el cable entre en ésta y quede fijo sin poder correrse.

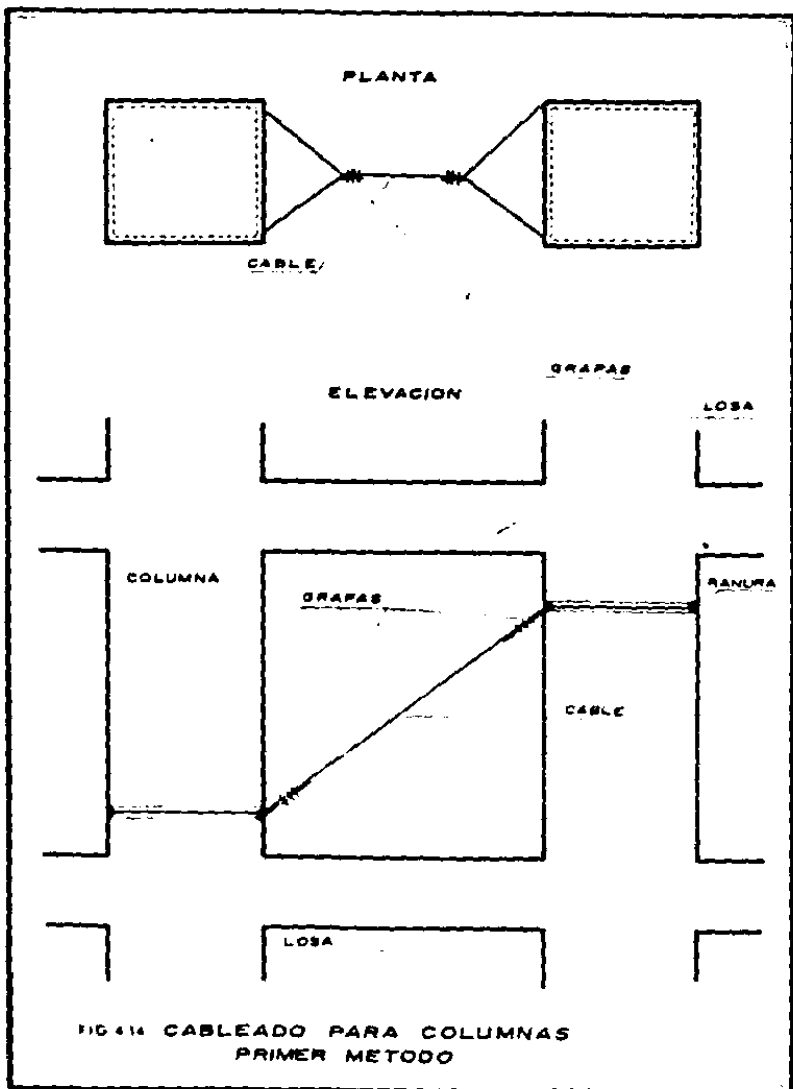
Lógicamente el estopín que detonará primero será el de la columna que tendrá dos vueltas de cable, ya que al caer ésta jalará a la otra columna; razón - por lo que la primera llevará el amarre en la parte inferior, y la otra columna en la parte superior. (Ver figura 4.14).

El amarre en ambas columnas deberá - de tener de 30 a 40 cm. de separación a la losa inferior o superior según sea el caso. Esta separación ayudará a facilitar los trabajos para realizar las ranuras en donde se fijará el cable.

Un segundo método para amarrar los - cables se hará de manera semejante. Se le dará únicamente - una vuelta en cada columna fijándose con grapas en ambos -- lados. A diferencia del método anterior, no se ranurará - alrededor de la columna, sino que se harán unas ranuras en forma de barrenos atravesándolas por completo. En éstas -

ranuras se meterá el cable para poder abrazar la columna. -
(ver figura 4.15).

Hay un tercer método. En éste se fi
jarán los cables de la misma forma que en el anterior pero-
en lugar de fijar el cable en la parte inferior de la column
na que jalará, se fijará en la parte superior de la misma,-
pero en el entrepiso inferior. Para hacer éste amarre se --
perforará la losa diagonalmente y por éste hueco se logrará
pasar el cable. (ver figura 4.16).



