

RESERVA



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DONACION

RECIBIDO 27 OCT. 1987



INFLUENCIA DE LA FORMA DE LAS PROBETAS EN LA  
RESISTENCIA DEL CONCRETO A COMPRESION

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO  
ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE CARA-  
BOBO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIE  
RO CIVIL.

SAMMY P. FLORES R.

PABLO NOVARA P.

VALENCIA, JULIO DE 1987.

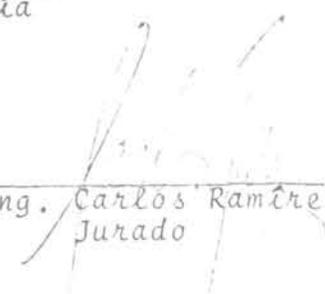
UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICADO DE APROBACION

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado *Influencia de la Forma de las Probetas en la Resistencia del Concreto a Compresión*, realizado por los Bahilleros Sammy P. Flores y Pablo Novara P, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho Trabajo Especial.

  
Ing. Antonio Mascía  
Presidente

  
Ing. Marino Martínez  
Jurado

  
Ing. Carlos Ramírez  
Jurado

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso que siempre me ilumina el camino hacia mis metas.

A tí madre, que has sido el primer valuarte - hacia mi realización y que junto a mi padre me han sabido comprender y apoyar, este triunfo se los debo a ustedes.

A mis hermanos, Miguel, Mary, Alejandro y Amelia, que siempre unido a ustedes, nos hemos propuestos a lograr nuestras metas.

A tí Veye que junto con Antonio, Raúl, Richard y Nereida también me han seguido de cerca, compartan también este triunfo.

A mi Compañero de Tesis y amigos que de de una manera u otra, inspirandome confianza y seguridad me han hecho culminar esta feliz realización.

SAMMY.

## DEDICATORIA

Esta Tesis se la dedico a mi madre aunque no tuvo la oportunidad de compartir esta alegría conmigo. Gran parte de este triunfo se lo debe a ella, a Dios que siempre me iluminó el camino.

A mi padre y hermanos Mario, Bruno, Whis, Ac - - this, Thisbelena.

A Alí y Thisbeth Torrealba por su apoyo, solidaridad e impercedera compañía.

A mi compañero de Tesis y amigos Judith, (Kal - dun, Naser, Quiñones, Alvares, Adel, Carlos, Jorge, - Marieu, Netty, Carmen, Susana, Cheche, José Norton) y todos aquellos que de una forma u otra hicieron este sueño realidad.

**PABLO.**

## AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la Universidad de Carabobo, en especial a nuestros profesores en el transcurso de la carrera, al personal administrativo y obrero.

Al Ing. Antonio Mascia, profesor guía de nuestra Tesis por la valiosa colaboración prestada como orientador y amigo.

A los profesores Marino Martínez, Jaime Font, Carlos Ramírez por su aporte de conocimiento sobre el Concreto.

A el personal técnico y profesional del Laboratorio Laser UC.

A Cementos Caribe, Canteras Cura, Intesica, Judith Rosilla, Antonio Quero y Helena Sepulvera por su colaboración en la elaboración de esta Tesis.

A todos aquellos que de una u otra forma, hicieron posible la realización del presente trabajo.

## INDICE

	PAG.
INTRODUCCION . . . . .	1
RESUMEN . . . . .	3
ABREVIATURAS . . . . .	5
CAPITULO 1. FUNDAMENTOS TEORICOS.. . . . .	6
1.1. Nociones Generales sobre el Concreto . . . . .	7
1.2. Curado y Crecimiento de la Resistencia de los Concretos . . . . .	9
1.3. Ensayo a Compresión . . . . .	19
1.4. Rotura a la Compresión. . . . .	25
1.5. Variables y Errores que pueden Influir en los Ensayos. . . . .	28
1.5.1. Las Variables Importantes del Ensayo.. . . . .	28
1.5.2. Los Posibles Errores en el Ensayo del Cilindro. . . . .	32
1.5.3. Variables que pueden afectar el resultado . . . . .	33

	PAG.
1.5.4. Verdadera influencia de alguna de esas variables . .	40
 CAPITULO 2. PRE-LABORATORIO . . . . .	 44
 2.1. Características de los Materiales empleados . . . . .	 45
2.1.1. Agua . . . . .	45
2.1.2. Cemento . . . . .	45
2.1.3. Agregados . . . . .	45
2.1.3.1. Ensayos Realizados a los <u>agregados</u> . . . . .	46
 2.2. Diseño de mezclas de Concreto. .	 50
2.2.1. Consideraciones para el Diseño . . . . .	51
2.2.1.1. Asentamiento. .	52
2.2.1.2. Tamaño Máximo .	52

	PAG.
2.2.2. Tablas de resultados . . . .	55
2.2.2.1. Resultados del dise <u>ño</u> para 1m <sup>3</sup> de con- creto . . . . .	55
2.2.2.2. Resultados del dise <u>ño</u> para las mezclas de prueba . . . . .	56
2.2.2.3. Resultados del dise <u>ño</u> para los tercios de cada resistencia.	56
2.3. Recomendaciones Prácticas para la - Evaluaciones Estadísticas de los re- sultados de los Ensayos . . . . .	57
2.4. Representaciones Gráficas de las - Distribuciones de frecuencia. . . . .	66
2.5. Aplicación de los principios esta- dísticos al control de calidad del concreto. . . . .	70
CAPITULO 3. LABORATORIO. . . . .	74
3.1. Resultados de los Ensayos a compre- sión . . . . .	75
3.1.1. Resultados obtenidos . . . . .	95
3.1.2. Relaciones de Resistencia. . . . .	99
3.1.3. Coeficientes de Conversión . . . . .	103
3.1.4. Gráficos . . . . .	104

	PAG.
CAPITULO 4. POST-LABORATORIO. . . . .	110
4.1. Conclusiones . . . . .	111
4.2. Recomendaciones. . . . .	119
APENDICES . . . . .	
A Certificado de calidad del cemento. . . . .	122
B Ensayos realizados a los agregados . . . . .	123
C Aspectos importantes de los ensayos . . . . .	139
D Listado y corrida del programa . . . . .	144
E Método de elaboración de las muestras cilin- dricas . . . . .	153
F. Método de elaboración de muestras cúbicas - (tomado de Normas BS) . . . . .	164
BIBLIOGRAFIA . . . . .	169

## INTRODUCCION

Debido a la diversidad de inconvenientes que supone la estimación de la resistencia del concreto a compresión, surge la realización de este trabajo, motivado por el interés de conocer las relaciones de resistencia a compresión de muestras de concreto hechas con las probetas recomendadas por el manual de ENSAYOS DE LABORATORIO Y ESPECIFICACIONES del Comité Conjunto del Concreto Armado - (C.C.C.A). Y muestras de concreto hechas con otros tipos de probetas. La orientación del trabajo está dirigida principalmente hacia la influencia de la forma de las probetas en la resistencia del concreto a compresión en nuestro medio, será de especial utilidad para aquellas personas interesadas en estimar la resistencia a compresión de muestras de concreto, minimizando costos y riesgos en el tamaño y transporte de dichas muestras.

Queremos señalar que, en cada capítulo se detalla la más amplia descripción de los puntos correspondientes, sin embargo, los autores están conscientes de la amplitud del tema y por ello se han limitado a considerar solamente aspectos específicos dentro de una visión global de los principales factores involucrados.

Por último, si se considera que cada capítulo del presente estudio constituye un tema sobre el cual se puede profundizar cuantitativamente, puede pensarse en su utilidad como punto de partida en la realización de trabajos de mayor profundidad.

## RESUMEN

El objetivo fundamental del presente trabajo, consiste en encontrar una relación de los valores de resistencia del concreto a compresión de muestras obtenidos de probetas cúbica, y cilíndricas y muestras obtenidas de la probeta cilíndrica especificada en el manual de ENSAYOS DE LABORATORIO Y ESPECIFICACIONES.

A fin de estudiar las relaciones antes mencionadas se realizaron mezclas de concreto para distintos valores de resistencia a la compresión (180, 200, 250 y 300  $\text{kg/cm}^2$ ), se tomaron 10 muestras de cada resistencia para cada tipo de probeta, sumando en total 200 muestras las cuales fueron ensayadas a las edades de 7 y 28 días, controlandose su asentamiento por medio del cono de Abrams y su resistencia a la compresión.

Los tipos de probetas a utilizar son probetas cúbicas de 10 y 15 cms de lado, fabricadas de un lámina de hierro fundido de 1,8 mm de espesor, y probetas cilíndricas de 3 pulgadas de diámetro por 15 cms de altura y de 4 pulgadas de diámetro por 20 cms de altura, fabricada de tubos plásticos PVC los cuales eran considerados material

de desecho.

Con los resultados de las resistencias a compresión de las probetas fueron realizadas una serie de tablas para representarlos, además, se tabuló para cada resistencia de diseño, los valores obtenidos y las relaciones de resistencias de la probeta cilíndrica normalizada entre las resistencias promedio obtenida de las nuevas probetas en estudio, representandolas además mediante gráficos; en los cuales se aprecia claramente la influencia de la forma de las probetas en los valores de resistencia a compresión del concreto, a distintas edades, para cada muestra y resistencia.

## ABREVIATURAS

- $R_{cal_{28}}$  = Resistencia de calculo del concreto
- $R_{28}$  = Resistencia de diseño
- $a/c$  = Relación agua/cemento
- $c$  = cantidad de cemento
- $c^*$  = Cantidad de cemento corregida
- $a$  = Cantidad de agua
- $W_a$  = Humedad natural del agregado fino
- $W_p$  = Humedad natural del agregado grueso
- $A$  = Cantidad de agregado fino
- $P$  = Cantidad de agregado grueso
- $K$  = La relación existente entre la resistencia media del cilindro de 15x30 cms y la resistencia media de la probeta en estudio.

RESERVA

## NOCIONES GENERALES SOBRE EL CONCRETO

1.1. El concreto es un material heterogéneo que depende de numerosas variables; depende de la calidad de cada uno de los materiales componentes de que está formado; de las proporciones en que son mezclados entre sí estos materiales y de las operaciones de mezclado, colocación y curado. Esto da lugar a que aún para una misma clase y tipo de concreto, el material presente una cierta variabilidad en sus propiedades; cualquiera de los elementos que constituye, está sometido, sin duda, a esfuerzos de una variada índole (compresión, tracción, corte, etc) y sabemos que está capacitado a soportarlos en distinta proporción, obteniendo mejores índices de comportamiento ante las sollicitaciones de compresión. Quizás por eso, el ensayo de su capacidad límite de resistencia a la compresión suele ser el ensayo más generalizado en toda la tecnología del concreto. Hemos aprendido a medir la resistencia mecánica del material a través de su ensayo de resistencia a la compresión, y en base al estudio de sus resultados hemos aprendido a tomar decisiones de aceptación o rechazo, porque esa resistencia parece estar relacionada, en forma directa, con otras propiedades del concreto, y por lo mis

mo, suele dar una información global sobre las características del comportamiento del material. Pero algunas otras propiedades pueden llegar, de hecho, a ser tan o más importantes que la resistencia a la compresión, dado el caso (durabilidad, impermeabilidad, etc). Para los usos normales del concreto, esa especial valoración que hacen de su resistencia a la compresión puede seguir siendo útil. Pero la tecnología y los usos de los concretos que parecen acercarse, van a exigir la necesidad de mejorar los mecanismos del ensayo a la compresión, a fin de evitar sus varias fuentes de incertidumbre, debiendo estudiarse la aparición de otros tipos de ensayos más fielmente representativos de otras características y formas de comportamiento del material. Por ejemplo se ha descubierto que las resistencias al impacto no están bien representadas por los resultados de la resistencia a la compresión, ya que no existe entre ellas una relación directa, dependiendo el comportamiento al impacto de ciertas condiciones particulares de los agregados (forma, grado de humedad, proporción de arena, etc). De igual modo, la fatiga depende de especiales características en la adherencia entre pasta y agregados. Estos últimos, prácticamente, no aparecen rotos después de los ensayos de fatiga.

## 1.2. CURADO Y CRECIMIENTO DE LA RESISTENCIA DE LOS CONCRETOS.

La reacción de hidratación del cemento, es decir su transformación químico cristalográfica al entrar en contacto con el agua de la mezcla, se inicia en este mismo momento en que el cemento y el agua hacen contacto. Aunque todavía no perfectamente conocida, esa transformación sabemos que genera la creación de varios tipos de cristales de compuestos cementicios (aluminete tricálcico, sulfato tricálcico, sulfato dicálcico) que al crecer y extenderse van formando una red de vínculos entrelazados cuya presencia se traduce en una gradual ganancia de cohesión y resistencia mecánica. El endurecimiento del gel de cemento aprisiona y entrapa a los granos de los agregados y crea el monolitismo del concreto. Esa hidratación y cristalización de los granos de cemento es progresiva y de muy larga duración. El endurecimiento y ganancia de resistencia mecánica que se obtiene en los primeros días de vida del concreto es suficiente para la puesta en servicio, y así solemos interesarnos por los índices de resistencia a los siete, veintiocho días etc. Pero el proceso de ganancia de resistencia sigue permanente, sin retro-

cesos, aunque a una velocidad cada vez menor. La posible pérdida de resistencia de algunos concretos se debe a fenómenos de ataques químicos a la pasta (sulfatos, ácidos, etc), o a la corrosión de su armadura metálica. Sin estos percances, la ganancia de resistencia mecánica es permanente.

La forma genérica de la curva de crecimiento de la resistencia mecánica del concreto (figura 1) - es conocida por todos los estudiosos de la materia y es de aplicación general a todos los concretos. Pero sus valores particulares varían de uno a otro concreto, dependiendo de la multitud de variables, entre las cuales la más importante son el tipo de cemento usado, las condiciones de curado y la relación agua/cemento, ya que cuanto menor sea este valor, y, por lo mismo, mayor cercanía haya entre los granos de cemento, con mayor celeridad y eficiencia se extiende la red de cristales entrelazados.

## CAPITULO I

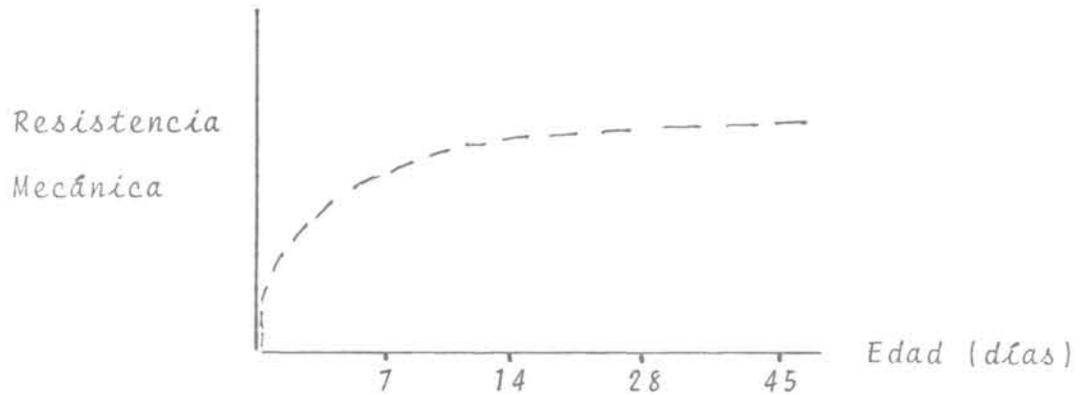


Figura (1)

En el crecimiento de la resistencia mecánica se sabe que el tiempo es el primer factor diferenciante puesto que la mayor edad hace al concreto más resistente, pero de las demás variables involucradas se sabe hoy día que las relacionadas con las condiciones de curado (humedad y temperatura) son de particular importancia, los estudios sobre la hidratación del cemento, que han sido posibles gracias al empleo del microscopio electrónico, han permitido profundizar notablemente en el fenómeno. Por ello sabemos hoy que la hidratación sólo se lleva a cabo satisfactoriamente en los primeros días de vida del concreto, si los poros capilares del gel del cemento están saturados. De ahí la importancia del curado en las primeras horas de elaboración del material.

Esa importancia del curado es algo ya conocida desde hace tiempo, pero los trabajos de W. H. Prince, por los años sesenta, pusieron de manifiesto esa realidad cuando, en una abundante serie de ensayos, obtuvo resultados de cilindros curados totalmente a la intemperie que no llegaron sino a un 62% de los cilindros gemelos curados en ambientes húmedos. En el proceso de curado también influye notablemente la temperatura. No sólo participa el valor de esa temperatura, sino el momento en que se aplica, y el tiempo durante el cual se aplica. Por ejemplo, todo prefabricador sabe que la aplicación de curado con vapor de agua, en edades muy tempranas, produce ganancias de resistencia mecánica en los primeros días, aunque no signifique posteriormente ventajas a edades posteriormente. El mecanismo de explicación de este fenómeno pareciera estar en el hecho de que la veloz creación y multiplicación de los cristales de hidratación hace endurecer la mezcla, dificultando que muchos de los reparados gel se puedan saturar de agua. Por lo contrario, un curado con vapor, ligeramente atrasado, tendrá excelentes efectos para la ganancia de resistencia mecánica en períodos posteriores.

La directa relación de la resistencia mecánica con el tiempo y la temperatura del curado, se ha hecho conocida desde hace ya mucho tiempo. Toda esta teoría ha dado paso a muy importantes prácticas para la medición de las características cambiantes del concreto al paso del tiempo. Todo ello ha desembocado en el concepto de madurez, a su cálculo y medición, y a la aplicación de un abundante instrumental operativo. El término "madurez" trata de resumir todas las condiciones o características del concreto, en cada determinado momento de su vida y su expresión empírica lo relaciona con las dos variables más incidentes: El tiempo transcurrido y la temperatura soportada. La fórmula empleada para calcular la madurez es:

$$\text{Madurez} = f \left[ \sum (\text{tiempo}) \times (\text{temperatura } ^\circ\text{C} + 11,5) \right]$$

De acuerdo a este criterio, un concreto con 28 días de edad, con un curado permanente a 20°C, tiene una madurez de 21.168 °C horas. La misma madurez, aproximadamente, que puede alcanzar otro concreto, curado a 30°C durante 21 días. La medida de la madurez se traduce, directamente, en medida de la resistencia mecánica. La temperatura del curado tiene sus lógicas limitaciones, porque hace aumentar las condicio--

nes de madurez al ir elevándose, pero a partir de ciertos valores parece tener efectos adversos.

Una vez descubierta la característica del concreto de ir endureciendo con el tiempo y de ganar resistencia mecánica, pasó a ser de interés el poder relacionar las distintas resistencias a las diferentes edades, muy particularmente tratando de poder predecir los resultados a los 28 días a partir de resultados anteriores, anticipando así una información útil para los criterios de aceptación y rechazo. Multitud de especialistas e investigadores pasaron a elaborar abundantes series de cilindros gemelos y los fueron ensayando, sistemáticamente, con el paso de los días, analizando sus resultados estadísticamente y buscando las posibles correlaciones que pudieran plantearse entre las resistencias de unas y otras edades. Particularmente fueron estudiadas las relaciones entre 7 y 28 días, o entre 14 y 28 días. Otros investigadores extendieron sus búsquedas a lo largo de períodos mayores, no preocupados sólo por encontrar las condiciones de correspondencia entre dos puntos de la curva del crecimiento de las resistencias, si no preocupadas por encontrar las expresión general de la propia curva, en toda su exten-

si6n. Muchos estudios nacionales e internacionales, se han desarrollado sobre estos temas de la expresi6n general de la curva, y de la correlaci6n entre valores particulares dentro de ella. En este breve escrito citaremos s6lo algunos de ellos.

De los estudios para proponer ecuaciones generales de la curva de crecimiento de las resistencias mencionaremos la f6rmula de la vieja norma del MOP, recogida posteriormente en el "Manual del concreto fresco" (Grases, Porrero, Ramos). La proposici6n es:

$$R_{n \text{ d\u00edas}} = \frac{(1.285)n + 8}{n + 16} R_{28} \quad (\text{v\u00e1lida entre valores de } n \text{ de } 5 \text{ y } 90 \text{ d\u00edas})$$

De acuerdo a esa expresi6n, la resistencia mec\u00e1nica del concreto a los 7 d\u00edas es aproximadamente el 74% de la obtenida a los 28 d\u00edas. Y la de 14 d\u00edas es, aproximadamente, el 87%.

En el trabajo de Jos\u00e9 M. Sancho Aznal, (Estudio sobre la relaci6n entre las resistencias del hormig6n a diferentes edades) se propone esta otra expresi6n:

$$R_n \text{ días} = \frac{(i,1)n}{n+2,8} \times R_{28 \text{ días}} \text{ (Correlación con } r = 0,97)$$

De acuerdo a esta nueva expresión, la resistencia mecánica del concreto a los 7 días es aproximadamente, el 79% de la correspondiente a los 28 días. Y la resistencia a los 14 días sería, aproximadamente el 92% de esa resistencia a los 28 días.

En el trabajo de R. Espinal Vallenilla y E. Romero (Ensayos tardíos en el concreto 1983) se presenta al final la tabla del Ing° F. García Balado (1.969), del Instituto del Cemento Portland Argentino, donde aparecen las curvas de crecimiento de las resistencias a la compresión de los concretos, para distintas relaciones agua/cemento. Los autores, Espinal y Romero, informan que los valores de las curvas de García Balado han sido verificados con los cementos venezolanos. Sin embargo y ahora en sentido contrario las cifras aparecen algo bajas. Estudiando comparativamente las gráficas de las curvas de resistencia a los 7 y a los 28 días para las más frecuentes relaciones agua/cemento empleadas entre nosotros, se obtendría:

$$\text{Para } a/c = 0,5 \quad R_7 = 190 \text{ kg/cm}^2; \quad R_{28} = 305 \text{ kg/cm}^2 \quad R_7/R_{28} = 62\%$$

Para  $a/c = 0,6$   $R_7 = 140 \text{ kg/cm}^2$ ;  $R_{28} = 235 \text{ kg/cm}^2$ ;  $R_7/R_{28} = 60\%$

Para  $a/c = 0,7$   $R_7 = 110 \text{ kg/cm}^2$ ;  $R_{28} = 180 \text{ kg/cm}^2$ ;  $R_7/R_{28} = 61\%$

Los archivos técnicos de la Asociación Venezolana de Productores de Cemento acumulan los datos de calidad de los cementos producidos en el país mes a mes. Tomando de allí las cifras correspondientes a los valores de las resistencias mecánicas obtenidas con tales cementos a sus 7 días de edad, y a sus 28 días de edad, se obtienen cifras bastantes discrepantes de las anteriormente citadas. Los resultados de los archivos mencionados provienen de las diferentes fábricas. Y los valores obtenidos para la relación  $R_7/R_{28}$ , manejando las cifras de los ensayos durante todo el año 1984, son los siguientes: (en orden diferente al anterior)

Barquisimeto (C.A. Vencemos Lara)	74%
Caracas (La Vega) (C.A. Fábrica Nacional de Cementos)	75%
Ocumare del Tuy (C.A. Fábrica Nacional de Cementos)	69%

Maracaibo (C.A. Vencemos Lara)	80%
Palmira (C.A. Cementos Táchira)	76%
Pertigalete (C.A. Venezolana de Cementos)	76%
Puerto Cumerebo (Cementos Caribe C.A)	73%
San Sebastian (Consolidada de Cementos)	74%
Villa del Rosario (Cementos Catatumbo C.A)	69%

El ensayo a la resistencia a la compresión del cemento (7 y 28 días) se hace sobre cubos de 5 cm de arista, y usando mortero, mientras que el ensayo de la resistencia mecánica del concreto se hace sobre cilindros (15,5 cm diámetro, 30 cm de altura). Puede que esto sea origen de algún tipo de diferencia de las cifras. Pero lo que se ha manejado son simples valores de relación ( $R_7/R_{28}$ ), lo cual parecería corregir esa posible fuente de dudas.

Por todo lo expuesto, nos parece preferible, para el caso de los concretos venezolanos, usar como orientación la cifra del 74% como valor promedio de la serie de valores obtenidos con los cementos del país durante el año 1984, tal como se indicó anterior

mente. En todo caso y como se nota por los mismos valores que se han señalado (mínimo 69% y máximo 80%) esa relación es muy particular para cada tipo de cemento, y puede resultar poco ventajoso querer establecer leyes generales y formulas de aplicación universal. Además del tipo y marca de cemento empleado, influye muy especialmente el tipo de curado (humedad y temperatura), y otras variables.

