



2 of
22
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO
UTILIZANDO AGREGADOS LIGEROS
PROVENIENTES DE SALVATIERRA, GTO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
MAURICIO BECERRIL SERRANO

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D.F.

SEPTIEMBRE, 1989



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.

INDICE

- 0 INTRODUCCION
- 00 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS
- 000 ESTIMACION DEL PROPORCIONAMIENTO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA
- 0V CARACTERISTICAS MECANICAS DEL CONCRETO CON AGREGADOS LIGEROS
- V CONCLUSIONES
- VI BIBLIOGRAFIA

Apéndice A : NORMAS

Apéndice B : CURVAS GRANULOMETRICAS

Apéndice C : ADITIVOS

3 INTRODUCCION

El objetivo de la presente tesis es el de estudiar un tipo de agregado ligero cuyas propiedades físicas no son conocidas, para determinar si es posible utilizarlo como agregado en concretos estructurales.

Para ello se establece primeramente la metodología necesaria para el diseño de la mezcla de concreto. Posteriormente se determinarán las características mecánicas del concreto endurecido.

El concreto elaborado con agregados de peso ligero puede llamarse cualitativamente *concreto ligero*. Este es un tipo de concreto hidráulico, cuya característica más evidente es su densidad, la cual es siempre considerablemente menor que la de un concreto ordinario y con frecuencia solo una fracción del mismo, el concreto ligero es un pétreo de características propias en donde cada una de sus fracciones (gruesa y fina), cumple con las características fundamentales de resistencia estructural y adicionalmente a estas tiene especiales características de aislamiento térmico y acústico.

Las ventajas de tener concretos de bajo peso volumétrico son muy numerosas, siendo alguna de ellas; la reducción de cargas muertas, es decir, la disminución en peso de la propia estructura, que simplifica el diseño de la misma esto hace que en regiones sísmicas ofrezca ventajas adicionales al ser menor la intensidad de las fuerzas laterales actuando sobre la estructura.

Los agregados ligeros que son utilizados en la elaboración de los diferentes proporcionamientos de las mezclas de concreto en el desarrollo de esta tesis son agregados naturales de origen volcánico, constituidos por tobas volcánicas de grandes dimensiones, tezontles y cenizas volcánicas. El banco de agregados está ubicado en el Km. 5+200 +3 Km. de desviación izquierda de la carretera estatal Salvatierra-Yuriria en el estado de Guanajuato.

Este yacimiento pétreo es de color negro en su totalidad y el único proceso artificial al que se somete es una clasificación granulométrica, separando arenas, gravas y los fragmentos mayores a 2.4".

La estructura apanalada y bajo peso volumétrico de los agregados se debe al hecho de que son lavas esponjosas, cuyas celdas se forman por los gases que escapaban cuando se encontraban en forma semi-sólida de hecho se les llama con mucha propiedad *espumas solidas*, son llamadas también *escoria volcánica*; las celdas que forman su estructura no

están comunicadas entre sí.

Estos agregados están estructurados de tal forma que son lo suficientemente fuertes y ligeros para constituir un concreto de buena resistencia estructural.

Los problemas que se presentan en la elaboración del concreto son básicamente dos; el primero es que son hidrófilos, absorben agua en grandes cantidades. el segundo es que son ásperos, por lo que es difícil obtener un revenimiento adecuado sin tener que aumentar en forma considerable la cantidad de agua de mezcla. En esta tesis se propone el uso de aditivos, para mejorar la trabajabilidad del concreto y mantener el agua de disolvo de la mezcla constante.

Los aditivos empleados en algunas de las mezclas son básicamente dos; aditivos inclusores de aire y superfluidificantes de mediano y alto rango. Los primeros, provocan una formación artificial de pequeñas burbujas de aire entre las partículas de concreto que facilitan la trabajabilidad del concreto fresco, sin aumentar el agua en la mezcla. Los fluidizantes aumentan el revenimiento ó reducen consumo de agua, dispersan las partículas del concreto logrando así una perfecta hidratación del cemento formando un concreto homogéneo y trabajable.

00 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Clasificación de las rocas.

Las rocas pueden clasificarse en 3 grandes grupos:

- 1 ROCAS IGNEAS
- 2 ROCAS SEDIMENTARIAS
- 3 ROCAS METAMORFICAS

2.1.1 Rocas Igneas

Las rocas igneas fueron formadas por el enfriamiento y cristalización del magma y según la profundidad a la que haya ocurrido, se producen rocas de granos gruesos o finos; si la roca se enfrió en la superficie se producen masas de grano fino (estructura afanítica); si lo hacen a profundidades medias se producen estructuras que alternan cristales finos y gruesos (estructura porfirítica) y por último, las rocas enfriadas a gran profundidad producen granos gruesos (estructurafangrítica).

Las rocas igneas aunque originalmente están sanas, son siempre atacables principalmente por la acción química de los agentes del intemperismo, si bien estos procesos suelen requerir lapsos muy superiores a la vida útil de la estructura de que se trate. Por lo que son plenamente utilizables como agregados para concreto.

2.1.2 Rocas Sedimentarias

Están formadas por materiales producto de la desintegración o descomposición de otras rocas que, arrastrados por los agentes del transporte y tras la acción del intemperismo, se depositan en una zona determinada, consolidándose posteriormente.

Son rocas que suelen ser de menor dureza que las rocas igneas en este grupo abundan más las rocas delezneables.

2.1.3 Rocas Metamórficas

Son rocas sedimentarias o igneas que transformadas por procesos

geológicos en que intervienen grandes presiones y grandes temperaturas modifican su composición y estructura original cambiando así sus propiedades; para dar lugar al tercer y último grupo de rocas.

2.1.4 Clasificación de los Materiales Pétreos para el Concreto Hidráulico.

La mayor parte del concreto está constituido por agregados minerales, que juegan un papel muy importante en la calidad del mismo, las dimensiones máximas de los granos del agregado varían desde unas cuantas micras, hasta el tamaño máximo permitido por el proyecto (3/4").

Con el objeto de controlar la proporción relativa que deben guardar los distintos tamaños de partículas entre sí, se acostumbra dividirlos en fracciones y manejarlos por separado, esto da lugar a la primera clasificación de acuerdo a su tamaño, en lo que se llama agregado fino (arena) y agregado grueso (grava).

Se considera como arena la fracción compuesta por partículas que pasan a través de una malla que tiene 4 hilos por pulgada cuadrada y como grava aquel material que queda retenido en esta malla.

Otra clasificación se basa en distinguir el origen de la fragmentación de las partículas de roca, así hay agregados naturales, manufacturados y mixtos.

Los agregados naturales provienen de la desintegración de la roca producida por fuerzas naturales, cuyos fragmentos son transportados y depositados. Los materiales de esta clase generalmente provienen de mares, ríos o depósitos piroclásticos.

Los materiales manufacturados se obtienen por la trituración de una roca previamente fragmentada en dimensiones adecuadas, y que mediante un proceso de reducción progresivo se puede conseguir un producto totalmente manufacturado.

Los agregados mixtos son aquellos que proceden de agregados naturales cuyas partículas son mayores del tamaño admitido como máximo que por medio de un proceso de trituración complementario se convierten en agregados para concreto.

Independientemente de que los agregados del concreto sean naturales o manufacturados, estos deben proceder de rocas que de acuerdo a su origen se clasifican en tres grupos principales, los que se describen como sigue :

| CLASE DE ROCA | PESO ESPECIFICO | APLICACION |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Pómez | 1.2--1.8 | CONCRETO LIGERO |
| Escoria Volcánica | 1.6--2.2 | |
| Caliza | 2.3--2.8 | CONCRETO NORMAL |
| Arenisca | 2.3--2.8 | |
| Cuarzo | 2.4--2.8 | |
| Granito | 2.4--2.7 | |
| Andesita | 2.4--2.7 | CONCRETO PESADO |
| Basalto | 2.5--2.9 | |
| Limonita | 3.0--3.8 | |
| Barita | 4.0--4.5 | CONCRETO PESADO |
| Magnetita | 4.5--5.0 | |

Retomando la clasificación general de las rocas, algunos de los agregados para concreto se encuentran dentro de los grupos principales que se enumeraron anteriormente.

- a) Rocas ígneas : producidas por solidificación a partir de un estado de fusión Vgr. granito, riolita, andesita, basalto, obsidiana, pómez, escoria volcánica, etc.
- b) Rocas sedimentarias : formadas por sedimentos transportados por agua, aire, hielo o gravedad Vgr. arena y boleos de río, caliza, dolomita, etc.
- c) Rocas metamórficas : proceden de rocas ígneas o sedimentarias en condiciones de presión y temperatura ej. : pizarra, mármol, cuarcitas, etc.

Las rocas ígneas ofrecen por lo general buenas propiedades físicas (densidad, dureza y resistencia).

Las rocas sedimentarias (cuando son duras como las areniscas y calizas) suministran buenos agregados para concreto.

De las rocas metamórficas el cuarzo es casi siempre de buena calidad.

También se suele clasificar los agregados de acuerdo con la forma de las partículas y textura superficial, en este caso pueden establecerse diversidad de clases que comprenden desde la forma más redondeada y

superficies lisas, hasta fragmentos manufacturados por las siguientes razones :

- obtención más fácil
- proceso de obtención más sencillo
- instalaciones menos costosas
- producto más económico
- partículas en formas y superficies más convenientes

Todas las propiedades físicas de los agregados tienen en mayor o menor grado influencia sobre el comportamiento del concreto, algunas sobre el concreto fresco y otras sobre el concreto endurecido.

2.1.5 Propiedades del concreto y características de los agregados

| PROPIEDADES DEL CONCRETO | CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS |
|--------------------------------|--|
| a) Durabilidad | porosidad estructura interna textura limpieza |
| b) Resistencia a la abrasión | dureza |
| c) Resistencia a la compresión | limpieza forma de la partícula tamaño máximo adherencia |

Las propiedades más importantes del concreto dependen en su mayor parte de las características de los agregados; la porosidad, estructura interna, textura y limpieza de los agregados definen la durabilidad de el concreto. De igual manera la dureza de los agregados provoca la resistencia a la abrasión del concreto. La resistencia a la compresión de el concreto es lograda por la forma y tamaño máximo de la partícula, así como de la adherencia y limpieza de los agregados.

2.2 Agregados empleados en esta Tesis

Los agregados pétreos empleados en la elaboración de los concretos

estudiados en la presente tesis son agregados naturales de peso ligero constituidos por tobas volcánicas también conocidas como escoria volcánica, o tezontle de peso específico reducido.

El depósito natural de donde fueron extraídas las muestras de agregado para su estudio está localizado en el cerro de Tetillas, cerca de el poblado de Santo Tomás Huatzindeo, municipio de Salvatierra en el estado de Guanajuato.

Este agregado es de color negro, textura apanalada y cuya graduación varía desde rocas de 1m. de diámetro a talcos que en pequeñas cantidades pasan la malla 200.

Las partículas presentan formas muy irregulares y superficies extremadamente rugosas y ásperas, características que producen mezclas granuladas y poco trabajables de elevados consumos de cemento por lo que se propone el uso de aditivos que faciliten la trabajabilidad y reduzcan el consumo de cemento, así como procedimientos que eliminen los inconvenientes del alto consumo de agua provocado por la porosidad de las partículas del tezontle.

Se limitó el tamaño máximo del agregado grueso a partículas no mayores de 19 mm. (3/4"), al considerar que el empleo de gravas de baja resistencia estructural reduce la resistencia del concreto por lo que es inconveniente incluir partículas demasiado grandes, cuya debilidad podría influir decisivamente el producto final.

Un argumento adicional para limitar el tamaño máximo de las gravas es que los fragmentos de grava mayores a 19 mm. restan trabajabilidad al concreto fresco.

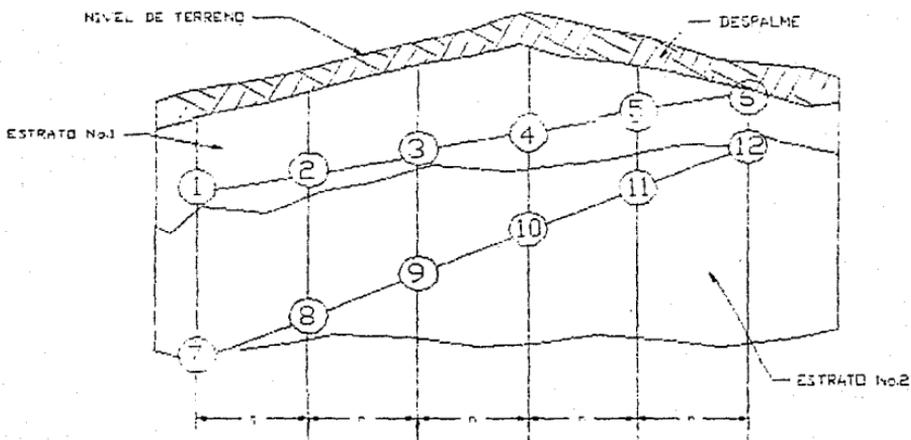
2.3 Muestreo de Agregados.

La norma oficial Mexicana NOM C-30-1986, establece el muestreo de agregados que se utilizan en la investigación preliminar de la fuente de abastecimiento, esta norma se resume en el apéndice A. En la página siguiente, se muestra la figura (No.1) en donde se describe la forma en que esta norma establece el muestreo en tajo a cielo abierto que es el caso del banco de agregados en estudio.

