

300615

7  
2y.



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

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

**"RECUPERACION Y APROVECHAMIENTO DE MATERIALES  
PRODUCTO DE LA DEMOLICION EN OBRAS  
AFECTADAS POR SISMOS"**

**T E S I S**  
Que para obtener el Título de  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A**  
**SAID ALFREDO BULOS HABIB**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **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 está 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.

## I N D I C E.

Página.

### INTRODUCCION

#### CAPITULO I PLANEACION DE LA RECUPERACION.

##### I.A. - Agregados.

A.1. - Características.	3
A.2. - Preparación de agregados.	5
A.3. - Agregados de trituración.	6

##### I.B. - Acero Laminado.

B.1. - Características.	6
B.2. - Clasificación de los aceros laminados.	6
B.3. - Cualidades de los aceros laminados.	8

##### I.C. - Acero de Refuerzo.

C.1. - Características.	8
-------------------------	---

#### CAPITULO II PROCEDIMIENTOS DE LA RECUPERACION.

##### II.A. - Métodos de Demolición.

A.1. - Demolición realizada por obrero.	12
A.2. - Tirando hacia abajo por medio de un cable.	12
A.3. - Bola para demolición.	13
A.4. - Rompedores hidráulicos y neumáticos.	13
A.5. - Desplome deliberado.	14
A.6. - Explosivos	14
A.7. - Otros métodos.	14

##### II.B. - Obtención de Materiales.

B.1. - Plantas de trituración	16
B.2. - Recuperación del acero estructural.	19

II.C. - Recomendaciones para el Trabajo de Demolición.	19
--	----

<u>CAPITULO III</u>	PRUEBAS DE LABORATORIO.	
	III.A.- Prueba para el Acero.	22
	III.B.- Pruebas de Resistencia a la Compresión- del Concreto.	
	B.1.- Pruebas de compresión.	25
	B.2.- Pruebas de corazonos.	26
	III.C.- Resistencia a la Tensión del Concreto.	27
	III.D.- Módulo de Elasticidad del Concreto.	28
<u>CAPITULO IV</u>	UTILIZACION DE LOS MATERIALES.	
	IV.A.- Agregado de Concreto de Demolición.	
	A.1.- Propiedades del concreto recicla- do.	31
	A.2.- Impurezas.	34
	IV.B.- Acero de Refuerzo.	38
	IV.C.- Acero Estructural.	38
	IV.D.- Economía.	38
	CONCLUSIONES.	41
	BIBLIOGRAFIA.	43

## I N T R O D U C C I O N

## INTRODUCCION

La idea de reaprovechar los materiales de construcción no es -- nueva, a raíz de los sismos ocurridos los días 19 y 20 de Septiembre de 1985 y debido a la gran cantidad de edificios dañados o afectados seriamente por éstos, al grado de tener que ser demolidos, nos obliga a pensar en la posibilidad de volver a utilizar estos materiales.

Esta tesis tiene como objeto encontrar la factibilidad tanto técnica como económica para la recuperación de materiales. De aquí que se tratará de demostrar la importancia que tendría esta recuperación.

Se presenta como primer punto una descripción de las características de los materiales que van a ser recuperados, siguiendo de éste un planteamiento y elección de los procedimientos mediante los cuales se va a realizar esta recuperación.

Para determinar la utilidad que pueden tener estos materiales, es necesario someterlos a pruebas y análisis que tengan que ver con -- ellos, pruebas de laboratorio, etc., y en base a estos estudios determinar el uso que se les pueda dar.

Una vez que se ha obtenido ésto, se determina si los materiales son factibles de aprovechar o no, ésto implica ver la economía que tendría el proceso de recuperación y su aprovechamiento.

La recuperación de materiales es un tema poco estudiado, que actualmente tiene mucha importancia en el País, por eso con esta tesis se pretende dar la pauta para despertar mayor interés en encontrar un mejor aprovechamiento para los materiales, que en este caso, de edificios dañados por los sismos, están siendo empleados en rellenar barrancas.

## C A P I T U L O I

### PLANEACION DE LA RECUPERACION.

Para hacer una recuperación de materiales es necesario, conocer algunas de las características de éstos, para que una vez recuperados podamos hacer una comparación de las condiciones en que se encuentran con las que deberían de tener.

Primeramente se hablará de las características que deben tener los materiales empleados como agregados en la fabricación del concreto.

## 1.A.- AGREGADOS:

### A.1.- CARACTERISTICAS:

Los agregados o llamados también Materiales Inertes se dividen en finos y gruesos, los primeros constituyen las arenas y los segundos, dependiendo del tamaño máximo de sus granos, comprenden, confitillo, grava y matatena.

---

#### CLASIFICACION DE AGREGADOS

---

DENOMINACION	TAMANOS	
	DESDE	HASTA
Arenas	0.02 mm	6 mm (1/4")
Confitillo	6 mm (1/4")	38 mm (1 1/2")
Grava	38 mm (1 1/2")	89 mm (3 1/2")
Matatena	89 mm (3 1/2")	152 mm (6")

---

Las arenas estan constituidas por granos sueltos, incoherentes-



y de estructura cristalina que provienen de la disgregación de las rocas naturales por procesos mecánicos o químicos y que, arrastrados por corrientes aéreas o fluviales, se acumulan en lugares determinados. Artificialmente se obtienen por trituración y molienda de las rocas duras.

De acuerdo con su origen, las arenas toman los nombres de: sílicas o cuarzosas, calizas, graníticas y arcillosas. De acuerdo con su dureza y estabilidad química, las arenas sílicas son las mejores. Las arenas calizas duras, son también buenas, debiendo rechazarse las blandas. Las graníticas, por su alterabilidad y su poca homogeneidad, no deben usarse salvo en el caso de que contengan bastante cuarzo. Las arcillosas se pueden emplear si la cantidad de arcilla es inferior al 3%, pues alteran el fraguado y la plasticidad de los morteros.

Las arenas de acuerdo con su procedencia o localización, se denominan: de río, mina, playa o duna y artificiales.

Las arenas de río generalmente de partículas redondas por el acarreo que han sufrido, pueden contener arcillas, y otras impurezas, o bien, estar limpias, dependiendo de su localización.

Las arenas de mina, o sean las depositadas en el interior de la tierra, están generalmente formadas por granos más angulosos, y ordinariamente contienen arcilla y materias orgánicas.

Las arenas de playa o dunas podrán emplearse en la construcción mediante un proceso previo de lavado de agua dulce y siempre que sus granos tengan el tamaño adecuado; pues contienen sales alcalinas que absorben y retienen la humedad.

Las arenas artificiales son de granos angulosos y superficies rugosas, están exentas de polvos por el proceso de cribado y selección a que se les somete después de ser trituradas y molidas. Son aptas para los morteros y concretos, siempre que provengan de rocas duras y no tengan aristas muy vivas y ángulos muy agudos, pues hacen que disminuya la resistencia del conjunto.

Cuando se requiere máxima resistencia e impermeabilidad, es necesario que el agregado presente la máxima compactibilidad o sea el mínimo por ciento de vacíos, y cuando solo se busca determinada resistencia, basta que la lechada (aglutinante-agua) sea lo suficiente para cubrir la superficie de contacto de las partículas del agregado.

Ha quedado comprobado que la forma esférica de los granos, además de proporcionar morteros más manejables y resistentes, proporcionan también mezclas más económicas, ya que los granos de forma alargada o -- aplastada, presentan una relación al volúmen, un área mucho mayor que es preciso recubrir con lechada, restando manejabilidad y plasticidad a la mezcla por la dificultad que tienen los granos de deslizarse entre sí.