### 1.3. ENSAYO A COMPRESION

Como ya se ha dicho, el ensayo del concreto por rotura a los esfuerzos de compresión es el más generalmente usado como índice global de calidad del material. Muchos tipos de ensayos a compresión se han propuesto y sólo algunos de ellos han prevalecido, debido a las múltiples e importantes variables que los afectan. Independientemente de los errores y variaciones que puedan producir en los resultados del ensayo las condiciones relacionadas con las personas y con las máquinas que intervienen, resultan de mucho peso e importancia las variables mismas de procedimiento de ensayo (forma de la probeta, modo de prepararla, modo de ensayarla, etc). Todo este círculo de variables hace que muchos de los métodos

de ensayo no hayan llegado a obtener aceptación general y hace también que los procedimientos actualmente empleados dejen bastante que desear, desde el punto de vista de certeza, representatividad de los esfuerzos, etc. Sin embargo son ciertas las precauciones y manejando con prudencia y responsabilidad - los valores obtenidos en las pruebas, esos ensayos ofrecen una aceptable información sobre la calidad general del concreto y todas las obras hechas hoy con la tecnología del concreto basado en esos ensayos, - demuestra que es confiable el dato que se maneja, aceptando que puede ser perfeccionable. En todo caso e intentado una arriesgada apreciación resumida nos atreveríamos a decir que la gran mayoría de las críticas que se hacen a los ensayos del cubo y del cilindro, por los posibles vicios o defectos en la información que nos brindan, si la cifra del ensayo no representa en realidad la verdadera calidad del concreto ensayado, suele ser por defecto y no por exceso. Miles de metros cúbicos de concreto vaciado se han mandado a demoler, basados en resultados de ensayos a la compresión que estaban buenos desde el punto de vista cualitativo. Los posibles errores o defectos del método de ensayo hacen que se obtenga un valor de calidad distinta al real, casi siempre por

debajo, muy raras veces por encima. Esto puede explicar la subsistencia de los actuales procedimientos de ensayo.

En los ámbitos europeos y en los de su influencia, se suele usar el método de rotura de cubos de 10 cm, variando el tamaño de arista en función del tamaño máximo del agregado grueso. En el ámbito americano, y en los de su influencia, se ensayan cilindros de 15 x 30 cm o mayores también de acuerdo al tamaño del agregado grueso, pero manteniendo la proporción de una altura doble del diámetro. Ambos métodos tienen en común una serie de defectos o problemas, que revisten cierta consideración.

En primer término el efecto de la carga a compresión sobre las dos caras opuestas, romper a la pieza como consecuencia de los efectos de la tensión transversal, ya que las probetas no tienen confinamiento lateral. Eso desvirtuaría el título de "Rotura a la compresión" (figura 2). Otras consideraciones se relacionan con la forma de la probeta, la distancia entre las caras comprimidas, la repartición de los esfuerzos "de borde" a lo largo del perímetro de contacto entre la pieza ensayada y las planchas de la

máquina de compresión, etc.

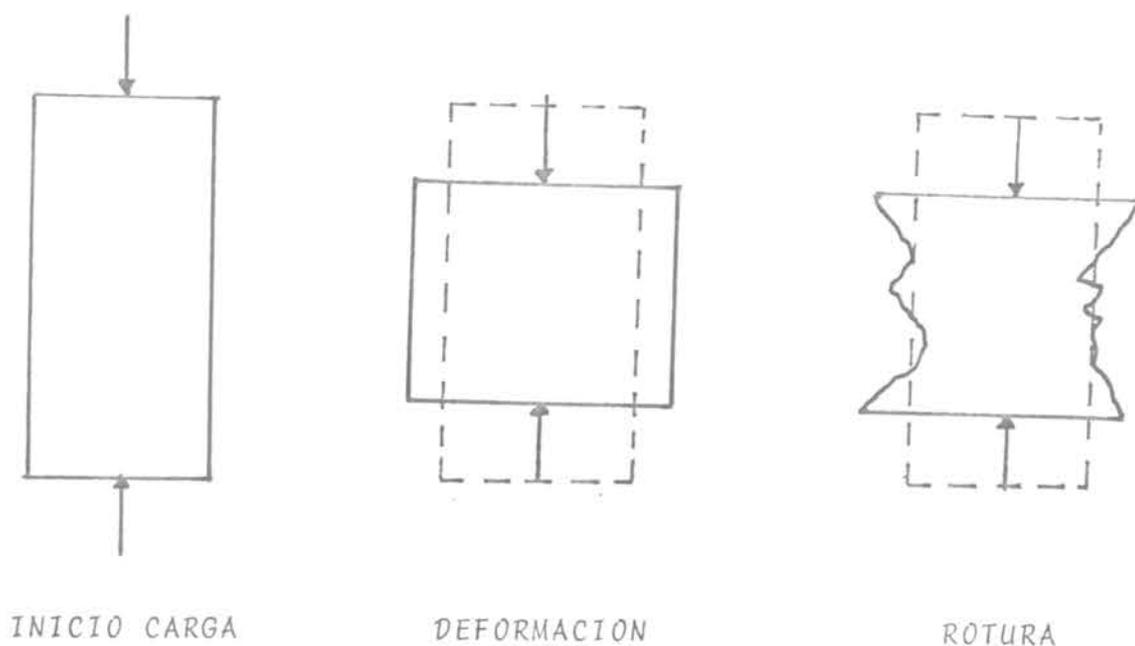


FIGURA N° 2

En terminos generales, el empleo del cubo ha demostrado ciertas ventajas particulares sobre el cilindro: la pieza pesa menos y es más manejable; su forma geométrica la hace más estable; por la aceptable plenitud de sus cuatro caras laterales, que quedaron dentro del molde metálico, se pueden cargar directamente en la máquina sin necesidad del remate de azufre, o "capping". Su mayor inconveniente, contra el cilindro, es que ensayamos la pieza acostada, es decir, en sentido transversal a como fue elaborada y

compactada, y como se asemejaría a la realidad de la construcción de las piezas en la obra real. En contrapartida, los defectos más criticados particularmente el ensayo del cilindro son la necesidad de colocar un remate sobre sus caras circulares, lo cual añade una fuente adicional de incertidumbres y dependencias; su incomodidad de manejo, por el peso de la probeta y lo inconveniente de su superficie cilíndrica que en tantas ocasiones ha sido motivo de resbalones del cilindro, y su caída, o de aplastamiento de los dedos de los operarios poco prudentes. A ambos procedimientos de ensayo se les critica la excesiva incidencia de la mano de obra en la preparación de la probeta (llenado del molde, compactación en capas, etc) y en su propio ensayo.

Los especialistas del cemento cuentan, hoy en día, con un método de ensayo para medir su resistencia a la compresión que ha mejorado notablemente los procedimientos anteriores. Depende menos de la mano de los operarios ya que se mecaniza muchas de las operaciones, y obtiene resultados de mayor precisión y confiabilidad. Se efectúa sobre morteros, rompiendo una pieza prismática para obtener primero el da-

to de la resistencia a la flexión, y utilizando luego las dos fracciones del prisma roto para ensayarlas a compresión obteniendo dos datos de donde promediar su resistencia a la compresión. El método fue propuesto inicialmente por la Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayos de Materiales (RILEM), luego adoptada por el Comité Europeo del Concreto (CEMSUREAU), y finalmente convertido en norma internacional por la aprobación que le dió la Organización Internacional de Normas (ISO). Los especialistas del concreto tratan de copiar la idea fundamental del ensayo para aplicarla a su tecnología. El mayor tropiezo con que se topan es la necesidad de agrandar los tamaños del prisma para adaptarlo a los tamaños máximos de las piedras con esto se pierde comodidad de peso, facilidad de compactación o condensación por golpes de caída, etc.

Los ensayos a la compresión con el cubo o con el cilindro siguen siendo útiles en sus respectivas zonas tecnológicas. Pero en algunos casos se ha hecho necesario establecer correspondencia entre los resultados de uno y otro ensayo. Para ello investigadores y especialistas han llevado a cabo muchos es

tudios como para conocer esa relación. Citaremos en primer término, la más conocida y empleada fórmula de equivalencia que aparece señalada en la Norma Británica B.S. 1884.

$$R_{\text{cilindro}} = 4/5 * R_{\text{Cubo}}$$

El conocido especialista francés L'Hermite propone otra relación más compleja en su expresión, y que va a depender de la propia resistencia del concreto. La relación de L'Hermite es:

$$\frac{R_{\text{Cilindro}}}{R_{\text{Cubo}}} = 0,76 + 0,2 \log \frac{R_{\text{Cubo}} \text{ (en kg/cm}^2\text{)}}{200}$$

#### 1.4. ROTURA A LA COMPRESION

No se conoce, realmente, el mecanismo de rotura del concreto. En la mayoría de los casos se puede presentar como una debilidad de la interfase pasta/agregados por insuficiencia de la capacidad de adherencia. Pero si se estudia detenidamente las formas de fractura de las probetas de ensayo (cilindro, cubo, prisma) se podrán descubrir casos en los-

que la rotura se produce principalmente a lo largo de la masa del mortero o pasta, y otros casos en los que la fractura se generaliza por la falla inicial de los agregados. En principio, se prefiere un concreto cuya rotura a la compresión muestre evidencias de todo ello, y no preferencias por alguno. Así un buen concreto, al estudiar los restos del cilindro recién roto, mostrará evidencias de fallas parciales en la adherencia, de otras en la pasta y algunos agregados rotos. (figura 3).



FALLA POR  
ADHERENCIA



FALLA DEL  
MORTERO



RUPTURA DE LOS  
AGREGADOS

FIGURA N° 3

Si bien no hay acuerdo universal en el mecanismo de rotura del concreto a la compresión, la teoría más generalizada explica que, aún antes de la aplicación de las cargas en el ensayo del cilindro, existen muchas grietas y planos de falla en la interfase pasta/agregado. Al aparecer la carga las microgrietas se agrandan y multiplican en mayor o menor proporción y velocidad así sea mayor o menor la relación agua/cemento del material. Cuando se alcanza entre el 70% y el 90% de la carga límite de ruptura, las grietas invaden el mortero, enlazando las grietas y fallas de la interfase, ya previamente existentes, con lo cual se genera un esquema global de grietas. Esta fase de agrietamiento es bastante veloz por lo que, poco tiempo después, se produce la ruptura del ejemplar, si la carga del ensayo sigue actuando.

Si el concreto fuese un material monofásico, homogéneo en lugar de heterogéneo (piedra, arena, cemento, agua), al estar sometido a un esquema simple de cargas (compresión uniforme) las trayectorias de sus esfuerzos a través de la masa serían de acuerdo a curvas sencillas o incluso rectas. Pero la presencia de granos de agregados (gruesos o

finos) y hasta de grumos de cristales de cemento hí  
dratado, produce una red intrincada de líneas de es  
fuerzos de formas complejas. El valor de la carga  
a la cual se producen y se generalizan las grietas  
en la masa del concreto, se relaciona muy particu-  
larmente con ciertas propiedades de los agregados.  
Entre ellas quizás, la más destacada puede ser la -  
textura, su forma y la presencia de excesiva canti-  
dad de finos. Esta influencia, se hace más visible  
cuando más baja sea la relación agua/cemento, y por  
lo mismo, la pasta no puede contrarrestar alguna de  
estas características. El papel que juega el morte  
ro (arena, cemento, agua) dentro de la resistencia  
a la compresión del concreto (piedra, arena, cemen-  
to, agua) dependen de muchas condiciones, pero en -  
términos generales, se puede afirmar que la resis-  
tencia a la flexión de los morteros es superior a -  
la de los concretos, aunque éstos son de mayor re-  
sistencia a la compresión que los morteros.

## 1.5. VARIABLES Y ERRORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS ENSAYOS

### 1.5.1. LAS VARIABLES IMPORTANTES DEL ENSAYO

Cualquiera sea el método de ensayo del concreto  
a la compresión (cubo, cilindro) que estamos realiz  
ando, hay una serie de aspectos que debemos cui-

dar muy particularmente pues, de lo contrario, estaremos introduciendo variables cuya incidencia en el resultado final de la prueba puede desviartuarla totalmente. Muchos de estos aspectos son inherentes a cualquier tipo de ensayo de laboratorio. Otros son propios del ensayo a la compresión.

Entre los primeros aspectos de tipo común a otros ensayos, podemos citar los relativos al personal técnico. La capacitación del individuo y su voluntad de trabajar bien, deben ser hechos indiscutibles, resultan menos peligrosas para el ensayo al aprendiz distraído, el experto entretenido o apurado, y el experimentado inconsciente o rutinario. La gravedad de su participación depende de la parte en que haya sometido alguna torpeza, imprudencia o modificación de los cánones de la buena práctica.

Otro aspecto más común, es el relativo al buen estado de las herramientas, instrumentos, aparatos y máquinas que intervienen en el ensayo. La adecuada precisión de las lecturas, el buen funcionamiento de motores, válvulas, manómetros, etc, resulta importante, y nunca está de más el insistir sobre este tema.

Un tercer aspecto, ahora ya ligado al ensayo de compresión, está en el seguimiento preciso de toda la metodología. Desde la toma de muestras, su preparación, conservación, etc, hasta su manejo final en el laboratorio, y la ruptura de la probeta. Como se verá algo más adelante, hay muchas formas de arruinar el ensayo, faltando a alguna o algunas de las prescripción de su procedimiento.

Finalmente, dentro de la masa de concreto por ensayar, hay toda una serie de aspectos, convertidos en variables que pueden incidir sobre el resultado del ensayo arrojando valores que no sean verdaderamente indicativos de la calidad resistente del concreto. En la medida en que el especialista esté avisado de estas posibles influencias, en esa medida podrá interpretar acertadamente los resultados que recibe del laboratorio.

Norma Covenin N° 1976, ( Evaluación de los ensayos de resistencia del concreto ), aprobada en Febrero de 1.983, ofrece un listado resumido de las principales fuentes de variación de los ensayos (Tabla 2), que nos permitimos copiar:

- Toma inadecuada de la muestra, que haga que se obtenga como tal una parte segregada de la mezcla, que no corresponde a la calidad real del producto.
- Remezclando inadecuadamente la muestra y toma, para la elaboración de las probetas de ensayo, de partes no homogéneas de esa muestra.
- Moldes de calidad deficiente, desgastados, deformados, o hechos de materiales no apropiados o que pierden agua o pasta por las juntas.
- Alteración del concreto de las probetas por inadecuado traslado prematura pudiendo sufrir golpeteo o vibraciones durante el transporte.
- Conservación de las probetas, antes de ser desmollados, en ambientes de temperaturas extremas.
- Conservación de las probetas después de desmoldadas, en ambientes no apropiados.
- Deseccación excesiva de las probetas por sacarlas del ambiente húmedo del curado mucho antes del ensayo.

- Inadecuado refrentado o remate de las probetas con capas excesivamente gruesas o mal colocadas.
- Mala ejecución de la prueba de ruptura por mal centrado y verticalidad de la probeta en la prensa o por la aplicación de la carpa a velocidad inconveniente a aplicación de golpes de carga al manejar mal las prensas manuales.

#### 1.5.2. LOS POSIBLES ERRORES EN EL ENSAYO DEL CILINDRO

Como ya se ha venido señalando se pueden cometer algunos errores en el ensayo del cilindro a la compresión, que desvirtúan totalmente el valor de los resultados obtenidos en los laboratorios. Esos errores se podrían resumir así:

- a. Errores relacionados con la máquina de ensayo.
- b. Errores generados a lo largo del procedimiento de ensayo.

Los primeros pueden que sean los más fáciles de detectar, ya que existen claras referencias en textos y manuales acerca de como mantener en condi-

ciones de buen uso a la máquina de ensayo. Los segundos, que son mucho más numerosos que pueden pasar desapercibidos, pueden tener influencia variable sobre los resultados. Leyendo con cuidado el procedimiento normativo del ensayo del cilindro, es decir, leyendo la Norma Covenin N° 338, (Método para la Elaboración, curado y ensayo a compresión de Cilindro de concreto) se pueden describir los varios aspectos en los cuales una mano inexperta o descuidada pueda cometer alguna omisión o equivocación. Hace algunos años se publicó un breve artículo (¿Se puede confiar en los resultados de los ensayos de los cilindros?) donde se recogía las experiencias de una investigación realizada para medir el efecto que sobre los verdaderos resultados del ensayo podía producir alguna modificación en ciertas partes del procedimiento. Por ejemplo, saber que le pasa al cilindro si el operario al prepararlo no le da los 25 golpes estipulados por cada una de las tres capas.

### 1.5.3. VARIABLES QUE PUEDEN AFECTAR EL RESULTADO

Como ya hemos referido, la norma por la cual se debe realizar en nuestro país el ensayo de los

cilindros a la compresión es la COVENIN N° 338 basada en textos que publicó la Comisión II del Comité Conjunto Concreto Armado y volvió luego a hacerlo - en 1970. Dejando a un lado y para otra ocasión las observaciones que tenemos a ese texto por algunas o misiones, de la lectura ordenada y cuidadosa del ar ticulado de la norma se pueden ir anotando todas y cada una de las condiciones de ensayo. La modif cación de una de esas condiciones de ensayo, o varia bles pueden afectar la veracidad del resultado fi nal.

Sin agrupar las variables, sino citándolas en un orden que trata de seguir el texto de la Norma, y tampoco tomando en cuenta su importancia relativa, las vamos a citar en el listado siguiente a fin de ilustrar a los lectores. Posteriormente, haremos análisis de alguna de ellas y su influencia sobre el resultado final.

1. Se empleará una cuchara de muestreo para manejar el concreto.
2. Se necesita una cuchara de albañil para el remate de la última capa del cilindro.

3. El molde cilíndrico debe tener diámetro de 152,5 mm  $\pm$  6,0 mm.
4. El molde debe ser estanco.
5. El molde debe ser rígido.
6. El tamaño máximo del agregado grueso del concreto a ser ensayado, debe ser igual o menor que la cuarta parte del diámetro interior del molde.
7. La barra compactadora debe ser de acero.
8. También debe ser recta.
9. Además, de 60 cm de longitud.
10. La base sobre la que se apoye el molde no debe ser absorbente.
11. Debe ser lisa.
12. Debe ser punta semiesférica.
13. La base debe ser preferiblemente metálica.

14. Debe tener un espesor mayor de 7 mm
15. Debe poseer una muestra circular donde encaje el molde verticalmente.
16. El mezclado del concreto debe estar de acuerdo a la norma covenin 354.
17. La muestra del concreto fresco debe ser de 30 litros o más.
18. La muestra debe ser representativa.
19. No debe transcurrir más de una hora entre el mezclado del concreto y el llenado del cilindro, - salvo en los casos en que se usen algunos aditi- vos.
20. El molde que va a ser llenado debe estar limpio.
21. Antes de llenarlo habrá que aceitarlo en sus ca- ras interiores.
22. La base sobre la que se apoya el molde debe estar limpia.

23. Debe ser aceitada antes del llenado del molde.
24. Debe sellarse la zona de contacto entre el molde y la base parafinada y cera virgen o similar.
25. La preparación del cilindro tiene que ser hecha antes que pasen diez minutos de tomada la muestra.
26. El llenado del molde se debe realizar en un lugar sin vibraciones.
27. Debe ser realizado en tres capas, aproximadamente de la misma altura cada una.
28. A cada capa se le debe compactar mediante 25 golpes uniformemente repartidos.
29. La última capa debe ser enrasada de manera especial.
30. El cilindro de concreto debe permanecer 24 horas dentro de su correspondiente molde.
31. Deberá ser cubierto con paños humedecidos.

32. No debe ser movido ni perturbado.
33. El cilindro se sacará del molde entre las 24 y - las 48 horas.
34. Una vez fuera del molde debe ser inmediatamente llevado al ambiente de curado.
35. Se permiten tres formas de curado: En reposo y - sumergido en agua limpia; enterrados en arena - limpia, húmeda y saturada constantemente; o bien en cámara húmeda, con una humedad relativa de 90 al 100%.
36. La temperatura del curado debe ser anotada.
37. Una vez finalizado el período de curado, los cilindros deben ser llevados al lugar donde van a ser ensayados, evitando golpes y vibraciones durante el acarreo.
38. Deben ser recibidos en el lugar de ensayo por lo menos dos días antes de la prueba.
39. Deben ser ensayados en la fecha que les corresponen

de, con la edad indicada para el ensayo dentro de las tolerancias que señala la norma.

40. Hay que medir cuidadosamente la sección transversal o sección de la probeta.
41. Se deben colocar superficies de remate sobre las caras del cilindro que van a ser colocadas en contactos con la máquina de ensayos.
42. Ese remate en el caso de usar mortero, debe ser hecho con una anticipación de 20 horas antes del ensayo.
43. Las caras con el remate deben ser paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cilindro.
44. Hay que medir y conocer la altura real de la probeta.
45. La carga debe ser aplicada axialmente.
46. La velocidad de aplicación de la carga esta estipulada en la norma.

47. Hay que tomar nota de las condiciones ambientales de temperatura y humedad durante el ensayo.

#### 1.5.4. VERDADERA INFLUENCIA DE ALGUNA DE ESAS VARIABLES

Como ya hemos manifestado, la influencia posible de cada una de las condiciones convertida en variable, no puede ser de la misma importancia. Por el conocimiento que poseemos hoy en día del comportamiento del concreto podemos una estimación previa de esa diferencia de jerarquía. Habrá unas condiciones cuya modificación o violación ocasionen grandes consecuencias sobre el resultado del ensayo, y habrá otras no tan severas.

La Asociación Venezolana de productores de Cementos, basándose en fundamentos teóricos del concreto y aspectos prácticos, realizó una serie de ensayos comparativos para medir la verdadera importancia de alguna de esas condiciones del ensayo. Las pruebas consistieron en fabricar un elevado número de cilindros usando los mismos materiales y la misma forma de diseño, pero preparando tandas de cilindros una de las cuales era hecha totalmente de acuerdo a la norma y cada una de las demás era fabricado variando

sólo un factor, alterando sólo una condición. En esta forma podremos medir en cada caso la diferencia de los resultados entre la serie normal y la serie con una condición modificada.

Las variables que se decidió medir fueron las siguientes:

- a. Menor número de golpes de compactación por cada capa (10 golpes)
- b. Mayor número de golpes de compactación por cada capa (40 golpes)
- c. Condiciones anormales de curado. Totalmente a la intemperie.
- d. Condiciones anormales de curado. Solamente protección bajo techo.
- e. Transporte indebido. Suelos sobre el fondo de la camioneta de carga.
- f. Ensayo del cilindro desnudo, sin caras de remate.

- g. Carga no axial. Ajuste de la cara superior con el cabezote móvil de la prensa y colocación en la cara inferior de una cuña de madera.
- h. Anormalidad en la velocidad de aplicación de la carga. Carga lenta.
- i. Anormalidad en la velocidad de aplicación de la carga. Carga rápida.
- j. Barra de compactación impropia. Cabilla corrugada, con sección de una pulgada y punta chata.
- k. Remate inadecuado. Ensayo de los diez minutos de colocado el remate de arena y azufre.

De acuerdo al procedimiento indicado de comparar en cada caso una serie de cilindros hechos de acuerdo a la norma con una serie hecha alterando cada una de las variables señaladas, los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla comparativa.

TIPO DE VARIABLE	VARIACION PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA OBTENIDA, COMPARADA CON LA - RESISTENCIA DE LOS CILINDROS NORMALES.
a. Diez Golpes por capa	Desde 94% a 96%
b. Cuarenta golpes por capa	Desde 100% a 105%
c. Curado a la intemperie	Desde 81% a 92%
d. Curado bajo techo	Desde 85% a 95%
e. Transporte incorrecto	Desde 85% a 96%
f. Caras sin remate	Desde 63% a 79%
g. No axial	Desde 34% a 46%
h. Aplicación lenta de la carga	Desde 91% a 94%
i. Aplicación veloz de la carga	Desde 98% a 112%
j. Barra de compracción de 1"	Desde 95% a 101%
k. Remate fresco	Desde 91% a 101%

## CAPITULO II

## 2.1, CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

### 2.1.1. AGUA:

*El agua empleada para la elaboración de las mezclas de concreto fue tomada directamente del acueducto urbano, por lo que su calidad queda asegurada.*

### 2.1.2. CEMENTO:

*Para todos los diseños de mezcla se uso cemento Portland Tipo I, donado por la empresa Cementos Caribe, C.A., ubicada en Puerto Cumarebo ( Estado Falcón ). Dicha Empresa pertenece a la Asociación Venezolana de Productores de Cementos lo cual garantiza la calidad del donativo, suministrando además su respectivo Certificado de Calidad.*

### 2.1.3. AGREGADOS:

*Como es conocido, la calidad de un buen*

concreto depende en mayor proporción de los agregados a utilizar, los cuales constituyen aproximadamente un 80% en peso del mismo.

Los agregados utilizados, provenientes de canteras con proceso de producción controlado, a fin de poder tomar constante sus características propias; para que de esta forma se tenga una mayor seguridad en cuanto a la calidad de estos,

La selección de las canteras dependió fundamentalmente de la opinión de ingenieros y constructores relacionados con construcción en la zona del Estado Carabobo quedando selec  
cionado:

AGREGADO GRUESO      Donado por Canteras CURA, C.A.

AGREGADO FINO        Donado por Canteras CURA, C.A.

#### 2.1.3.1. ENSAYOS DE AGREGADOS:

Se realizaron de acuerdo a las especificaciones dadas por el manual

del Comité Conjunto del Concreto Armado ( C.C.C.A. ), los cuales demuestran a continuación:

AG 2-68 Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregado finos y gruesos .