El tipo de la fuente de abastecimiento es una toba volcánica de gravas y arenas, que forman conglomerados medianamente cimentados, estos conglomerados se remueven con el arado (ripper) de un tractor D7 Caterpillar y son empujados hasta una criba primaria con la cuchilla del mismo tractor, en donde se separa y carga el material menor de una pulgada; el material mayor a este tamaño es deshechado.

FIGURA No.1 MUESTREO EN TAJO A CIELO ABIERTO

NORMA NCH-C-30-1986



El material clasificado se transporta en camiones de volteo de 6m³ hasta una criba secundaria, donde es clasificado en diferentes tamaños y separada la fracción fina de la gruesa.

Después de haberse clasificado por medio de gravedad es acarreado y almacenado en plataforma de donde finalmente es depositado en camiones de volteo por medio de un cargador frontal sobre neumáticos; para el transporte a la obra.

La capacidad potencial probable del banco de agregados es de aproximadamente 15 millones de m³.

2.4 Análisis Granulométrico.

La norma oficial Mexicana NOM C-77-1987, descrita en el apéndice A establece el método para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos, con el fin de determinar la distribución de las partículas de diferentes tamaños por medio de mallas. Fotografía (No.7).

En cuanto a los límites granulométricos de agregados ligeros para concreto estructural, estos fueron tomados de la norma ASTM (American Society for Testing and Materials), C 330-1987; que se describen en la tabla No.1, como sigue :

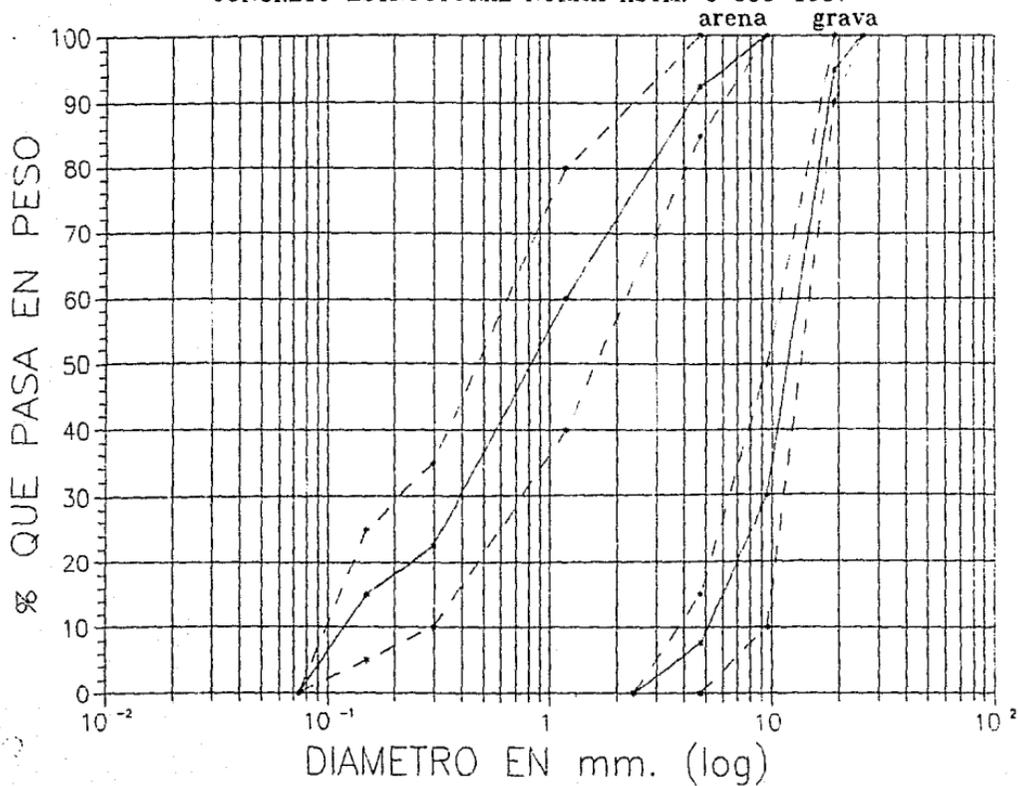
| Tamaño de la fracción | % en peso que pasa las mallas | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | 1" | 3/4" | 3/8" | No.4 | No.16 | No.50 | No.100 |
| Agregado Fino (No.4 a 0) | | 100 | 85-100 | 40-80 | 10-35 | 5-25 | |
| Agregado Grueso (3/4" a No.4) | 100 | 90-100 | 10-50 | 0-15 | | | |

TABLA.1. límites granulométricos del ASTM.

Se realizó un análisis granulométrico por cada muestra tomada en forma representativa de cada estrato en los diferentes frentes del banco de agregados, cumpliendo la norma C-30-85 que establece el muestreo se tienen 8 estratos en diferentes frentes del mismo banco, por lo que son 8 granulometrías de grava y arena las que se tomaron del banco.

De esta forma se tiene un conocimiento de la variación estratigráfica con las granulometrías de los agregados, estas granulometrías naturales tiene pequeñas variaciones de un estrato a otro por lo que es necesario cribar los agregados y compensar la curva granulométrica cuando esta no este dentro de los límites señalados. Las granulometrías se anexan en el apéndice B; la figura No.2 marca en línea discontinua

FIGURA No.2, GRANULOMETRIA IDEAL Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL NORMA ASTM: C 330-1987



los límites granulométricos de la norma antes mencionada y con una línea sólida la granulometría ideal, es decir la línea media entre los límites superior e inferior de la norma.

2.5 Determinación de la Masa Específica y Absorción de Agua del Agregado Grueso.

La norma oficial Mexicana NOM C-164-1986, resumida en el apéndice A, establece el método de prueba para la determinación de la masa específica saturada superficialmente seca.

En la determinación de la masa específica del agregado grueso se empleó el método del picnómetro de sifón.

La masa específica del agregado grueso es de: 2.02 gr./cm³.

La absorción del agregado grueso es de: 17.9%

Para la determinación de estos datos tuvo que saturarse el material, sumergiéndolo en agua durante 24 hrs.; posteriormente se secó el material superficialmente, para obtener el punto de saturado y superficialmente seco (s.s.s.). Para el caso de este material fue particularmente laborioso el llegar a obtener los agregados en este punto de sss el exceso de porosidad del material provoca que los huecos se llenen de agua, dificultando el secado de cada uno de los granos del material que es utilizado en esta prueba.

2.6 Determinación de la Masa y Absorción de Agua del Agregado Fino.

La norma oficial Mexicana NOM C-165-1984, resumida en el apéndice A, establece el método de prueba para la determinación de la masa específica aparente del agregado fino saturado y superficialmente seco y la absorción de agua del agregado fino. Estos datos se emplean para el cálculo y dosificación del concreto hecho con cemento portland.

La masa específica del agregado fino es de : 2.42 gr/cm³.

La absorción del agregado fino es de : 10.4%

El método para establecer los resultados anteriores es diferente al empleado en el inciso anterior, para la determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso, pero la forma de obtener el punto de sss es semejante. Este estado fue adquirido por el material después de mantenerlo en una charola metálica a fuego directo durante más de 40 minutos y de haber sido manipulado con guantes, hasta que perdiera el brillo superficial que adquirió al estar sumergido en agua durante 24 hrs. Esto se debe al hecho de que también, la fracción

fina tiene muchos poros de pequeño tamaño y que estos tienen que vaciarse para lograr el estado que establece la norma de saturado y superficialmente seco. Este efecto es importante no sólo para la determinación de la masa específica y absorción de agua de las fracciones gruesa y fina, puesto que tiene una particular importancia en la absorción de agua cuando el agregado forma parte de una mezcla de concreto. Este efecto se analizara en el capítulo 000.

2.7 Masa Volumétrica Suelta y Compactada de las Fracciones Fina y Gruesa en Agregados para Concreto.

La norma oficial Mexicana NOM C-73, establece el método para la prueba de la masa volumétrica de los agregados para concreto; esta norma se resume en el apéndice A.

La tabla No.2 presenta la información de las masas volumétricas suelta y compacta de los agregados, que cumplen con la norma anterior.

TABLA.2. MASA VOLUMETRICA DE LOS AGREGADOS.

| FRACCION | MASA VOLUMETRICA SUELTA | MASA VOLUMETRICA COMPACTADA |
|----------|-------------------------|-----------------------------|
| FINA | 800 | 860 |
| GRUESA | 465 | 530 |

-Unidades en Kg/m³-

2.8 Módulo de Finura de la Fracción Fina

El módulo de finura es un parámetro que resulta de determinar la granulometría en la arena, empleando un juego de mallas estandar; cuyas denominaciones y aberturas libres, en mm. son :

| NUMERO DE TAMIZ | ABERTURA EN mm. |
|-----------------|-----------------|
| No. 8 | 2.38 |
| No. 16 | 1.19 |
| No. 30 | 0.595 |
| No. 50 | 0.297 |
| No. 100 | 0.149 |

El módulo de finura de la arena, es igual a la suma de los porcentajes acumulados en cada una de las cinco mallas, dividiendose entre 100

De acuerdo con su módulo de finura, las arenas pueden ser clasificadas como en la tabla No. 3 :

MÓDULO DE FINURA M. P.

CLASIFICACION

| | |
|---------|--------------|
| 2.0 | Muy Fina |
| 2.0-2.3 | Fina |
| 2.3-2.6 | Medio Fina |
| 2.6-2.9 | Media |
| 2.9-3.2 | Medio Gruesa |
| 3.2-3.5 | Gruesa |
| 3.5 | Muy Gruesa |

De las granulometrías presentadas en el apéndice B, se promedian los valores que generan cada uno de los puntos en las curvas granulométricas para obtener un valor representativo de las 8 curvas analizadas y de esta forma tener un módulo de finura promedio.

A continuación se presenta la tabla No. 4 representativa de las 8 granulometrías en arena, que concluye con el cálculo del módulo de finura (TABLA No. 4).

| Malla No. | Abertura mm. | Retenido Parcial % | Retenido Acumulado % | % Que Pasa |
|-----------|--------------|--------------------|----------------------|------------|
| 8 | 2.38 | 20.51 | 20.51 | 79.49 |
| 16 | 1.00 | 17.31 | 37.82 | 62.18 |
| 30 | 0.59 | 15.16 | 52.98 | 47.02 |
| 50 | 0.297 | 15.15 | 68.13 | 31.87 |
| 100 | 0.149 | 14.12 | 82.25 | 17.75 |
| ch. | | 17.75 | | 0.00 |
| | | | $z = 201.69$ | |
| | | | MF = 2.62 | |

TABLA. 4, granulometría natural representativa y módulo de finura.

El módulo de finura promedio es de 2.62 valor que de acuerdo a la tabla de clasificación anterior, corresponde al de una arena media; es decir que el promedio de las arenas analizadas tiene un módulo de finura tal que la arena podría tener variaciones en su granulometría sin que el módulo de finura dejara de caer dentro de los límites establecidos para concreto estructural. Ya que solo son aceptables, como arenas para concreto, las que presentan módulo de finura entre 2.3 y 3.2.

2.9 CONCLUSIONES.

Los agregados ligeros para concreto estructural estudiados en el presente capítulo, cumplen los requisitos de ligereza de masa, no contienen sustancias deletereas, impurezas orgánicas ni arcillas.

Las granulometrías y módulos de finura analizadas cumplen con los

límites que a este respecto se han establecido.

Estos agregados en estado natural, cumplen con todos los requisitos marcados por las normas mencionadas en este capítulo y por la norma NOM C-299-1987 (Agregados Ligeros para Concreto Estructural), descrita en el apéndice A. El único proceso al que se somete el agregado es un cribado que permite obtener una curva granulométrica ideal.

El hecho de cribar el agregado es para asegurar que con una granulometría óptima se tenga el máximo de resistencia que de este se pueda obtener.

000 ESTIMACION DEL PROPORCIONAMIENTO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA

3.1 Introducción.

El diseño de las mezclas de los concretos ligeros no difiere considerablemente del utilizado para las mezclas de concretos comunes.

Los requisitos de funcionalidad de la mezcla son los especificados para el concreto estructural común, es decir, resistencia y trabajabilidad. Aunque se hace necesario considerar por separado, a cada uno de los agregados de peso ligero.

La graduación y algunas otras propiedades de los agregados influyen en las propiedades del concreto hecho con ellos.

El diseño de una mezcla de concreto puede definirse como la selección de los materiales más adecuados, esto es, cemento y agregados; las proporciones más económicas de cemento y agua; y los diferentes tamaños de agregados, para producir un concreto que tenga las propiedades físicas requeridas. Las dos propiedades principales para las que se diseñan los concretos estructurales hechos con agregados naturales, son el grado de trabajabilidad y la resistencia a la compresión a los 28 días.

La trabajabilidad es de gran importancia, puesto que en concretos para estructuras resulta esencial que el concreto quede uniformemente distribuido.

El concreto común hecho con agregados pétreos de peso normal se ha usado cada vez en mayor proporción como un material estructural desde principios de siglo y se han realizado numerosas investigaciones sobre sus propiedades. Se sabe ahora, como los cambios en las propiedades de los materiales constitutivos así como sus proporciones de mezcla relativas afectan la resistencia al corte y a la compresión.