Los buenos agregados gruesos, que se utilizan en conjunto con las arenas para la dosificación de los concretos, deben de satisfacer -- las condiciones de éstas; es decir, deben de estar limpios de composi--- ción química estable, ser resistentes, etc.

Experimentalmente se ha comprobado que la masa de agregados --- gruesos que presenta mayor capacidad, resistencia y plasticidad, es la - que esta constituida por partículas de forma aproximadamente esférica. - Las razones que asisten para confirmar esto, son las mismas que se han - expresado al hablar de arenas.

#### A.2.- PREPARACION DE AGREGADOS:

Los agregados se preparan para su empleo:

- a).- Cribandolos, para obtener sus distintos gruesos, de acuerdo con el agregado de que se trata.
- b).- Lavándolos, para eliminar las sales, arcillas y además substancias extrañas.
- c).- Secándolas, si fuera necesario.

Los agregados deben prepararse de acuerdo con lo asentado en el párrafo anterior y deben satisfacer las condiciones de dureza, estabilidad, resistencia, etc., conviene efectuar con ellos distintas determinaciones o pruebas que garanticen el perfecto conocimiento de los mismos, - de tal suerte que los resultados obtenidos, fijen nuestro criterio en su utilización. Estas determinaciones o pruebas se pueden resumir en:

- a).- Peso Específico y Peso Volumétrico.
- b).- Absorción.
- c).- Humedad.
- d).- Prueba de Polvos.
- e).- Prueba Calorimétrica.

f).- Determinación de Sales.

La valorización del peso específico y peso volumétrico de los agregados es condición determinante para seleccionarlos de acuerdo con la ligereza, compacidad y resistencia de los morteros o concretos que se requieran dosificar para un objeto determinado.

A.3.- AGREGADOS DE TRITURACION:

En las regiones donde no existen depósitos naturales de agregados, la Industria de la Construcción recurre a la trituración de rocas convenientes para obtenerlos. Los agregados así obtenidos tienen como única desventaja intrínseca su forma generalmente angulosa y de tipo laminar; más, este inconveniente se puede subsanar en parte seleccionando la roca y el equipo para la trituración.

1.B.- ACERO LAMINADO:

B.1.- CARACTERISTICAS:

Desde la antigüedad la forma de acero que más se ha empleado en las construcciones ha sido la del acero laminado.

El laminado consiste en transformar el acero bruto en elementos de formas dadas que respondan a las necesidades generales de la construcción. Esta transformación se realiza con ayuda de máquinas, herramientas muy potentes, llamadas laminadoras, esencialmente constituidas por cilindros paralelos entre los que se hacen pasar las masas de metal calentadas previamente a alta temperatura.

La acción mecánica de las laminadoras mejora sensiblemente las cualidades del acero.

B.2.- CLASIFICACION DE LOS ACEROS LAMINADOS:

En Francia los aceros laminados de uso corriente para la cons--

trucción se clasifican en los 8 tipos siguientes que se definen de acuerdo con la resistencia del metal a la ruptura bajo un esfuerzo de tracción.

TIPOS	CARGAS DE RUPTURA EN Kg. POR MM <sup>2</sup>	
	MINIMA	MAXIMA
A dx	33	50
A 33	33	40
A 37	37	44
A 42	42	50
A 48	48	56
A 56	56	65
A 65	65	75
A 75	75	86

Estos aceros se definen también por contenido máximo en los que respecta a los diferentes elementos que constituyen el compuesto ferroso.

Además, en un mismo tipo, se distinguen en general varias calidades representadas por los valores de un índice N definido por la siguiente fórmula empírica:

$$N = R + 2.5 A$$

en la R es la carga de ruptura en kilogramos por milímetro y A el alargamiento en tanto por ciento.

La calidad es tanto mejor cuando es el índice N.

A igualdad de resistencia, un acero es tanto mayor, cuando mayor su alargamiento.

### B.3.- QUALIDADES DE LOS ACEROS LAMINADOS:

Los aceros laminados son homogéneos y poseen cualidades mecánicas muy parecidas en todas las disminuciones: esta homogeneidad procede del laminado. Resisten muy bien la compresión, a la tracción y al cizallamiento, lo que las hace aptas para resistir también a la flexión.

Los aceros laminados poseen además grandes cualidades de elasticidad y dilatación.

Los aceros laminados son particularmente útiles para las construcciones.

### I.C.- ACERO DE REFUERZO:

#### C.1.- CARACTERISTICAS:

Las varillas de refuerzo se fabrican de lingote en varios grados. También se fabrican varillas volviendo a laminar rieles viejos. Los diferentes aceros tienen las siguientes especificaciones respecto a puntos de fluencia y resistencias últimas.

	Punto de Fluencia Mínimo o Resistencia de Fluencia, $f_y$ Kg/-Ib/plg <sup>2</sup>	Resistencia de ruptura en $f_y$ Kg Ib/plg <sup>2</sup>
Acero de Lingote		
Grado intermedio	40	70 a 90
" duro	50	80
" A432	60	90
" A431	75	100
Acero de riel	50	80
Acero de riel, A61	60	90

Para aumentar la adherencia entre el concreto y el acero se forman corrugaciones en las superficies de las varillas al laminarlas, la forma de estas varía con el fabricante.

Dimensiones Nominales-Secciones Circulares

Designación Ordinaria de la Varilla No.	Peso por pie lineal	Diámetro	Área de la Sección	
			Transversal plg <sup>2</sup>	Perímetro plg.
2*	0.167	0.250	0.05	0.786
3	0.376	0.375	0.11	1.178
4	0.668	0.500	0.20	1.571
5	1.043	0.625	0.31	1.963
6	1.502	0.750	0.44	2.356
7	2.044	0.875	0.60	2.749
8	2.670	1.000	0.79	3.142
9	3.400	1.128	1.00	3.544
10	4.303	1.270	1.27	3.990
11	5.313	1.410	1.56	4.430
.....				
14S	7.65	1.693	2.25	5.32
18S	13.60	2.257	4.00	7.09

\*La varilla No. 2 es lisa (alambón).

PESO, ÁREA Y PERÍMETRO DE LAS VARILLAS.

Las corrugaciones que aparecen en la varillas del No. 3 al 11 - satisfacen la especificación A305 de la ASTM; las corrugaciones de las varillas mayores deben satisfacer la especificación A408 de la ASTM, a estas varillas se les llama varillas corrugadas. El Reglamento de la --- ACI considera lisas las varillas con menos corrugaciones.

Todas las varillas estándar son de sección circular, que se designan por número, del No. 2 al No. 11, este número corresponde aproximadamente al diámetro de la varilla en octavos de pulgada, las del No. 3 - al No. 11 son generalmente corrugadas. Las varillas No. 14S y No. 18S se han incorporado recientemente a la lista. En la tabla se dan los pesos, - áreas nominales, diámetros y circunferencias o perímetros de las vari--- llas. Como el área se calcula con el peso, incluyendo el de las corruga- ciones, es una área nominal por lo que toca a la sección transversal mínima. El perímetro es la circunferencia de esta área circular nominal.

Los diámetros más usuales de las varillas producidas en México- varían de 1/4" a 1 1/2".