AG 3-68 Método de Ensayo para determinación cualitativa de Impurezas Organicas en Arenas para concreto ( Ensayo colorimetrico ),

AG 4-75 Método de Ensayo para determinar el contenido de terrones de Arcilla y particulas desmenuzable en agregados.

Ag 5-68 Método de Ensayo para determinación por lavado del Contenido de Materiales mas finos que el Cedazo N° 200 en Agregados finos.

- Ag 6-68 Método de Ensayo para la de  
terminación por suspensión  
de Partículas menores de 20  
Micras en Agregado fino.
- Ag 8-68 Determinación cualitativa -  
del contenido de Cloruro y  
Sulfatos Solubles en arena.
- Ag 10-75 Método de Ensayo para deterer  
minar el peso Unitario del  
Agregado.
- Ag 13-75 Método de Ensayo para deterer  
minar la resistencia al deser  
gaste en Agregados gruesos  
mayores de 3/4" por medio  
de la Máquina de los Angeer  
les.
- AG 15-68 Método de ensayo para deterer  
minar el peso específico y  
la adsorción del agregado -  
fino.

AG 16-68 Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

AG 24-68 Método de ensayo para determinar por secado el contenido de humedad total en el agregado. ( \* )

EQ 2-64 Cedazos de Ensayo

AG 100-68 Especificaciones para la aceptación o rechazo de agregados para concreto.

---

( \* ) Este ensayo se efectuó previamente a cada mezcla.

## 2.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

La determinación de las proporciones en peso ( o volumen ) de cantidades económicas y suficientes de los componentes que conforman el concreto es lo que se denomina diseño de mezclas.

- El diseño de mezclas está sustentado en bases teoricas y gran cantidad de ensayos de campo y laboratorio que garantizan la obtención de un concreto - con las características esperadas.

El método adoptado para el diseño de mezclas de concreto es el método C.C.C.A. ( Comité Conjunto del Concreto Armado, Noviembre 1976), por tratarse del método más usado en nuestro país y por ser el único método en el cual sus ecuaciones consideran la influencia de agregados Nacionales; cabe mencionar - que existen otros métodos de diseños que arrojan resultados tan precisos como éste; para un control de

todos los materiales que conforman el concreto se realizaxn muestras de pruebas de 12 lts. para la medición del asentamiento, si este resultara igual al esperado ( 3 pulgadas ) se procederá a hacer los terceos, tomando una medición de asentamiento en cada terceos, y siendo el asentamiento resultante, el promedio de todos los tomados; en caso de que la muestra de prueba no cumpliera con el requisito de asentamiento, se rediseñara la mezcla incluyendo un nuevo ensayo de contenido de humedad de los agregados.

#### 2.2.1. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO:

Cuando el suministro de los ingredientes del concreto son uniformes y se mantienen constante el mismo proveedor se garantiza que las variaciones en la resistencia del concreto son despreciables, siempre y cuando no se altere la relación agua/cemento.



#### 2.2.1.1. ASENTAMIENTO:

El asentamiento es la medida de trabajabilidad, la cual indica la facilidad con la cual el concreto fresco puede ser colocado, bien compactado y acabado superficial sin que se produzca una segregación perjudicial que pueda alterar la resistencia esperada, por tal motivo es recomendable mantener un control que garantice un asentamiento entre 2 y 4 pulgadas.

Para el presente trabajo adoptamos una trabajabilidad de 3 pulgadas.

#### 2.2.1.2. TAMAÑO MAXIMO:

Se denomina tamaño de un agregado a la abertura del menor tamiz por el cual pasa el 95% o más del agregado, el tamaño máximo influye di

rectamente en el peso del concreto y en la trabajabilidad de la mezcla, - los tamaños máximos recomendados que dan niveles de resistencia más favorables están entre 1/2" y 1" pulgadas.

Por su parte la Norma Británica 1881 - 1770 recomienda que para un tamaño máximo de 1" pulgada, la menor dimensión de un cubo de prueba debe ser 4" pulgadas.

En función de las consideraciones hechas en los párrafos anteriores adoptaremos un tamaño máximo de 1" pulgada, asumiendo que cumple con los siguientes criterios limitantes que prevalecen en tal escogencia:

( \* )

---

( \* ) Tomado del Manual de Concreto Fresco.

- El tamaño máximo debería ser menor a  $1/5$  de la menor dimensión del elemento por vaciar.
- Deberá ser menor que  $3/4L$ , donde  $L$  es la menor separación entre barras de refuerzo.
- Agregados de tamaños máximo pequeños dan mejores resistencias aunque encarecen el concreto.

2.2.2. TABLAS DE RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS DE CONCRETO

TABLA 2.2.2.1

VOLUMEN DE MEZCLA: $1 \text{ m}^3$ ASENTAMIENTO DE DISEÑO: 3 pulg      TAMANO MAXIMO: 1 pulg.													
ABSORCION DEL AGREGADO FINO: 1,54%      ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO: 0,68%													
$R_{cal,28}$	$R_{28}$	a/c	c	c*	a	% aire atrap.	A	P	Asent. medido	$W_a$	$\alpha$	A	P
$\text{Kg/cm}^2$	$\text{Kg/cm}^2$		Kg	Kg	lbs		Kg	Kg	pulg.	wp	lbs	Kg	Kg
180	220	0,65	282,25	283,94	185,36	1,193	884,46	1038,27	3,1"	3,30%	177,14	899,79	1021,17
						0%							
200	240	0,61	306,59	308,43	188,94	1,295	869,20	1020,36	3"	6,13%	153,30	910,39	1014,17
										0,14%			
250	290	0,53	374,63	376,88	197,88	1,583	831,20	975,76	3,1"	7,08%	158,53	876,55	969,77
										0,07%			
300	340	0,45	455,85	458,59	207,05	1,926	786,64	923,45	3,19"	5,71%	180,23	818,98	917,96
										0,09%			

TABLA 2.2.2.2

Volumen de concreto: 12 Lts					
(Mezcla de Pnueba)					
R <sub>28</sub>	a (Lts)	A (kg)	P (kg)	C (kg)	
180	2,13	10,80	12,37	3,41	
200	1,84	10,93	12,18	3,70	
250	1,90	10,52	11,64	4,52	
300	2,16	9,83	11,02	5,50	

TABLA 2.2.2.3

Volumen de Concreto: 41,5 Lts					
(Terceol)					
R <sub>280</sub>	a Lts	A (kg)	P (kg)	C (kg)	
180	7,35	37,39	42,79	11,78	
200	6,36	36,98	42,11	12,80	
250	6,58	36,38	40,25	15,64	
300	7,48	33,99	38,10	19,03	

### 2.3. RECOMENDACIONES PRACTICAS PARA LA EVALUACION ESTADISTICA DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

La estadística permite condensar datos y presentarlos en forma probabilística, de manera que sean más fácilmente comprensibles y comparables; constituye la herramienta más adecuada y útil que disponemos para el control de calidad, tanto para planificarlo como para interpretar los resultados de los ensayos. Sin embargo la estadística no toma decisiones, ésta tienen que basarse en criterios de otra índole; la estadística nos da la probabilidad de que se alcancen ciertos límites, pero en sí misma no intervienen en la elección de estos límites, los cuales deben ser fijados por procedimientos ajenos a ella; frecuentemente basados en acuerdos o decisiones condicionadas por la costumbre. Lo importante es que una vez decididos unos límites de calidad, los mismos se mantengan invariables en todas las circunstancias, la cual permitirá una referencia segura a que atenerse.

La magnitud de las variaciones de la Resistencia del concreto depende fundamentalmente de dos va-

riables a saber:

- a. Variaciones debida a la característica y propiedades de los materiales disponibles.
- b. Variaciones debida a variaciones inherente en el mismo proceso de ensayo de concreto.

Por esta razón, se han desarrollado una serie de herramientas que de una forma u otra constituyen parte del campo estadístico y nos miden dichos fenómenos, que como en el caso del concreto son aleatorios.

Estas herramientas son las que se conocen dentro de las estadísticas como medida de tendencia y variabilidad.

#### MEDIDAS DE TENDENCIA Y VARIABILIDAD:

##### A. MEDIDAS DE TENDENCIA ( MEDIA ):

Como tendencia central del valor de los ensayos utilizamos la media aritmetica del conjun-

to de los resultados involucrados.

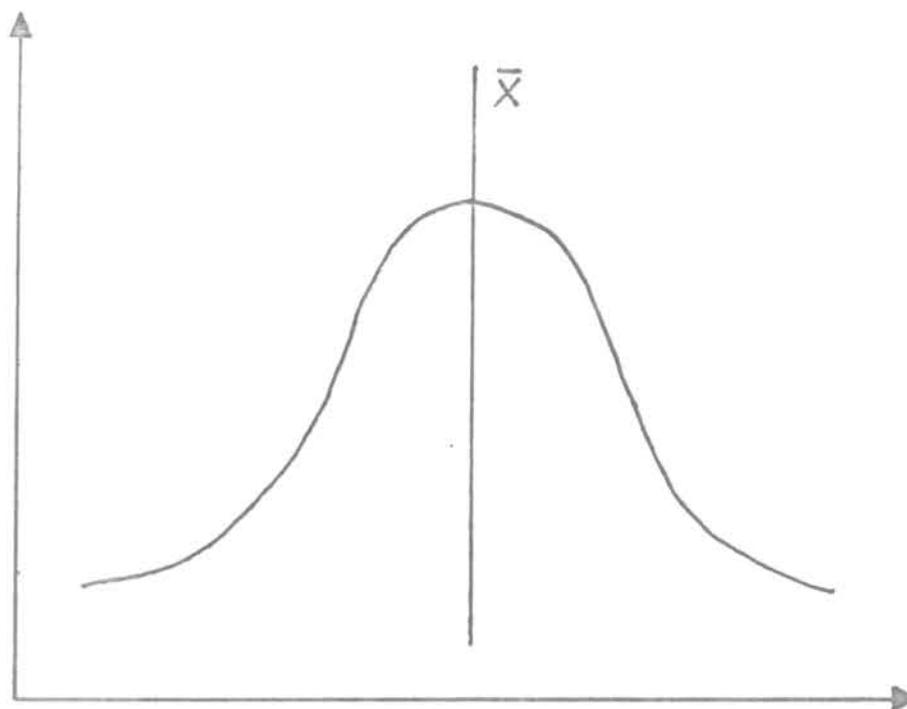


FIGURA 4

#### B. MEDIDA DE VARIABILIDAD:

Existen dos expresiones matemáticas, las cuales constituyen las variables más comúnmente usadas en dichas evaluaciones y son estas:

B<sub>1</sub>) Desviación estandar

Se define a un índice de la dispersión del conjunto de datos, el cual es el parámetro estadístico mas representativo al respecto.

La expresión matemática de la misma es la siguiente:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:  $s$  = Desviación estandar

$\bar{x}$  = Media de los resultados

$x_i$  = Resultado parcial

$n$  = Número de resultados

B<sub>2</sub> ) Coeficiente de Variación:

Es la relación existente entre la desviación estandar y el valor promedio, expresado en forma porcentual.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:  $V$  = Coeficiente de Variación

$\sigma$  = Desviación estandar

$\bar{X}$  = Medida de los Valores evaluados

Para poder saber el grado de control que presentan los resultados es necesario recurrir a un criterio de comparación. Para ello la Norma ACI - 214 establece ciertos rangos de Comparación como se expone en la Tabla siguiente:

CLASE DE OPERACION	COEFICIENTE DE VARIACION PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL			
	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
<i>Variaciones totales</i>				
<i>En obra</i>	$< 10$	10-15	15-20	$> 20$
<i>Control de laboratorio</i>	$< 5$	5-7	7-10	$> 10$
<i>Variaciones en los ensayos</i>				
<i>Control de Campo</i>	$< 4$	4-5	5-6	$> 6$
<i>Control de Laboratorio</i>	$< 3$	3-4	4-5	$> 6$

TÁBLA 2.3.1. Coeficiente de Variación para diferentes grados de Control.

C. RANGO DE VARIACION:

Se define como la diferencia entre el Valor mayor y el menor de los obtenidos en el grupo de ensayos que se analiza.

$$r = ( X_{\max} - X_{\min} )$$

Donde:  $r$  = Rango de Variación

$X_{\max}$  = Mayor valor del grupo de resultados

$X_{\min}$  = Menor valor del grupo de resultados

Para controlar las variaciones inherente a los ensayos de las diferentes mezclas, podemos evaluar la desviación estandar de los rangos de la misma y así se debe definir esta nueva variable, para lo cual se tiene que evaluar previamente la media de los rangos de variación.

$$\bar{r} = \frac{\sum r_i}{n}$$

Donde  $\bar{r}$  = Rango de Variación media

$r_i$  = Rango de Variación parcial

$n$  = N<sup>o</sup> de rango de Variación

#### D. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RANGOS DE VARIACION ( $\nabla_1$ )

Es la desviación estándar correspondiente a los grupos de rango de variación, es decir, la propiamente inherente a la variación de los ensayos y tiene la siguiente expresión:

$$\nabla_1 = \frac{1}{d_2} \times \bar{r}$$

Donde:

$\nabla_1$  = Desviación estándar del grupo de rangos de variación.

$d_2$  = Constante que depende del grupo de cilindros.

$\bar{r}$  = Valor medio de los rangos de variación.

La siguiente tabla nos da los valores de  $d_2$  :

NUMERO DE PROBETAS	$d_1$	$1/d_2$
2	1,128	0,8865
3	1,693	0,5907
4	2,059	0,4857
5	2,534	0,4299
6	2,704	0,3946
7	2,847	0,3698
8	2,970	0,3512
9	2,326	0,3367
10	3,078	0,3249

TABLA 2.3.2. - VALORES DE  $d_2$  ( NORMA A.S.T.M. 15-C )

E. COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS RANGOS DE VARIACION (  $V_1$  )

Este valor es una medida relativa de como se dispersan los valores de rango con respecto a la media y su expresión como significado es la misma que la anteriormente expuesta en el párrafo

B.2.

$$V_1 = \frac{\nabla_1}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

$V_1$  = Coeficiente de variación de los rangos de -  
variación.

$\nabla_1$  = Desviación estándar propia de los ensayos

$\bar{X}$  = Media de los resultados de compresión

## 2.4. REPRESENTACIONES GRAFICAS DE LAS DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA

### A. HISTOGRAMA DE FRECUENCIA

Este constituye una representación de la historia de los ensayos y su distribución frecuen  
cial a lo largo de dos ejes. Su elaboración se -  
realiza llevando sobre el eje de las abcisas el -

valor obtenido en los ensayos y en el de las ordenadas, la frecuencia con que se produjo a través de los mismos.

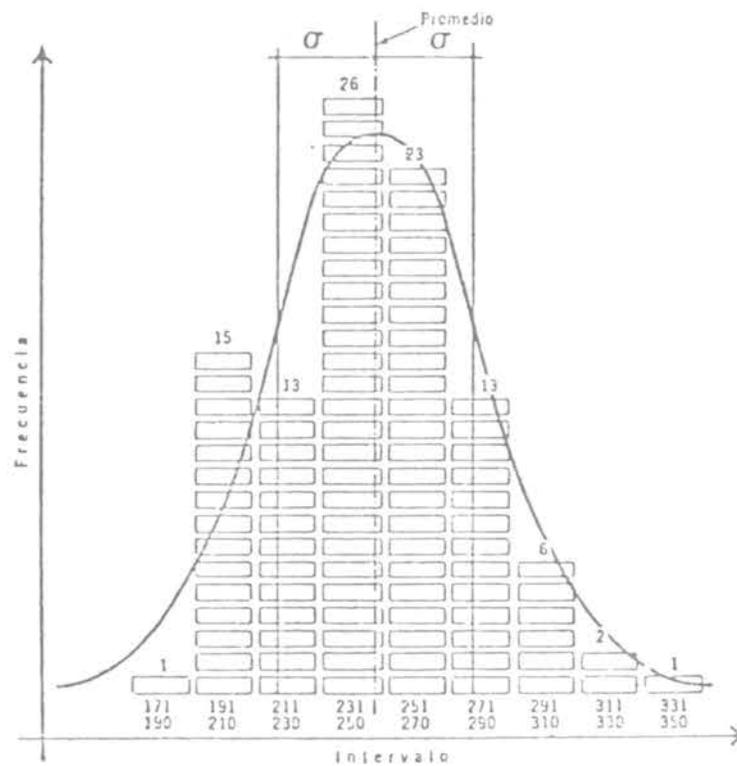


FIG. 5 HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE UN CONJUNTO DE VALORES. ( 9 ).

### B. POLIGONO DE FRECUENCIA:

Esta gráfica es una envolvente de los valores obtenidos en el histograma y su elaboración se realiza uniendo los puntos medios de cada valor máximo de los escalones que presenta el histograma de frecuencias.

Para visualizar gráficamente el polígono de frecuencias se hace referencia a la Fig. N° 5 la cual es una representación de una serie de valores obtenidos en un ensayo cualquiera que para fines prácticos puede ser cualquier conjunto de valores, como los que seguidamente se indican en la Tabla 2.4.1.

RESISTENCIA NOMINAL ( K (cm <sup>2</sup> )	FRECUENCIA DE APARICION
150 - 200	4
200 - 250	10
250 - 300	23
300 - 350	17
350 - 400	5

TABLA 2.4.1. EJEMPLO PARA LA CONSTRUCCION DEL HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS.

Su representación gráfica será:

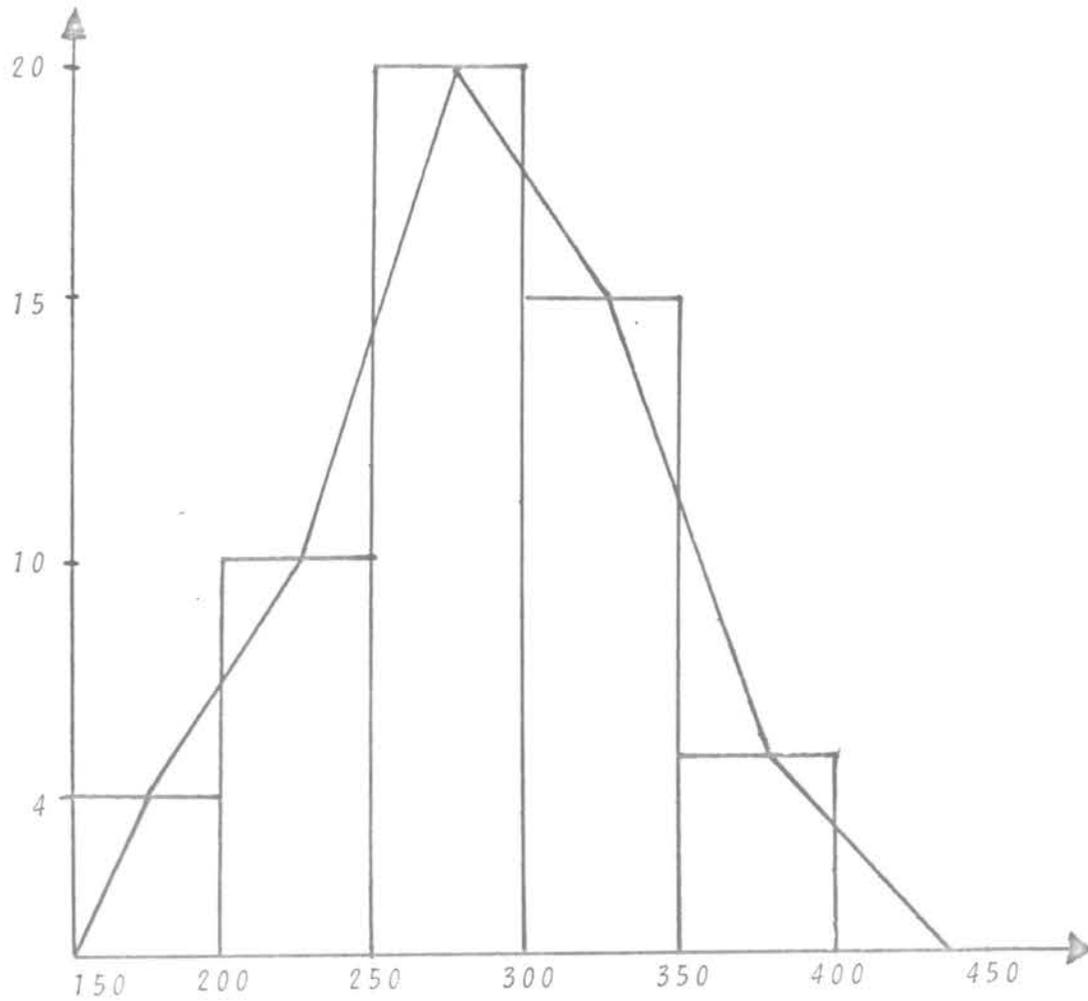


FIG. 6 POLIGONO E HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LOS DATOS DE LA TABLA -

## 2.5. APLICACION DE LOS PRINCIPIOS ESTADISTICOS AL CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO:

Las evaluaciones de control de calidad son procedimientos que deben tomarse a la hora de efectuar una producción masificada de un producto, a manera de medir la Variabilidad y Eficiencia de su producción.

Para el cálculo estructural se toma como resistencia de referencia del concreto, la correspondiente a los ensayos de compresión que se hacen en probetas normalizadas del Material.

Por seguridad de la estructura pareciera conveniente que ninguna parte del concreto que se coloca tuviera resistencias menores que un valor dado, sin embargo los principios, estadísticos nos indican que no es posible establecer como resistencia para el ensayo normativo un valor mínimo, ya que con un grado u otro de probabilidad siempre es posible obtener un valor menor que otro dado cualquiera. Si para hacer pequeña la probabilidad de que ocurra esto,

se establece una resistencia límite muy baja, el control deja de ser efectivo y cualquier concreto podrá aparentar que cumple.

Para poder alcanzar la resistencia característica exigida, la resistencia media del concreto y por lo tanto la resistencia media para la cual hay que hacer el diseño de mezcla, debe ser mayor que aquella. El aumento necesario para pasar de la resistencia característica a la resistencia media, se conoce como mayoración de resistencia.

Aplicando los principios estadísticos vemos - que en la ecuación:  $Z = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$ , el límite  $X_i$  representa la resistencia característica. ( $f_c$ );  $\bar{X}$  a la resistencia media ( $F_{cr}$ ) y que  $Z$  es un índice de la fracción; podemos por lo tanto escribir dicha fórmula de la siguiente manera:

$$F_{cr} = f_c \pm \sigma Z$$

Se emplea a veces también otras fórmulas o métodos para calcular la resistencia media requerida

por el diseño de mezcla, en los cuales se aplican can  
tidades o coeficientes de seguridad, y/o se basan en  
coeficiente de variación, sin embargo la antes señala  
da es la mas adecuada para el control estadístico del  
concreto.

Para la observación de como se mueve un valor  
de resistencia de concreto con respecto a la media, -  
se han elaborado unos tipos de graficos que visuali -  
zan dicho movimiento y constituyen una manera comoda  
y simplificada de control de producción. Aún cuando  
no incluyen todos los parametros de evaluación, dan -  
una herramienta muy eficaz para ello.

En la figura N° 7 se representa un grafico que  
muestra la trayectoria de resistencia, así como la me  
dia móvil de resistencia de varios grupos de ensayos,  
la cual es útil para detectar cambios en los suminís -  
tros, así como variaciones propias inherentes a los  
distintos ensayos.