El concreto común para estructuras es, por lo tanto, diseñado para resistir cierta carga de compresión a los 28 días. En 1918 Abrams estableció la bien conocida ley de que la resistencia a la compresión de concretos perfectamente compactados depende principalmente de su relación agua-cemento, esto es :

$$\frac{A}{C} = \frac{\text{Peso del agua de mezcla}}{\text{Peso del cemento de la mezcla}}$$

Existen varios métodos de diseño de mezcla para concreto ordinario

rio de grava o piedra triturada basados en esta relación.

Uno de los factores de gran importancia para decidir sobre las proporciones de la mezcla que deberán usarse es la granulometría del agregado, particularmente la del agregado fino; en donde para el caso de agregados de peso normal existe un amplio límite de granulometría adecuada.

Aún con el diseño de mezclas para concreto normal a base de grava o piedra triturada, los métodos utilizados tienen como fin el producir una mezcla provisional, que pueda o no llenar completamente los requisitos especificados, pero si dar un punto de partida del cual se puedan hacer modificaciones que vayan produciendo la calidad deseada para el concreto. Esto es aún más aplicable en los concretos de peso ligero, en vista de que para ciertos requisitos funcionales dados, habrá siempre un buen número de mezclas igualmente adecuadas, que dependen de los agregados utilizados y de los métodos usados en la manufactura del concreto. No obstante, como se indicó anteriormente, la granulometría de los agregados ligeros es más restringida y sus otras propiedades físicas varían considerablemente para distintos tipos de agregados.

Estas propiedades incluyen forma de la partícula, textura superficial, densidad, absorción y dureza o resistencia inherente.

Una complicación más se origina por el hecho de que algunos tipos de concretos ligeros no son completamente compactados y puede ser difícil reproducir el mismo grado de compactación parcial. Por ejemplo, si el contenido de cemento de una mezcla se incrementa, la resistencia de la misma, por lo general también se incrementa, pero si el contenido de cemento más alto se compacta menos que el concreto más pobre, entonces su resistencia puede ser más baja que la de este último.

El concreto ligero estructural se hace en un estado completamente compactado similar al del concreto reforzado común que se produce con agregados naturales densos. Esto es necesario por el hecho de que se va a usar con el acero de refuerzo y es indispensable que exista una buena adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto, ya que al mismo tiempo, este lo proteja en forma adecuada contra la corrosión.

Este tipo de concreto se introdujo en el Reino Unido a partir de la 1ª guerra, pero se cuenta con una mayor experiencia sobre su uso en los Estados Unidos de Norteamérica.

La forma en la cual las variables de una mezcla de concreto afectan las propiedades físicas del concreto para estructuras con agregado ligero no han sido todavía investigadas en detalle, como lo ha sido en el caso del concreto común de agregados naturales densos.

3.2 Mezclas de Concreto

Las conclusiones de las pruebas a los agregados hechas en el capítulo anterior, sirven como punto de partida para estimar el proporcionamiento de la mezcla. Los índices absorción, masa específica, masa volumétrica y módulo de finura se utilizan en forma directa en el cálculo de este proporcionamiento; por lo que se resumen en la tabla No. 5 como sigue :

| FRACCION AGREGADO | ABSORCION % | MASA ESPECIFICA gr./cm ³ | MASA VOLUMETRICA Kg./m ³ | MODULO DE FINURA |
|----------------------|----------------|--|--|---------------------|
| FINA | 10.4 | 2.17 | 800 | 2.62 |
| GRUESA | 17.9 | 1.35 | 530 | --- |

TABLA.5. absorción, masa específica y volumétrica, módulo de finura.

La ley de Abrahams de la relación agua /cemento se aplica al concreto de agregados ligeros de la misma manera que al concreto de agregado normal y es posible seguir el procedimiento usual de diseño de mezclas cuando se emplea agregado ligero.

En los agregados ligeros la densidad relativa de las partículas varía según su tamaño, siendo las partículas finas más pesadas que las grandes. Por lo tanto, con base en el peso el porcentaje de material más fino tiene que ser mayor que en el caso del agregado normal.

En lo que se refiere a la dosificación, el volumen ocupado por cada fracción de tamaño y no su peso, es lo que determina: el volumen final de cavidades, el contenido de pasta y la trabajabilidad de la mezcla. Un agregado bien graduado con un volumen mínimo de cavidades requiere sólo una cantidad moderada de cemento y posiblemente produzca concreto con contracción por secado y movimiento térmico relativamente reducido.

Cuando el tamaño máximo de agregado es de 19 mm. (3/4") el agregado fino forma por lo general del 40 al 60% del volumen total del agregado, medido como agregado seco y suelto.

Para establecer una correcta proporción entre los materiales que integran el concreto de agregados ligeros en el caso particular de esta tesis, se hicieron varias mezclas tentativas para en esta forma comenzar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla óptima. De tal

manera que se elaboraron 50 mezclas, 20 de las cuales por considerarse las más representativas ya que proporcionan mayor información, se presentan a continuación en la tabla N.º 6 que contiene los 20 proporcionamientos de las mencionadas mezclas.

3.2.1 Diseño del proporcionamiento entre grava y arena.

Del primer grupo de mezclas se obtuvo un porcentaje tentativo entre arena y grava que permitió la elaboración de los subsecuentes grupos de mezclas con este porcentaje fijo (mezclas 1, 2 y 3; de la tabla No. 6). Estas, fueron ensayadas para elegir el proporcionamiento óptimo entre grava y arena, en donde cabe señalar que la mezcla proporcionada con 50-50 % en peso (No. 1) fue la más baja de las tres que intervienen en la determinación del proporcionamiento mencionado.

La No. 2 fue la que registró más alta resistencia a la compresión con 102.5 Kg/cm^2 con un proporcionamiento de 55 % arena, 45 % grava. Lo que hace a este el más adecuado para continuar con las siguientes mezclas. El tercer proporcionamiento 60 % arena, 40 % grava, no logró la resistencia de la anterior con solo 92.2 Kg/cm^2 a 28 días.

Estas mezclas fueron elaboradas para los mismos contenidos de cemento y granulometrias naturales, la figura No. 3 describe la curva resistencia-edad del concreto de las mezclas 1, 2 y 3.

De acuerdo en lo anterior se tomará el proporcionamiento 55-45% en peso entre arena y grava para las subsecuentes mezclas.

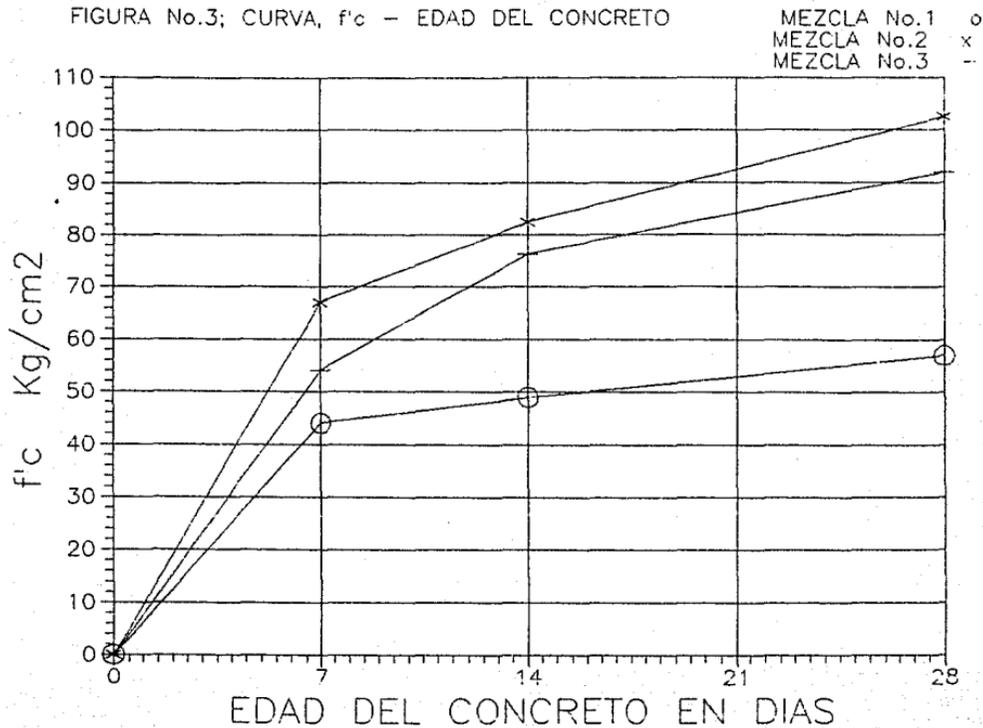
3.2.2 Diseño de mezclas sin aditivos.

Las siguientes dos mezclas se realizaron para determinar el revenimiento más adecuado, siendo el de 10 cm. el que alcanzó la mayor resistencia a la compresión a 28 días, con 122.2 Kg/cm^2 .

Cabe señalar que las mezclas con las que se obtuvo el revenimiento óptimo, es decir, el revenimiento que permite la mejor compactación de el concreto; se realizaron con la granulometría ideal de la norma y no con la granulometría natural. Para el caso de la mezcla No. 4 se obtuvieron testigos de dos diferentes revenimientos, el ya mencionado de 10 cm. y los testigos de 12 cm., que alcanzaron una resistencia de 103 Kg./cm^2 a los 28 días de fraguados. La mezcla No. 5 con los mismos proporcionamientos pero un revenimiento menor de 5 cm. obtuvo una resistencia a 28 días de 93.4 Kg/cm^2 .

De lo anterior podemos concluir, que para los mismos contenidos de

FIGURA No.3; CURVA, f'_c - EDAD DEL CONCRETO



cemento y proporcionamientos entre grava y arena, existe gran variación en las resistencias de compresión a 28 días, de acuerdo con el revenimiento empleado; un revenimiento más seco constituye mezclas ásperas y poco trabajables que no se pueden compactar perfectamente bajando la resistencia final del concreto, en cambio un concreto más fluido permite una mejor compactación del concreto fresco y aumenta la resistencia del concreto final. El revenimiento óptimo es de 10 cm., como se puede observar en la figura No. 4. Cabe destacar que si se aumenta el agua de la mezcla, más de lo adecuado, la resistencia del concreto se ve reducida al aumentar la relación agua-cemento. Es importante señalar que la resistencia del concreto final se ve más afectada por un concreto seco con un revenimiento bajo que por un concreto fluido con un revenimiento alto.

Para una mejor justificación de lo antes mencionado las mezclas 6, 7, 8, 9 y 10 muestran diferentes revenimientos para iguales contenidos de cemento y proporcionamientos grava-arena, en donde nuevamente el revenimiento de 10 cm alcanza la mejor resistencia a 28 días de fraguado con 104.12 Kg/cm^2 . Cabe mencionar que estas mezclas están proporcionadas con granulometrías naturales.

3.2.3 Efectos en el uso de aditivos.

Dadas las medianas resistencias obtenidas de las anteriores mezclas, se hace necesario el empleo de algunos aditivos que aumenten el revenimiento del concreto fresco reduciendo la cantidad de agua empleada en la mezcla; para este efecto se realizaron las mezclas No. 11, 12 y 13, 17 con 303 y 400 Kg de cemento respectivamente.

Las mezclas 11, 12, 16 y 17 muestran como para los mismos contenidos de cemento y proporciones de agregados, los aditivos inclusores de aire y superfluidificantes tienen muy diferentes efectos, de esta forma para contenidos de cemento de 303 Kg/m^3 el superfluidificante al 2% en peso del cemento mejora la compactación del concreto fresco reduciendo agua de tal manera que en la mezcla No. 11 se obtuvo una resistencia a compresión de 133 Kg/cm^2 . Siendo esta la máxima obtenida.

La mezcla No. 12 con aditivo inclusor de aire dio una más baja resistencia, debido a que la inclusión adicional de aire le provoca burbujas al concreto. Creando así, una mayor cantidad de huecos en la masa del concreto, reduciendo en esta forma el área efectiva; por lo que ha ja considerablemente su resistencia hasta casi la mitad: 64 Kg/cm^2 .

Lo mismo ocurre para contenidos mayores de cemento en las mezclas

con 400 Kg/cm^2 , la mezcla No.16 con superfluidificante adquirió a 28 días 165 Kg/cm^2 , mientras que la No.17 con inclusión de aire solo 100 Kg/cm^2 .

Concluyendo de lo anterior; dadas las características del aditivo superfluidificante, la mayor homogeneidad del concreto elaborado con este aditivo, la mejor hidratación de las partículas de cemento, la reducción de agua y el aumento en el revenimiento del concreto fresco, conducen a una mayor compactación del concreto y esta aumenta la resistencia del mismo. Por lo que este aditivo se seguirá usando en las siguientes mezclas.

3.2.4 Estimación del efecto de la fracción fina en la mezcla.

Las mezclas 13,14,15,18,19 y 20 contienen diferentes cantidades de agregados pesados de origen andesítico provenientes de minas del D.F.; estas mezclas se usaron para determinar la influencia de la fracción fina de los agregados ligeros en el concreto estructural.