En México se cuenta con una variedad relativamente grande de -- aceros de refuerzo. Las varillas laminadas en caliente pueden obtenerse- con límites de fluencia desde 2300 hasta 4200 Kg/cm<sup>2</sup>. El acero trabajado en frío, alcanza límites de fluencia de 4000 a 6000 Kg/cm<sup>2</sup>.

Una propiedad importante que debe tenerse en cuenta en refuer-- zos con detalles soldados es la soldabilidad. La soldadura de aceros tra- bajados en frío debe hacerse con cuidado. Otra propiedad importante es - la factibilidad de doblado, que es una medida indirecta de ductibilidad- y un índice de su trabajabilidad.

Cada vez se usan más mallas de alambre soldadas como refuerzo - para lozas y pavimentos. Las mallas se hacen de alambre estirado en frío colocado en dos direcciones y soldando las intersecciones. Una modifica- ción más reciente es el empleo de mallas de alambre corrugado y el uso - de parrillas de varillas de tamaño mayor. Las mallas de alambre liso de- penden principalmente de los alambres transversales soldados, por lo que toca a la adherencia y anclaje. Las mallas de alambre corrugado general- mente tienen menos alambres transversales y dependen más de las corruga- ciones del alambre para la resistencia a la adherencia.

## C A P I T U L O   I I

PROCEDIMIENTOS DE LA RECUPERACION.



## II.A.- MÉTODOS DE DEMOLICION:

La recuperación de materiales es posterior a un procedimiento de demolición de los edificios, por eso es que se hará un comentario breve acerca de algunos métodos de demolición.

Los métodos empleados son en base a la categoría y tipo de edificios.

Primero que todo, los elementos aprovechables son removidos, empezando con los más apropiados, como el cobre, dirigiendo y haciendo ajustes a los de uso doméstico, como son, la cañería de acero, ventanas y marcos de puertas, etc. Esto es comúnmente llamado "desvestir", proceso continuo trasladando cubiertas de techo y estructuras hechas de madera para construcción, generalmente en conformidad con la antigua regla de "producto de demolición en la orden inversa de construcción".

Quando la estructura ha sido reducida básicamente a una albañilería de ladrillos o una armazón de concreto, pueden ser usados varios métodos para reducir la construcción a escombros, los cuales pueden ser acarreados a otro lado fácilmente.

### A.1.- DEMOLICION REALIZADA POR OBRERO:

Este método es normalmente usado, para las secciones más altas e inaccesibles, cuando el demás trabajo previo ha sido hecho por la maquinaria, pero ésta debe hacer una parada imprevista ya que el acceso no es posible para la misma. Los operadores usan una gran variedad de herramientas portátiles.

### A.2.- TIRANDO HACIA ABAJO POR MEDIO DE UN CABLE:

A pesar de tener cierto número de desventajas, éste método de demolición, es probablemente el más utilizado para la albañilería y las estructuras de ladrillo, lo cual forma el volumen del día presente de los proyectos de demolición.

Una banda de alambre se coloca alrededor de una porción de una

estructura de ladrillo, y es entonces cuando es movido despacio por un vehículo, como resultado al tensarse el cable ocasiona un derrumbe, Normalmente el mismo vehículo recoge el escombros para ser acarreado a otro sitio.

#### A.3.- BOLA PARA DEMOLICION:

Este método es usado como el principal para las estructuras de ladrillo medianamente grandes y para las construcciones reforzadas de -- concreto, también para romper masas, lozas y pisos de concreto reforzado. La bola de demolición, la cual usualmente pesa media tonelada, es bajada verticalmente sobre la estructura que va a ser destruída, también puede ser de lado a lado, o por una moción impartida por oscilaciones, o por impacto ayudado por la grúa, también es factible un golpe de la bola al lado de la estructura. Este método requiere un gran estándar de supervisión local, aún más que los métodos mencionados anteriormente, como -- también es importante que el operador de la grúa trabaje a una distancia considerable de la estructura que está siendo demolida, ya que la vista de esta es restringida. Las fuerzas más importantes son impartidas por la grúa; la supervisión y estándares de mantenimiento deben ser altos. La estructura que esta siendo demolida debe estar separada de cualquier otra parte de la construcción, esto es necesario para facilitar una demolición parcial por medio de obreros.

#### A.4.- ROMPEDORES HIDRAULICOS Y NEUMATICOS:

Este método, el cual ha ganado popularidad en años recientes, cubre el uso de una maniabilidad extendida y un forro de hierro apropiado de un vehículo, en un lugar de cubo de excavación. Es considerado que éste tipo de máquina es más controlable y en ciertas formas más versátil que otras máquinas mencionadas anteriormente. Las rompedoras, se sitúan en la principal superficie de la sección de una pared de ladrillo y la destruye hacia adelante, ésto se aplica también por medio de la máquina de empuje hidráulico o por la excavación que empujan hacia adelante.

#### A.5.- DESPLOME DELIBERADO:

Este método se utiliza en casos donde la eliminación de partes-clave de la estructura causarían un desplome de toda o parte de la existencia de la construcción. Puede ser una operación peligrosa y debe de haber una atención muy especial puesta en éste método, para que todo este en su sitio, se basa en procedimientos existentes que son usados y se remueve todo el material a una distancia a salvo, cuando el desplome es inminente.

#### A.6.- EXPLOSIVOS:

El uso de explosivos es más considerado por muchos expertos, -- por ser el método más económico y rápido de demolición.

Generalmente, el principio básico son cavidades apoyadas dentro de varias secciones de soporte que facilitan la demolición de la estructura, despedazándose al recibir el impacto con el suelo.

#### A.7.- OTROS METODOS:

Existen varios tipos de maquinaria como el taladro, y mecanismos de rompimiento, los cuales no han sido mencionados:

a).- Corte de Microondas.- Este método de romper concreto ha sido desarrollado parcialmente en la Gran Bretaña, y consiste en dirigir microondas en tubos de metal, conocidos como guías de ondas, hacia -- adentro del concreto que se va a cortar. La energía transmitida es absorbida por el concreto y las partículas de agua que hay dentro de el y que se convierten en vapor. Así pues, las fuerzas internas producidas en el concreto por la expansión y la presión del vapor pueden exceder fácilmente la resistencia a la tensión del material.

b).- Corte de Laser.- El concreto es un probable candidato para el corte con Laser, gracias a su baja conductividad térmica. Se han llevado a cabo algunas obras sobre el corte de concreto y diferentes tipos-

de roca, pero los pocos resultados experimentales de que se dispone no son suficientemente cuantitativos para permitir una extrapolación razonable. Sin embargo, se pueden considerar dos formas viables de corte, el material puede fundirse y lanzarse lejos por medio de chorro de aire, o forzarse hasta la falla mediante choque térmico.

- c).- Ruptura por Presión de Agua.- Este método fue originalmente creado para romper grandes rocas en las minas y canteras, también puede usarse para la fragmentación de concreto masivo después de la demolición inicial. Básicamente consiste en taladrar un agujero en la masa de concreto y encender un proyectil de agua dentro de él; la alta presión de agua que se forma en el agujero divide el concreto en varios fragmentos.
- d).- Polvos Expansivos.- Los polvos finamente molidos se mezclan con agua y la lechada resultante se vacía en agujeros previamente barridos en el elemento por demoler. Al fraguar, la masa se expande y causa fracturas por tensión dentro del elemento. Una ventaja importante de éste método es que no está sujeto a normas de manejo de explosivos.