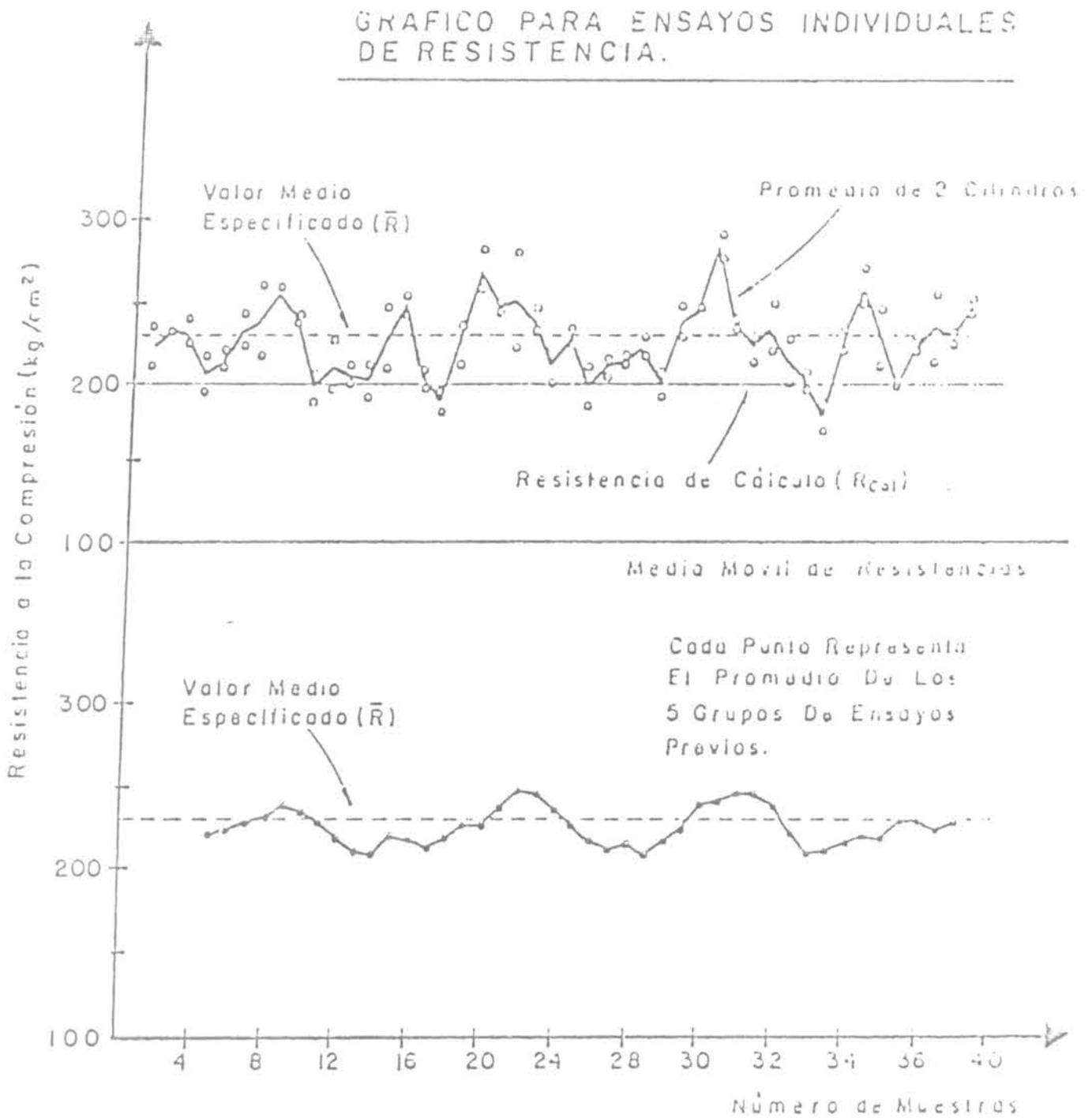
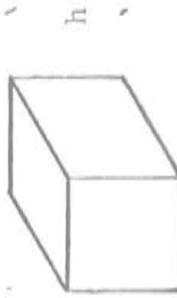


Fig. 7 —Ejemplo de un gráfico de control de calidad.

CAPITULO III

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

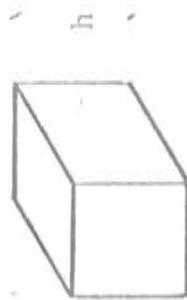


TIPO DE PROBETA USADA: Cábica de 10x10x10 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 220 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES b x l x h (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADÍSTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		2,479	10,0x10,2x10,3	2.359	102,00	14.700	144,118			
2		2,492	10,2x10,2x10,1	2.372	104,04	15.800	151,865			
3	7	2,525	10,0x10,3x10,2	2.403	103,00	17.700	171,845	158,85	10,88	6,85
4		2,526	10,0x10,1x10,1	2.476	101,00	16.400	162,376			
5		2,572	9,8x10,2x10,6	2.427	99,96	16.400	164,066			
6		2,501	10,0x10,1x10,2	2.428	101,00	22.500	222,772			
7		2,538	10,1x10,1x10,0	2.488	102,01	23.000	225,468			
8	28	2,505	10,2x10,1x10,2	2.384	103,02	24.000	232,964	227,16	4,70	2,07
9		2.492	10,1x9,8x10,2	2.468	98,98	22.900	231,360			
10		2,498	10,1x10,2x10,0	2.425	103,02	23.000	223,258			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION



TIPO DE PROBETA USADA: Cúbica de 15x15x15 cms

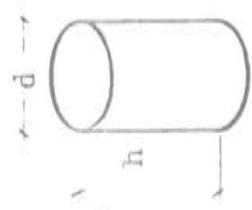
RESISTENCIA DE DISEÑO: 220 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES bxlxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDART kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1	7	8,059	15,0x15,2x150	2.356	228,00	30.700	134,649	145,96	12,20	8,36
2		8,056	14,6x15,0x150	2.419	222,00	30.900	139,189			
3		8,435	15,2x15,1x152	2.417	229,52	36.000	156,849			
4		8,215	15,0x15,0x151	2.418	225,00	31.000	137,778			
5		8,159	15,0x15,0x150	2.401	225,00	36.300	161,333			
6	28	8,195	15,1x15,2x150	2.380	229,52	47.800	208,261	195,55	12,51	6,40
7		8,231	15,0x15,1x150	2.423	226,50	40.200	177,483			
8		8,431	15,2x15,1x152	2.417	229,52	47.400	206,518			
9		8,408	15,1x15,1x152	2.426	228,01	44.200	193,851			
10		8,105	15,0x15,2x150	2.370	228,00	43.700	191,667			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

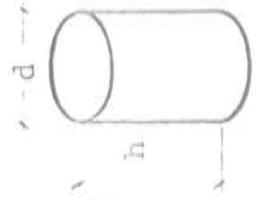
TIPO DE PROBETA USADA: Cilindricas de 3" x 15 cms

RESISTENCIA DE DISENO: 220 kg/cm<sup>2</sup>



MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEGIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		1,477	7,25 x 15,2	2.354	41,28	6.100	147,771			
2		1,467	7,25 x 15,2	2.338	41,28	6.100	147,771			
3	7	1,478	7,25 x 15,1	2.371	41,28	5.900	142,926	148,26	5,52	3,73
4		1,441	7,25 x 15,0	2.327	41,28	6.500	157,460			
5		1,453	7,25 x 15,0	2.347	41,28	6.000	145,349			
6		1,475	7,25 x 15,1	2.366	41,28	10.100	244,671			
7		1,448	7,25 x 15,0	2.339	41,28	10.000	242,248			
8	28	1,495	7,25 x 15,2	2.383	41,28	9.800	237,403	243,70	4,40	1,80
9		1,456	7,25 x 15,0	2.351	41,28	10.300	249,516			
10		1,479	7,25 x 15,1	2.373	41,28	10.100	244,671			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION



TIPO DE PROBETA USADA: Cilindricas de 4" x 20 cms

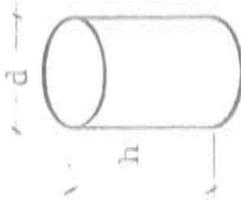
RESISTENCIA DE DISEÑO: 220 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO dias	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								ME DIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		4,279	10,8 x 20,0	2.335	91,61	13.500	147,362			
2		4,250	10,8 x 20,0	2.320	91,61	13.600	150,633			
3	7	4,300	10,8 x 20,2	2.324	91,61	12.800	139,721	147,14	4,72	3,21
4		4,345	10,8 x 20,4	2.325	91,61	13.900	151,732			
5		4,200	10,8 x 20,0	2.393	91,61	13.400	146,272			
6		4,229	10,8 x 20,1	2.297	91,61	21.000	229,233			
7		4,203	10,8 x 20,2	2.271	91,61	22.400	244,515			
8	28	4,251	10,7 x 20,3	2.329	89,92	21.600	240,214	234,02	7,79	3,33
9		4,246	10,8 x 20,1	2.306	91,61	20.900	228,141			
10		4,216	10,7 x 20,2	2.321	89,92	20.500	227,980			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TIPO DE PROBETA USADA: Cilindricas de 15 x 30 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO:  $220 \text{ kg/cm}^2$



MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		13,937	15,8 x 30,3	2.346	196,07	30.500	155,556			
2		14,300	15,9 x 30,5	2.361	198,56	28.500	143,533			
3	7	14,176	15,8 x 30,2	2.394	196,07	29.000	147,906	150,59	5,80	3,85
4		13,576	15,10x 30,3	2.375	188,69	28.000	148,392			
5		13,903	15,7 x 30,4	2.362	193,59	30.500	157,550			
6		12,824	15,0 x 30,0	2.419	176,72	38.600	218,425			
7		12,848	15,0 x 30,1	2.423	176,72	39.200	221,820			
8	28	13,052	15,3 x 30,1	2.359	183,85	38.800	211,042	216,91	4,58	2,11
9		13,241	15,2 x 30,4	2.400	181,46	36.700	213,270			
10		13,204	15,1 x 30,2	2.441	179,08	39.400	220,013			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

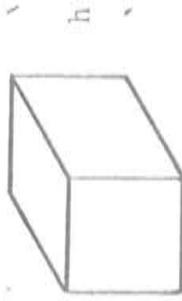


TIPO DE PROBETA USADA: Cábricas de 10 x 10 x 10 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 240 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES b x l x h (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1	7	2,507	10,2 x 10,0 x 10,2	2410	102,00	19000	186,275	178,81	5,99	3,35
2		2,545	10,2 x 10,2 x 10,3	2375	104,04	18000	173,010			
3		2,507	10,3 x 10,1 x 10,3	2340	104,03	18000	173,027			
4	28	2,375	9,8 x 10,0 x 10,2	2376	98,00	18200	178,414	178,81	5,99	3,35
5		2,555	10,1 x 10,1 x 10,0	2505	102,01	18700	183,315			
6		2,489	10,1 x 10,1 x 10,2	2392	102,01	27500	269,581			
7	28	2,510	10,0 x 10,0 x 10,2	2461	100,00	25000	250,00	267,58	13,69	5,12
8		2,510	10,0 x 10,1 x 10,3	2413	101,00	26000	257,426			
9		2,550	10,1 x 10,2 x 10,2	2495	103,02	29000	281,499			
10	28	2,545	10,1 x 10,1 x 10,0	2495	102,01	28500	279,384	267,58	13,69	5,12

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

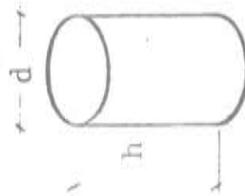


TIPO DE PROBETA USADA: Cúbicas de 15x15x15 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 240 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES b x l x h (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		8,435	15,1x15,3x15,0	2434	231,03	36.400	157,555			
2		8,426	15,0x15,0x15,0	2497	225,00	32.900	147,222			
3	7	8,185	14,9x15,0x14,8	2474	223,50	32.000	143,177	155,08	10,66	6,88
4		8,272	15,0x15,0x15,0	2451	225,00	38.200	169,778			
5		8,270	15,0x15,0x15,0	2450	225,00	35.700	158,666			
6		8,283	14,8x15,2x15,0	2455	224,96	50.300	223,595			
7		8,243	14,9x15,0x15,2	2426	223,50	55.300	249,660			
8	28	8,300	14,9x15,0x15,0	2476	223,50	52.200	233,557	235,10	9,53	4,06
9		8,230	14,8x15,0x15,0	2471	222,00	51.400	231,532			
10		8,275	14,9x15,0x15,0	2468	223,50	53.000	237,136			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

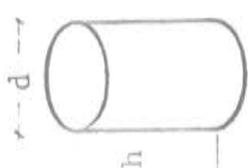


TIPO DE PROBETA USADA: Cilindricas de 3" x 15 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 240 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO dias	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		1,472	7,25 x 15,1	2.362	41,28	7.200	174,419			
2		1,507	7,25 x 15,1	2,418	41,28	6.400	155,039			
3	7	1,484	7,25 x 15,2	2.365	41,28	6.200	150,194	169,57	16,16	9,53
4		1,484	7,25 x 15,2	2.365	41,28	7.500	181,686			
5		1,484	7,25 x 15,3	2.350	41,28	7.700	186,531			
6		1,455	7,25 x 15,0	2.350	41,28	11.800	285,853			
7		1,501	7,25 x 15,1	2.408	41,28	11.900	288,275			
8	28	1,500	7,25 x 15,3	2.375	41,28	11.700	283,430	287,77	8,19	2,83
9		1,489	7,25 x 15,3	2.358	41,28	12.400	300,388			
10		1,490	7,25 x 15,1	2.390	41,28	11.600	281,008			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

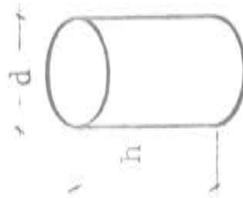


TIPO DE PROBETA USADA: Cilíndricas de 4" x 20 cms.

RESISTENCIA DE DISEÑO: 240 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEGATONAS	DEVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		4,372	10,8 x 20,0	2.386	91,61	14.000	152,822			
2		4,333	10,8 x 20,0	2.365	91,61	14.500	158,280			
3	7	4,270	10,7 x 20,2	2.351	89,92	15.000	166,815		5,82	3,60
4		4,331	10,7 x 20,2	2.384	89,92	14.900	165,703			
5		4,328	10,7 x 20,1	2.395	89,92	14.700	163,479			
6		4,390	10,7 x 20,5	2.382	89,92	25.000	278,025			
7		4,305	10,7 x 19,8	2.418	89,92	22.500	250,222		12,64	4,77
8	28	4,390	10,8 x 20,2	2.372	91,61	23.200	253,247			
9		4,387	10,8 x 20,2	2.371	91,61	24.800	270,713			
10		4,390	10,8 x 20,2	2.372	91,61	25.100	273,988			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

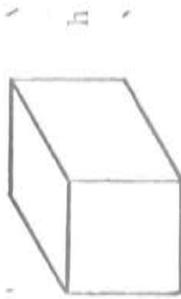


TIPO DE PROBETA USADA: Cilindricas de 15 x 30 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 240 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEGIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		13,653	15,4 x 30,6	2.395	186,27	31.800	170,720			
2		14,335	16,0 x 30,5	2.338	201,06	33.100	164,628	163,33	11,25	6,89
3	7	14,235	15,6 x 30,5	2.442	191,13	30.500	159,577			
4		12,872	15,0 x 30,0	2.428	176,72	31.000	175,419			
5		13,152	15,3 x 30,0	2.385	183,85	26.900	146,315			
6		13,800	15,8 x 30,2	2.331	196,07	51.500	262,662			
7		13,923	15,7 x 30,4	2.366	193,59	48.500	250,529			
8	28	12,823	15,0 x 30,0	2.419	176,72	46.500	263,128	255,96	7,57	2,96
9		13,989	15,6 x 30,2	2.424	191,13	47.000	245,906			
10		14,260	15,8 x 30,3	2.400	196,07	50.000	257,561			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

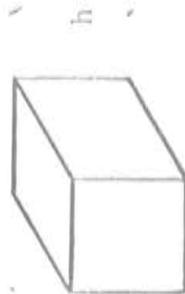


TIPO DE PROBETA USADA: Cábica de 10x10x10 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 290 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES b x l x h (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDART kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1	7	2,529	10,1x10,1x10,1	2.455	102,01	23.600	231,350	237,53	8,32	3,50
2		2,535	9,8x10x 9,8	2.640	98,00	22.600	230,612			
3		2,555	10,2x10,2x10,3	2.384	104,04	24.200	232,603			
4		2,511	10,2x10,2x10,2	2.366	104,04	25.800	247,982			
5		2,635	10,2x10,2x10,3	2.459	104,04	25.500	245,098			
6	28	2,585	10,2x10,3x10,2	2.412	105,06	31.400	298,877	308,26	11,07	3,59
7		2,560	10,1x10,2x10,1	2.366	104,03	32.000	307,604			
8		2,531	10,1x10,0x10,3	2.433	101,00	32.400	320,792			
9		2,503	10,1x9,9x10,2	2.454	99,99	29.600	296,030			
10		2,510	10,0x10,0x10,2	2.461	100,00	31.800	318,000			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

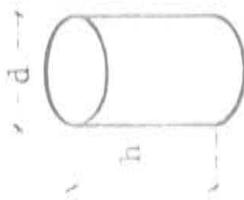


TIPO DE PROBETA USADA: Cábica de 15x15x15 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 290 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES bxLxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEGIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		8,542	15,0x15,2x150	2.498	228,00	49.200	215,789			
2		8,532	15,0x15,0x150	2.528	225,00	47.600	211,556			
3	7	8,877	15,2x14,8x154	2.562	224,96	46.900	208,482	206,55	7,87	3,81
4		8,358	15,0x15,2x150	2.444	228,00	45.500	199,561			
5		8,530	15,1x15,1x150	2.494	228,01	45.000	197,360			
6		8,451	15,0x15,0x150	2.504	225,00	68.500	304,444			
7		8,563	15,0x15,3x150	2.487	229,50	68.500	298,475			
8	28	8,405	15,0x15,2x152	2.425	228,00	68.500	300,438	300,62	6,97	2,32
9		8,226	14,8x15,0x149	2.487	222,00	64.500	290,541			
10		8,386	15,1x15,1x151	2.439	228,01	70.500	309,197			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION



TIPO DE PROBETA USADA: Cilindricas de 3" x 15 cms

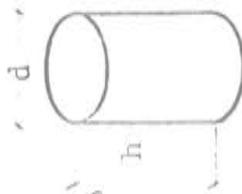
RESISTENCIA DE DISEÑO: 290 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO dias	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE RÓTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		1,494	7,25 x 15,2	2.381	41,28	12.000	290,698			
2		1,455	7,25 x 15,0	2.350	41,28	10.500	254,360			
3	7	1,518	7,25 x 15,4	2.388	41,28	10.700	259,205	274,22	17,08	6,23
4		1,494	7,25 x 15,2	2.381	41,28	12.000	290,698			
5		1,480	7,25 x 15,1	2.374	41,28	11.400	276,163			
6		1,490	7,25 x 15,2	2.375	41,28	14.000	339,147			
7		1,516	7,25 x 15,1	2.432	41,28	13.700	331,880			
8	28	1,490	7,25 x 15,2	2.375	41,28	14.200	343,992	335,76	6,55	1,95
9		1,515	7,25 x 15,2	2.415	41,28	13.900	336,725			
10		1,523	7,25 x 15,1	2.443	41,28	13.500	327,035			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TIPO DE PROBETA USADA: Cilindricas de 4" x 20 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 290 kg/cm<sup>2</sup>

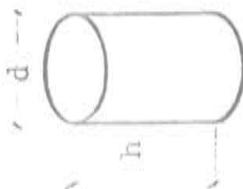


MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		4,355	10,7 x 20,5	2.363	89,92	20.400	226,868			
2		4,325	10,7 x 20,2	2.381	89,92	19.000	211,299	221,07	6,48	2,93
3	7	4,368	10,65x 20,3	2.392	89,08	19.700	211,150			
4		4,368	10,75x 20,3	2.371	90,76	20.600	226,972			
5		4,280	10,7 x 20,1	2.368	89,92	19.700	219,089			
6		4,305	10,7 x 20,0	2.394	89,92	29.200	324,733			
7		4,350	10,8 x 20,2	2.351	91,61	29.400	320,926			
8	28	4,373	10,7 x 20,1	2.420	89,92	28.000	311,388	317,67	5,28	1,66
9		4,406	10,8 x 20,3	2.369	91,61	28.800	314,376			
10		4,350	10,7 x 20,3	2.383	89,92	28.500	316,948			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TIPO DE PROBETA USADA: Cilíndricas de 15 x 30 cms.

RESISTENCIA DE DISEÑO:  $290 \text{ kg/cm}^2$



MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms.)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEGIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDART kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		13,739	15,3 x 30,4	2.458	183,85	38.800	211,042			
2		12,890	15,0 x 30,0	2.431	176,72	38.000	215,029			
3	7	14,105	15,8 x 30,4	2.366	196,07	41.500	211,659	215,21	5,11	2,38
4		13,926	15,6 x 30,6	2.381	191,13	41.000	214,514			
5		14,270	16,0 x 32,0	2.218	201,06	45.000	223,814			
6		14,235	15,8 x 30,0	2.420	196,07	57.500	293,263			
7		13,820	15,3 x 30,2	2.489	183,85	52.500	285,559			
8	28	12,850	15,0 x 30,0	2.424	176,72	54.200	306,699	295,65	8,05	2,72
9		14,270	15,9 x 30,6	2.349	198,56	59.600	300,161			
10		14,070	15,4 x 30,7	2.460	186,27	54.500	292.586			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

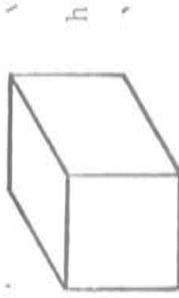


TIPO DE PROBETA USADA: Cúbica de 10x10x10 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 340 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES bxLxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS					
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION			
1	7	2,527	10,1x10,2x103	2.381	103,02	32.600	361,443	308,80	10,31	3,34			
2		2,453	10,0x10,1x102	2.381	101,00	30.000	297,030						
3		2,630	10,1x10,2x104	2.455	103,02	32.600	316,443						
4		2,560	10,3x10,1x103	2.389	104,03	31.000	297,991						
5		2,473	10,4x10,1x102	2.308	105,04	33.200	316,070						
6		2,532	10,4x10,3x103	2.295	107,12	37.000	345,407						
7		2,590	10,1x10,2x106	2.372	103,02	36.400	353,330						
8		2,560	10,2x10,3x104	2.343	105,06	39.000	371,217				352,79	11,17	3,17
9		2,546	10,2x10,3x104	2.330	105,06	36.000	342,661						
10		2,595	10,4x10,4x104	2.307	108,16	38.000	351,331						

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

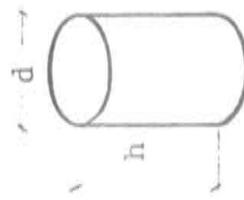


TIPO DE PROBETA USADA: Cúbica de 15 x 15 x 15 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 340 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES bxlxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDART kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1	7	8,338	15,0x15,3x150	2422	229,50	59250	258,170			
2		8,338	15,0x15,4x150	2406	231,00	59600	258,000			
3		8,707	14,9x15,2x155	2480	226,48	54500	240,639	259,77	15,20	5,85
4		8,354	15,4x14,9x150	2427	229,46	65000	283,274			
5		8,305	15,2x15,0x150	2428	228,00	59000	258,772			
6	28	8,413	15,0x15,0x150	2493	225,00	83500	371,111			
7		8,389	15,0x14,9x150	2502	223,50	87000	389,262			
8		8,385	15,0x15,0x150	2484	225,00	86500	384,444	377,86	10,20	2,70
9		8,425	15,2x15,0x152	2431	228,00	83000	364,035			
10		8,420	15,0x15,0x152	2462	225,00	85600	380,444			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

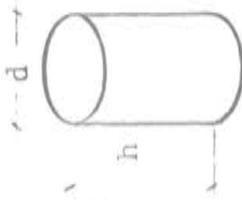


TIPO DE PRÓBETA USADA: Cilíndrica de 3" x 15 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 340 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEGAS	DESVIACION STANDARD	% de VARIACION
1		1,482	7,25 x 15,1	2.378	41,28	13.000	314,922			
2		1,467	7,25 x 15,2	2.338	41,28	14.500	351,260			
3	7	1,505	7,25 x 15,3	2.383	41,28	13.700	331,880	330,91	13,61	4,09
4		1,400	7,25 x 14,6	2.323	41,28	13.500	327,035			
5		1,455	7,25 x 15,0	2.350	41,28	13.600	329,457			
6		1,500	7,25 x 15,4	2.360	41,28	16.000	387,597			
7		1,464	7,25 x 15,4	2.303	41,28	15.400	373,062			
8	28	1,464	7,25 x 15,4	2.303	41,28	15.600	377,907	378,88	6,32	1,67
9		1,525	7,25 x 15,4	2.399	41,28	15.800	382,752			
10		1,500	7,25 x 15,7	2.314	41,28	15.400	373,062			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION



TIPO DE PROBETA USADA: Cilindrica de 4 x 20 cms

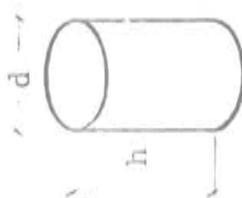
RESISTENCIA DE DISEÑO: 340 kg/cm<sup>2</sup>

MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES dxh (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDART kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		4,409	10,65 x 20,2	2.450	89,08	23.900	268,298			
2		4,253	10,70 x 20,2	2.341	89,92	24.500	272,464			
3	7	4,321	10,7 x 20,2	2.379	89,92	24.000	266,904	271,63	10,56	3,89
4		4,366	10,7 x 20,3	2.392	89,92	23.500	261,343			
5		4,306	10,7 x 20,2	2.371	89,92	26.000	289,146			
6		4,390	10,6 x 20,4	2.439	88,25	31.500	356,941			
7		4,345	10,7 x 20,4	2.369	89,92	31.500	350,311			
8	28	4,355	10,6 x 20,4	2.419	88,25	31.000	351,275	351,08	10,61	3,02
9		4,360	10,6 x 20,4	2.422	88,25	32.000	362,606			
10		4,397	10,6 x 20,4	2.442	88,25	29.500	334,278			