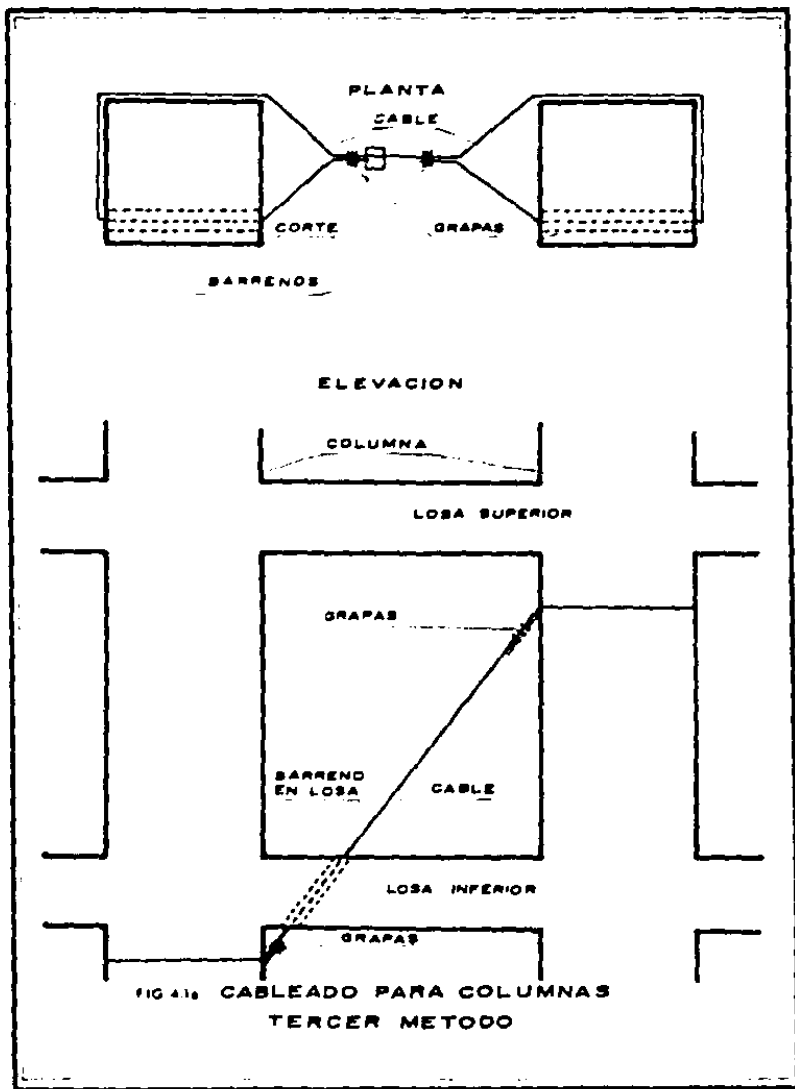


FIG 416 CABLEADO PARA COLUMNAS
TERCER METODO

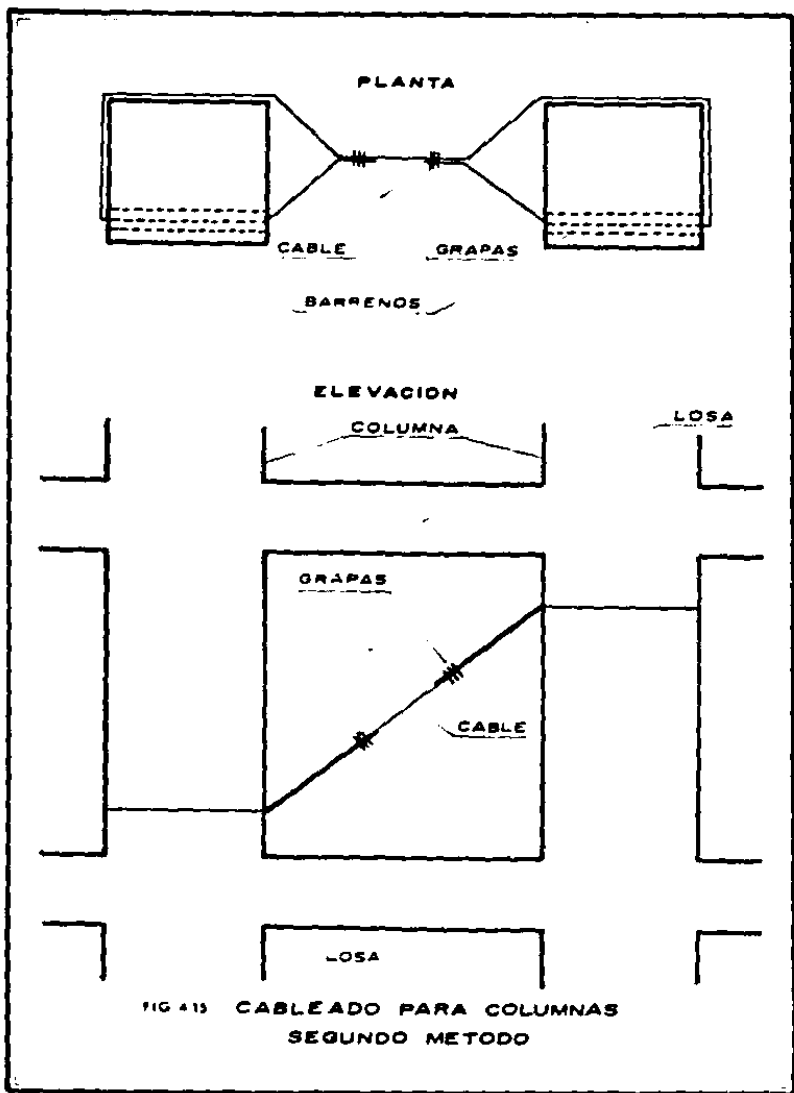


FIG 413 CABLEADO PARA COLUMNAS
SEGUNDO METODO

C A P I T U L O

V

SECUENCIA DE LAS ACTIVIDADES NECESARIAS
ANTES Y DURANTE LA DETONACION

En el proceso de detonación y antes de ésto es indispensable llevar una serie de arreglos, organizar al personal que trabajará en la demolición así como al público en general.

Estos trabajos persiguen la buena organización para poder llevar a cabo la demolición con los mejores resultados, así como un servicio público eficiente.

Es de suma importancia tener la autorización oficial de los propietarios, la cual se tramitará por medio de la Dirección General de Servicios Urbanos - del Departamento del Distrito Federal.

Se hará una revisión física de los cordones regionales de seguridad. A la hora de la detonación los vecinos de la zona deberán ser desalojados a una zona segura y el edificio deberá ser acordonado por lo menos 2 cuabras a la redonda (mínimo de 200 metros).

Es necesario establecer también un cordón de seguridad el cual rodeará al edificio.

A la hora de llegada del vehículo con el material de explosivos, se le proporcionará vigi--

lancia y seguridad con elementos de la Secretaría General de Protección y Vialidad.

Para una mayor precaución es necesario proporcionar las listas de las personas autorizadas para el manejo de explosivos y estopines al encargado de seguridad.

Al llegar el vehículo con los explosivos se deberán iniciar los trabajos de preparación de cargas de los edificios.

Si hacemos un programa a grandes rasgos de la secuencia de las actividades que se deben seguir para la demolición de un edificio podremos citar las siguientes:

Actividades.

- 1.- Sincronización de Relojes.
- 2.- Informe de las novedades de la noche anterior.
- 3.- Chequeo de radios y frecuencias.
- 4.- Chequeo asistencia personal responsable, Puestos.
- 5.- Informe relativo a la colocación de instru