De esta forma se elaboraron las mezclas con el 100 y el 50 % de la fracción fina sustituida por arena andesítica densa, las No. 13, 18 y 14,19 con 300 y 400 Kg/m^2 respectivamente; las mezclas No. 15 y 20 fueron constituidas totalmente por agregados densos de origen andesítico, como parámetro de comparación de el concreto de agregados ligeros con el concreto comun hecho de agregados densos.

De este modo se sustituyo parcial o totalmente la arena ligera; en la mezcla No.13 se sustituyo totalmente la fracción fina por arena andesítica y se uso un contenido de cemento de 303 Kg./m^3 , obteniendose un esfuerzo de compresión de 119 Kg./cm^2 a los 28 días; mientras que para los mismos contenidos de cemento se obtubieron 77.4 y 178 Kg/cm^2 de esfuerzo a la compresión para las mezclas No.14 y 15 respectivamente, en la mezcla No.14 se sustituyo el 50% de la arena ligera por andesítica, y en la No.15 se emplearon solo agrgados densos, es decir se sustituyo totalmente grava y arena ligera por agregados andesíticos.

Para contenidos de cemento de 400 Kg/m^3 de concreto se realizaron las sigientes mezclas; con el 50% de arena ligera y el 50% de arena andesítica se obtuvo un esfuerzo de compresión a 28 días de 136 Kg/cm^2 con la mezcla No.19, para la mezcla No.18 se sustituyo totalmente la fracción fina ligera por andesítica obteniendose 154 Kg/cm^2 , en la mezcla No. 20 se emplearon unicamente agregados densos logrando 217 Kg/cm^2 .

En conclusión del grupo anterior de mezclas, es evidente que la fracción fina tiene un importante efecto en el comportamiento de la

mezcla y de el concreto fraguado; los esfuerzos de compresión a 28 días fueron de 77.4 y 138 Kg/cm² para 300 y 400 Kg/m³ de cemento para las mezclas con 50% de arena ligera y 50% de arena andesítica; comparando estos resultados con las mezclas No. 8 y No. 4, con contenidos de cemento de 303 Kg/m³ y resistencias a la compresión de 104.1 y 122.2 Kg/cm² respectivamente.

Atendiendo a los esfuerzos de compresión la fracción fina del agregado ligero tiene un buen comportamiento en la mezcla de concreto, dado que presenta esfuerzos semejantes a los que se obtuvieron en las mezclas hechas con agregados del D.F. de origen andesítico.

Cabe aclarar que las partículas de la fracción fina ligera presentan formas muy irregulares y superficies extremadamente abrasivas y rugosas, produciendo mezclas ásperas y poco trabajables, con elevados contenidos de cemento. Pero que estos efectos han sido disminuidos con el uso de aditivos superfluidificantes.

3.2.5 Variación en los contenidos de cemento empleando aditivos

La tabla No. 7 contiene los proporcionamientos de las mezclas definitivas variando los contenidos de cemento desde 250 hasta 500 kg/m³ de concreto, varia también el porcentaje entre agregados fino y grueso.

En el capítulo IV se analizan las propiedades de las mezclas contenidas en las tablas No. 6 y 7, resistencia a la compresión, resistencia a la tensión diametral y módulo elástico.

En la tabla No. 7 se modificó el método para el diseño de la mezcla a diferencia de la tabla No. 6, el proporcionamiento de agregados se realizó en volumen y no en peso. Se manejaron proporcionamientos en volumen que oscilan entre 45 y 55% de arena del contenido total de agregado que corresponden al 62 y 65% en peso. A diferencia del 55% de la arena que se estableció en la tabla No. 6.

De esta forma se logra con un mayor porcentaje de agregado fino, una mejor trabajabilidad del concreto, por lo que se facilita su compactación asegurando la mayor resistencia a la compresión en cilindros ensayados a 28 días de fraguados en cámara.

3.3 Conclusiones.

De este capítulo se puede concluir que las principales variables que afectan el proporcionamiento de mezclas de concreto con agregados ligeros, son las siguientes:

TABLA No. 6 MEZCLAS REPRESENTATIVAS DE PRUEBA.

| MEZCLA No. | AGREGADOS | | AGREGADO FINO % | CEMENTO TIPO I | ADITIVO | | AGUA Lit. m ³ | REVENIMIENTO cm. |
|-----------------|-----------|-------|-----------------|----------------|---------|-------|--------------------------|------------------|
| | GRUESO | FINO | | | CLASE | CANT. | | |
| 1 | 414 | 414 | 50 | 303 | | | 264 | 5 |
| 2 | 369 | 459 | 55 | 303 | | | 265 | 5 |
| 3 | 331 | 497 | 60 | 303 | | | 274 | |
| 4 | 369 | 459 | 55 | 303 | | | 320 | 10 |
| 4b ¹ | 369 | 459 | 55 | 303 | | | 345 | 12 |
| 5 | 376 | 460 | 55 | 303 | | | 351 | 5 |
| 6 | 376 | 460 | 55 | 304 | | | 351 | 16 |
| 7 | 376 | 460 | 55 | 304 | | | 320 | 10.5 |
| 8 | 376 | 460 | 55 | 304 | | | 354 | 10 |
| 9 | 376 | 460 | 55 | 304 | | | 210.6 | 9 |
| 10 | 376 | 460 | 55 | 304 | | | 263 | 7 |
| 11 | 399 | 488 | 55 | 303 | sikamen | 4.545 | 222 | 0 |
| 12 | 397 | 485 | 55 | 303 | festair | 2.43 | 392 | 12 |
| 13 | 441 | **441 | 50 | 303 | | | 355 | 10 |
| 14 | 441 | **221 | 50 | 303 | | | 375 | 5 |
| 15 | * 728 | *728 | 50 | 303 | | | 279 | 10 |
| 16 | 397 | 485 | 55 | 400 | sikamen | 8.0 | 353 | 12 |
| 17 | 397 | 485 | 55 | 400 | festair | 0.405 | 355 | 5 |
| 18 | 441 | 441 | 50 | 400 | | | 360 | 5 |
| 19 | 441 | **230 | 50 | 400 | | | 370 | 3 |
| 20 | * 728 | *728 | 50 | 400 | | | 315 | 14 |

NOTA: Las unidades de las tablas No. 6 y 7, están en Kg/m³ de concreto; así como las absorciones de los agregados ligeros, con 17.9 y 10.4% para grava y arena respectivamente; los aditivos empleados en las dos tablas se describen en el apéndice c.

* agregados densos de origen andesítico provenientes de minas del D.F.
** 50% de arena densa andesítica y 50% de arena ligera.

TABLA No. 7 MEZCLAS DEFINITIVAS PARA DIFERENTES CONTENIDOS DE CEMENTO

| MEZCLA No. | AGREGADOS | | AGREGADO FINO % | CEMENTO TIPO I | ADITIVO | | AGUA Lit. m ³ | REVENIMIENTO cm. |
|------------|-----------|-------|-----------------|----------------|---------|-------|--------------------------|------------------|
| | GRAVA | ARENA | | | CLASE | CANT. | | |
| 21 | 328 | 533 | 52 | 500 | sikamen | 19.00 | 325 | 12 |
| 22 | 326 | 533 | 52 | 450 | sikamen | 13.50 | 318 | 2.5 |
| 23 | 326 | 533 | 52 | 400 | sikamen | 12.00 | 312 | 3.5 |
| 24 | 306 | 564 | 55 | 350 | sikamen | 10.50 | 329 | 0.5 |
| 25 | 306 | 564 | 55 | 300 | sikamen | 9.00 | 311 | 0.0 |
| 26 | 322 | 594 | 55 | 300 | sikamen | 9.00 | 335 | 1.35 |
| 27 | 322 | 594 | 55 | 250 | sikamen | 7.50 | 341 | 1.0 |

NOTA: El aditivo empleada en esta tabla es sikament-100, descrito en el apéndice c.

- Cantidad de Agua
- Grado de saturación del Agregado Fino y Grueso
- Porcentaje de Agregado Fino
- Cantidad de Cemento
- Tipo de Aditivo

Solamente después de haber realizado varias mezclas de prueba se puede llegar a determinar con precisión la cantidad de los elementos que integran la mezcla. Es muy difícil de establecer parámetros generales para cualquier tipo de agregado ligero, en este caso lo que se puede establecer son recomendaciones en el procedimiento de diseño.

En este caso, se llegó a la conclusión de que el aditivo inductor de aire ayuda muy poco al diseño de la mezcla, las burbujas que se originan conducen a tener un concreto muy débil. Aunque su propósito original es el de disminuir el consumo de agua, el concreto endurecido muy poroso conduce a una baja resistencia estructural.

En cambio con el aditivo fluidizante mejoró apreciablemente la resistencia a compresión, con una buena trabajabilidad y consumo de agua

IV CARACTERISTICAS MECANICAS DEL CONCRETO CON AGREGADOS LIGEROS

4.1 INTRODUCCION.

Las densidades de los concretos elaborados en esta tesis varían de 1200 a 1640 Kg/m³, según la cantidad de cemento empleado en la mezcla.

La tabla No. 8 en la página siguiente, contiene los resultados de las pruebas de compresión de las 26 mezclas índice de esta tesis, analizadas en el capítulo 000.

De las 6 últimas mezclas se obtuvieron sus módulos elásticos. en la figura No. 4 se presentan los diagramas de esfuerzo-deformación de dichos módulos.

Los resultados de la prueba Brasileña de tensión diametral y su correspondiente módulo elástico están contenidos también en la tabla No. 8 de tal forma que esta resume toda la información que de este capítulo se vierte. Para una más clara presentación de los resultados, toda la información de la tabla se agrupa en gráficas que analizan por separado cada concepto de la tabla.

4.2 Análisis de resultados.

En la tabla No. 8 se resume toda la información de este inciso, propiedades mecánicas de los cilindros de concreto ligero y de las propiedades físicas más relevantes de la mezcla y de sus agregados.

4.2.1 Resistencia a la compresión

En los ensayos realizados para esta prueba se utilizaron cilindros standard de 15 cm. de diámetro por 30 cm. de altura, fraguados en cámara húmeda y probados a la edad de 28 días.

Estos cilindros fueron cabeceados con azufre, para lograr superficies lisas y completamente paralelas en ambos extremos del cilindro.

Todos los cilindros se ensayaron a compresión en la máquina Universal Baldwin de la facultad de ingeniería de la U.N.A.M., en el rango de 50 toneladas. Estas pruebas de compresión se realizaron de acuerdo a la norma NOM-C-129-1993 de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

TABLA No. 8. CARACTERISTICAS MECANICAS DEL CONCRETO LIGERO.

| MEZCLA No. | CONTENIDO CEMENTO Kg/m | RELACION AGUA/CEMENTO TOTAL | MASA HUMEDA Kg/m | RESISTENCIA COMPRESION Kg/cm ² | RESISTENCIA TENSION Kg/cm ² | MODULO ELASTICO Kg/cm ² |
|------------|------------------------|-----------------------------|------------------|---|--|------------------------------------|
| 1 | 303 | 0.87 | | 57 | | |
| 2 | 303 | 0.87 | | 102.5 | | |
| 3 | 303 | 0.90 | | 92.2 | | |
| 4 | 303 | 1.056 | | 122.2 | | |
| 4bis | 303 | 1.139 | | 103 | | |
| 5 | 303 | 1.158 | | 93.4 | | |
| 6 | 304 | 1.155 | | 85 | | |
| 7 | 304 | 1.072 | | 93.4 | | |
| 8 | 304 | 1.164 | | 104.12 | | |
| 9 | 304 | 1.051 | | 92.8 | | |
| 10 | 304 | 1.194 | | 70 | | |
| * 11 | 303 | 1.083 | | 133 | | |
| + 12 | 303 | 1.261 | | 64 | | |
| † 13 | 303 | 1.073 | | 119 | | |
| † 14 | 303 | 1.238 | | 77.4 | | |
| **15 | 303 | 0.921 | | 178 | | |
| * 16 | 400 | 0.8825 | | 185 | | |
| + 17 | 400 | 0.89 | | 100 | | |
| † 18 | 400 | 0.9 | | 154 | | |
| † 19 | 400 | 0.925 | | 138 | | |
| **20 | 400 | 0.7875 | | 217 | | |
| * 21 | 500 | 0.653 | 1650 | 261.2 | 22.65 | 113322 |
| * 22 | 450 | 0.707 | 1575 | 232 | 22.2 | 104928 |
| * 23 | 400 | 0.7797 | 1500 | 209.4 | 22.07 | 91891 |
| * 24 | 350 | 0.9405 | 1430 | 180.2 | 18.6 | 78504 |
| * 25 | 300 | 1.0356 | 1365 | 159.3 | 18.84 | 73431 |
| * 25 | 250 | 1.3625 | 1300 | 118.0 | 12.6 | 59059 |

* aditivo sikament + aditivo festaire ** aditivo sikament-100.

† 100% agregado fino andesítico; ** 50% arena andesítica 50% arena ligera

*** 100% agregado fino y grueso de origen andesítico

NOTA : Las pruebas de compresión, tensión y módulo elástico, fueron hechas en cilindros curados en cámara, a la edad de 28 días.