También más de una ó dos técnicas, pueden, a veces, ser usadas en el mismo sitio. Cuando la estructura principal ha sido reducida a escombros, éstos deben ser removidos sistemáticamente de un sitio a otro, para más tarde usarlos si es requerido.

## II.B.- OBTENCION DE MATERIALES:

Para obtener los materiales que vamos a recuperar, el primer problema que surge es la separación del concreto del acero de refuerzo, tanto en elementos de concreto reforzado como de concreto presforzado. Después de que el concreto ha sido separado del acero de refuerzo, debe-

fragmentarse para producir un agregado con un tamaño adecuado. Para éste trabajo hay varios métodos disponibles, y otros están en desarrollo.

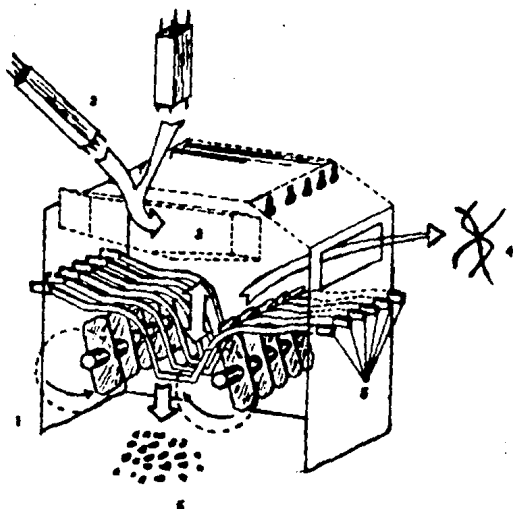
#### B.1.- PLANTAS DE TRITURACION:

Existen las tradicionales plantas de trituración (trituradoras de mandíbulas o de martillo), en las cuales la fragmentación se basa --- principalmente en fuerzas de compresión y cortante y las piezas que se van a triturar son prensadas entre las mandíbulas o los martillos. Estas plantas tal como hasta ahora están diseñadas, son solo adecuadas para -- concreto no reforzado o ligeramente reforzado (por ejemplo con malla de refuerzo ligera).

Otras plantas trituran el material por medio de fuerzas de tensión y cortante, lo cual es una ventaja cuando se trabaja con un concreto que tiene una resistencia a la tensión relativamente baja. Estas son trituradoras de martillo, en las que los martillos giran en dirección -- opuesta a la utilizada normalmente, con el resultado de que el elemento que va a romperse no se prensa entre los martillos, sino que se proyecta continuamente hacia arriba, hasta que los pedazos son lo suficientemente pequeños para pasar a través de la parrilla. El acero de refuerzo que -- se comporta de manera diferente al concreto durante el proceso de trituración, sube y baja por encima de los martillos y luego es expulsado a -- través de una escotilla diseñada especialmente (ver figuras).

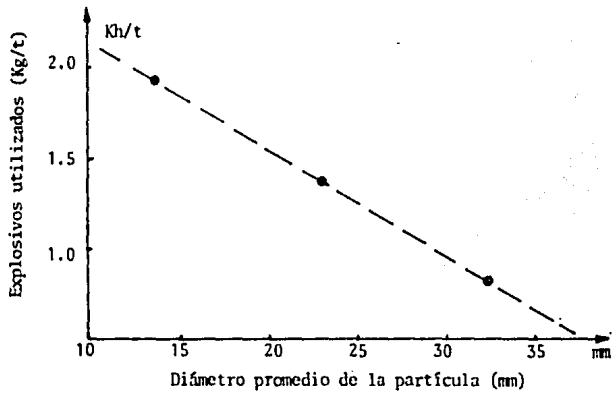
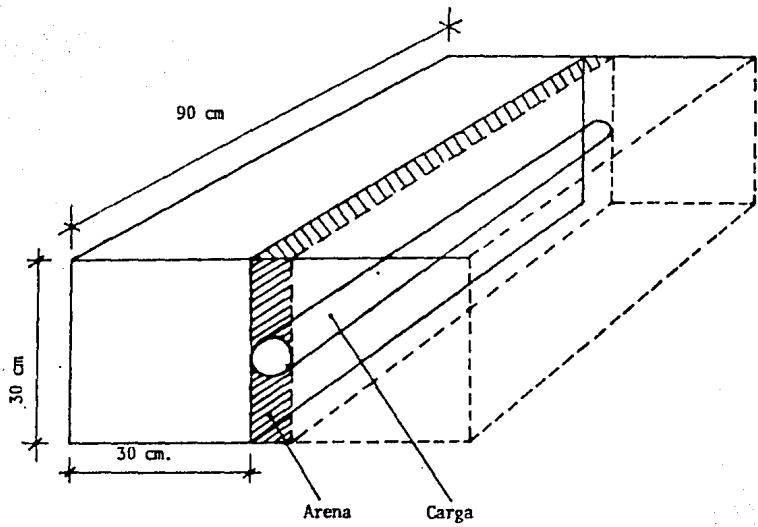
En Holanda y Bélgica, se estan llevando a cabo investigaciones sobre la adaptabilidad de las plantas trituradoras existentes y el posible desarrollo de trituradoras adecuadas para el concreto reforzado. En Bélgica se esta impulsando un método de fragmentación totalmente diferente, con el cual se utilizan explosivos para romper los elementos de concreto demolidos. En la primera etapa, se colocan las cargas explosivas - en agujeros taladrados para éste propósito. En este estudio se examinaron los siguientes parámetros:

- a).- La potencia de la carga explosiva.
- b).- La cantidad de cargas explosivas por pieza de prueba.
- c).- La ubicación del agujero para la carga.



- 1 Martillos giratorios
- 2 Elementos de concreto reforzado
- 3 Alimentador
- 4 Acero de refuerzo
- 5 Criba
- 6 Concreto fragmentado

TRITURADORA PARA CONCRETO REFORZADO.



FRAGMENTACION DE DOS TRABES DE CONCRETO REFORZADO POR MEDIO DE UNA CARGA EXPLOSIVA.

La investigación demostró que todo concreto puede separarse del acero de refuerzo mediante una sola carga de explosivos y que el tamaño de partículas de los fragmentos producidos está muy relacionado con la potencia de la carga usada, de tal modo que puede hacerse un ajuste de la potencia de la carga para regular el tamaño de la partícula.

Para evitar la costosa operación de taladrado, se hicieron posteriormente pruebas con cargas colocadas sobre el elemento de prueba. En este caso también se observó una clara relación entre el tamaño de partícula de los fragmentos y la potencia de la carga.

Para producir lo mejor posible las condiciones reales, se efectuaron pruebas repetidas sobre 30 tipos de concreto de 15 años con características conocidas, y se han iniciado ya experimentos a escala real con elementos de prueba que se rompen en un túnel subterráneo.

Los métodos de demolición, pueden, por supuesto, influir en la posibilidad de aplicar uno ó más de los métodos de fragmentación descritos anteriormente (tamaño de las partículas, regularidad de su forma, etc.).

De ésta manera es como se recupera el acero de refuerzo y el concreto demolido para que sirva como agregado.

#### B.2. - RECUPERACION DEL ACERO ESTRUCTURAL:

La recuperación del acero estructural no es tan complicada como en el caso del concreto y el acero de refuerzo. Esto es más sencillo por que aquí únicamente se va a utilizar una cortadora para acero, de cualquier tipo, con la cual se va cortando la estructura de manera que vayan quedando tramos de trabes y columnas. A la vez se empleará una grua para mover las piezas que se van cortando. De ésta forma es como se recuperará el acero estructural de las obras que fueron afectadas por sismos.