mental especial.

- 6.- Revisión con el personal autorizado de apoyo (hidroaspersoras) de los horarios.
- 7.- Verificación visual de las protecciones a las instalaciones y edificios vecinos a la zona del operativo.
- 8.- Evacuación de vecinos.
- 9.- Chequeo final de circuitos.
- 10.- Evacuación de personal no autorizado dentro del perímetro de acordonamiento local.
- 11.- Verificación de la evacuación de personas hacia la coordinación del puesto de mando técnico, informando a las autoridades.
- 12.- Entrada de invitados generales y especiales a lugares determinados.
- 13.- Entrada de periodistas a lugares ya determinados. Es común sobre todo si se está en una zona urbana tener la visita de periodistas para lo cual se tendrán puestos de observación para ellos.
- 14.- Retiro de personal autorizado hacia lugares determinados. En este personal se encuentran los choferes de Hidroaspersoras a los que hay que checar no salgan de sus lugares.

- 15.- Tendido de líneas alámbrica hasta el puesto de mando conduciendo el explosor.
- 16.- Verificación de circuitos en el edificio.
- 17.- Suspensión de entrada de invitados y periodistas.
- 18.- Revisión del puesto de mando.
- 19.- Señal de tres minutos antes del disparo. Tres señales de 10 segundos, con 10 segundos de intervalo.
- 20.- Señal de un minuto antes del disparo. Una señal antes del disparo de 10 segundos.
- 21.- Se inicia cuenta regresiva por radio desde la coordinación del puesto de mando técnico.
- 22.- Detonación.
- 23.- Entrada de Hidroaspersoras para iniciar los trabajos de limpieza en fachadas y andadores.
- 24.- Se inicia la inspección técnica final.
- 25.- Restablecimiento del acordonamiento local.
- 26.- Autorización de periodistas a la zona.
- 27.- Se restablece la circulación vehicular.
- 28.- Se levanta el cordón de seguridad y el dispositivo general.
- 29.- Entran habitantes a la zona.

Todas estas actividades se deberán realizar con un horario definido para cada una de ellas.