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

TIPO DE PROBETA USADA: Cilíndricas de 15 x 30 cms

RESISTENCIA DE DISEÑO: 340 kg/cm<sup>2</sup>



MUESTRA	CURADO días	PESO kg.	DIMENSIONES d x h (cms)	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA DE ROTURA kg.	ESFUERZO A COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	VALORES ESTADISTICOS		
								MEDIA kg/cm <sup>2</sup>	DESVIACION STANDARD kg/cm <sup>2</sup>	% de VARIACION
1		14,320	15,7 x 30,3	2.441	193,59	53.200	274,808			
2		12,762	15,0 x 30,0	2.407	176,72	45.000	254,640			
3	7	14,057	15,9 x 30,2	2.344	198,56	55.200	277,820	272,85	17,64	6,28
4		13,775	15,7 x 30,2	2.356	193,59	55.000	284,106			
5		14,012	15,8 x 30,5	2.343	196,07	53.500	272,862			
6		14,250	15,6 x 30,5	2.444	191,13	63.000	329,619			
7		12,850	15,3 x 30,2	2.314	183,85	66.500	361,708			
8	28	14,150	15,8 x 30,4	2.374	196,07	63.000	321,314	339,83	15,55	4,58
9		13,770	15,4 x 30,9	2.392	186,27	64.500	346,272			
10		13,920	15,5 x 30,7	2.403	188,69	64.200	340,241			

## RESULTADOS OBTENIDOS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 220 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS		
	10x10x10 cm <sup>3</sup>	15x15x15 cm <sup>3</sup>	3" x 15 cm <sup>3</sup>	4" x 20 cm <sup>3</sup>	15 x 30 cm <sup>3</sup>
$\bar{R}_7$	158,85	145,96	148,26	147,14	150,59
$\sigma_7$	10,88	12,20	5,52	4,72	5,80
$v_7$	6,85	8,36	3,73	3,21	3,85
$\bar{R}_{28}$	227,16	195,55	243,70	234,02	216,91
$\sigma_{28}$	4,70	12,51	4,40	7,89	4,58
$v_{28}$	2,07	6,40	1,80	3,33	2,11

 $\bar{R}_7$ : Resistencia Promedio (7 días) $\sigma_7$ : Desviación Estandar (7 días) $v_7$ : Coeficiente de Variación ( 7 días ) $\bar{R}_{28}$ : Resistencia promedio ( 28 días ) $\sigma_{28}$ : Desviación Estandar ( 28 días ) $v_{28}$ : Coeficiente de variación ( 28 días )

## RESULTADOS OBTENIDOS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 240 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS		
	10x10x10 cm <sup>3</sup>	15x15x15 cm <sup>3</sup>	3" x 15 cm <sup>3</sup>	4" x 20 cm <sup>3</sup>	15 x 30 cm <sup>3</sup>
$\bar{R}_7$	178,81	155,08	169,57	161,42	163,33
$\sigma_7$	5,99	10,66	16,16	5,82	11,25
$v_7$	3,35	6,88	9,53	3,60	6,89
$\bar{R}_{28}$	267,58	235,10	287,79	265,24	255,96
$\sigma_{28}$	13,69	9,53	8,19	12,64	7,57
$v_{28}$	5,12	4,06	2,83	4,77	2,96

$\bar{R}_7$ : Resistencia Promedio (7 días)  
 $\sigma_7$ : Desviacion Estandar (7 días)  
 $v_7$ : Coeficiente de Variacion (7 días)

$\bar{R}_{28}$ : Resistencia promedio (28 días)  
 $\sigma_{28}$ : Desviacion Estandar (28 días)  
 $v_{28}$ : Coeficiente de variación (28 días)

## RESULTADOS OBIENIDOS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 290 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS		
	10x10x10 cm <sup>3</sup>	15x15x15 cm <sup>3</sup>	3" x 15 cm <sup>3</sup>	4" x 20 cm <sup>3</sup>	15 x 30 cm <sup>3</sup>
$\bar{R}_7$	237,53	206,55	274,22	221,07	215,21
$\sigma_7$	8,32	7,87	17,08	6,48	5,11
$v_7$	3,50	3,81	6,23	2,93	2,38
$\bar{R}_{28}$	308,26	300,62	335,76	317,67	295,65
$\sigma_{28}$	11,07	6,97	6,55	5,28	8,05
$v_{28}$	3,59	2,32	1,95	1,66	2,72

 $\bar{R}_7$ : Resistencia Promedio (7 días) $\sigma_7$ : Desviacion Estandar (7 días) $v_7$ : Coeficiente de Variacion ( 7 días ) $\bar{R}_{28}$ : Resistencia promedio ( 28 días ) $\sigma_{28}$ : Desviacion Estandar ( 28 días ) $v_{28}$ : Coeficiente de variación ( 28 días )

## RESULTADOS OBTENIDOS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 340 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS		
	10x10x10 cm <sup>3</sup>	15x15x15 cm <sup>3</sup>	3" x 15 cm <sup>3</sup>	4" x 20 cm <sup>3</sup>	15 x 30 cm <sup>3</sup>
$\bar{R}_7$	308,80	259,77	330,91	271,63	272,85
$\sigma_7$	10,31	15,20	13,61	10,56	17,64
$v_7$	3,34	5,85	4,09	3,89	6,28
$\bar{R}_{28}$	352,78	377,86	378,88	351,08	339,83
$\sigma_{28}$	11,17	10,20	6,32	10,61	15,55
$v_{28}$	3,17	2,70	1,67	3,02	4,58

 $\bar{R}_7$ : Resistencia Promedio (7 días) $\sigma_7$ : Desviación Estandar (7 días) $v_7$ : Coeficiente de Variación (7 días) $\bar{R}_{28}$ : Resistencia promedio (28 días) $\sigma_{28}$ : Desviación Estandar (28 días) $v_{28}$ : Coeficiente de variación (28 días)

## RELACIONES DE RESISTENCIAS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 220 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS	
	10x10x10 cms	15x15x15 cms	3" x 15 cms	4" x 20 cms
$\frac{\bar{R}_{7ce}}{\bar{R}_7}$	0,948	1,032	1,016	1,023
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_7}$	1,366	1,486	1,463	1,474
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_{28}}$	0,955	1,109	0,890	0,927
$\frac{\bar{R}_7}{\bar{R}_{28}}$	0,699	0,746	0,608	0,629

$\bar{R}_{7ce}$  : Resistencia promedio (7 días) del cilindro Standart.

$\bar{R}_{28ce}$  : Resistencia promedio (28 días) del cilindro Standart

$\bar{R}_7$  : Resistencia promedio (7 días) de las muestras en estudio.

$\bar{R}_{28}$  : Resistencia Promedio (28 días) de las muestras en estudio.

## RELACIONES DE RESISTENCIAS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 240 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS	
	10x10x10 cm <sup>3</sup>	15x15x15 cm <sup>3</sup>	3" x 15 cm <sup>3</sup>	4" x 20 cm <sup>3</sup>
$\frac{\bar{R}_{7ce}}{\bar{R}_7}$	0,913	1,053	0,963	1,012
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_7}$	1,432	1,651	1,509	1,586
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_{28}}$	0,957	1,089	0,889	0,965
$\frac{\bar{R}_7}{\bar{R}_{28}}$	0,644	0,660	0,589	0,609

$\bar{R}_{7ce}$  : Resistencia promedio (7días) del cilindro Standart.

$\bar{R}_{28ce}$  : Resistencia promedio (28 días) del cilindro Standart

$\bar{R}_7$  : Resistencia promedio (7 días) de las muestras en estudio.

$\bar{R}_{28}$  : Resistencia Promedio (28 días) de las muestras en estudio.

## RELACIONES DE RESISTENCIAS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 290 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS	
	10x10x10 cms	15x15x15 cms	3" x 15 cms	4" x 20 cms
$\frac{\bar{R}_{7ce}}{\bar{R}_7}$	0,906	1,042	0,735	0,974
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_7}$	1,245	1,431	1,078	1,337
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_{28}}$	0,959	0,984	0,881	0,931
$\frac{\bar{R}_7}{\bar{R}_{28}}$	0,771	0,687	0,817	0,696

$\bar{R}_{7ce}$  : Resistencia promedio (7 días) del cilindro Standart.

$\bar{R}_{28ce}$  : Resistencia promedio (28 días) del cilindro Standart

$\bar{R}_7$  : Resistencia promedio (7 días) de las muestras en estudio.

$\bar{R}_{28}$  : Resistencia Promedio (28 días) de las muestras en estudio.

## RELACIONES DE RESISTENCIAS

RESISTENCIA DE DISEÑO: 340 kg/cm<sup>2</sup>

	MUESTRAS CUBICAS		MUESTRAS CILINDRICAS	
	10x10x10 cms	15x15x15 cms	3" x 15 cms	4" x 20 cms
$\frac{\bar{R}_{7ce}}{\bar{R}_7}$	0,884	1,050	0,825	1,005
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_7}$	1,100	1,308	1,027	1,251
$\frac{\bar{R}_{28ce}}{\bar{R}_{28}}$	0,963	0,899	0,897	0,968
$\frac{\bar{R}_7}{\bar{R}_{28}}$	0,875	0,688	0,873	0,774

$\bar{R}_{7ce}$  : Resistencia promedio (7 días) del cilindro Standart.

$\bar{R}_{28ce}$  : Resistencia promedio (28 días) del cilindro Standart

$\bar{R}_7$  : Resistencia promedio (7 días) de las muestras en estudio.

$\bar{R}_{28}$  : Resistencia Promedio (28 días) de las muestras en estudio.

TABLA 3.1.3.  
 COEFICIENTES DE CONVERSION RESPECTO A LA PROBETA DE 15x30 CMS.

TIPO DE PROBETA	COEFICIENTES DE CONVERSION ( K )					
	7 DIAS			28 DIAS		
	VALORES LIMITES	VALOR MEDIO		VALORES LIMITES	VALOR MEDIO	
Cubica de lado= 10 cms.	0,884 - 0,948	0,913		0,955 - 0,963	0,959	
Cubica de lado= 15 cms.	1,032 - 1,053	1,044		0,899 - 1,109	1,020	
Cilindrica de diametro = 3"	0,785 - 1,016	0,897		0,881 - 0,897	0,890	
Cilindrica de diametro = 4"	0,974 - 1,023	1,004		0,927 - 0,968	0,948	

## 3.1.4. GRAFICOS

GRAFICO 1: Curva 1 Relación dada por el manual del concreto fresco para el cilindro 4"x20cms

Curva 2 Relación dada por el manual del concreto fresco para el cilindro 3"x15 cms.

Curva 3 Relación dada por el manual del concreto fresco para los cubos.

Curva 4 Fórmula de L'HERMITE para los cubos

GRAFICO 2: Muestras las relaciones de resistencia para la rotura a los 7 días.

Curva 1 Representa el valor medio de las relaciones de resistencia del cilindro de 15x30 cms entre las resistencias medias del cubo de 10 cms.

Curva 2 Representa el valor medio de las relaciones de resistencia del cilindro de 15x30 cms entre las resistencias medias del cubo de 15 cms.

Curva 3 Representa el valor medio de las relaciones de resistencia del cilindro de 15x30 cms entre las resistencias medias del cilindro de 3"x15 cms.

Curva 4 Representa el valor medio de las relaciones de resistencias del cilindro de 15x30 cms entre las resistencias medias del cilindro de 4"x20 cms.

GRAFICO 3: Relaciones de resistencia para la rotura a los 28 días.

Curva 1 Representa el valor medio de las relaciones de resistencias medias del cilindro de 15x30 cms entre la resistencia media del cubo de 10 cms.

Curva 2 Representa el valor medio de las relaciones de resistencias medias del cilindro de 15x30 cms entre la resistencia media del cubo de 15 cms.

- Curva 3 Representa el valor medio de las relaciones de resistencias del cilindro de 15x30 entre la resistencia media del cilindro de 3" x 15 cms.
- Curva 4 Representa el valor medio de las relaciones de resistencias del cilindro de 15x30 cms entre la resistencia media del cilindro de 4"x20 cms.

GRAFICO 1

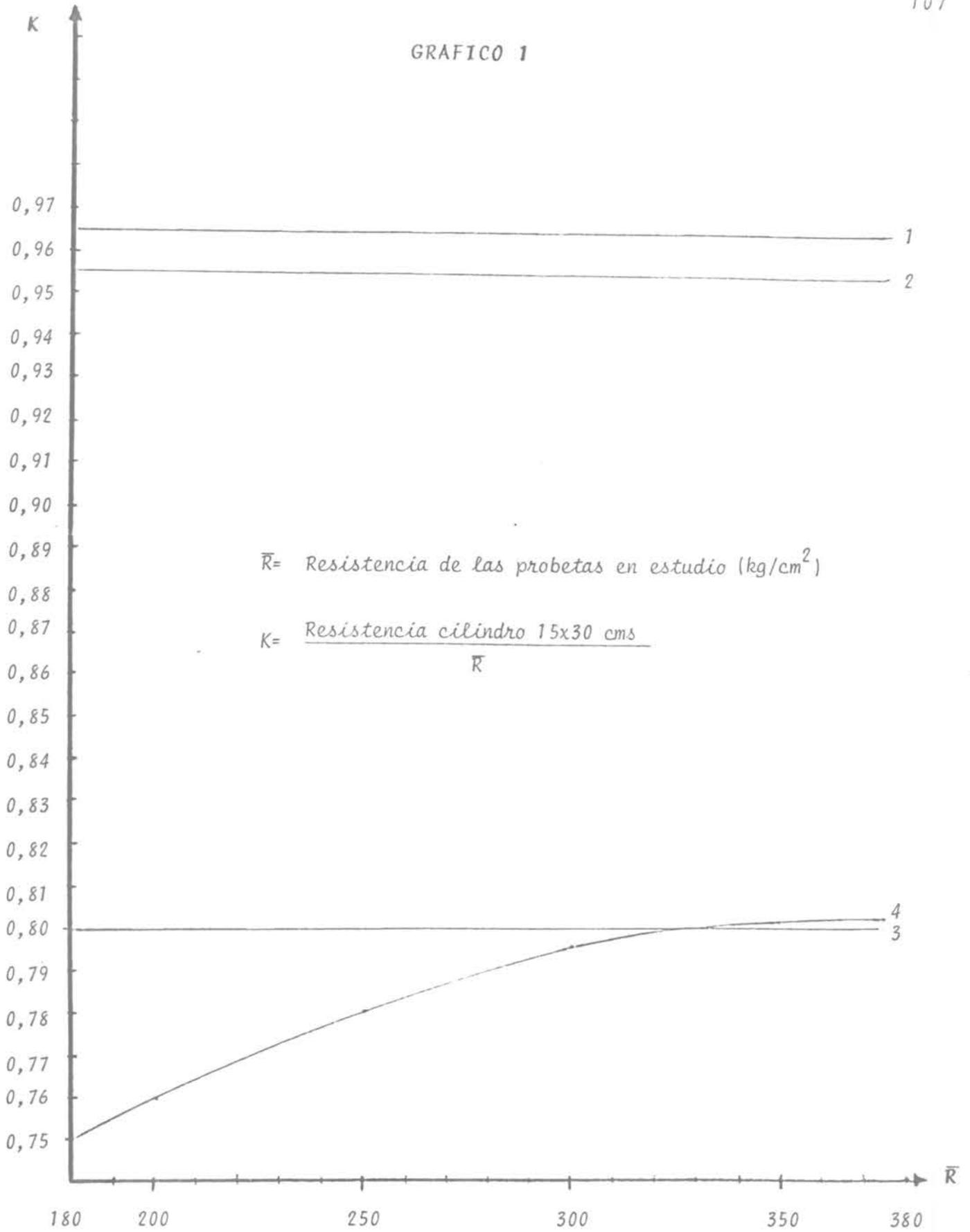


GRAFICO 2

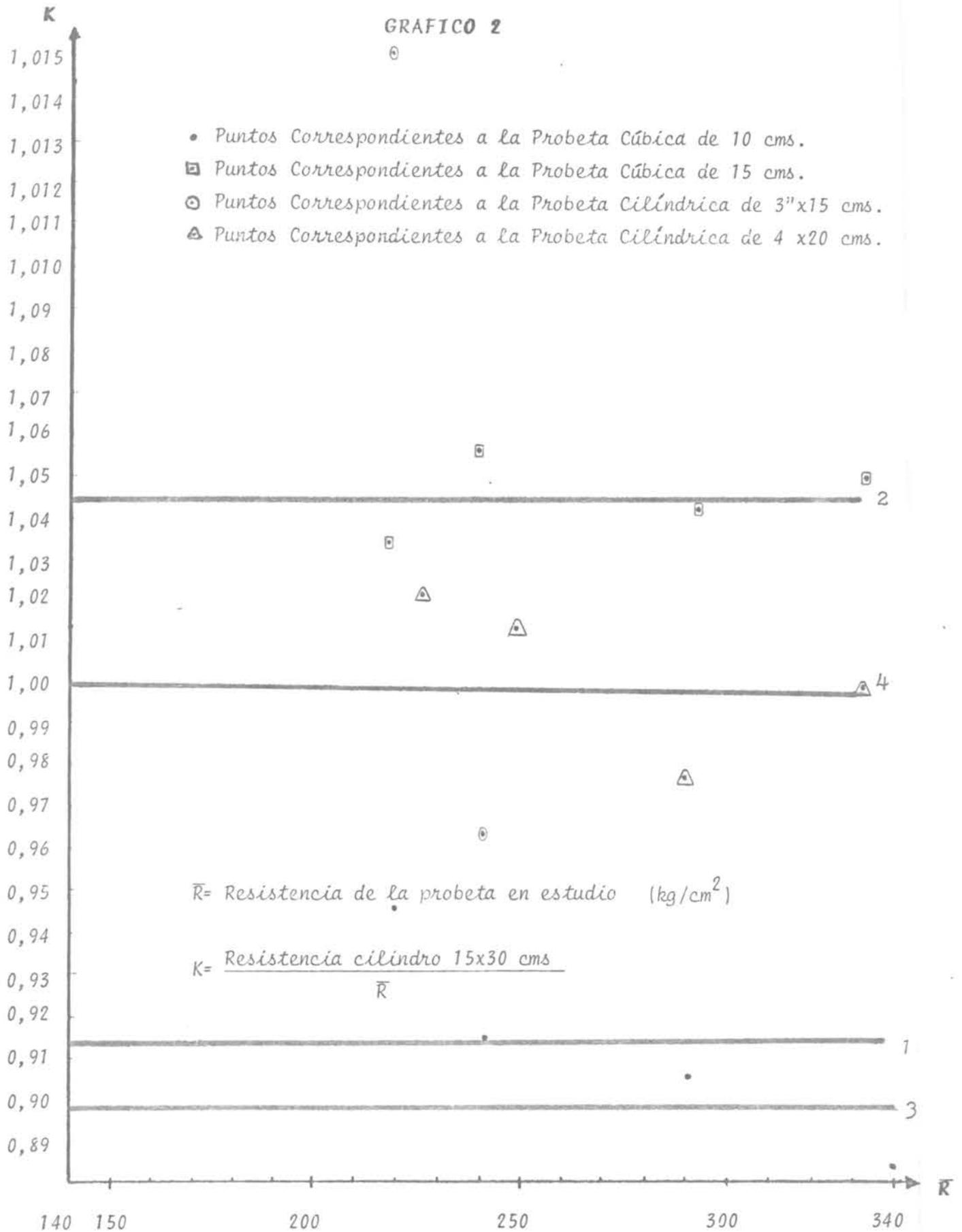
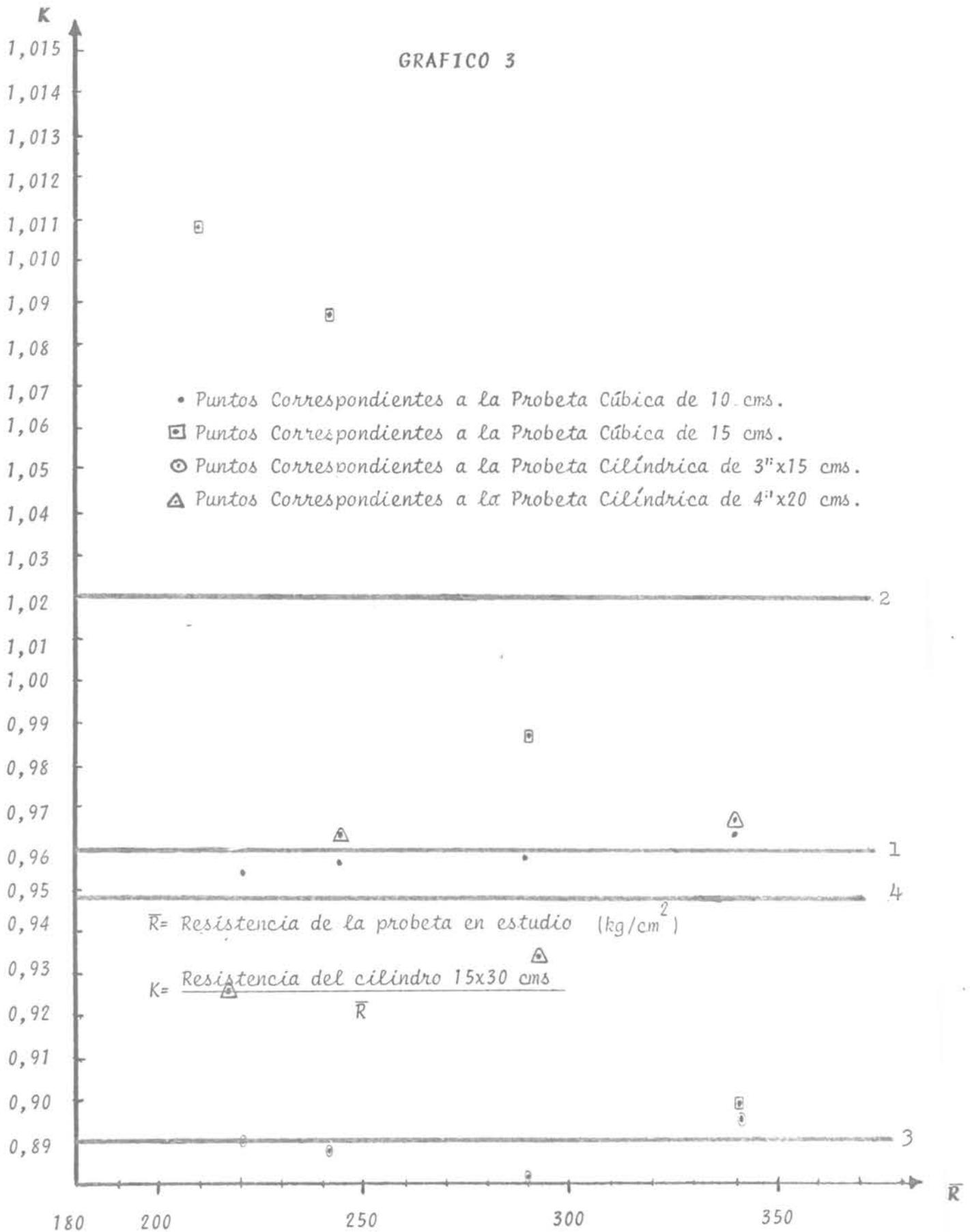


GRAFICO 3



CAPITULO IV

#### 4.1. CONCLUSIONES

##### COMPACTACION

— En este aspecto, la probeta que más problemas presentó, fue la cilíndrica de 3 pulgadas x 15 cms, debido a que por su poca sección transversal que presenta, al vaciarle concreto para luego compactar, se presentaban los siguientes inconvenientes:

a. La cantidad de mezcla que no entraba a la probeta fue de orden del 50%, material éste, que tenía que desecharse.

b. Si al vaciar concreto en dicha probeta, aparecía una partícula de agregado grueso, de tamaño máximo aproximado a una pulgada, al ser compactada la muestra, un gran porcentaje de la compactación incidía sobre la partícula del agregado grueso, de esta manera, originando desgaste en el agregado mencionado y haciendo incómoda la compactación.

— Las probetas cúbicas, aunque con poca frecuencia, también presentaron problemas en el momento de la compactación, si alguna partícula de agregado grueso se inser-

taba en uno de los ángulos rectos que definen la unión de 2 aristas, con seguridad que iba a originar una pequeña cangrejera debajo del sitio donde se alojaba la partícula de agregado grueso.

- La probeta cilíndrica de 4 pulgadas 20 cms de altura, en lo que a compactación se refiere, tuvo un comportamiento similar al de las probetas de 15 x 30 cms.

#### METODO DE DISEÑO

El método usado para la dosificación de mezclas de concreto (ccca), aumenta la cantidad requerida de agregado fino y disminuye la de agregado grueso (por metro cúbico) a medida que se va incrementando la resistencia de diseño, para altas resistencias ( $R_d \geq 290 \text{ kg/cm}^2$ ) se midió en la mezcla un mayor asentamiento dando origen a:

- a. Pequeñas segregaciones de la pasta agua/cemento en la elaboración de las muestras cúbicas.
- b. Una fricción negativa entre el concreto y las probetas cilíndricas de tubos pvc de 3 y 4 pulgadas de diámetro, que si éstas no eran sostenidas firmemente a la plancha de apoyo por unos minutos, la probeta se sus-

pendía unos milímetros por sobre el nivel de la plancha, produciéndose una segregación de pasta agua/cemento perjudicial para las muestras.