#### II.C. - RECOMENDACIONES PARA EL TRABAJO DE DEMOLICION:

Las caídas son la causa principal de los serios accidentes en -



la Industria de la demolición. La mayoría de ellas se puede evitar de -- una de dos maneras: primero, el trabajo en lugares elevados debe limitar se tanto como sea posible y, segundo, cuando sea inevitable el trabajo a cierta altura se debe hacer todo para proporcionar un lugar y un sistema del trabajo seguros. Por lo tanto, se recomienda que al planear una demolición, los patrones seleccionen su método de trabajo de acuerdo con el orden siguiente de preferencia:

- a).- Adoptar un método de trabajo con el que no sea necesario que los -- hombres trabajen en las alturas, por ejemplo: mediante el uso de -- una hola de demolición o un gancho especialmente diseñado, ambos -- suspendidos por un aparato de elevación adecuado; o por medio de -- una retroexcavadora adaptada con un brazo de empuje en lugar de cucharón; o preparando un colapso con el uso controlado de explosivos por medio de un cable tirado por un malacate o vehículo de orugas, - o bien por otros medios cuidadosamente controlados que podrían re-- querir un previo debilitamiento de la estructura.
- b).- Si el método del inciso "a" no es práctico, se puede adoptar otro - que permita efectuar el trabajo con seguridad utilizando el mismo - edificio o estructura como lugar de trabajo.
- c).- Cuando el trabajo no se puede efectuar con seguridad desde una par-- te del edificio o estructura, se debe utilizar una plataforma de -- trabajo adecuada (que tenga barandilla y tableros protectores) he-- cha con andamios normales o especiales; también se pueden emplear - otros medios de apoyo adecuados, que pueden estar formados por pla-- taformas de trabajo especialmente diseñadas, o una canastilla sus-- pendida por una grúa apropiada o en algunos casos, por escaleras.
- d).- Cuando los métodos anteriores no son prácticos, hay que colocar re-- des de seguridad adecuadas en lugares estratégicos, cinturones de - seguridad o aparejos atados en puntos convenientes de anclaje, y to-- mar las medidas necesarias para garantizar que estos equipos se uti-- licen realmente.

## C A P I T U L O   I I I

**PRUEBAS DE LABORATORIO.**

### III.A. - PRUEBA PARA EL ACERO:

Para obtener la gráfica esfuerzo-deformación de un acero se hace mediante la prueba de tensión.

Esta prueba se efectúa sobre una barra de aproximadamente ---- 50 cm. de longitud, llamada probeta, la cual se coloca en una máquina -- provista de mordazas que la sujetan y le transmiten una carga axial de -- tensión. La máquina esta provista también de un sistema para medir la -- magnitud de la carga aplicada en un instante cualquiera. La carga se a-- aplica continua y gradualmente a la probeta y se miden los alargamientos-- de la porción de probeta con longitud de medición, correspondientes a di-- ferentes valores de la carga aplicada.

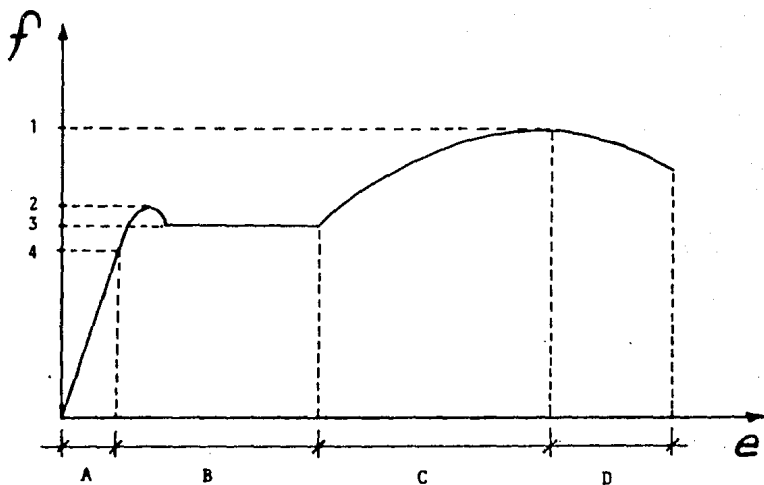
Lo anterior lo establece la Sociedad Americana de Pruebas y Ma-- teriales (ASTM).

Los aceros laminados en caliente, como es el caso de las vari-- llas, tienen una gráfica esfuerzo-deformación en la que se distinguen 4-- regiones, en las cuales el comportamiento del material es diferente para -- cada una.

Estas son: zona elástica, zona plástica, zona de endurecimiento -- por deformación y zona de estrangulamiento y fractura (ver figura).

El índice de resistencia más comunmente utilizado para identifi-- car un acero, es el refuerzo de fluencia. El empleo de éste índice, así-- como de las demás características de los diagramas esfuerzo-deformación, -- en la predicción del comportamiento de elementos estructurales tiene li-- mitaciones, puesto que las condiciones reales de uso de la estructura -- puede no corresponder a las condiciones en que se efectúan los ensayos -- estándar. Los ensayos se efectúan bajo ciertas condiciones de velocidad. -- Debe tenerse en cuenta al establecer correlaciones entre los índices de-- resistencia y el comportamiento probable de los elementos estructurales. -- Así, las temperaturas bajas y la deformación rápida, tienden a aumentar-- el esfuerzo de fluencia y la resistencia, pero disminuyen la ductibili-- dad. A temperaturas altas sucede lo contrario.

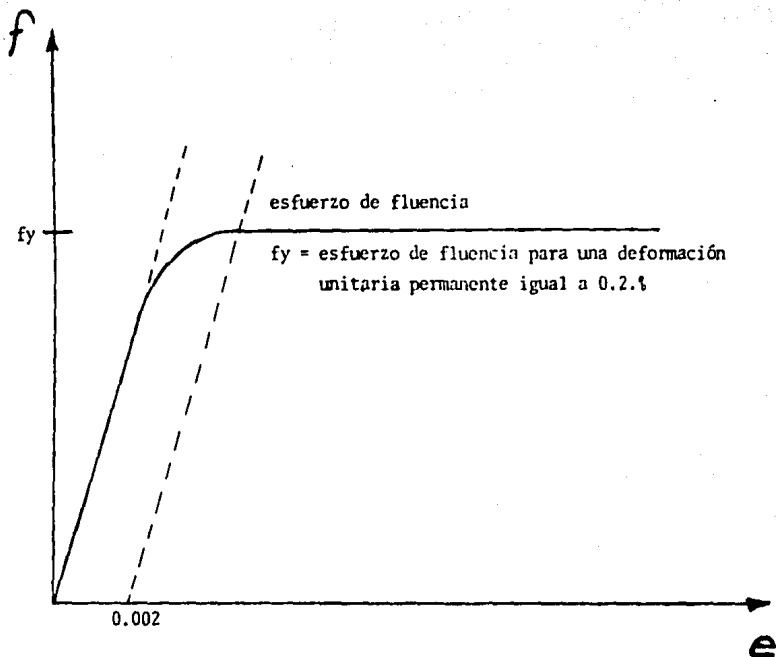
El acero es un material muy ductil. En un acero laminado en ca--



- 1).- ESFUERZO MAXIMO.
- 2).- LIMITE DE FLUENCIA SUPERIOR.
- 3).- LIMITE DE FLUENCIA INFERIOR.
- 4).- LIMITE DE PROPORCIONABILIDAD.