Cabe destacar de las resistencias obtenidas en todos los cilindros ensayados, que varían, de acuerdo a los siguientes parámetros :

- grado de compactación del concreto fresco
- tipo de aditivo empleado
- trabajabilidad del concreto fresco
- cantidad de cemento
- proporcionamiento de agregados
- relacion agua cemento
- densidad del concreto
- tipo de agregados

Las más altas resistencias a la compresión obtenidas con agregados

ligeros fueron las 6 últimas mezclas de la tabla No. 8, donde se utilizó un aditivo superfluidizante de alto rango, sikamen-100. Que le provoca al concreto un aumento en la trabajabilidad sin aumentar el agua de la mezcla, de tal forma que se obtiene la mejor trabajabilidad del concreto con la más baja relación agua-cemento. De esta forma se producen concretos más densos y pesados con una mayor resistencia a compresión, las figuras No. 5 y 6 hacen una comparación de estos parámetros con respecto a relaciones teóricas para concretos de peso normal.

El efecto en la resistencia entre los dos aditivos superfluidizantes empleados, es que el sikamen induce resistencias del 84% de las que se producen al utilizar el aditivo sikamen-100, para contenidos de 303 Kg de cemento por m^3 de concreto. Para contenidos de 400 Kg sikamen produce resistencias del 88% de las que se obtienen con sikamen-100.

La diferencia en las resistencias se debe al mayor efecto de superfluidéz y reducción de agua que tiene el aditivo sikamen-100 sobre el aditivo sikamen.

La norma ASTM C-330 indica un límite mínimo para resistencias a la compresión en concretos ligeros, para un concreto con un peso volumétrico seco de $1600 \text{ Kg}/m^3$ su resistencia mínima deberá ser de $170 \text{ Kg}/cm^2$ condición que cumple con holgura, ya que la mezcla No. 23 con un peso de $1500 \text{ Kg}/m^3$ presenta una resistencia a la compresión de $210 \text{ Kg}/cm^2$.

De lo anterior se puede concluir que el aditivo sikamen-100, que es elaborado a base de polímeros, es el aditivo que más alta resistencia a compresión obtuvo con los agregados ligeros estudiados en esta tesis, por lo que se recomienda su empleo para la elaboración de concreto ligero estructural con estos agregados.

4.2.2 Resistencia a tensión.

Las pruebas de tensión diametral se realizaron en la máquina universal Baldwin de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., de acuerdo con lo establecido en la norma Resistencia a la Tensión por Compresión Diametral NOM-C-163-1986, que establece la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Las 6 últimas mezclas de la tabla No. 8 fueron las únicas a las que se les realizó esta prueba, por ser estas las mezclas definitivas.

Las mezclas 21, 22 y 23, presentan resistencias a tensión de 22.65, 22.2 y $22.07 \text{ Kg}/cm^2$, respectivamente, mayores de las que marca la norma ASTM C-330 como mínimas para concreto ligero estructural (para un peso volumétrico de $1600 \text{ Kg}/m^3$, este límite es de $20 \text{ Kg}/cm^2$). En lo

FIGURA No.5, CURVA f'_c -RELACION AGUA LIBRE/CEMENTO

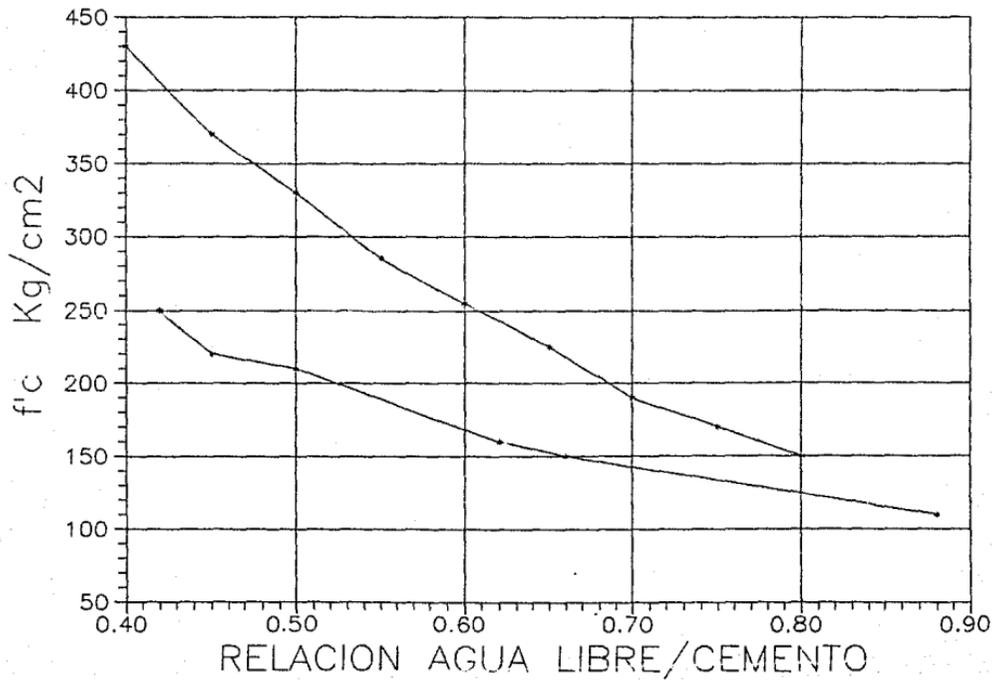
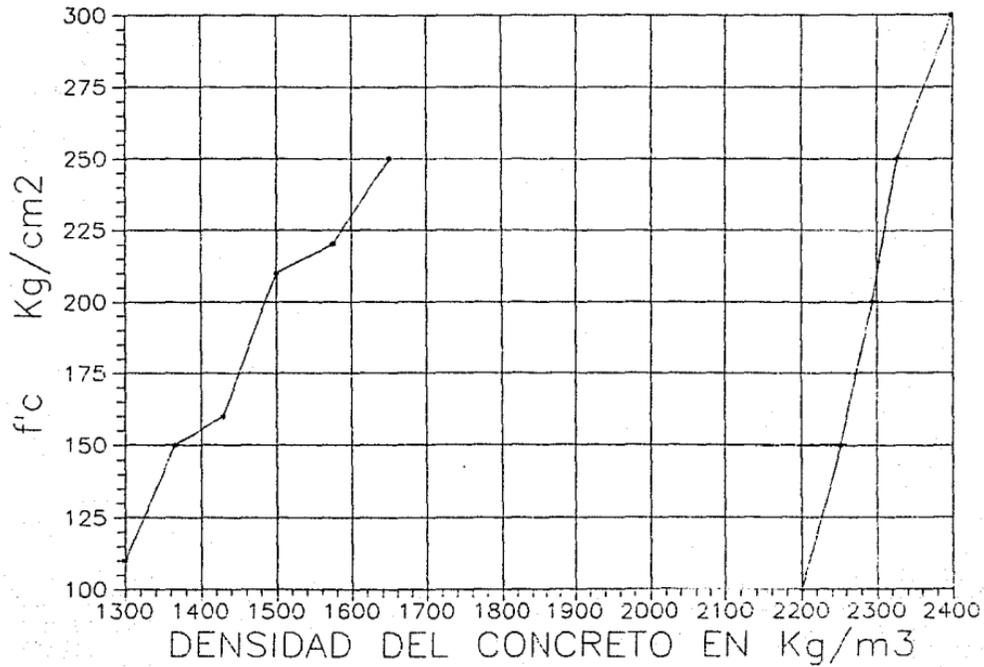


FIGURA No.6, CURVA RESISTENCIA - DENSIDAD



que corresponde a las mezclas 24.25 y 26; presentan resistencias a tensión diametral de 18.6, 18.84, 12.8 Kg/cm² respectivamente, con pesos volumétricos de 1430, 1365 y 1300 Kg/m³ respectivamente.

Estas son sensiblemente más ligeras que las tres primeras.

Comparando el valor mínimo que marca la norma ASTM C-330 en la tabla No. 9, estas últimas mezclas no pasan esta revisión.

4.2.3 Módulo elástico.

El módulo elástico tiene especial importancia para la construcción de concreto ligero tipo estructural a causa de su efecto sobre las deformaciones en los miembros sometidos a flexión, sobre la distribución de los esfuerzos internos en la sección transversal de los miembros a compresión, donde el valor menor de dicho módulo tiene una influencia desfavorable. Por otro lado, la resistencia de los miembros de concreto ligero a cargas de impacto puede ser aumentado por su módulo de elasticidad menor.

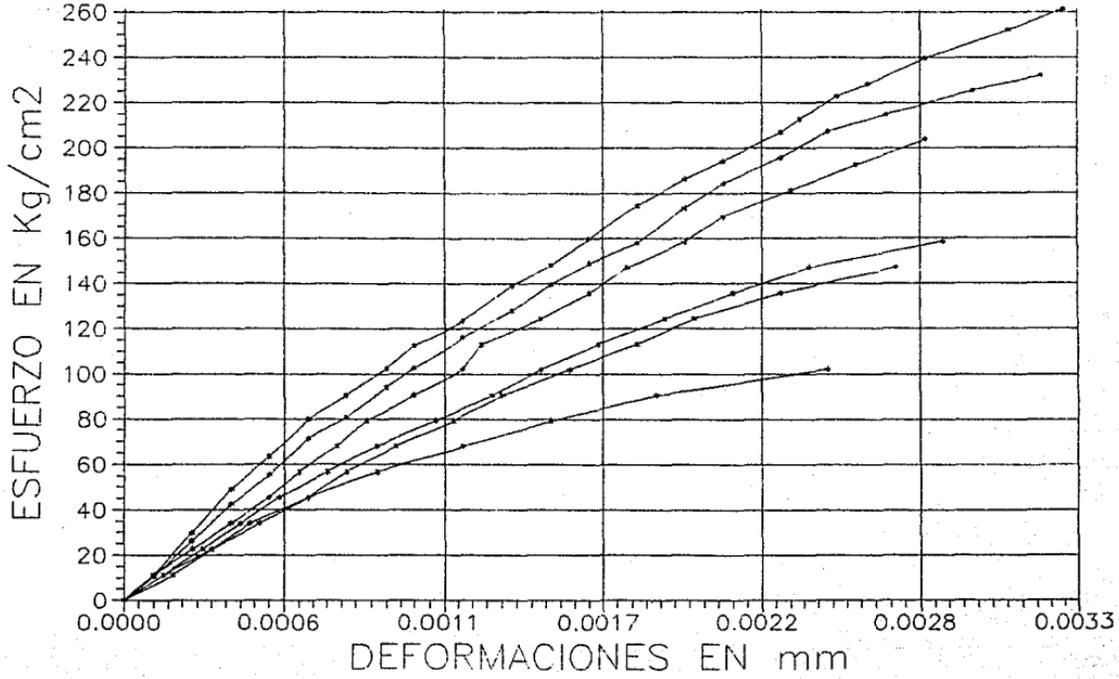
El módulo de elasticidad se incrementa con la resistencia en cilindros y con la densidad del concreto. En las mezclas realizadas el módulo varía entre 0.69 y 1.13 X 10⁵ Kg/cm² para diferentes resistencias. Los módulos elásticos contenidos en la tabla NO. 8 son analizados y comparados con los obtenidos para concreto de peso normal en la tabla No. 9 en donde se analiza la relación que existe entre ellos, así como los módulos elásticos mínimos que marca el reglamento del D.F. para concretos ligeros estructurales.

TABLA No. 9 MODULOS ELASTICOS DE CONCRETO DE PESO LIGERO Y NORMAL

| PESO VOLUMETRICO Kg/m ³ | RESISTENCIA f'c Kg/cm ² | CONCRETO | MODULOS MIN. | CONCRETO |
|--|--|------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | LIGERO Kg/cm ² | CONCRETO LIGERO ESTRU | NORMAL Kg/cm ² |
| 1300 | 110 | 69069 | 68824 | 0.82 |
| 1365 | 150 | 73431 | 86471 | 0.75 |
| 1430 | 180 | 78504 | 95762 | 0.78 |
| 1500 | 210 | 91891 | 117862 | 0.79 |
| 1575 | 220 | 104928 | 129795 | 0.88 |
| 1650 | 250 | 113322 | 149362 | 0.9 |

La fórmula del reglamento del D.F. para módulos elásticos mínimos en concretos de peso normal utilizada en la tabla No. 9, es:

FIGURA No.4 DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACION MEZCLAS No.21,22,23,24,25 y 26



$$E = 8000 \times \sqrt{f'c}$$

La formula de especificaciones ACI para modulos elásticos mínimos en concretos ligeros estructurales utilizada en la tabla No.9, es:

$$E = \sqrt{f'c}^3 \times 0.14 \times \sqrt{f'c}$$

4.3 Comentarios.

Para concluir el analisis de resultados de las pruebas de compresión, tensión y módulo elástico se resumirá la información de las mezclas definitivas en la tabla No.10 y se discutirán las figuras No.5, 6 y 7. Que presentan las curvas: resistencia a compresión-densidad, f'c-relacion agua/cemento y la curva f'c-contenidos de cemento respectivamente.