Nota: Si se van a realizar varios disparos, por ejemplo cuando se van a demoler en un edificio dos naves diferentes o cuando se van a demoler dos edificios diferentes o más, es necesario después de la primera detonación meter las Hidroaspersoras, hacer una revisión técnica al edificio o nave que se vaya a demoler en la segunda detonación así como una verificación de los circuitos en el edificio. Inmediatamente después continuar con la Demolición.

Una de las relaciones para control que son necesarias e indispensables para tener buen desarrollo del trabajo es el chequeo del aprovisionamiento de los materiales e instrumentos para la detonación.

En esta lista se debe incluir por ejemplo:

- a) Material Explosivo.
- b) Estopines necesarios.
- c) Permiso de transporte
- d) Fecha de llegada al edificio.
- e) Alambre calibre 14, 20, etc. (más una reserva de 400 m. de cada uno).
- f) Pinzas para cortar cable, navajas e instrumental

especial suficiente.

- g) Lámparas de gas butano cargadas y con refacciones suficientes.
- h) Radios de intercomunicación.
- i) Sismógrafo (instrumental de medición).
- j) Barreras.
- k) Bayas.
- l) Chalecos amarillos. etc.

Conclusiones:

- Es un método de demolición relativamente nuevo y aún si hablamos de su aplicación en el País.
- El uso de explosivos es una opción dentro de los Métodos de Demolición para Edificios, pero de ninguna forma substituye a los métodos tradicionales.
- La aplicación del Método para Demoliciones de Edificios con uso de explosivos, es necesarios justificaria mediante un Estudio de Factibilidad.
- Debido a que la tecnología utilizada en el método para Demolición de Edificios, mediante el uso de explosivos ha sido desarrollada en el extranjero y al no tener disponibilidad a ella, es importante que la Ingeniería Mexicana profundice en su desarrollo y aplicación.
- La cantidad de explosivo a utilizarse en un edificio, depende de la distribución del acero de refuerzo contenido en las columnas y para esto, las fórmulas que se tienen disponibles actualmente no reflejan el volumen real requerido es por ésto que se deben llevar a cabo pruebas en las columnas existentes para determinar el comportamiento de los materiales cuando son expuesto a la detonación, diámetro y longitud de los barrenos, así como la

separación entre éstas. Lo anterior, genera que se tenga múltiples condiciones.

- Cuanto mayor sea la utilización de éste método - mayores serán los beneficios brindados a los obreros ya que en los Métodos Tradicionales, la demolición es ejecutada en la mayoría de los casos en condiciones infrahumanas lo que se refleja en el perjuicio de su salud.

BIBLIOGRAFIA

- De la Deriva de los continentes a la tectónica de placas.
A. Hallam
Editorial Labor, S.A.
Barcelona, España
1976
- Apuntes de Ingeniería Sísmica (1a. Parte)
J. Alberto Castillo H.
Universidad La Salle
México, D.F.
1985
- Apuntes, "Movimiento de tierras: Excavaciones y Terraces"
Facultad de Ingeniería, UNAM
División de Educación Continua
México, D.F.
1987
- Demolición de Edificios con explosivos
Rolando Salinas Vara y Enrique Baker Díaz.
I.M.C.Y.C.
No. 184 Vol. XXIX Septiembre
México, D.F.
1986
- Demolición Urbana con Explosivos
Arturo Olavarrieta F. y Arturo Ordoñez
Revista obras, Mayo
México, D.F.
1986
- Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos
y su Reglamento.
Leyes y Códigos de México
Editorial Porrúa, S.A.
México, D.F.
1987
- Reglamento de Construcción para el D.D.F.
Editorial Andrade
México, D.F.
1987

- Explosives And Rock Blasting
Field Technical Operations
Atlas Powder Company
Dallas, Texas, U.S.A.
1987

- Blaster's Hand Book (Manual Para Explosivos)
Explosives Products Division
Dupont.
Wilmington, Delaware, U.S.A.
1980

- Blasting Technique
Dynamit Nobel-Wien
Gustafsson, R.
Austrian Edition
1981

- The dynamics of explosion and its use
Henrych J
Elsevier
1979

- Reporte de demolición de estructuras en la ciudad de México
(2 Partes)
León M.D. y Contreras A.V.
Reportes no publicados
México, D.F.
1986

- Demolición de estructuras de concreto con explosivos
INCYC
Volumen XXIX
Arturo Olavarrieta F.
México, D.F.
1986

- Demolición del Edificio en la Calle de Monterrey No. 158
Construcciones, Instalaciones y Demoliciones, S.A. de C.V.
Sin publicar
Arturo Olavarrieta F.
México, D.F.
1987