- A).- RANGO ELASTICO.
- B).- FLUJO PLASTICO.
- C).- ESDURECIMIENTO POR DEFORMACION.
- D).- ESTRANGULAMIENTO Y FRACTURA.

GRAFICA ESFUERZO-DEFORMACION UNITARIA DE UN ACERO  
LAMINADO EN CALIENTE.



GRAFICA ESFUERZO-DEFORMACION DE UN ACERO TRABAJADO EN  
FRIO.

liente, por ejemplo; la deformación unitaria en la falla puede llegar a ser de 150 a 200 veces la correspondiente a la fluencia. Por lo común, la ductibilidad del acero disminuye al aumentar su resistencia y el contenido de carbono.

Una medida usual de la ductibilidad del acero es el porcentaje de alargamiento en la ruptura, medida sobre una longitud estándar. Los valores típicos del porcentaje de alargamiento varían entre 5 y 20%.

Dentro de la prueba que se hace a las varillas está la del doblado en frío, que consiste en doblar a  $90^\circ$  y  $180^\circ$  las probetas y ver si presentan fisuras en la parte externa del doblado.

El doblado es una propiedad muy importante, ya que la factibilidad de doblado de estos materiales, además de ser una medida indirecta de su ductibilidad, se considera como un índice de su trabajabilidad.

### III.B. - PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO:

En virtud de que la resistencia a la compresión del concreto, es la característica que se utiliza normalmente para definir la calidad de este, se hablará de las pruebas principales que se utilizan para medirla.

#### B.1. - PRUEBA DE COMPRESION:

El concreto se somete a pruebas de compresión para determinar su resistencia. Los especímenes son de forma cilíndrica y su longitud es igual al doble de su diámetro; las medidas estándar son 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura cuando el tamaño del agregado grueso no es mayor de 5 cm. En caso contrario el diámetro del cilindro debe ser cuando menos el triple del tamaño máximo nominal del agregado.

El molde que se utiliza para hacer los cilindros se hace de algún material no absorbente, como el metal o el cartón encerado; dicho molde se coloca sobre una superficie lisa y plana de vidrio o metal y se llena de concreto, en tres capas sucesivas e igual cada una de ellas a

la tercera parte del volúmen. Cada capa se pica separadamente 25 veces - con una varilla redonda de  $5/8 \text{ } \phi$  y 60 cm. de longitud, con el extremo redondeado. Una vez que se ha picado la última capa, se nivela la superficie con una cuchara y se cubre con vidrio o metal plano, después de 2 a 4 horas, ya que ha fraguado el concreto, se termina la parte superior -- con una capa delgada de pasta de cemento y se cubre nuevamente con el vidrio o metal. Se acostumbra retener los especímenes durante 24 horas en el lugar de operación, después de lo cual se llevan al laboratorio y se curan en atmósfera húmeda a  $21^{\circ}\text{C}$ , las pruebas se hacen por lo general a los 7 y a los 28 días. Una vez colocado el espécimen en la máquina de -- pruebas, se aplica una carga de compresión hasta que falla, ésta carga - de falla se registra y se divide entre el área de la sección transversal del cilindro, con lo cual se obtiene el esfuerzo unitario último de compresión, expresado en  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ .

Expresaremos el grado o calidad de un concreto de acuerdo a su resistencia última de compresión en  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ . A los 28 días; en las fórmulas utilizadas para el diseño de miembros estructurales, esto se indica mediante el término  $f'c$ . El concreto más comúnmente usado para miembros estructurales es el de  $f'c = 210 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ ; debe recordarse que esta es su resistencia última. Los esfuerzos permisibles de trabajo se dan como --- fracciones de ésta; por ejemplo, el esfuerzo permisible de compresión en la fibra extrema de miembros sujetos a flexión, hechos con un concreto - de  $210 \text{ Kg}/\text{cm}^2$  es de  $0.45 f'c$ .

## **B.2.- PRUEBAS DE CORAZONES:**

Quando por algún motivo existen dudas sobre la resistencia de - un elemento de concreto, se procede a extraer un corazón por medio de -- una herramienta cortante giratoria con diamante en sus bordes, estos especímenes pueden ser cilindros o prismas, dependiendo si se requieren para determinar la resistencia a la compresión o a la flexión, respectivamente.

La resistencia de los corazones es, en general, inferior a la - de los cilindros estándar, por que el curado en la obra es siempre de me nor calidad que el curado bajo condiciones estándar de humedad. Además,-

la relación de la resistencia de corazones a la resistencia de cilindros estándar (de la misma edad) no es constante, sino que decrece al aumentar el nivel de resistencia del cilindro.

### III.C.- RESISTENCIA A LA TENSION DEL CONCRETO:

La resistencia del concreto a tensión es una propiedad que usualmente se desprecia en concreto reforzado convencional con la excepción notable de pavimentos y presas. Por consiguiente se ha recibido tanta atención en los laboratorios como otras propiedades. Por ejemplo, la curva esfuerzo-deformación en tensión del concreto no ha sido establecida, aunque análisis indirectos indican que la relación sigue aproximadamente una línea recta. La resistencia a tensión es una propiedad importante en concreto preforzado. Las siguientes ecuaciones han sido usadas para relacionar la resistencia a tensión o módulo de la rotura con la resistencia a compresión.

$$f_t = K f'_c \quad \text{donde } K \text{ varía de } 0.08 \text{ a } 0.15 \quad (1)$$

$$f_t = 2 \sqrt{f'_c} \quad (2)$$

$$f_t = 1.6 \sqrt{f'_c} \quad (\text{ACI } 318-63) \quad (3)$$

La ecuación (2) está basada en la deformación más completa disponible en este tiempo. Debe preferirse a la ecuación (1). La ecuación -



(3) está recomendada en la sección 2605 del Reglamento ACI 318-63, aún cuando en la sección 104 del mismo Reglamento se permite exceder este valor cuando se tiene suficiente evidencia, que asegure este incremento.

La resistencia a tensión, a menudo se toma en cuenta en el diseño del concreto preforzado bajo esfuerzos de trabajo. La fuerza del presfuerzo es de tal magnitud que no ocurren esfuerzos de tensión en la zona precomprimida como resultado de contracción por secado, flujo plástico y temperatura exclusivamente. Por consiguiente, comúnmente se permiten esfuerzos de tensión en concreto preforzado bajo cargas de trabajo.

### III.D. - MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO:

El módulo de elasticidad de un material, es el resultado que se obtiene al dividir su esfuerzo unitario entre su deformación unitaria correspondiente. Podemos pensar que dicho módulo de elasticidad representa el grado de rigidez del material. Como ejemplo, podemos citar el módulo de elasticidad de la madera de pino amarillo, cuyo valor es  $0.124 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ , y el del acero utilizado para refuerzo del concreto, que es de  $2.039 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ . Puede verse fácilmente que el acero es más rígido que la madera y esta característica se representa por medio del módulo de elasticidad. También puede entenderse que los concretos de resistencias distintas tienen diferentes grados de rigidez y que bajo esfuerzos iguales sus deformaciones serán diferentes; es decir, tendrán módulos de elasticidad diferentes.

En la tabla se muestran dichos módulos de elasticidad para concretos de distintas resistencias.