TABLA No.10 PRUEBAS MECANICAS EN LAS MEZCLAS DEFINITIVAS

| No. DE MEZCLA | CONTENIDO CEMENTO Kg/m ³ | RELACION A/C (LIBRE) | PESO VOL. HUMEDO Kg/m ³ | RESISTENCIA COMPRESION Kg/cm ² | RESISTENCIA TENSION Kg/cm ² | MODULO ELASTICO Kg/cm ² |
|---------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| 21 | 500 | 0.42 | 1650 | 250 | 22.65 | 113322 |
| 22 | 450 | 0.45 | 1575 | 220 | 22.2 | 104928 |
| 23 | 400 | 0.49 | 1500 | 210 | 23.07 | 91891 |
| 24 | 350 | 0.52 | 1430 | 160 | 18.6 | 78504 |
| 25 | 300 | 0.65 | 1365 | 150 | 16.84 | 73431 |
| 26 | 250 | 0.88 | 1300 | 110 | 15.8 | 59059 |

NOTA : En todas las mezclas de esta tabla se utilizo el aditivo super-fluidizante sikamen-100.

De la tabla anterior se puede concluir que las mezclas contenidas en ella, son estructuralmente capaces de resistir cargas de compresión y tensión que cumplen con el reglamento del D.F. y con la norma establecida por el organismo Norteamericano ASTM en su designación C-330.

En lo que respecta a módulos elásticos, unicamente las dos ultimas mezclas cumplen con los límites mínimos establecidos para concreto ligero. Las cuatro primeras mezclas de concreto de esta tabla quedan por de bajo de las especificaciones mencionadas, de tal manera que las mezclas con mayor resistencia no cumplen con lo establecido por el

reglamento del D.F. en terminos de módulo elástico.

En la figura No.5 se muestra la curva que relaciona la resistencia a la compresión de cilindros, con la densidad del concreto de tal forma que se tienen resistencias de 110 a 250 Kg/cm² para densidades húngas que varían de 1300 a 1650 Kg/m³.

La relación que existe entre el concreto ligero y el concreto de agregados de peso normal es de 0.6, es decir hay una reducción en peso de un 40%, si sustituimos al concreto de peso normal por un concreto de agregados ligeros.

La figura No.6 indica la relacion que existe entre la resistencia y la relación agua libre cemento y la compara con una relación similar para concreto normal. Cabe destacar que para resistencias de 150 Kg/cm² o menores, estas son muy semejantes entre los dos tipos de concreto.

Del analisis anterior cabe señalar que las mezclas 25 y 26 con resistencias de 150 y 110 Kg/cm² respectivamente, tienen para resistencias semejantes con el concreto normal las mismas relaciones agua/cemento.

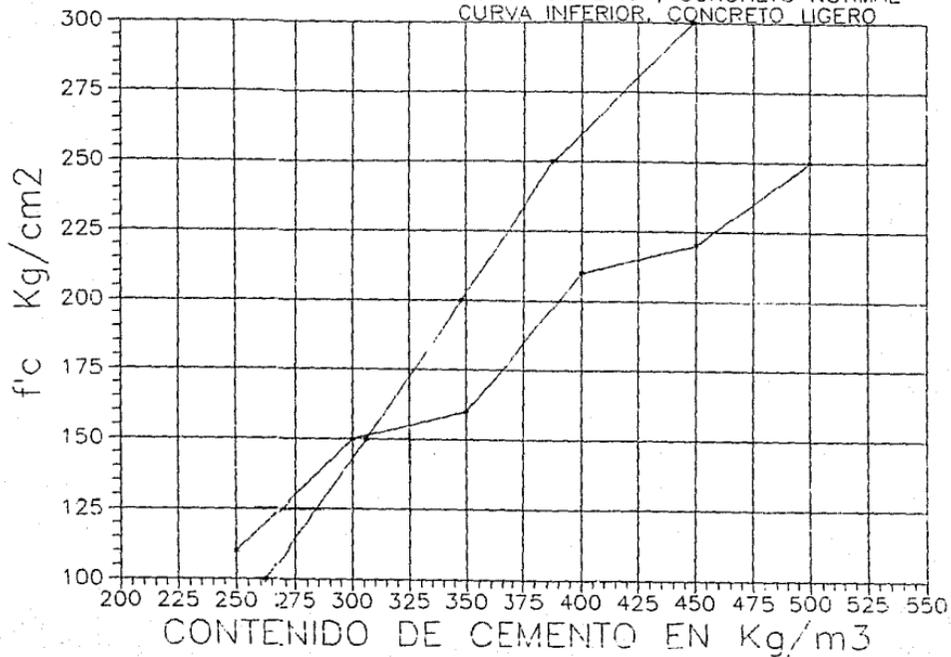
De la grafica No.7 puede destacarse algo muy semejante a lo ocurrido en la grafica No.6, pues las mezclas 25 y 26 presentan para las mismas resistencias a la compresión, menores contenidos de cemento.

Para condensar toda la información con la consecuente conclusión a este capitulo se presenta a continuacion la tabla No.11, en la que se especifica el cumplimiento o no del reglamento del D.F. para concretos ligeros estructurales.

TABLA No.11 MEZCLAS QUE PASAN LA REVISION DE NORMAS Y REGLAMENTOS.

| MEZCLA No. | RESISTENCIA EN COMPRESION ASTM-C-330 | RESISTENCIA EN TENSION ASTM-C-330 | MODULO ELASTICO REGLAMENTO DEL D.F. |
|------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 21 | si | si | no |
| 22 | si | si | no |
| 23 | si | si | no |
| 24 | si | no | no |
| 25 | si | no | no |
| 26 | no | no | si |

FIGURA 116.7, CURVA f'_c -CONTENIDO DE CEMENTO
CURVA SUPERIOR, CONCRETO NORMAL
CURVA INFERIOR, CONCRETO LIGERO



V CONCLUSIONES

Retomando el objetivo de esta tesis para orienter las conclusiones tenemos que, es el de estudiar un tipo de agregado ligero cuyas propiedades físicas no son conocidas, para determinar si es posible utilizar este agregado en concretos estructurales.

De esta manera y con base en la investigación en el comportamiento del concreto de agregados ligeros desarrollada en esta tesis se puede concluir lo siguiente :

La característica más evidente de este concreto ligero es, por supuesto su densidad, la cual es en promedio 40% menor que la del concreto ordinario.

Las ventajas de tener materiales con baja densidad son muy numerosas; por ejemplo: la reducción de las cargas muertas que simplifica el diseño de la estructura misma, la reducción de las reacciones horizontales que se presentan con la acción de los sismos, la reducción del peso que gravita sobre la cimentación simplifica el diseño de la misma.

Los agregados ligeros para concreto estructural analizados en esta tesis cumplen los requisitos de ligerosa de masa, no contienen sustancias deletereas, impurezas orgánicas ni arcillas. Las granulometrias y módulos de finura analizados cumplen con los límites que a este respecto se han establecido.

Estos agregados en estado natural, cumplen con todos los requisitos marcados por las normas ASTM, ACI y por la NOM C-299.

El unico proceso artificial al que se somete el agregado es un cribado que permite deshechar los fragmentos mayores de 3/4U y clasificar los fragmentos menores por tamaño de grano, para controlar su granulometria.

En el diseño de la mezcla de concreto con estos agregados se determinaron las principales variables que afectan el proporcionamiento de esta, a continuación se presenta un listado de las variables más importantes :

- cantidad de agua.
- grado de saturación del agregado fino y grueso
- porcentaje de agregado fino.
- cantidad de cemento.
- tipo de aditivo.

Una vez realizados varios grupos de mezclas, se pudo determinar con precisión la cantidad de los elementos que integran la mezcla.

Es muy difícil establecer parámetros generales para cualquier tipo de concreto con agregados ligeros, en este caso lo que se puede establecer son recomendaciones en el procedimiento de diseño.

Se llegó a la conclusión; que el aditivo inductor de aire baja la resistencia del concreto, ya que la inclusión de aire reduce área específica en él. Aun que el propósito original de este es disminuir el consumo de agua y aumentar la trabajabilidad en la mezcla, el concreto endurecido queda muy poroso condición que baja su resistencia estructural.

En cambio el aditivo superfluidizante de rango medio produce mezclas de mayor resistencia estructural cumpliendo los requisitos de reducción de agua en la mezcla y aumento de la trabajabilidad del concreto fresco.

El aditivo superfluidizante de alto rango produjo mezclas 13.5% más resistentes que cuando se utilizaron aditivos superfluidizantes de rango medio. Por lo que se utilizó en forma definitiva.

La mezcla que cumple con el requisito de resistencia a tensión y compresión establecido por la norma ASTM C-330, con el menor consumo de cemento, es la mezcla No. 23 con un contenido de cemento de 400Kg/m^3 de concreto, una resistencia a compresión de 210Kg/cm^2 , una resistencia a tensión de 22.07Kg/cm^2 y un peso volumétrico húmedo de 1500Kg/m^3 .

En lo que respecta a las mezclas 24, 25 y 26; no cumplen con la norma ASTM C-330, para concreto ligero estructural. Estas son por sus bajos pesos volumétricos y sus bajos consumos de cemento una inmejorable opción para la elaboración de productos prefabricados de concreto, como son: bloques, tabicón, bovedilla, adocretos, etc.

VI BIBLIOGRAFIA

- 1 CONCRETO LIGERO
Andrew Short
William Kinniburgh
Ed. Limusa, México 1990
- 2 TECNOLOGIA DEL CONCRETO
A. M. Neville
tomos I, II y III.
Ed. Limusa, México 1988
- 3 ESTUDIO DE CONCRETOS LIGEROS
Manuel Mena Ferrer
Instituto de Ingenieria UNAM.
Agosto de 1987.
- 4 STANDARD PRACTICE FOR SELECTING PROPORTIONS FOR STRUCTURAL
LIGHTWEIGHT CONCRETE
American Concrete Institute
ACI Standard 211.2-81
Reported by ACI Committee 211 (1981)
- 5 LIGHTWEIGHT AGGREGATES FOR STRUCTURAL CONCRETE
American Society for Testing and Materials
Standard Specification
ASTM: C 330 (1987)
- 6 CARTILLA DEL CONCRETO
IMCYC México 1985
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
ACI-SP1 1973
- 7 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO
IMCYC México 1982
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
ACI-704 1973
- 8 GUIA PARA EL EMPLEO DE ADITIVOS EN EL CONCRETO
IMCYC México 1981
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
ACI-212 1971
- 9 ADITIVOS SUPERFLUIDIFICANTES PARA CONCRETO
IMCYC México 1981
CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION 1976

- 10 CURADO DEL CONCRETO
IMCYC México 1983
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE 1981
- 11 NORMAS OFICIALES MEXICANAS
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
Dirección General de Normas
- NOM C-30-1986 Muestreo de Agregados
- NOM C-77-1987 Análisis Granulométrico. Método de Prueba
- NOM C-105-1987 Determinación de la Masa Volumétrica del Concreto ligero
- NOM C-128-1982 Concreto sometido a Compresión. Módulo Elástico
- NOM C-158-1988 Revenimiento en el Concreto Fresco
- NOM C-159-1985 Elaboración del concreto y Curado en el Laboratorio
- NOM C-163-1988 Resistencia a la Tensión por Compresión Diametral
- NOM C-164-1988 Masa Específica y Absorción del Agregado Grueso
- NOM C-165-1984 Masa Específica y Absorción del Agregado Fino
- NOM C-299-1987 Concreto Estructural de Agregados Ligeros

APENDICE A NORMAS

NOM C-30-1986

MUESTREO DE AGREGADOS

Esta norma establece el muestreo de agregados que se utilizan en la investigación preliminar de fuentes potenciales de suministro, el control de los agregados en la fuente de abastecimiento; el control de las operaciones en el sitio de uso y la aceptación o rechazo de los agregados.

El muestreo es tan importante como el ensayo, por lo que en él, deben tomarse todas las precauciones necesarias para que la muestra resulte representativa de la fuente de abastecimiento.

Las fuentes de abastecimiento de agregados son depósitos fluviales, eólicos, de glaciación, volcánicos, marítimos, lacustres, canteras, almacenes de plantas de procesamiento o fabricación de agregados artificiales. Estos bancos de origen natural son depósitos de materiales fragmentados que posteriormente fueron cubiertos por otros.

Las arenas y gravas volcánicas suelen encontrarse en las faldas de los volcanes y están formadas por cenizas, basaltos y tobas porosas.

A fin de obtener muestras representativas de un determinado yacimiento, es de mucha importancia efectuar la operación de muestreo.

El muestreo en tajos a cielo abierto se hace cuando el yacimiento tiene un frente de ataque, la muestra debe tomarse de este, haciéndole canales verticales en el espesor útil, los cuales deben localizarse equidistantes, dependiendo su separación de la magnitud y homogeneidad del yacimiento. Para evitar contaminación, se debe evitar todo el material de despalme y aquel que haya escurrido sobre el frente. Las muestras simples del frente deben tomarse en cantidades aproximadamente iguales, desde la parte superior hasta la parte inferior de los estratos que lo componen en los diferentes canales, mezclándose estas muestras simples para formar una muestra compuesta de cada estrato; esta operación se repite las veces que sea necesario hasta obtener la muestra representativa del yacimiento; véase la figura No.1 de la página No.9.

El mínimo de muestras de campo de la producción debe ser suficiente para que los resultados de las pruebas sean confiables. El tamaño de las muestras de campo debe ser tentativamente de 100 Kg como masa mínima en arena y de 150 Kg de masa mínima en grava. Estas cantidades varían según el tipo y número de pruebas a las cuales se van a sujetar.

Para el caso de agregados ligeros estas masas deben multiplicarse por 0.85.