#### TRANSPORTE

- Las muestras cilíndricas de 15 x 30 cms y las cúbicas de 15 cms, fueron las que presentaron mayor inconvenientes al traslado de un sitio a otro, por el gran volumen y peso que presentan.

#### MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

- Las muestras cúbicas y la cilíndrica de 15 x 30 cms - presentaron una dispersión en la medición de las características geométricas de cada muestra.
- Las muestras cilíndricas de 3 y 4 pulgadas de diámetro y 15 y 20 cms de altura respectivamente, presentaron una homogeneidad en la medición de sus características geométricas.

#### DENSIDAD

- Promediando todas las densidades de las muestras de ca

da tipo de probeta, no importando la resistencia de diseño, se llegó a que el tipo de muestra que presentó mayor densidad es la cúbica de 15 cms de lado sucediéndola la cúbica de 10 cms y luego los cilindros desde el mayor al menor diámetro.

#### ENSAYO A COMPRESION ( 7 días )

La muestra cúbica de 10 cms siempre presentó resistencia a compresión mayor que la resistencia del cilindro de 15 x 30 cms, aunque, a medida que la resistencia de diseño era aumentada la relación  $R$  presentaba valores en forma descendiente.

- La muestra cúbica de 15 cms de lado, presentó resistencia a la compresión menor que la resistencia a compresión presentada por el cilindro de 15x30, excepto para el caso donde la resistencia de diseño fue  $290 \text{ kg/cm}^2$ .
- La muestra cilíndrica de 3 pulg. de diámetro siempre presentó una resistencia a la compresión mayor que -

la del cilindro de 15x30 cms, pero la relación  $K$  mostró una brusca variación para las distintas resistencias de diseño,

- Las muestras cilíndricas de 4 pulg de diámetro presentó valores de esfuerzo a compresión mayores y menores que los esfuerzos a compresión de las muestras cilíndricas de 15x30 cms, con poca dispersión de los valores de la relación  $K$  para los distintos tipos de resistencias de diseño.

#### ENSAYO A COMPRESION ( 28 días )

Las muestras cúbicas de 10 cms siempre presentaron valores de resistencia a compresión un poco mayores que la de los cilindros de 15x30 cms, con valores de la relación  $K$  mayores a medida que se aumentó la resistencia de diseño.

Las muestras cúbicas de 15 cms de lado, presentaron valores de resistencia a compresión menores que la del cilindro de 15x30 cms para baja resistencia y mayores

valores para alta resistencia, los valores de la relación  $K$  disminuyeron a medida de que se aumentó la resistencia de diseño.

Las muestras cilíndricas de 3"x15 cms siempre presentaron valores de esfuerzo a compresión mayores que los presentados por el cilindro de 15x30, con muy poca dispersión de los valores de la relación  $K$  para los distintos tipos de resistencias de diseño.

Las muestras cilíndricas de 4"x20 cms siempre presentaron valores de esfuerzo a compresión mayores que los presentados por el cilindro de 15x30 cms con poca dispersión de los valores de la relación  $K$  para los distintos tipos de resistencia de diseño.

Una de cada cinco muestras se hizo fallar hasta la rotura, presentándose en los cilindros con un ángulo de  $45^\circ$ ; en los cilindros pequeños estas fallas se produjeron en forma brusca y repentina (poco tiempo entre PRE-ROTURA y ROTURA) al llegar a la carga de rotura, principalmente - este suceso ocurrió para altas resistencias de diseño. - Las fallas en los cubos se presentaron en forma lenta y progresiva a medida que se llegaba a la carga de rotura,

estas fueron todas a  $45^\circ$ , si estos cubos se hacían fallar lenta y cuidadosamente se obtenían 2 pirámides de 4 lados invertidas una de la otra.

Se observó durante los ensayos a compresión, que para resistencias de diseño de  $220 \text{ kg/cm}^2$  y  $240 \text{ kg/cm}^2$  la falla se presentó en la pasta agua/cemento, mientras que para la resistencia de diseño de  $290 \text{ kg/cm}^2$  y  $340 \text{ kg/cm}^2$  la falla la presentó el agregado grueso.

Por la bibliografía consultada se sabe que la resistencia a compresión de muestra de concreto disminuye con el aumento de volumen de la muestra (altura) cuando se mantiene constante el diámetro, en este trabajo se observa que aparte de lo anteriormente dicho, también tiene influencia el área de la sección transversal de la muestra, esto lo pone en evidencia la probeta cúbica de 15 cms de lado, que teniendo menor volumen pero mayor sección transversal que la muestra de 15x30 cms presentó menor resistencia a la compresión.

Debido a que en el manual del concreto fresco existen relaciones de conversión de cubos y cilindros más pequeños con el cilindro estandar de 15x30 y que no son iguales a las

obtenidas en el presente trabajo decidimos hacer un ensayo adicional, compactando las nuevas muestras con una barra lisa de punta redondeada de 1" y 35 cms de largo y la cilíndrica de 15x30 con la barra lisa de 5/8" y 60 cms de longitud obteniendo resultados mayores en un 5% a los obtenidos anteriormente. Por lo que esos valores dados en el manual del concreto fresco se adapten a las características de los agregados y de los otros componentes del concreto que son usados en Europa, específicamente en Inglaterra.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

*Resulta difícil dar una decisión acertada referida a que tipo de probeta tuvo un mejor comportamiento en cuanto a la estimación de la resistencia del concreto a compresión, dejando al lector esta decisión junto a las siguientes recomendaciones:*

- Si se vá a adoptar otro tipo de probeta de los descritos en este trabajo, se recomienda que sea de hierro, de espesor mínimo de 5 mm, evitando, los posibles deformaciones de las probetas al compactar y las segregaciones ocurridas a las probetas de tubos PVC debido a la fricción negativa originada entre el concreto y la probeta.*
- Se recomienda seguir usando como herramienta de compactación la barra que especifica el Manual de Ensayo y Especificaciones.*
- Para mantener cierto control de la segregación de la pasta agua/cemento, en caso de que no se considere la primera recomendación, es necesario el uso de parafina derretida entre la probeta y la superficie donde ésta se encuentra.*

- De las probetas usadas la más recomendable en cuanto a compactación se refiere es la cilíndrica de 4 pulgadas de diámetro y 20 cms de altura.
  
- Para estimar los valores de resistencia a la compresión de un concreto, a los 7 días, no importando la resistencia de diseño, es recomendable el uso de la probeta cilíndrica de 4 pulgadas de diámetro la cual arroja un valor medio de la relación  $K$  igual a 1,004; como segunda opción recomendamos la probeta cúbica de 15 cms la cual arroja un valor medio de la relación  $K$  igual a 1,044.
  
- Para la estimación de la resistencia a la compresión a los 28 días, el cilindro de 3"x15 cms da un relación media igual a 0,89 y el cubo de 10 cms da una relación media igual a 0,959, estas relaciones son las que presentan los valores con mayor precisión, sin embargo, la relación dada por el cubo de 15 cms es aceptable y más aceptable aún que ésta la del cilindro de 4 pulgadas de diámetro x 20 cms de altura.

APENDICE A



# CEMENTOS CARIBE C.A.

## CERTIFICADO DE CALIDAD

CODIGO : N-044787-1  
 CLIENTE : SILOS CARIBE C.A.  
 DESTINO : EL PALITO EDO. CARABOBO  
 CANTIDAD: 5000 Tm Cemento Portland gris Tipo I.  
 TRANSPORTE: M/V GALIZANO

### Análisis Químico:

COVENIN 28

	%		
SiO <sub>2</sub>		20.92	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4.99	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3.88	
CaO		64.59	
MgO		1.05	max. 5.0
SO <sub>3</sub>		2.59	max. 3.5
F.F.		1.50	max. 3.0
M. Inedl.		0.58	max. 1.0

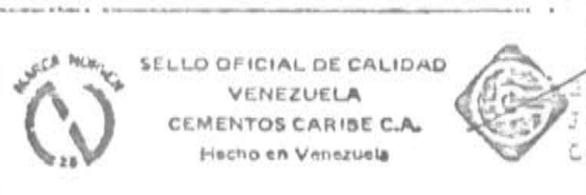
### Composición Mineralógica Potencial: (Bogue)

	%	
C <sub>3</sub> S		58
C <sub>2</sub> S		17
C <sub>4</sub> A		8
C <sub>4</sub> AF		11

### Propiedades Físicas:

Contenido de Aire Mortero	%	5	max. 12
Finura (Blaine)	cm <sup>2</sup> /g	3101	min. 2800
Expansión Autoclave	%	0.13	max. .8
Resistencia a la Compresión			
3 días	Kg/cm <sup>2</sup>	194	min. 85
7 días	Kg/cm <sup>2</sup>	261	min. 150
Tiempo de Fragado (Vicat)			
inicial	min	124	min. 45'
final	min	177	max. 480'

Pto. Cumarebo, 12/07/67



Gabriel Alvarado C.  
 Jefe Control de Calidad  
 Cementos Caribe C.A.



APENDICE B

UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 Valencia, Venezuela

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

COMPANIA UNIVERSIDAD DE CARABOBO

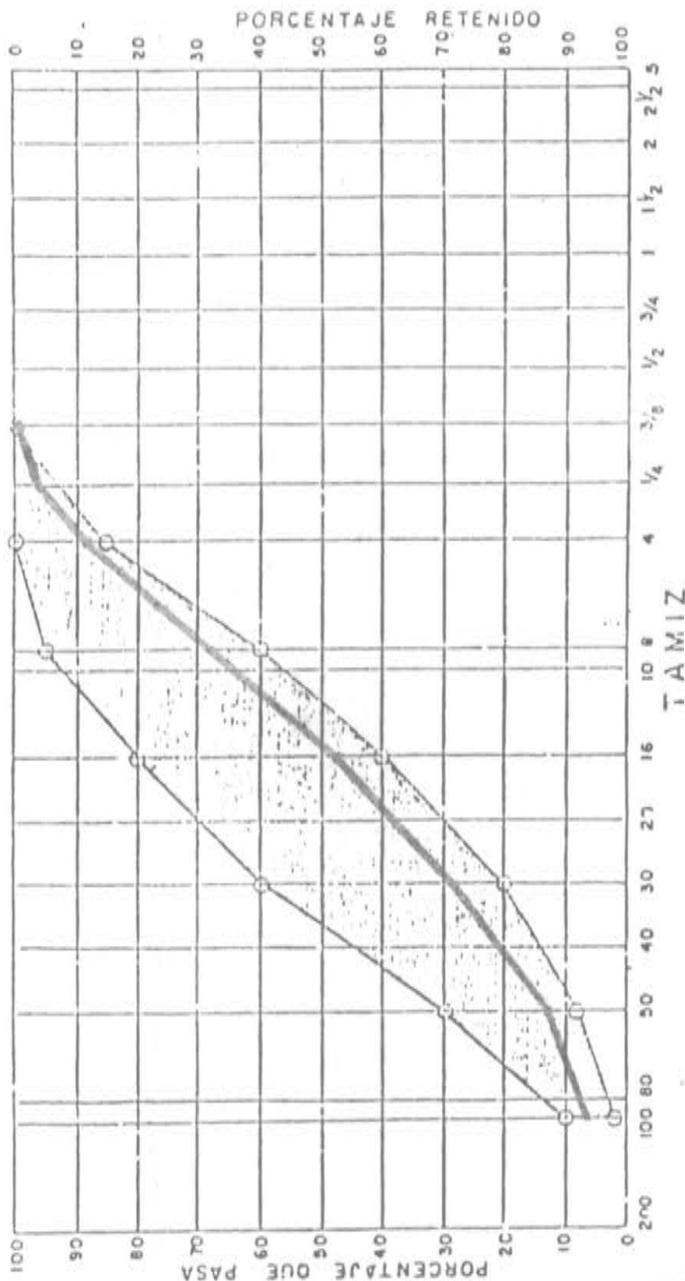
MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERAS CURA

COLORIMETRIA N° P.E. 2,58 TON/m3.

PARA SER UTILIZADO EN ENSAYOS PARA TESIS DE GRADO

FECHA DE ENSAYO ABRIL 1987

TAMIZ NO.	PESO RET. KG	% RET. EN TAMIZ	% TOTAL RETENIDO	% QUE PASA
3				
2 1/2				
2				
1 1/2				
1				
3/4				
1/2				
3/8	1,50	0,30	0,30	99,70
1/4	22,50	4,50	4,80	95,20
1/4	32,50	6,50	11,30	88,70
8	100,50	10,10	31,40	68,60
10				
16	105,00	21,00	52,40	47,60
20				
30	92,50	18,50	70,90	29,10
40				
60	83,00	16,60	87,50	12,50
80				
100	34,00	6,80	94,30	5,70
200				
P.200				
P.TOTAL				



ABSORCION 1,54% MATERIAL TIPO TAMIZ CLASIFICACION \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

LABORATORISTA TESISTAS INSPECTOR LASER U.C.

VALENCIA, Lunes 04 de Mayo. DE 1987.



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : 3-68TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION DE IMPUREZAS ORGANICAS  
EN ARENA.

COLOR - PATRON 1  
NEGATIVO.



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag 4-75TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE TERRONES DE  
ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES.

PESO DE LA MUESTRA  $W_0 = 248 \text{ gr.}$ PESO DE LA MUESTRA SECA  
RETENIDA EN EL TAMIS DESPUES DE LAVADA  $W_1 = 247,61 \text{ gr.}$ 

$$\% P = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 = \frac{(248 - 247,61)}{248} \times 100 =$$

$$= 0,16\%$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag 5-68TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION POR LAVADO DEL MATERIAL MAS  
FINO QUE EL CEDAZO N° 200

PESO MUESTRA SECA  $W_0 = 497,93 \text{ gr.}$ 

PESO DE LA MUESTRA SECA

DESPUES DE LAVADO  $W_1 = 488,03 \text{ gr.}$ 

$$\% F = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 = \frac{(497,93 - 488,03)}{497,93} \times 100 =$$

$$= 1,99\%$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : 6-68TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION POR SUSPENSION DE PARTICULAS  
MENORES A 20 MICRAS

PESO DE LA MUESTRA SECA  $W_0 = 500 \text{ gr.}$ 

VOLUMEN DE LA CAPA DE MA

TERIAL EN SUSPENSION  $W_1 = 20 \text{ cm}^3$ 

$$\% S = \frac{V}{W_0} \times 0,6 \times 100 = \frac{20 \times 0,6}{500} \times 100 = 2,4\%$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : 8-68TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION CUALITATIVA DE CLORURO  
Y SULFATOS

## DETERMINACION DE CLORUROS:

Color de la muestra a ensayar  
comparada con la muestra patrón 0,01%

## DETERMINACION DE SULFATOS:

Color de la muestra a ensayar  
comparada con la muestra patrón 0,5%



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag - 10TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO  
DEL AGREGADO.

PESO DEL RECIPIENTE	$W_0 = 4,864 \text{ Kg.}$
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	$V_0 = 6,100 \text{ Lt.}$
PESO RECIPIENTE CON LA MUESTRA	$W_1 = 13,433 \text{ Kg.}$
PESO NETO DE LA MUESTRA	$W_2 = 8,569 \text{ Kg.}$

PESO UNITARIO SUELTO:

$$P_{u_s} = \frac{W_z}{V_0} \times 1000 = \frac{8,569 \times 1000}{6.100} = 1405 \text{ Kg/m}^3$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag - 10TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO  
DEL AGREGADO

PESO DEL RECIPIENTE	$W_0 = 4,864 \text{ Kg.}$
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	$V_0 = 6,100 \text{ Lt.}$
PESO RECIPIENTE CON LA MUESTRA	$W_1 = 14,972 \text{ Kg.}$
PESO NETO DE LA MUESTRA	$W_2 = 10,108 \text{ Kg.}$

PESO UNITARIO COMPACTADO

$$P_{u_c} = \frac{W_2}{V_0} \times 100 = \frac{10,108 \times 1000}{6,100} = 1657 \text{ Kg/m}^3.$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : 15-68TIPO DE AGREGADO: Arena Natural

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y  
ABSORCION DEL AGREGADO FINO.

PESO DE LA MUESTRA S.S.S.	$W_0 = 500 \text{ gr.}$
PESO DEL PICNOMETRO LLENO DE AGUA	$W_1 = 847,4 \text{ gr.}$
PESO DEL PICNOMETRO LLENO DE AGUA CON LA MUESTRA	$W_2 = 1153,6 \text{ gr.}$
PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO	$W_3 = 492,42 \text{ gr.}$

$$R_{e \text{ S.S.S.}} = \frac{W_0}{W_1 + W_0 - W_2} = \frac{500}{847,4 + 500 - 1153,6} = 2,58 \text{ Kg/dm}^3$$

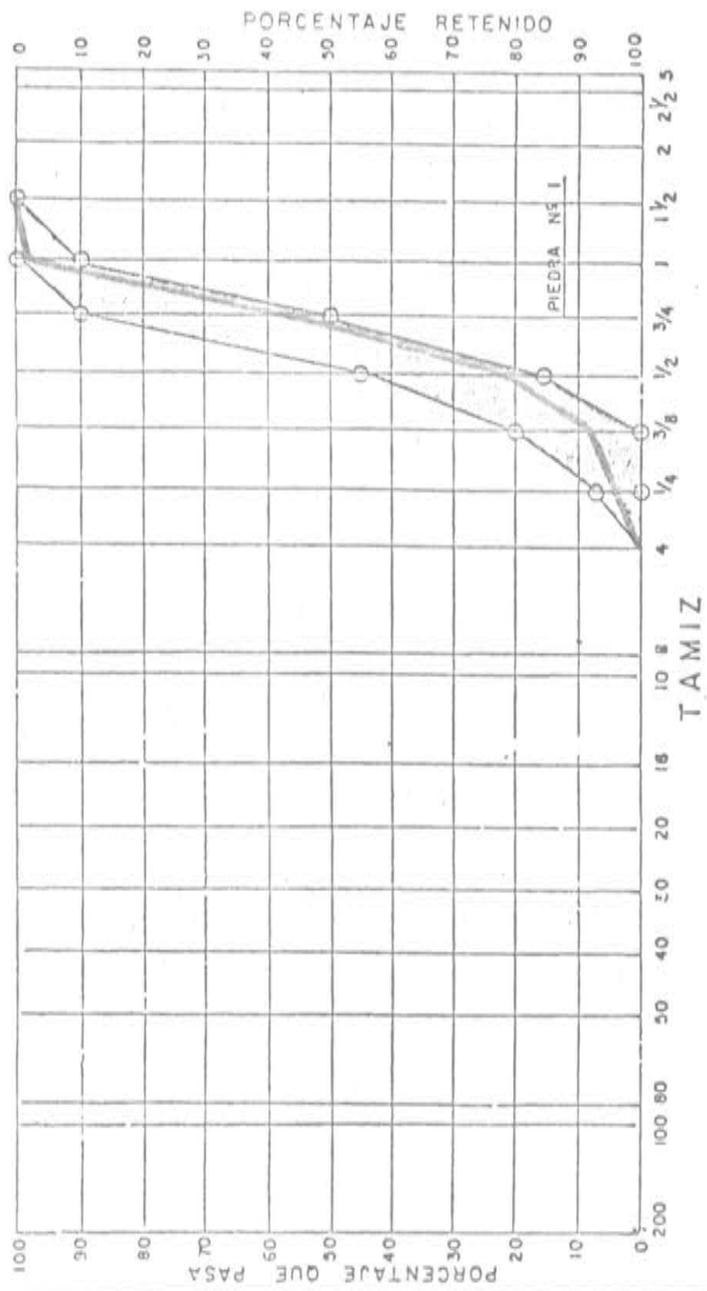
$$\% \text{ ABSORCION} = \frac{W_0 - W_3}{W_0} \times 100 = \frac{(500 - 492,42) \times 100}{500} = 1,54\%$$

UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
 Valencia - Venezuela

# ENSAYO DE GRANULOMETRIA

COMPANIA UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
 MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERAS CIRA  
 COLORIMETRIA N° PATRON 1- NEGATIVO P.E. 2,75 TON/m<sup>3</sup>  
 PARA SER UTILIZADO EN ENSAYOS PARA TESIS DE GRADO  
 FECHA DE ENSAYO ABRIL 1987

TAMIZ N°.	PESO RET. Kg.	% RET. EN TAMIZ	% TOTAL RETENIDO	% QUE PASA
3				
2 1/2				
2				
1 1/2				
1	0,42	2,10	2,10	97,90
3/4	8,34	41,70	43,80	56,20
1/2	7,04	35,20	79,00	21,00
3/8	2,64	13,20	92,20	7,80
1/4	0,81	4,05	96,25	3,75
4	0,70	3,35	99,60	0,40
8				
10				
16				
20				
30				
40				
60				
80				
100				
200				
P. TOTAL				



ABSORCION 0,68% MATERIAL TIPO \_\_\_\_\_ CLASIFICACION \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

LABORATORISTA TESISTAS INSPECTOR LASER U.C.  
 VALENCIA, Lunes 04 DE Mayo DE 1987



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag 10TIPO DE AGREGADO: Piedra Picada

DETERMINACION DEL PESO  
UNITARIO DEL AGREGADO

PESO RECIPIENTE	$W_o = 4,864 \text{ Kg.}$
VOLUMEN RECIPIENTE	$V_o = 6,100 \text{ Lt.}$
PESO RECIPIENTE CON LA MUESTRA	$W_i = 14,583 \text{ Kg.}$
PESO NETO DE LA MUESTRA	$W_2 = 9,719 \text{ Kg.}$

PESO UNITARIO COMPACTADO:

$$P_{u_c} = \frac{W_2}{V_o} \times 1000 = \frac{9,719 \times 1000}{6,100} = 1593 \text{ Kg/m}^3$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag 10TIPO DE AGREGADO: Piedra Picada

DETERMINACION DEL PESO  
UNITARIO DEL AGREGADO

PESO RECIPIENTE	$W_0 = 4,864 \text{ Kg.}$
VOLUMEN RECIPIENTE	$V_0 = 6,100 \text{ Lt.}$
PESO RECIPIENTE CON LA MUESTRA	$W_1 = 13,983 \text{ Kg.}$
PESO NETO DE LA MUESTRA	$W_2 = 9,119 \text{ Kg.}$

## PESO UNITARIO SUELTO

$$P_{u_s} = \frac{W_2}{V_0} \times 100 = \frac{9,119 \times 1000}{6,100} = 1495 \text{ Kg/m}^3$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag 13-75TIPO DE AGREGADO: Piedra Picada

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTEN  
CIA AL DESGASTE EN AGREGADOS GRUESOS MENORES  
DE 1 1/2" POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS AN-  
GELES.