El módulo de elasticidad  $E_c$  del concreto puede tomarse como  $0.1362 w^{1.5} \sqrt{F'_c}$  en  $\text{Kg/cm}^2$ , para valores de  $w$  entre  $1400$  y  $2500 \text{ Kg/cm}^3$ . Para concreto de peso normal,  $w$  puede considerarse como  $2500 \text{ Kg/m}^3$ .

En los cálculos de diseño de los miembros estructurales de concreto es necesario conocer la relación entre los módulos de elasticidad del acero y del concreto que se utilizan; el término que expresa esta relación es "n", por consiguiente  $n = \frac{E_s}{E_c}$ . Para el acero de refuerzo -----

MODULOS DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

$f'_c$ Resistencia última de compresión a los 28 días $\text{Kg/cm}^2$	$E_c$ Módulo de elasticidad $\text{Kg/cm}^2$	$n = \frac{E_s}{E_c}$
175	202,500	10
210	221,500	9
280	255,900	8
350	286,200	7

$E_s = 2.039 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ . El valor de  $n$  puede tomarse como el número entero más cercano, pero nunca menor de 6; excepto en cálculos para deformaciones, el valor de  $n$  para el concreto ligero puede suponerse igual al del concreto de peso normal de la misma resistencia.

C A P I T U L O   I V

UTILIZACION DE LOS MATERIALES.

#### IV.A.- AGREGADO DE CONCRETO DE DEMOLICION:

Una vez que se ha obtenido el agregado de una de las plantas de trituración mencionadas en el capítulo II, surge la pregunta de si los fragmentos pueden emplearse como agregado en concreto nuevo y, si el así que influencia producirán las características del concreto de demolición en las propiedades del concreto reciclado.

El agregado de concreto de demolición, es un agregado que consiste en el agregado natural original, utilizado en la producción del concreto original, y la matriz de arena-cemento endurecida del concreto original o de demolición.

La porosidad del agregado reciclado o agregado de concreto de demolición, depende de la porosidad del concreto original y es, por lo tanto, mayor que la porosidad del agregado natural. Esto puede influir en la trabajabilidad del concreto reciclado. Se debe tomar en cuenta la relación agua/cemento efectiva. La misma cantidad de agua de mezclado puede producir un grado menor de trabajabilidad de un concreto reciclado que en un concreto similar con agregado natural.

##### A.1.- PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO:

Existe muy poca información escrita acerca de las propiedades del concreto reciclado. Sobre este aspecto han estado trabajando durante largo tiempo los investigadores de EJA y Japón.

La resistencia a la compresión del concreto reciclado, es del 10 al 20% menor que la de un tipo idéntico de concreto normal con agregado natural; éste puede ser el caso cuando se constituye el agregado grueso por agregado de concreto de demolición.

Si además se sustituye el agregado fino por agregado fino de demolición, la reducción de la resistencia es todavía mayor. En la tabla A se resumen algunos resultados.

Se considera que el módulo de elasticidad del concreto reciclado es del 20 al 30% menor que el de un concreto similar con agregado na-

Tipo de Concreto.	Resistencia a la compresión a los 28 días		Resistencia a la tensión a los 28 días	
	f	$\Delta$ f	f	$\Delta$ f
Concreto de referencia con <u>agregado grueso natural</u> y arena natural.	100	—	100	—
Concreto reciclado con <u>agregado grueso reciclado</u> y arena natural.	86	-14	81	-19
Concreto con <u>agregado grueso reciclado</u> y una mezcla de <u>agregado fino reciclado</u> y arena natural.	75	-25	76	-24
Concreto reciclado con <u>agregado grueso reciclado</u> y <u>agregado fino reciclado</u> .	68	-32	69	-31

TABLA A. - RESISTENCIA A LA COMPRESION Y A LA TENSION DEL  
CONCRETO RECICLADO.

Tipo de Concreto.	Módulo de elasticidad, %			
	7 días	28 días	90 días	
	$\Delta$ %			
Concreto de referencia con agregado grueso natural y arena natural.	88	100	-	107
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y arena natural.	66	77	-23	79
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y una mezcla de agregado fino reciclado y arena natural.	51	63	-37	60
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y agregado fino reciclado.	56	61	-39	66

TABLA B. - MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO RECICLADO.

tural. La tabla B muestra un panorama general de este aspecto.

En Bélgica se está estudiando la influencia de algunas propiedades del concreto viejo, en la calidad del concreto reciclado, es decir, el tipo de cemento, el contenido de cemento, la trabajabilidad inicial, la porosidad, la resistencia a la compresión después de 28 días, la resistencia a la compresión en el momento de la demolición, etc. En la figura y en la tabla C se muestran algunos resultados de ésta investigación.

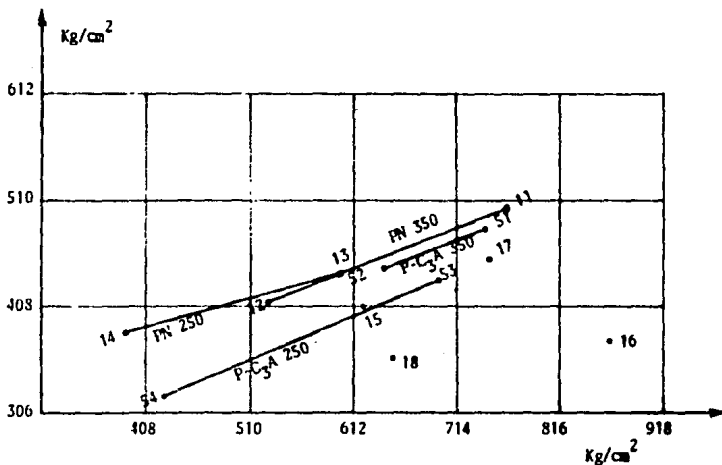
#### A.2.- IMPUREZAS:

Un aspecto importante que ha llamado la atención de los investigadores, es el efecto que las impurezas encontradas en los escombros del concreto de edificios, como metales, tabique, vidrios, madera, yeso y pintura ejercen sobre el concreto reciclado. Por la experiencia se sabe que los metales, tabiques y vidrios producen un efecto sobre las propiedades del concreto reciclado, en cambio el ataque de sulfatos al concreto debido a la presencia de yeso en forma de plasta o de tablero presenta un serio problema.

En EUA se ha llevado a cabo una detallada investigación sobre este aspecto, de la cual se concluye que si el yeso en la mezcla del concreto nuevo constituye el 5% por peso del agregado grueso, la resistencia del producto será de un 50% de la resistencia del concreto con agregado natural. En un caso extremo, cuando el yeso constituye el 100% del agregado grueso, la resistencia baja hasta un 15% de la del concreto con agregado natural.

En contraste con los escombros de concreto obtenido de edificios, el escombro producido en la demolición de caminos y firmes de concreto está básicamente libre de contaminantes, con excepción quizás de una cantidad limitada de acero de refuerzo, asfalto y tierra. En Japón se ha llevado a cabo un trabajo de investigación sobre este aspecto, así como sobre los escombros obtenidos de la demolición de edificios, con el fin de averiguar los valores máximos permisibles de impurezas en escombros de concreto para propósitos de reciclado. Los resultados obtenidos se proporcionan en la tabla D.

Resistencia a la compresión del  
concreto reciclado (28 días)



Resistencia a  
la compresión  
del concreto de  
demolición  
(15 años).

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL CONCRETO DE DEMOLICION EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO RECICLADO. VEASE LA TABLA C PARA LAS CARACTERISTICAS DEL CONCRETO DE 15 AÑOS.