La localización del yacimiento debe referirse al kilometraje del camino más próximo, indicando el sentido y longitud de la desviación, o refiriéndolo a obras, cerros, ríos, pueblos o puntos perfectamente definidos o identificables.

NOM C-105-1987

DETERMINACION DE LA MASA VOLUMETRICA DEL CONCRETO LIGERO ESTRUCTURAL

Esta norma establece el método para la determinación de la masa volumétrica del concreto ligero estructural fresco (frección mezclado), así como del secado al aire. Este método determina directamente la masa volumétrica del concreto ligero fresco, para controlar su colocación, y la masa volumétrica del concreto ligero seco al aire, a la edad de 28 días, para verificar que se cumplan los requisitos del diseño estructural.

La masa volumétrica fresca se determina por m^3 de concreto fresco usando un mínimo de 3 especímenes cilíndricos de 150 por 300 mm. Para este método se determina la masa y el volumen de cada molde cilíndrico antes de llenarlos; se determina la masa de los especímenes recién moldeados y se calcula la masa neta del concreto de cada espécimen, restándole la masa del molde. Para este cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$MVF = M \cdot V$$

donde:

MVF = masa volumétrica del concreto fresco.

M = masa de la mezcla de concreto fresco del cilindro, Kg.

V = volumen del molde cilíndrico, en m^3

La masa volumétrica del concreto, determinada por este método, debe ser el promedio de tres determinaciones que no varíen en más del 2% de el promedio.

La masa volumétrica seca al aire, es la masa por unidad de volumen de un espécimen de concreto ligero, curado en cámara durante 7 días, sin pérdida ni ganancia de humedad, a una temperatura de 16 a 27°C e inmerso en agua durante las 24 hrs. posteriores al curado en cámara, al cabo de las cuales se determinan sus pesos sumergidos (Pa), luego se sacan los cilindros, se secan superficialmente y rápidamente se determinan las masas de los especímenes en condición de saturados y superficialmente secos (Mss).

Se secan los especímenes durante 21 días, en una atmósfera con humedad relativa del 45 al 55% a una temperatura de 21 a 25°C. Se determina la masa de los especímenes y se calcula la masa volumétrica seca al aire (Mv), en Kg./ m^3 de concreto con la siguiente ecuación:

$$Mv = (Ms/Mss - Pa) \times 1000$$

Donde:

Ms = masa del espécimen de concreto, secado al aire a 28 días, Kg.

Esta prueba se determina en cilindros de 150 por 300 mm., los especímenes se elaboran de acuerdo a la NOM-C-159. Y se cubren con cualquier hoja de material impermeable al agua.

NOM-C-164-1986

DETERMINACION DE LA MASA ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO

Esta norma establece el método de prueba para la determinación de la masa específica y absorción del agregado grueso.

La masa específica puede expresarse como masa específica saturada superficialmente seca y como masa específica seca.

Una porción del agregado seco se sumerge en agua aproximadamente 24 h. con una tolerancia de ± 4 h. con el fin de saturarlo, se seca superficialmente con una franela o papel absorbente. Se toma una muestra a la cual se le determina el volumen sumergiéndola en agua. A la misma muestra u otra de la misma porción se le determina su masa inicialmente, se seca a masa constante y se registra. Con estos datos se pueden calcular las masas específicas y la absorción de agua.

Método del picnómetro de sifón. debe llenarse este con agua y se deja que sifonee hasta que ya no salga agua. Se determina la masa de la muestra saturada y superficialmente seca (M_{ss}). Se tapa la salida del sifón y se va introduciendo la muestra evitando que arrastre burbujas de aire. Cuando la superficie libre del agua quede tranquila, se destapa el sifón y se recibe el agua en una probeta graduada en un frasco tarado, este volumen (V_a) se mide en la probeta o bien se determina su masa cuando se recibe en el frasco tarado. La masa específica se calcula la siguiente fórmula :

$$M_{ss} = M_{ss}/V_a$$

En donde :

M_{ss} = la masa específica ss en Kg/dm^3 .

Para la determinación de la absorción se toma el total de la muestra o cada una de las fracciones empleadas en la determinación de la masa específica y se seca a masa constante a una temperatura de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$; se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina su masa M_s .

En cada caso la absorción se calcula con la formula siguiente :

$$A = ((M_{ss} - M_s) / M_s) \times 100$$

En donde :

A = la absorción, expresada en por ciento de la masa seca hasta décimos.

M_s = la masa seca en Kg .

NOM-C-185-1984
 MASA ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGUA DEL AGREGADO FINO
 METODO DE PRUEBA

Esta norma establece el método de prueba para la determinación de la masa específica aparente del agregado fino saturado y superficialmente seco y la absorción de agua del agregado fino. Estos datos se emplean para el cálculo y la dosificación del concreto hecho con cemento portland.

La masa específica del agregado fino se determina mediante el siguiente método: se determina la masa del picnómetro lleno con agua hasta su nivel de aforo y secado superficialmente "C".

Se determina la masa de un volumen de la muestra, ya preparada sss cuyo volumen sea entre uno o dos tercios del picnómetro que se va a emplear, "D". Esta misma se introduce en el picnómetro y se agrega agua hasta que cubra la muestra en exceso. El picnómetro bien tapado, se gira agita e invierte para eliminar todas las burbujas de aire. Se ajusta a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$; después se llena con agua hasta el nivel de aforo, se seca superficialmente y se determina su masa con una aproximación de 0.1 % de la masa de la muestra empleada "E".

Se toma otra muestra con una masa no menor de 200 gr. sss, se determina su masa "F" y se seca a masa constante a una temperatura de 100 a 110°C, se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina su masa "G".

La masa específica saturada superficialmente seca, se calcula con la siguiente fórmula: $ME_{SSS} = D / (C+D-E)$

En donde: ME_{SSS} es la masa específica saturada superficialmente seca en g/cm.³

La absorción se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = (CF - G) / G \times 100$$

En la que:

A = porcentaje de absorción en base a la masa del agregado seco.

F = masa de la muestra saturada superficialmente seca, en gr.

G = masa de la muestra seca.

La masa específica seca se calcula con la siguiente fórmula:

$$ME_s = ME_{SSS} / (1 + (A / 100))$$

En la que:

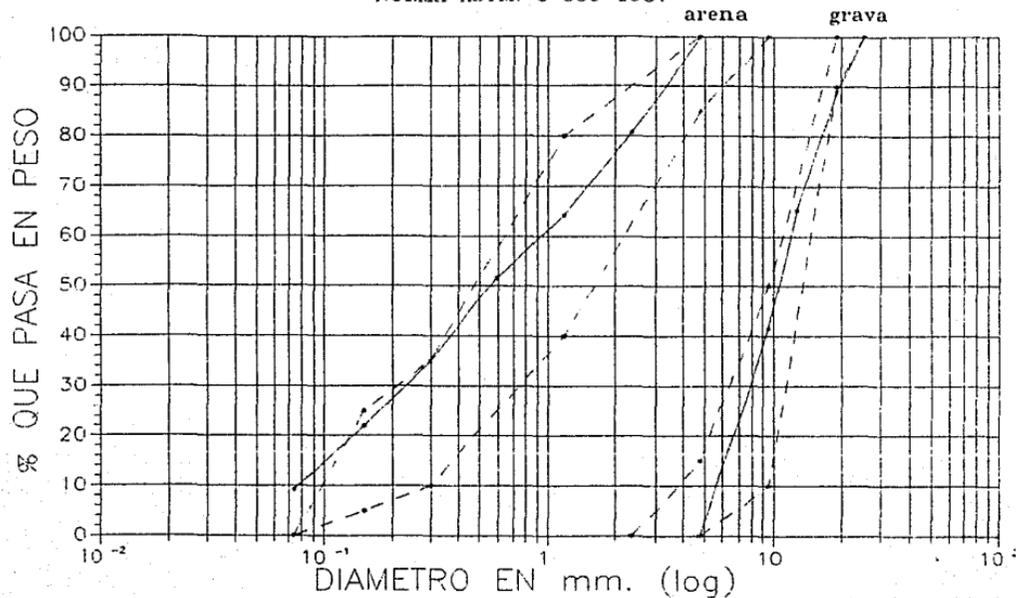
ME_s = masa específica seca, en g/cm.³

ME_{SSS} = masa específica saturada y superficialmente seca, en g/cm.³

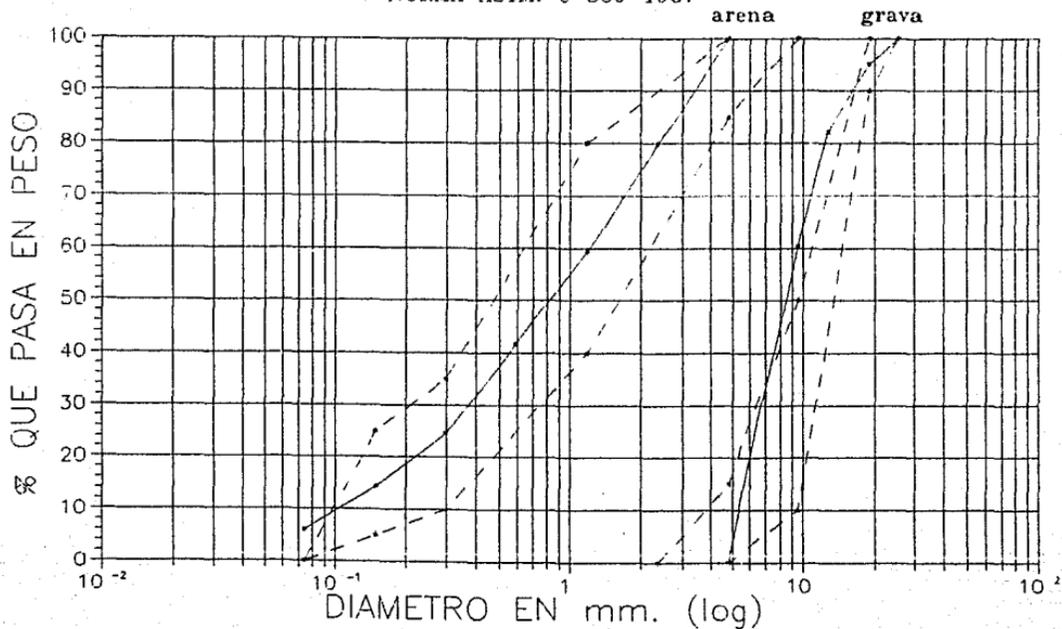
A = porcentaje de absorción

APENDICE B CURVAS GRANULOMETRICAS

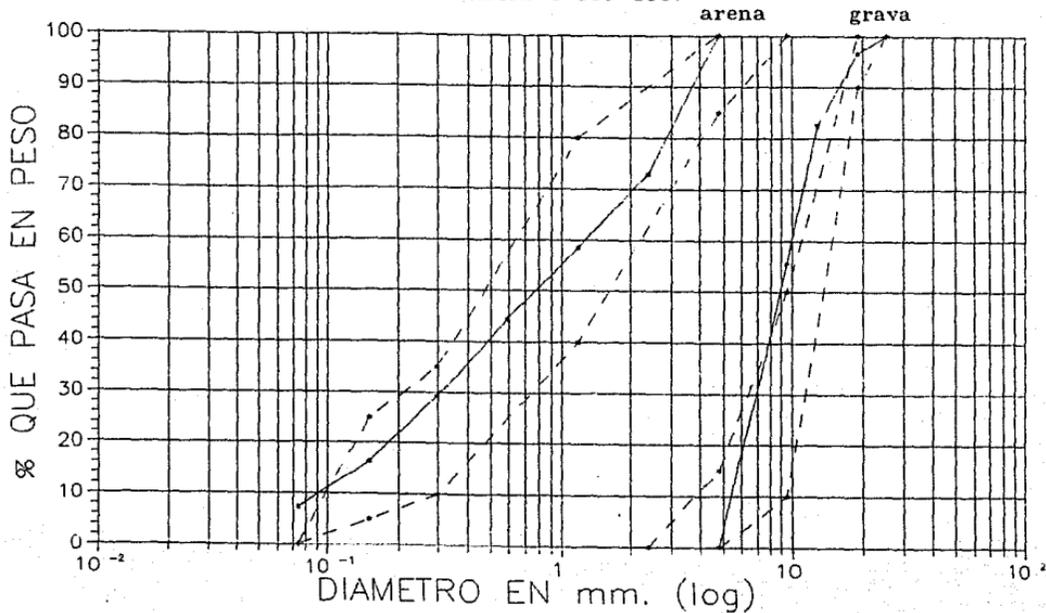
GRANULOMETRIA No.1 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987