PESO DE LA MUESTRA  $W_o = 5.000 \text{ gr.}$ 

PESO DE LA MUESTRA RETENIDA

EN EL TAMIZ N° 200  $W_1 = 3.870 \text{ gr.}$ 

$$\% \text{ DESGASTE} = \frac{W_o - W_1}{W_o} \times 100 = \frac{5000 - 3870}{5000} \times 100 =$$

$$= 22,6\%$$



## LABORATORIO DE SERVICIOS

ENSAYO : Ag 16-68TIPO DE AGREGADO: Piedra Picada

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO  
ESPECIFICO Y LA ABSORCION DEL AGREGADO -  
GRUESO

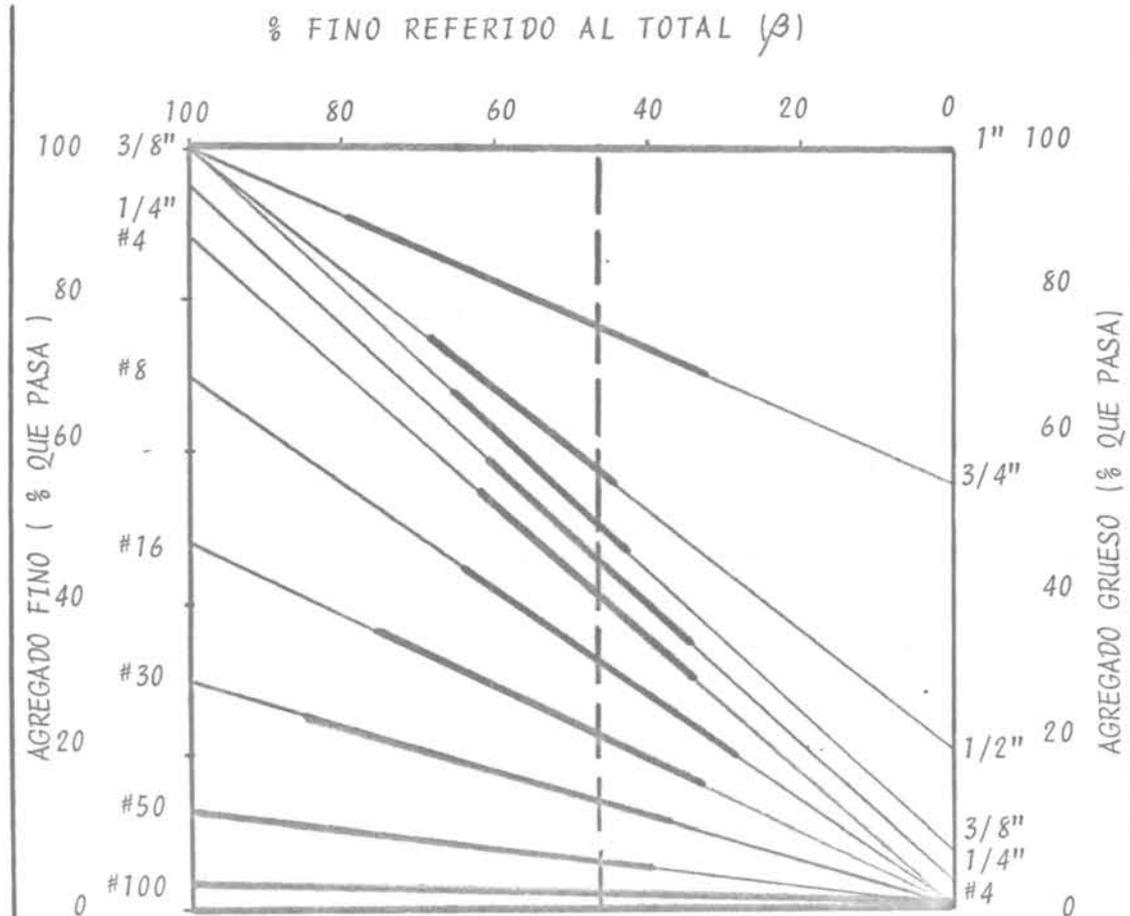
PESO EN AIRE DE LA MUESTRA S.S.S.       $W_0 = 500 \text{ gr.}$   
 VOLUMEN DE LA MUESTRA + AGUA       $W_1 = 482 \text{ gr.}$   
 PESO EN AIRE DE LA MUESTRA SECADA  
 AL HORNO       $W_2 = 496,62 \text{ gr.}$   
 VOLUMEN INICIAL DE AGUA       $W_3 = 300 \text{ cc.}$

$$\text{Pe.s.s.s.} = \frac{W_0}{W_1 - W_3} = \frac{500}{482 - 300} = 2,75 \text{ Kg/dm}^3$$

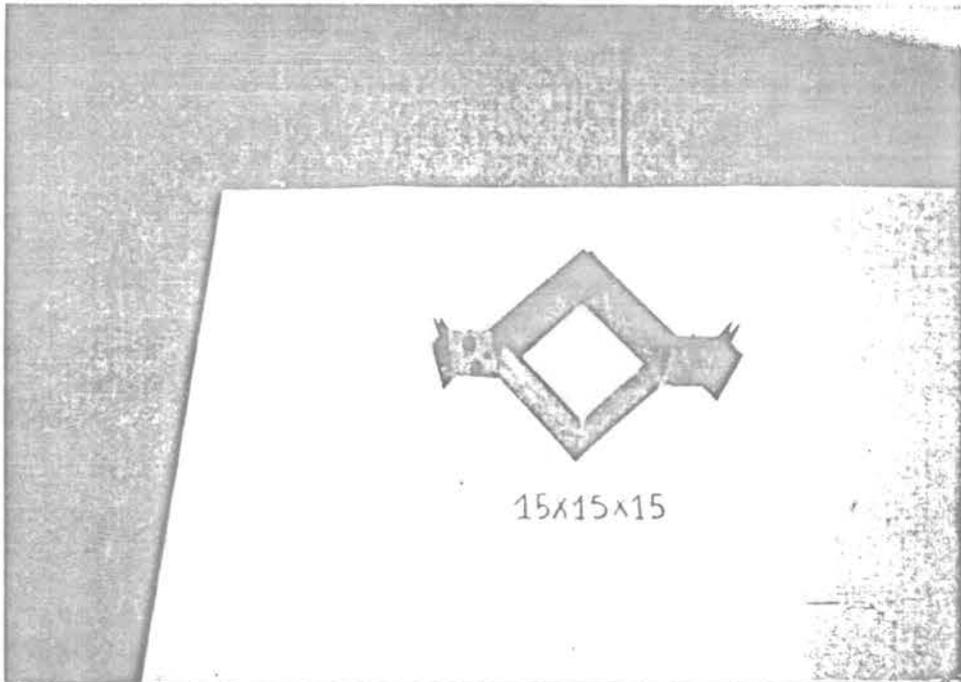
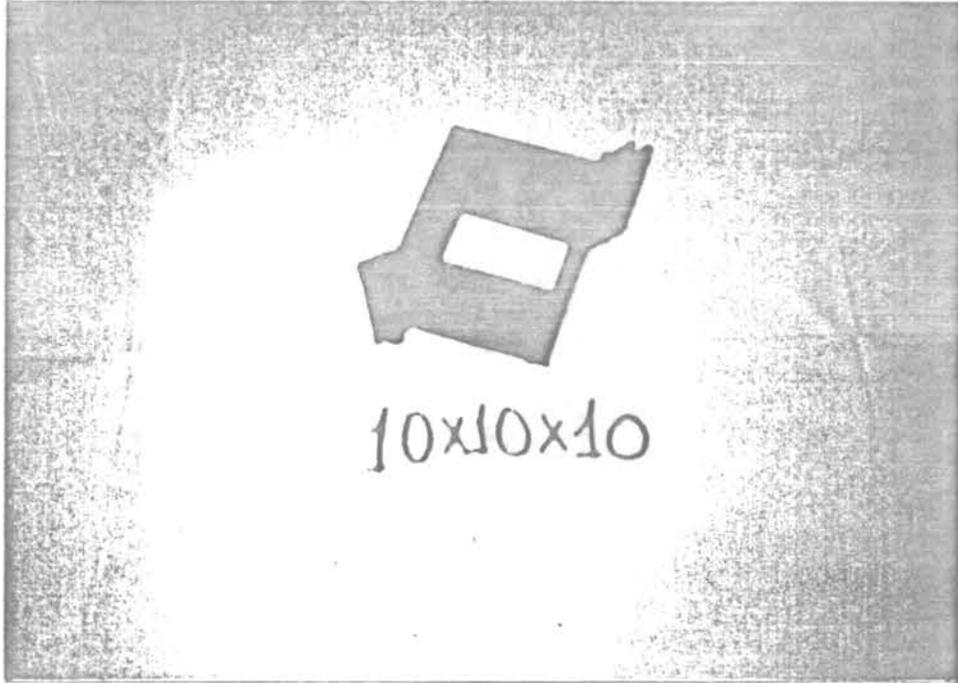
$$\text{Absorción: } \frac{W_0 - W_2}{W_2} \times 100 = \frac{(500 - 496,62)}{496,62} = 0,68\%$$



LABORATORIO DE SERVICIOS

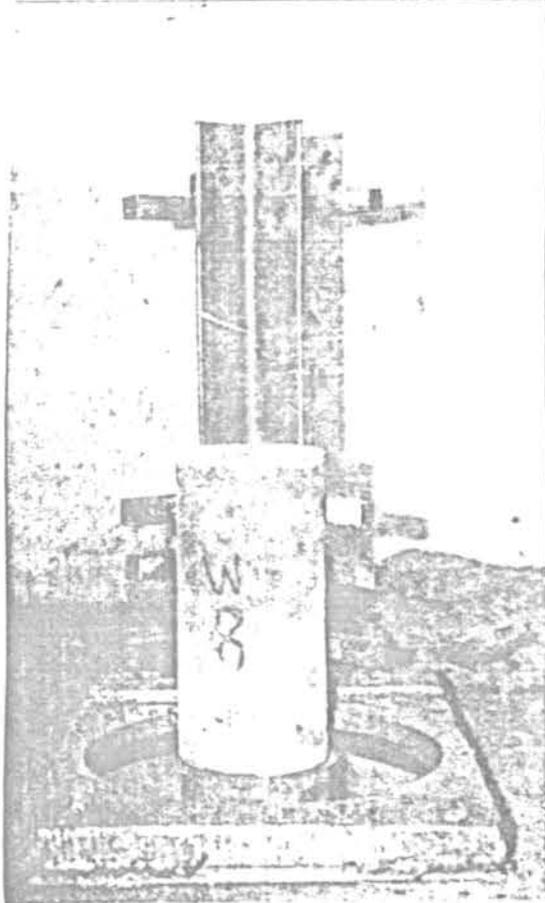
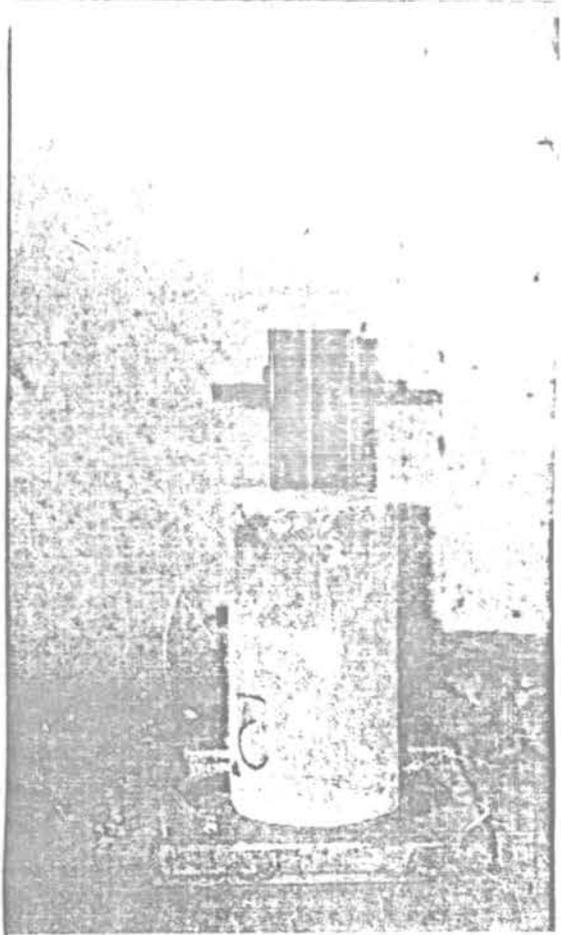
OBTENCION DE LA RELACION  $\beta$ 

APENDICE C

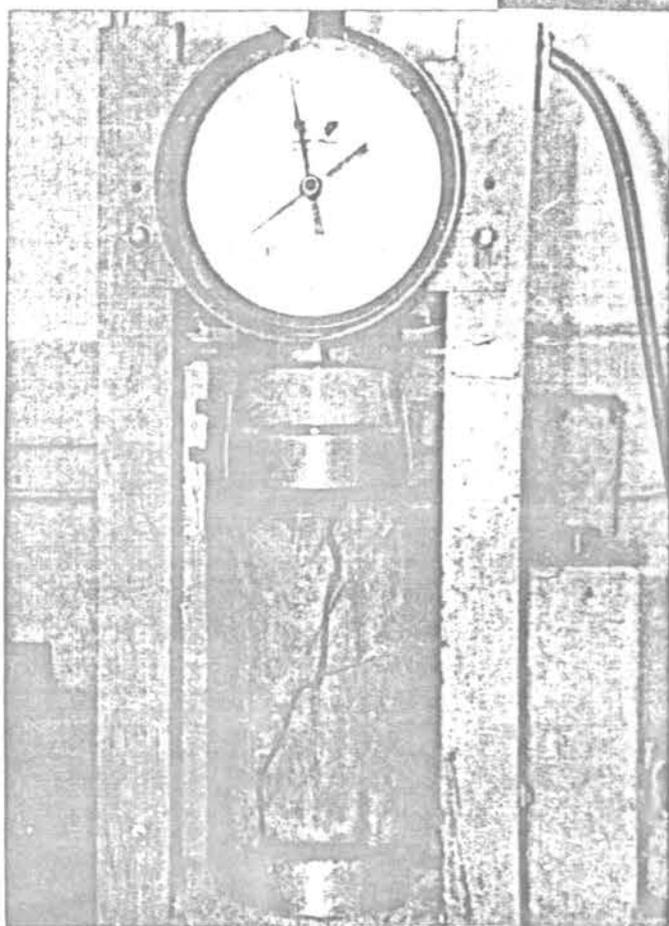
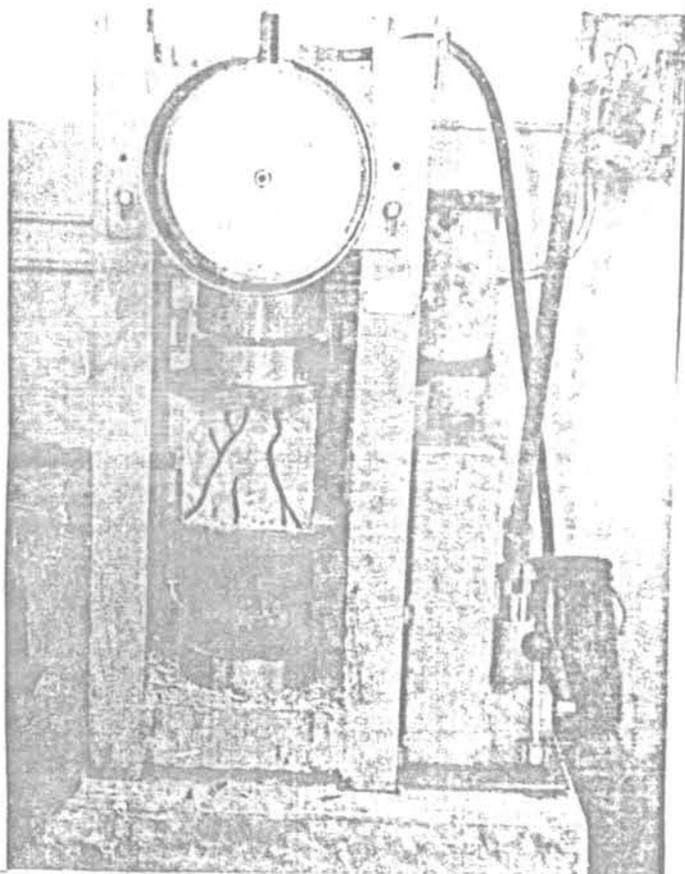


PROBETAS CUBICAS.

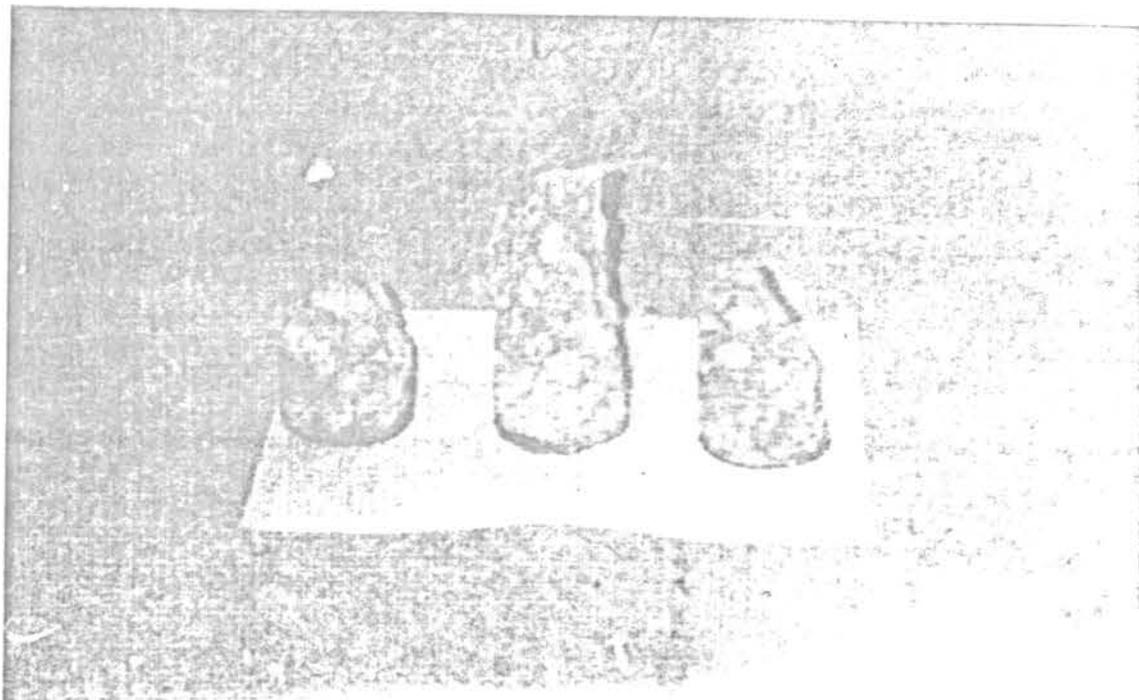
REFRENTADO PARA PROBETAS  
DE 3" x 15



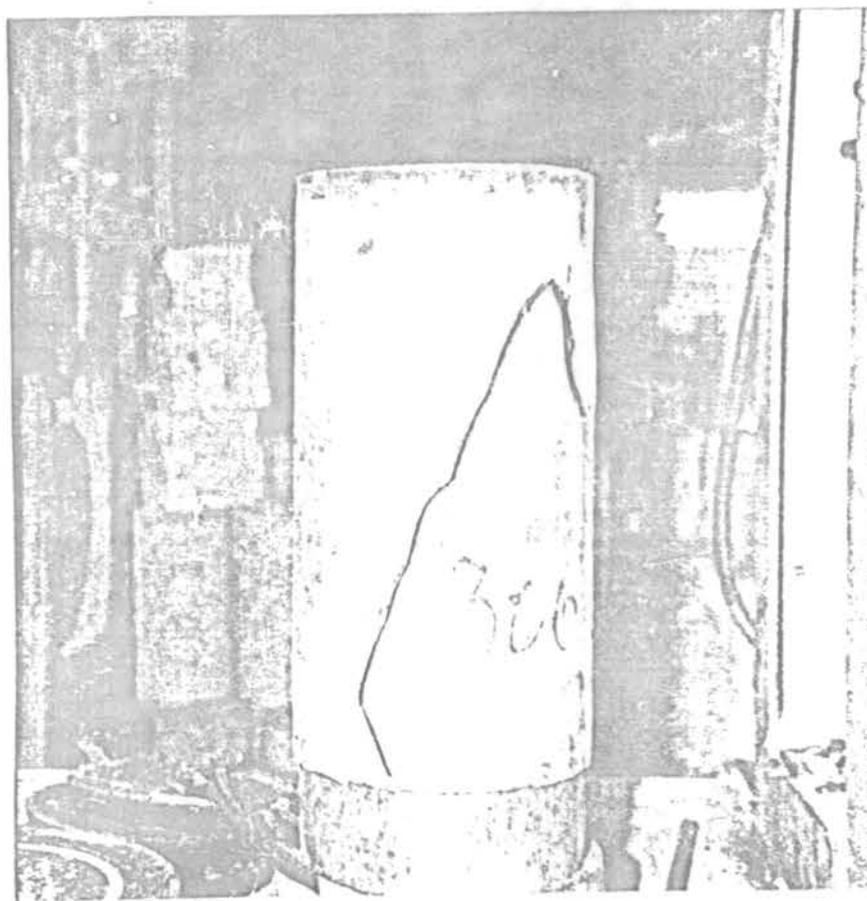
REFRENTADO PARA PROBETAS  
DE 4" x 20



FALLA A LA COMPRESION DE LAS. PROBETAS.



RESTOS DE PROBETAS ENSAYADA HASTA LA ROTURA



FALLA EN PROBETAS CILINDRICAS DE 4"x20.

APENDICE D

```

10 REM "DISEÑO DE MEZCLA"
15 DIM FP(30),GP(30),T$(30)
20 PRINT"DOSIFICACION DE MEZCLAS"
30 INPUT "RESISTENCIA DE CALCULO EN KG/CM^2=";RC
40 PRINT TAB(8)"FRAC. DEFEC.";TAB(40)"N. ENSAYO"
50 PRINT TAB(12)"0,5%";TAB(45)"200"
60 PRINT TAB(12)"1,0%";TAB(45)"100"
70 PRINT TAB(12)"2,0 %";TAB(46)"50"
80 PRINT TAB(12)"5,0 %";TAB(46)"20"
90 PRINT TAB(11)"10,0 %";TAB(46)"10"
100 PRINT TAB(11)"20,0 %";TAB(47)"5 *"
110 PRINT TAB(11)"33,0 %";TAB(47)"3"
120 PRINT:PRINT:PRINT TAB(8)"(*) RECOMENDACION NORMAS M.O.P. 1967"
130 INPUT "FRACCION DEFECTUOSA EN %=";FD
140 IF FD=.5 THEN Z=2.576:GOTO 220
150 IF FD=1 THEN Z=2.326: GOTO 220
160 IF FD=2 THEN Z=2.054:GOTO 220
170 IF FD=5 THEN Z=1.645:GOTO 220
180 IF FD=10 THEN Z=1.282:GOTO 220
190 IF FD=20 THEN Z=.842:GOTO 220
200 IF FD=33 THEN Z=.42:GOTO 220
210 INPUT"EL VALOR DE Z ES=";Z
220 PRINT TAB(10)"CONTROL";TAB(40)"DES. EST. (Kg/Cm^2)"
230 PRINT TAB(10)"DEFICIENTE";TAB(45)"90"
240 PRINT TAB(10)"NORMAL";TAB(45)"70"
250 PRINT TAB(10)"BUENO";TAB(45)"50"
260 PRINT TAB(10)"ESTRICTO";TAB(45)"30"
270 INPUT "DESVIACION ESTANDAR EN Kg/Cm^2=";DE
280 RD=RC+Z*DE
290 AC=(LOG(902.5)-LOG(RD))/(LOG(8.689999))
300 IF AC>.7 THEN AC=.7
310 INPUT "TAMANO MAXIMO EN PULGADAS=";P
320 INPUT " SI PIEDRA PICADA(1); SI CANTO TRIT.(2); SI CANTO RODADO(3) =" ;K
330 INPUT " SI ARENA NATURAL(1); SI ARANA TRITURADA(2)=" ;M
340 IF P=3/8 THEN K1=1:C1=1.2:P$="3/8";GOTO 450
350 IF P=1/2 THEN K1=1:C1=1.14:P$="1/2":GOTO 450
360 IF P=3/4 THEN K1=1:CA=1.05:P$="3/4":GOTO 450
370 IF P=1 THEN K1=1:C1=1:P$="1":GOTO 450
380 IF P=1.5 THEN K1=.91:C1=.93:GOTO 450
390 IF P=2 THEN K1=.82:C1=.82:P$="2":GOTO 450
400 IF P=2.5 THEN K1=.74:C1=.85:P$="2 1/2":GOTO 450
410 IF P=3 THEN K1=.74:C1=.82:P$="3":GOTO 450
420 IF P=3.5 THEN K1=.74:C1=.8:P$="3 1/2":GOTO 450
430 PRINT "INTRODUSCA TAMANO MAXIMO NUEVAMENTE"
440 GOTO 310
450 IF K=1 GOTO 490
460 IF K=2:GOTO 510
470 IF M=1 THEN K2=.91:C2=.9:GOTO 530
480 K2=.93:C2=.96:GOTO 530
490 IF K=1 THEN K2=1:C2=1:GOTO 530
500 K2=1.14:C2=1.28:GOTO 530
510 IF M=1 THEN K2=.97:C2=1.03:GOTO 530

```

```

520 K2=1.1:C2=1.23
530 ACC=AC*K1*K2
540 INPUT "INTRODUCA EL VALOR DE BETA=";B
550 PRINT TAB(8)"TIPO DE CONSTRUCCION";TAB(50)"ASENTAMIENTO"
560 PRINT TAB(50)"MAX";TAB(60)"MIN"
570 PRINT TAB(12)"PED-MURO DE FUND.";TAB(51)"3";TAB(60)"1.5"
580 PRINT TAB(12)"FUND. CICLOPEAS";TAB(51)"4";TAB(60)"2"
590 PRINT TAB(12)"PAVIMENTO";TAB(51)"3";TAB(60)"2"
600 PRINT TAB(12)"LOSA-VIGA-FUND";TAB(51)"4";TAB(60)"2"
610 PRINT TAB(12)"BOMBEO";TAB(51)"6";TAB(60)"3"
620 INPUT "ASENTAMIENTO DESEADO EN PULGADA=";T
630 IF T<=4 THEN GOSUB 4000 ELSE GOSUB 5000
650 CEM=136*ACC^(-1.3)*T^(.16)
660 CE=CEM*C1*C2*C3
670 A=CE*ACC
680 E=.0042*CE/P
690 INPUT "PESO ESPESIFICO SSS DE ARENA EN Kg/Cm^3=";PA
700 INPUT "PESO ESPESIFICO SSS DE PIEDRA EN Kg/Cm^3=";PP
710 AR=(1000-10*E-CE*.29-A)/(1/PA+(1-B)/B/PP)
720 PI=(1-B)*AR/B
730 INPUT "HAY DATOS SOBRE HUMEDAD S/N=";H$
740 IF H$="N" OR H$="n" THEN GOSUB 6000:ARC=AR:PIC=PI:GOTO 840
750 INPUT "HUMEDAD DE LA ARENA=";HA
760 INPUT "HUMEDAD DE LA PIEDRA=";HP
770 INPUT "% ABSORCION DE LA ARENA=";AA
780 INPUT "% ABSORCION DE LA PIEDRA=";AP
790 AH=((HA-AA)/(100+AA))*AR
800 PH=((HP-AP)/(100+AP))*PI
810 ARC=AR+AH
820 PIC=PI+PH
830 A=A-AH-PH:GOSUB 6000
840 LPRINT TAB(10)"UNIVERSIDAD DE CARABOBO"
850 LPRINT TAB(10)"FACULTAD DE INGENIERIA"
860 LPRINT TAB(10)"ESCUELA DE CIVIL"
870 LPRINT TAB(10)"MATERIALES Y ENSAYOS"
880 LPRINT:LPRINT
890 LPRINT TAB(20)"DOSIFICACION DE MEZCLA DE CONCRETO"
900 LPRINT:LPRINT
910 LPRINT TAB(24)"PARAMETROS DE DOSIFICACION"
920 LPRINT:LPRINT
930 LPRINT TAB(10)"RESISTENCIA DE CALCULO=";RC;"Kg/Cm^2"
940 LPRINT TAB(10)"DESVIACION ESTANDAR=";DE;"Kg/Cm^2"
950 LPRINT TAB(10)"FRACCION DEFECTUOSA=";FD;"%"
960 LPRINT TAB(10)"ASENTAMIENTO=";T;"PULGADAS"
970 LPRINT:LPRINT
980 LPRINT TAB(28)"CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS"
990 LPRINT
1000 LPRINT TAB(10)"AGREGADO FINO";TAB(40)"AGREGADO GRUESO"
1010 LPRINT