Clave	Contenido y tipo de cemento (Kg) (a)*	Composición (1 m <sup>3</sup> )			Consistencia	
		Tipo y contenido de agrega de grueso (Kg) (b)*	Tipo y contenido de agrega de fino (Kg) (c)*	Relación agua/cemento	Mesa de fluidez	
11	PN 350	P 1200	R 650	0.53	1.28	
12	PN 350	P 1200	R 650	0.67	1.54	
13	PN 250	P 1260	R 715	0.65	1.16	
14	PN 250	P 1260	R 715	0.80	1.36	
51	P-C <sub>3</sub> A 350	P 1200	R 650	0.50	1.38	
52	P-C <sub>3</sub> A 350	P 1200	R 650	0.59	2.37	
53	P-C <sub>3</sub> A 250	P 1260	R 715	0.65	1.22	
54	P-C <sub>3</sub> A 250	P 1260	R 715	0.81	2.23	
15	PN 350	P 1200	C 630	0.50	1.27	
16	PN 350	P 1200	L 721	0.50	1.11	
17	PN 350	P 1200	R 653	0.53	1.41	
18	PN 350	C 1200	C 635	0.50	1.28	

\* (a) PN: Cemento Portland

P-C<sub>3</sub>A: Cemento Portland sin C<sub>3</sub>A.

\* (b) P: Pórfido (triturado)

C: Caliza (triturada)

\* (c) R: Arena de río

C: Caliza (triturada)

L: Escoria de alto horno (fundida)

TABLA C.- CARACTERISTICAS DE UN CONCRETO DE 15 AÑOS DE EDAD.

Impurezas	Valor máximo permisible como porcentaje del volúmen de agregado para alcanzar el 85% de la resistencia a la compresión del concreto de referencia.
Yeso	7 %
Tierra	5 %
Madera (ciprés japonés)	4 %
Yeso hidratado	3 %
Asfalto	2 %
Pintura (acetato de vinilo)	0.2 %

TABLA D.- VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE IMPUREZAS EN EL  
CONCRETO RECICLADO.

#### IV.B. - ACERO DE REFUERZO:

Una vez que han sido obtenidas las varillas de los edificios de molidos, fueron tomadas algunas muestras de estas, de los diámetros más usuales y se sometieron a pruebas de laboratorio, como la descrita en el capítulo anterior.

Los resultados de estas pruebas muestran que las varillas están en condiciones de poder utilizarse nuevamente como refuerzo para concreto, por que éstas aún conservan sus características ya que cumplieron satisfactoriamente con dichas pruebas.

De esta manera es como se tiene un antecedente para que las varillas sean utilizadas nuevamente como lo que son, o fundirlas y darles otro uso que no es el de acero de refuerzo.

#### IV.C. - ACERO ESTRUCTURAL:

En el caso de los perfiles estructurales, no se obtuvo ninguna muestra para ser sometida a pruebas de laboratorio, debido a cierta dificultad para la obtención de las muestras y la ejecución de las pruebas.

Suponemos que es similar al caso del acero de refuerzo, y que estos perfiles al ser recuperados y después de un proceso de acondicionamiento pueden ser utilizados nuevamente en forma estructural.

Definitivamente esto queda sujeto a que se realicen las pruebas necesarias con los perfiles y se confirme la suposición que ahora se presenta. En caso contrario se tendrá que dar otro uso que no sea el estructural, a todo ese acero.

#### IV.D. - ECONOMIA:

Aún prevalece la duda acerca de la factibilidad económica del -

concreto reciclado. Se deben equilibrar los costos de explotación, los -- costos de transporte a los tiraderos y los gastos por descarga de escombros comparándolos con el costo de explotación de canteras y de agregados naturales. Además, deben considerar el capital respectivo y los gastos de funcionamiento de las plantas de trituración y de cribado, tanto para escombros de concreto como para agregados naturales. En alguna parte dentro de esta ecuación, también deben incluirse los costos más intangibles de la conservación del ambiente natural.

En el Massachusetts Institute of Technology se llevó a cabo un interesante estudio respecto a la economía de utilizar desechos de la demolición de concreto como agregado, en áreas que han sufrido destrucción por sismo. En la conclusión del informe se afirma que: "En términos de economía, el reciclado de los escombros de concreto que quedan después de un desastre importante es atractivo. Hemos realizado un cálculo de la utilidad sobre inversión, con base en la suposición de ventas de agregado reciclado al precio que tendría un concreto reciclado del mismo costo que un concreto de agregado natural de igual comportamiento. Observemos que, en los casos en que un desastre natural produce un millón de toneladas de escombros de concreto, la operación de reciclado debe arrojar una utilidad de al menos 19%. A medida que se incrementan las cantidades de escombros, aumenta la utilidad sobre inversión en la operaciones de reciclado".

En el caso del acero de refuerzo y los perfiles estructurales definitivamente no existe pérdida alguna, por que este material va a ser recuperado y se va a aprovechar de una u otra forma.

CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES.

- 1.- El agregado de concreto de demolición es fácil obtenerlo mediante -- una planta de trituración.
- 2.- La resistencia a la compresión del concreto reciclado es del 10 al - 20% menor que la de un concreto con las mismas características pero con agregado natural.
- 3.- Es mejor producir concreto reciclado con escombros de caminos y firmes de concreto, que fabricarlo con escombros de concreto de edificios, debido a la mayor cantidad de impurezas que tiene el escombros de concreto de edificios.
- 4.- Es importante destacar que la economía de la obtención del concreto reciclado depende de la cantidad de escombros que se tenga, es decir, cuando ocurre un desastre, como es el caso de un sismo, en el que la cantidad de edificios afectados seriamente es grande, es conveniente implantar el proceso de reciclado de concreto.
- 5.- El acero de refuerzo es fácil de obtenerlo de las mismas plantas de trituración de concreto reforzado.
- 6.- El acero estructural es recuperado totalmente con diversas máquinas y equipo.
- 7.- En el caso del acero de refuerzo y el acero estructural, en cuestión de economía, todo lo que se pueda recuperar es aprovechable nuevamente como aceros de refuerzo o estructurales, o en su defecto destinar les otro uso que reditúe alguna utilidad.

BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Construcciones Metálicas Remachadas y Soldadas.  
Tomo I  
G. Kienert.
- 2.- Teoría Elemental del Concreto Reforzado.  
Phil M. Ferguson  
Edt. C.E.C.S.A.
- 3.- A Complete Guide To Demolition.  
The Construction Press L.T.D.  
D.M. Pledger.
- 4.- Diseño Simplificado del Concreto Reforzado.  
Harry Parker, M.C.
- 5.- Principios Fundamentales del Diseño de Concreto Reforzado,  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- 6.- Demolición de Estructuras de Concreto Reforzado y Presforzado.  
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- 7.- Supervisión de Obras de Concreto  
Cursos IMCYC. 1986



8.- Apuntes de Procedimientos de Construcción.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela Nacional de Arquitectura

Profesores y Arquitectos:

Arq. Martín L. Gutiérrez

Arq. Carlos Contreras P.

Universidad La Salle

Escuela Mexicana de Arquitectura

Profesores y Arquitectos:

Arq. Martín L. Gutiérrez.

Arq. Jaime J. Pérez Nájera.

Arq. Rafael Gutiérrez.

P. Arq. Luis A. Calzada T.

9.- Apuntes de Acero de Refuerzo.

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Jorge H. de Alba Castañeda.