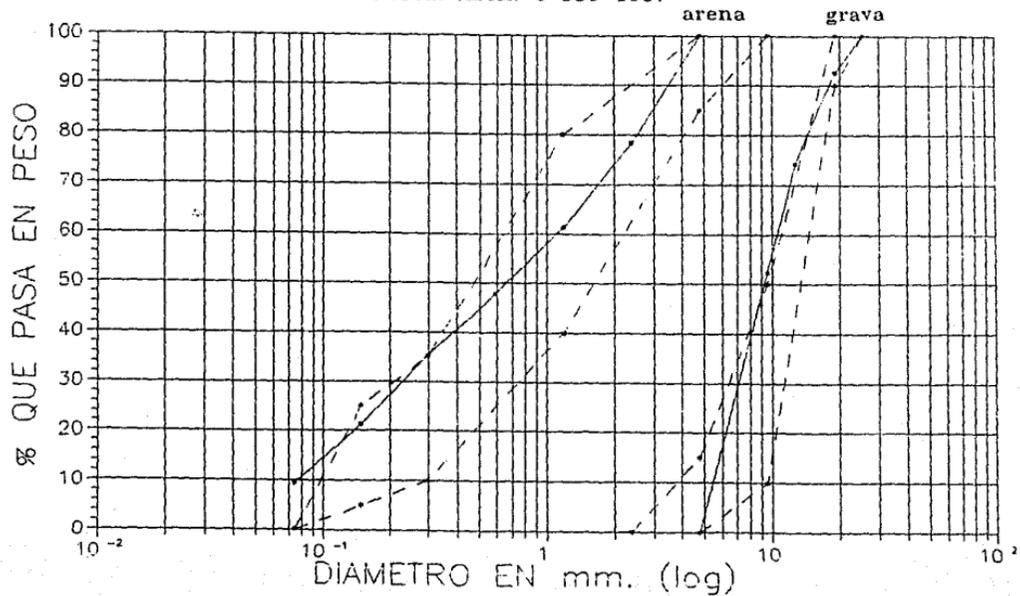
GRANULOMETRIA No.2 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987



GRANULOMETRIA No.3 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987

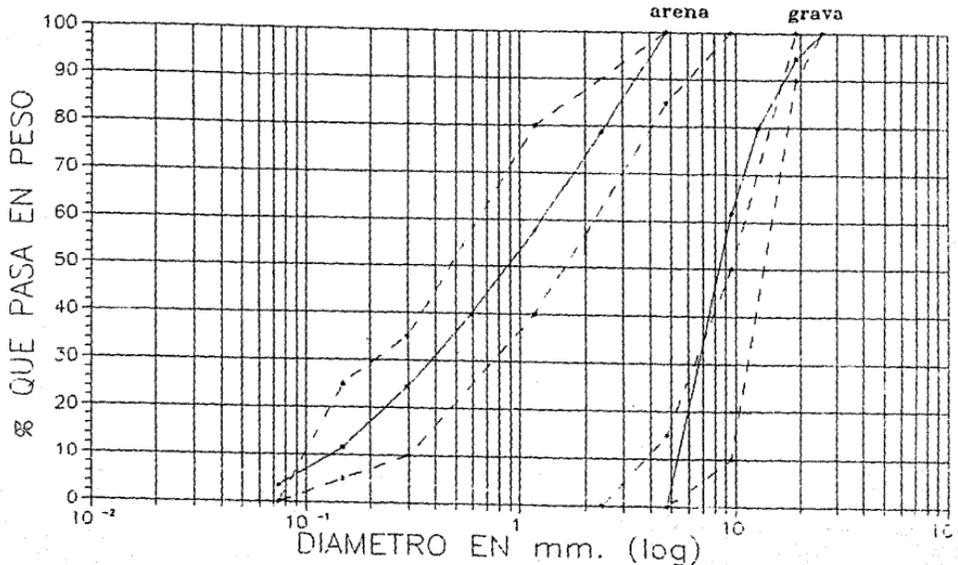


GRANULOMETRIA No.4 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987

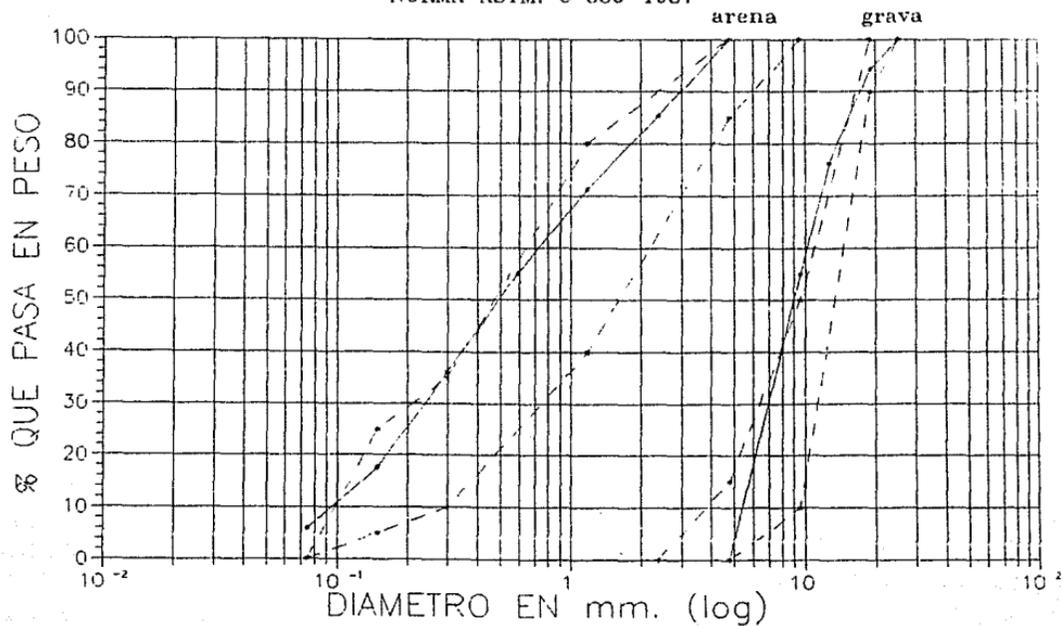


ESTA TIENE M7 DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

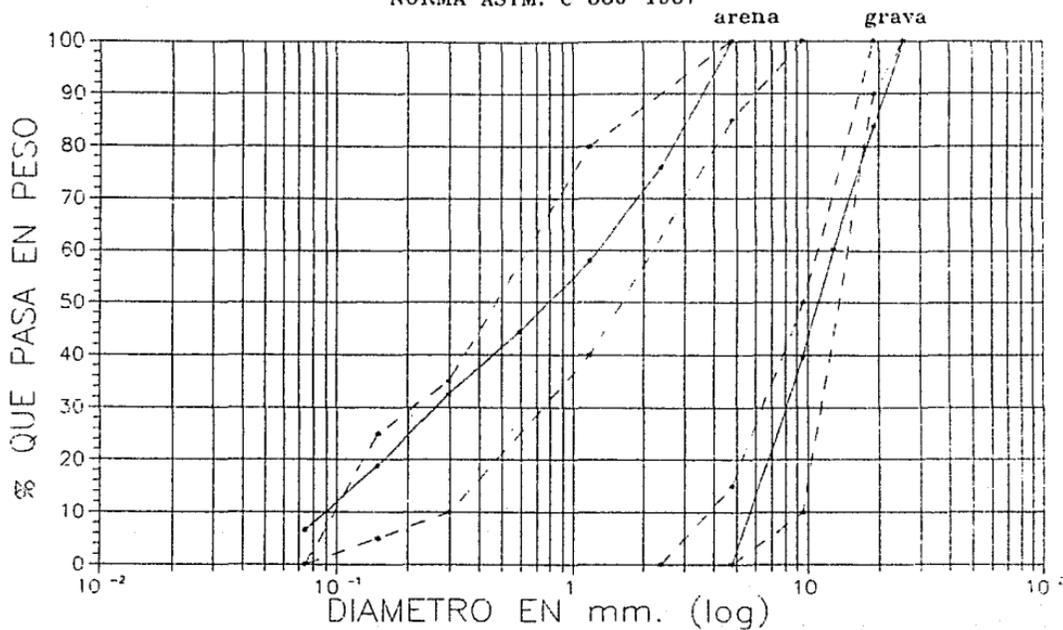
GRANULOMETRIA No.5 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987



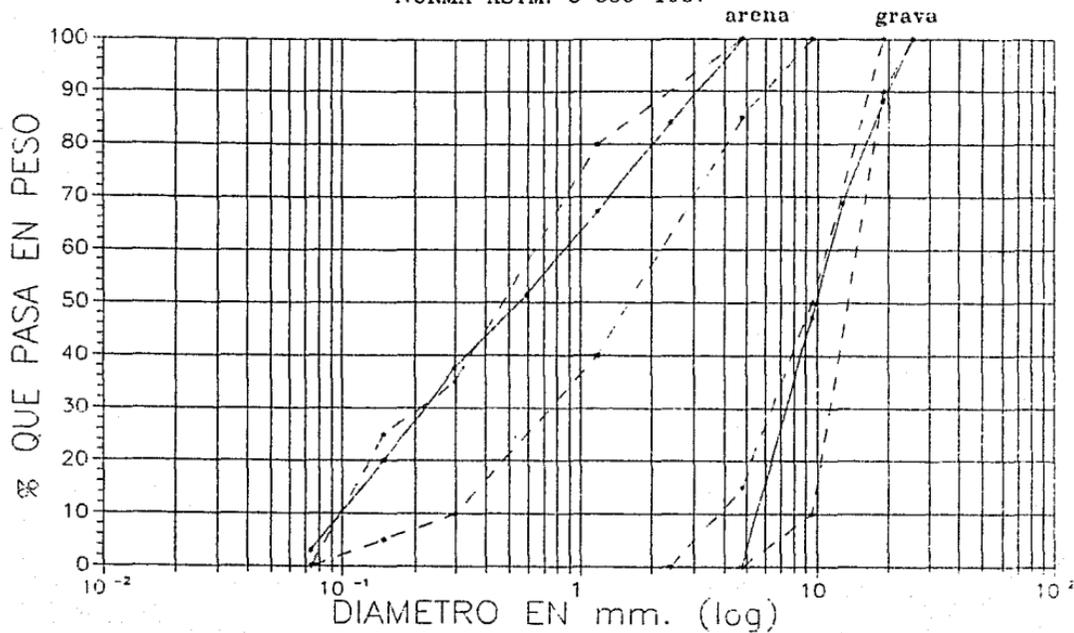
GRANULOMETRIA No.6 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987



GRANULOMETRIA No.7 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987



GRANULOMETRIA No.8 Y LIMITES DE AGREGADOS LIGEROS PARA CONCRETO ESTRUCTURAL
NORMA ASTM: C 330-1987



APENDICE C ADITIVOS

SIKAMENT

Estabilizador sintético para consistencia superfluida del concreto fresco.

Sikament es un producto sintético, adicionado de estabilizadores especiales, que produce, agregado al concreto fresco plástico, una consistencia superfluida y alta trabajabilidad. No contiene cloruros, ni es caustico, ni toxico, ni flamable.

Se caracteriza por un alto poder dispersante, permitiendo una perfecta distribución de las partículas del cemento en el concreto, provocando su hidratación completa, obteniendo el máximo efecto adherente del cemento.

Es un líquido color café, con una densidad de 1.12 a 20° y un pH aproximado de 7.

Este aditivo no incluye aire en el concreto, cuando se utiliza como reductor de agua permite reducir el agua de mezcla entre 10 a un 25%. Como superfluidizante se dosifica de 1.0 a 1.5% de sikament en peso sobre el peso del cemento.

El aditivo se mezcla al concreto ya elaborado durante un minuto y 30 segundos, por ningún motivo se agrega al agua de mezcla, sino precisamente tal cual, al final del tiempo de mezcla.

La permanencia de el efecto de superfluidéz se mantiene de 30 a 60 minutos, de acuerdo a la temperatura del concreto fresco y a la de el ambiente.

FESTAIRE

Aditivo inductor de aire para concreto, líquido color gris pardo, con viscosidad y peso específico similar al agua. El aditivo al ser agitado produce una espuma y al ser adicionado al concreto produce burbujas microscópicas que se reparten uniformemente dentro de la masa del mismo, que actúan como lubricantes entre las partículas del cemento, arena y grava. Cumplen con la norma ASTM-C-260-1985.

Se dosifica en cantidades que varían del 0.06% al 0.2% por peso del cemento. (De 30 c.c. a 100 c.c. por saco de 50 Kg. de cemento).

Se agrega directamente al agua de mezcla, agitándola para obtener una incorporación homogénea.

La inclusión de aire puede reducir la resistencia. Sin embargo esta puede ser compensada al reducir el agua. El contenido de aire deberá verificarse por medio de un medidor de aire y ajustar en caso necesario.

Contenidos de aire superiores al 6% reducen notablemente la resistencia.

SIKAMENT-100

Es un aditivo superfluidificante, líquido de color café oscuro, fabricado a base de polímeros. Es un reductor de agua de alto rango, autonivelante y acelerante de una densidad: 1.25 lts/Kg., contenido de sólidos de 40 +28 p.H. 10 + 1.

Especificación NOM c 255 T VH (ASTM C-494-T-F).

Este aditivo se caracteriza por un alto poder dispersante, permitiendo una perfecta distribución de las partículas del cemento en el concreto, provocando su hidratación completa, obteniendo el máximo efecto adherente del cemento.

La dosificación para concreto superfluidos es del 1.0 al 3.0%, respecto al peso del cemento según granulometría de los agregados y consumo de cemento.

Sikament-100 se adiciona al concreto ya mezclado, durante 2 a 3 minutos. No se debe agregar al agua de mezcla.

El concreto sikament-100 fresco tiene que colocarse y acabarse sin demora. La permanencia del efecto de superfluididez se mantiene durante 30 minutos.