```

```

1020 IF M=2 GOTO 1110
1030 IF K=1 GOTO 1090
1040 IF K=2 GOTO 1070
1050 LPRINT TAB(10)"ARENA NATURAL";TAB(40)"CANTO RODADO";TAB(55)"TAM MAX=";P$
1060 GOTO 1180
1070 LPRINT TAB(10)"ARENA NATURAL";TAB(40)"CANTO TRITU.";TAB(56)"TAM MAX=";P$
1080 GOTO 1180
1090 LPRINT TAB(10)"ARENA NATURAL";TAB(40)"PIEDRA PIC.";TAB(58)"TAM MAX=";P$
1100 GOTO 1180
1110 IF K=1 GOTO 1150
1120 IF K=2 GOTO 1170
1130 LPRINT TAB(10)"ARENA TRIT.";TAB(40)"CANTO RODADO";TAB(55)"TAM MAX=";P$
1140 GOTO 1180
1150 LPRINT TAB(10)"ARENA TRIT.";TAB(40)"PIEDRA PICADA";TAB(56)"TAM MAX=";P$
1160 GOTO 1180
1170 LPRINT TAB(10)"ARENA TRIT.";TAB(40)"CANTO TRIT.";TAB(58)"TAM MAX=";P$
1180 LPRINT TAB(10)"PESO ESPECIFICO=";PA;TAB(40)"PESO ESPECIFICO=";PP
1190 LPRINT TAB(10)"TAMIZ #";TAB(20)"PASANTE FINO %";TAB(40)"PASANTE GRUESO %"
1200 FOR I=1 TO N
1210 LPRINT TAB(11)T$(I);TAB(25)FP(I);TAB(45)GP(I):NEXT I
1220 LPRINT TAB(15)"RELACION AGREGADO FINO/AGREGADO TOTAL=";
1230 LPRINT USING"#.###";B
1240 LPRINT TAB(10)"REISTENCIA DE DISENO(Kg/Cm^2)=";
1250 LPRINT USING"#####";RD
1260 LPRINT TAB(10)"RELACION AGUA/CEMENTO=";
1270 LPRINT USING"#.###";AC
1280 LPRINT TAB(10)"RELACION AGUA/CEMENTO CORREGIDA=";
1290 LPRINT USING"#.###";ACC
1300 LPRINT TAB(10)"CANTIDAD DE CEMENTO(Kg/M^3)=";
1310 LPRINT USING"#####";CEM
1320 LPRINT TAB(10)"CANTIDAD DE CEMENTO CORREGIDA(Kg/M^3)=";
1330 LPRINT USING"#####";CE
1340 LPRINT TAB(10)"% DE AIRE ATRAPADO=";
1350 LPRINT USING"#.###";E
1360 LPRINT TAB(10)"CANTIDAD DE ARENA(Kg/M^3)=";
1370 LPRINT USING"#####";ARC
1380 LPRINT TAB(10)"CANTIDAD DE PIEDRA(Kg/M^3)=";
1390 LPRINT USING"#####";PIC
1400 LPRINT TAB(10)"CANTIDAD DE AGUA(Ltr/M^3)=";
1410 LPRINT USING"#####";A:IF H$="S" OR H$="s" THEN GOSUB 7000
1440 LPRINT:LPRINT
1450 INPUT "CANTIDAD DE CILINDROS 15*30=";C
1460 INPUT "CANTIDAD DE CILINDROS 10*20=";CM
1470 INPUT "CANTIDAD DE CILINDROS 7,5*10=";CP
1480 INPUT "CANTIDAD DE CUBOS 15*15*15=";CC
1490 INPUT "CANTIDAD DE CUBOS 10*10*10=";CCP
1500 GOSUB 3000:END
3000 V=3.1416*.15^2*.3/4*C+3.1416*.1^2*.2/4*CM+3.1416*.075^2*.15*CP/4
3010 V=V+.1^3*CCP+.15^3*CC
3020 ARC=ARC*V
3030 PIC=V*PIC

```

```

3040 A=A*V
3050 CE=CE*V
3055 LPRINT TAB(14)"DOSIFICACION DE LA MEZCLA SEGUN TIPO DE PROBETA EN Kg"
3056 LPRINT:LPRINT
3060 LPRINT TAB(10)"DOSIFICACION DE LA MEZCLA PARA UN VOLUMEN EN M^3 =" ;
3070 LPRINT USING"###.###";V
3080 LPRINT
3090 LPRINT TAB(10)"CILINDROS DE 15*30= " ;C;TAB(38)"AGUA=" ;
3100 LPRINT USING"###.##";A
3110 LPRINT TAB(10)"CILINDROS DE 10*20= " ;CM;TAB(38)"CEMENTO=" ;
3120 LPRINT USING"###.##";CE
3130 LPRINT TAB(10)"CILINDROS DE 7,5*15=" ;CP;TAB(38)"ARENA=" ;
3140 LPRINT USING"###.##";ARC
3150 LPRINT TAB(10)"CUBOS DE 15*15*15= " ;CC;TAB(38)"PIEDRA=" ;
3160 LPRINT USING"###.##";PIC
3165 LPRINT TAB(10)"CUBOS DE 10*10*10= " ;CCP
3170 RETURN
4000 IF B<=.5 AND B>=.45 THEN 4300
4100 IF B>.5 THEN 4300
4200 GOTO 4400
4300 C3=(.5-.45)/(1.03-1)*(B-.45)+1:GOTO 4800
4400 +100
4500 IF B<=.4 THEN 4800
4600 GOTO 4800
4700 C3=(.45-.4)/(1-.97)*(B-.4)+.97
4800 RETURN
5000 IF B<=.5 AND B>=.45 THEN 5300
5100 IF B>.05 THEN 5300
5200 GOTO 5400
5300 C3=(.5-.45)/(1.02-1)*(B-.45)+1:GOTO 5800
5400 IF B>=.45 AND B<=.4 THEN 5700
5500 IF B<.4 THEN 5700
5600 GOTO 5800
5700 C3=(.45-.4)/(1-.98)*(B-.4)+.98
5800 RETURN
6000 INPUT "CUANTOS TAMICES USO=";N
6100 FOR I=1 TO N
6200 INPUT"ENTRE EL N. DE TAMIZ=";T(I)
6300 INPUT"PASANTE FINO EN %=";FP(I)
6400 INPUT"PASANTE GRUESO EN %=";GP(I)
6500 NEXT I
6600 RETURN
7000 LPRINT TAB(10)"HUMEDAD DE LA ARENA EN (%)" ;
7100 LPRINT USING"###.##";HA
7200 LPRINT TAB(10)"HUMEDAD DE LA PIEDRA EN (%)" ;
7300 LPRINT USING"###.##";HP
7400 LPRINT TAB(10)"% DE ABSORCION DE LA ARENA=" ;
7500 LPRINT USING"###.##";AA
7600 LPRINT TAB(10)"% DE ABSORCION DE LA PIEDRA=" ;
7700 LPRINT USING"###.##";AP
7800 RETURN

```

UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE CIVIL  
 MATERIALES Y ENSAYOS

DOSIFICACION DE MEZCLA DE CONCRETO

PARAMETROS DE DOSIFICACION

RESISTENCIA DE CALCULO= 250 Kg/Cm<sup>2</sup>  
 DESVIACION ESTANDAR= 50 Kg/Cm<sup>2</sup>  
 FRACCION DEFECTUOSA= 20 %  
 ASENTAMIENTO= 3 PULGADAS

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

ARENA NATURAL  
 PESO ESPECIFICO= 2.58  
 TAMIZ # PASANTE FINO %

1	100
3/4	100
1/2	100
3/8	99.7
1/4	95.2
#4	88.7
#8	68.6
#16	47.6
#30	29.1
#50	12.5
#100	5.7

AGREGADO GRUESO

PIEDRA PIC. TAM MAX=1  
 PESO ESPECIFICO= 2.75  
 PASANTE GRUESO %

	97.9
	56.2
	21
	7.8
	3.75
	.4
	0
	0
	0
	0
	0

RELACION AGREGADO FINO/AGREGADO TOTAL=0.46

REISTENCIA DE DISENO(Kg/Cm<sup>2</sup>)= 292

RELACION AGUA/CEMENTO=0.52

RELACION AGUA/CEMENTO CORREGIDA=0.52

CANTIDAD DE CEMENTO(Kg/M<sup>3</sup>)= 378

CANTIDAD DE CEMENTO CORREGIDA(Kg/M<sup>3</sup>)= 384

% DE AIRE ATRAPADO=1.613

CANTIDAD DE ARENA(Kg/M<sup>3</sup>)= 825

CANTIDAD DE PIEDRA(Kg/M<sup>3</sup>)= 969

CANTIDAD DE AGUA(Ltr/M<sup>3</sup>)= 200

## DOSIFICACION DE LA MEZCLA SEGUN TIPO DE PROBETA EN Kg

DOSIFICACION DE LA MEZCLA PARA UN VOLUMEN EN M<sup>3</sup> =0.119

CILINDROS DE 15*30=	10	AGUA=	23.86
CILINDROS DE 10*20=	10	CEMENTO=	45.74
CILINDROS DE 7,5*15=	10	ARENA=	98.29
CUBOS DE 15*15*15=	10	PIEDRA=	115.38
CUBOS DE 10*10*10=	10		

UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE CIVIL  
 MATERIALES Y ENSAYOS

## DOSIFICACION DE MEZCLA DE CONCRETO

### PARAMETROS DE DOSIFICACION

RESISTENCIA DE CALCULO= 300 Kg/Cm<sup>2</sup>  
 DESVIACION ESTANDAR= 50 Kg/Cm<sup>2</sup>  
 FRACCION DEFECTUOSA= 20 %  
 ASENTAMIENTO= 4 PULGADAS

### CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

#### AGREGADO FINO

ARENA NATURAL  
 PESO ESPECIFICO= 2.58  
 TAMIZ # PASANTE FINO %

1	100
3/4	100
1/2	100
3/8	99.7
1/4	95.2
#4	88.7
#8	68.6
#16	47.6
#30	29.1
#50	12.5
#100	5.7

#### AGREGADO GRUESO

PIEDRA PIC. TAM MAX=1  
 PESO ESPECIFICO= 2.75  
 PASANTE GRUESO %

	97.9
	56.2
	21
	7.8
	3.75
	.4
	0
	0
	0
	0
	0
	0

RELACION AGREGADO FINO/AGREGADO TOTAL=0.45

RESISTENCIA DE DISEÑO(Kg/Cm<sup>2</sup>)= 342  
 RELACION AGUA/CEMENTO=0.45  
 RELACION AGUA/CEMENTO CORREGIDA=0.45  
 CANTIDAD DE CEMENTO(Kg/M<sup>3</sup>)= 481  
 CANTIDAD DE CEMENTO CORREGIDA(Kg/M<sup>3</sup>)= 481  
 % DE AIRE ATRAPADO=2.021  
 CANTIDAD DE ARENA(Kg/M<sup>3</sup>)= 752  
 CANTIDAD DE PIEDRA(Kg/M<sup>3</sup>)= 920  
 CANTIDAD DE AGUA(Ltr/M<sup>3</sup>)= 211  
 HUMEDAD DE LA ARENA EN (%)= 1.80  
 HUMEDAD DE LA PIEDRA EN (%)= 0.98  
 % DE ABSORCION DE LA ARENA= 1.54  
 % DE ABSORCION DE LA PIEDRA= 0.68

## DOSIFICACION DE LA MEZCLA SEGUN TIPO DE PROBETA EN Kg

DOSIFICACION DE LA MEZCLA PARA UN VOLUMEN EN M<sup>3</sup> =0.130

CILINDROS DE 15*30=	10	AGUA=	27.55
CILINDROS DE 10*20=	11	CEMENTO=	62.77
CILINDROS DE 7,5*15=	10	ARENA=	98.11
CUBOS DE 15*15*15=	12	PIEDRA=	119.96
CUBOS DE 10*10*10=	13		

APENDICE E

Método de elaboración, curado y ensayo de probetas cilíndricas de concreto.

## 1. ALCANCE:

1.1. Este método describe los procedimientos para la elaboración curado y ensayo de probetas cilíndrica de concreto, además de ser índice de la resistencia del material ensayado, deben servir como criterio de control de la uniformidad de calidad del material elaborada.

## 2. APARATOS:

2.1. Cuchara de muestreo y cuchara de albañilería.

2.2. Moldes metálicos cilíndricos, preferiblemente estancos, de 152,5 mm  $\pm$  2,5 mm de diámetro, por 305,0 mm  $\pm$  6,0 mm de altura. En los casos señalados en el párrafo 6.2 las dimensiones del molde deberán ser incrementada.

2.3. Barra compactadora: Una barra recta de acero, lisa, de 16 mm (5/8") de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y punta semiesférica.

2.4. Base de molde de material no absorbente. Preferentemente se usará base metálica, con un espesor de 7 mm y con una muesca (véase figura 1).

### 3. MEZCLADO:

3.1. El mezclado se realizará de acuerdo con lo indicado en el método de mezclado de concreto en el laboratorio (C.C.C.A: con 18) (Norven 354)

### 4. MUESTREO:

4.1. La muestra deberá ser representativo de la mezcla que se está vaciando y su volumen no será menor de 30 litros.

4.2. El material que se usará en la elaboración de cilindros de ensayo, deberá ser muestreado, justo antes de su colocación en el encofrado. Las probetas deberán ser identificadas con la parte de la estructura con la parte de la estructura a que se corres--

ponde el material a partir del cual fueron elaboradas.

Será preferible hacer el muestreo en aquellas partes de la estructura donde será factible prever las sollicitaciones máximas.

- 4.3. Cuando el volumen de material fresco es transportado en recipientes de más de un cuarto de metro cúbico, el muestreo deberá realizarse mezclando porciones de diferentes partes del contenido del recipiente y elaborando las probetas de ensayo con esa mezcla.
- 4.4. La muestra no se considerará representativa del material, cuando haya transcurrido más de una hora entre el muestreo y el momento en que el agua fue añadida al cemento. Este tiempo podrá variar, previa justificación experimental cuando hayan sido usados aditivos en la mezcla.
- 4.5. Para los criterios de muestreo referentes a concretos premezclados véase el Método de Muestreo de Concreto Fresco (CCCA: Con 8) (NORVEN 344).

## 5. PREPARACION DEL MOLDE:

5.1. El molde deberá presentar un aspecto limpio y su superficie interior será cuidadosamente aceitada. Sólo se permitirá el uso de aceites minerales y otros productos destinados a este efecto.

5.2. La base del molde presentará un aspecto limpio y -aceitado, al igual que las superficies interiores. Para evitar las pérdidas de agua, las zonas de contacto entre molde y base, se sellarán con una mezcla de parafina y cera virgen, trabajable a temperatura ambiente, o algún otro material que no afecte la resistencia del concreto.

## 6. ELABORACION DE LA PROBETA:

6.1. La elaboración de la probeta deberá comenzarse no más tarde de diez minutos después del muestreo y - en una zona libre de vibraciones. Se realizará en la forma siguiente: se llenará el molde con concreto fresco hasta una altura aproximada de un tercio de la total, compactando a continuación enérgicamente con la barra compactadora mediante 25 golpes

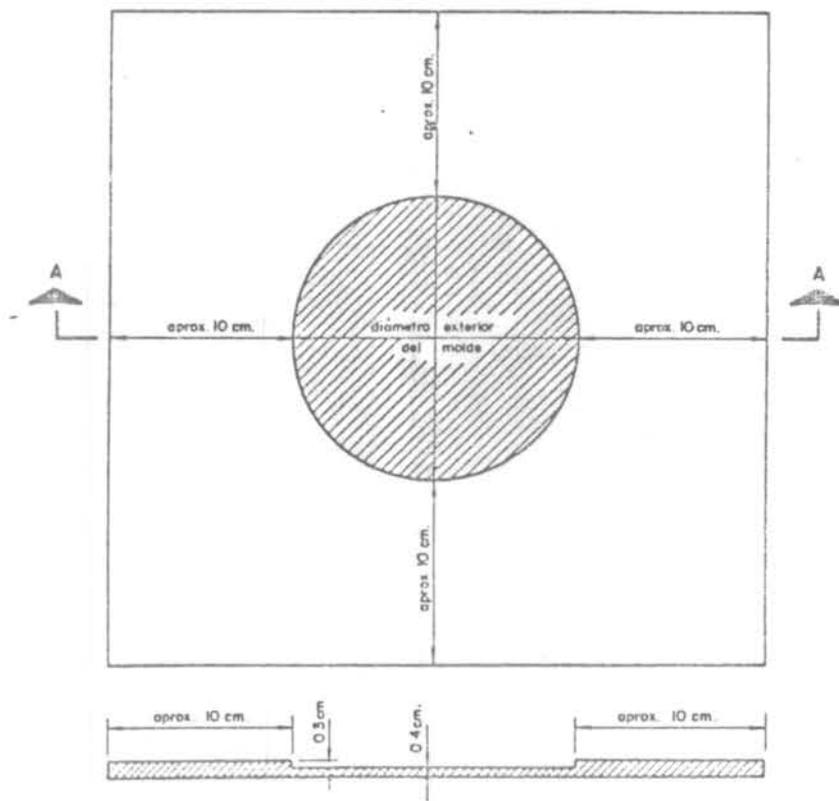
uniformemente repartidos, tratando de abarcar toda la sección y de golpear en la misma dirección de eje del molde. Este proceso se repetirá en las dos capas siguientes hasta lograr el llenado completo del molde. En la última capa se colocará material en exceso, de manera tal que después de la compactación de la misma enrasarse a tope con el borde superior del molde sin necesidad de añadir más material.

- 6.2. En aquellas mezclas donde hayan sido usados agregados con una dimensión máxima, mayor que la cuarta parte de la menor dimensión del molde, será necesario el uso de moldes de mayor sección.

## 7. CURADO DE LA PROBETA:

- 7.1. Durante las primeras 24 horas que siguen a la elaboración de la probeta, ésta se mantendrá dentro del molde cubierta con trapos mantenidos constantemente en estado húmedo y en unas condiciones análogas a las de la obra, no pudiendo ser cambiada de lugar bajo ningún motivo. Entre las 24 y 48 horas siguientes, las probetas cilíndricas de-

berán ser retiradas cuidadosamente de sus moldes y transportadas directamente al ambiente del curado.



CORTE A-A

Fig. 1. Base de Molde Cilíndrico

7.2. Como ambiente de curado, se aceptan los siguientes: directamente bajo agua limpia en reposo; arena limpia, húmeda y saturada constantemente; o en la cámara húmeda con una humedad relativa controlada entre 90 y 100%. Los ambientes de curado deberán permanecer constantemente a la sombra, controlando periódicamente su temperatura; tanto el ambiente como la temperatura de curado, deberán ser anotados por ser datos indispensables para la interpretación correcta de los resultados.

#### 8. ENVIO DE LAS PROBETAS AL LABORATORIO.

- 8.1. Cuando las probetas deban ensayarse fuera de la obra, en laboratorios reconocidos, deberán llegar - preferiblemente dos días hábiles antes del ensayo.
- 8.2. El transporte de las probetas se hará en cajas de madera u otro material, dentro de las cuales estarán totalmente cubiertas por arena húmeda u otro material inerte adecuado, con el objeto de evitar vibraciones y golpes. En no cumplimiento de este requisito se hará constar en el informe.
- 8.3. El constructor deberá suministrar al laboratorio -

los siguientes datos: hora y fecha de elaboración, ambiente y temperatura de curado, así como toda información que el laboratorio considere de importancia para la interpretación correcta de los resultados (tipo y marca del cemento usado, relación agua cemento, tamaño máximo del agregado, asentamiento, etc.).

#### 9. ENSAYOS DE LAS PROBETAS:

- 9.1. Las probetas serán ensayadas a las edades previstas con una tolerancia de  $\pm 12$  horas de los 28 días. En todo caso, la fecha y la hora de ensayo, deberán aparecer en la planilla respectiva.
- 9.2. La sección de la probeta se determinará en su zona central, y su diámetro de cálculo será el promedio de dos diámetros ortogonales, aproximados hasta el milímetro entero más cercano.
- 9.3. Cuando las caras de compresión de las probetas muestren irregularidades, deberán ser rematadas con una capa de mortero de cemento 1:2, preparado con arena que pase un cedazo # 8 (2,38 mm) y con un espesor de  $6 \pm 2$  mm dispuesto en forma tal que

tienda a lograr un paralelismo entre las caras a-comprimir.\* Este remate deberá colocarse por lo-menos 20 horas antes del ensayo. Las superficies de compresión deberán ser planas, con una toleran-cia de 0,05 mm y no deberán agrietarse cuando la probeta sea ensayada.

- 9.4. Se medirá la altura total de la probeta después - de colocar su remate.
- 9.5. Las probetas seán colocadas en la máquina de en-sayos, centradas y comprimidas a una velocidad de  $3 \pm 1 \text{ kg/cm}^2/\text{seg}$ . Una vez que se fije la abertu-ra del paso de aceite necesario para lograr esa - velocidad de carga, ésta no podrá modificarse ba-jo ningún concepto, hasta lograr la franca rotura de la probeta.
- 9.6. La resistencia a compresión será el cociente entre la carga máxima y la sección media de la probeta.

---

\*. Se podrán rematar las caras de compresión con una mezcla de azufre (62% de azufre, 36% de arena pasa # 20 - (0,841 mm) y 2% de negro humo).

METODO PARA LA ELABORACION, CURADO Y ENSAYO DE PROBETAS -  
CILINDRICAS (10x20 y 7,5x15)

Para la elaboración de las probetas cilíndricas de 10 x 20 cm y 7,5 x 15 cm tomaremos lo especificado en el ensayo CCCA con 2, para probetas cilíndricas de 15 x 30; - con una pequeña modificaciones en el aparte 2.2. de dichas normas.

APARTE 2.2.

Modificación:

Moldes de plástico, preferiblemente de tubos PVC, - de 100 mm  $\pm$  2,5 mm y 75 mm  $\pm$  2,5 mm de diámetro respectivamente, por 200 mm  $\pm$  6,0 mm de altura. En los casos señalados en el párrafo 6.2. Las dimensiones del molde deberán ser incrementadas.

APENDICE F

## ESPECIFICACION DE LA ELABORACION DE LA MUESTRA A ENSAYAR

*Método para la elaboración, curado y ensayo de probetas Cúbicas de Concreto.*

### 1. ALCANCES:

*Este método describe los procedimientos para la elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas - cúbicas de concreto; basado en las normas Británicas Bs 1.880 - 1.970.*

### 2. APARATOS:

*2.1. Cucharas de Albañilería.*

*2.2. Moldes metálicos cúbicos de 100 x 100 y de 150 x - 150.*

*2.3. Barra compactadora de acero liza de 1 pulgada de diámetro y aproximadamente 30 cms. de longitud y - punta semiesférica.*

2.4. Base de molde de material No Absorbente.

### 3. MEZCLADO:

El mezclado se realiza de acuerdo con lo indicado con el método de mezclado en el laboratorio (CCCA - con 18 Norven 374).

### 4. PREPARACION DEL MOLDE:

La mezcla de concreto es vaciada en los moldes - de acero o de hierro fundido, es aconsejable que los elementos de las probetas junto con su base conformen - una conexión rígida evitando en sus juntas regregaciones al momento del vaciado y muestras deformes al momento del desencofrado.

Antes del ensamblaje de las probetas es necesario recubrir las superficies internas con una capa delgada de aceite mineral o otros productos destinados para tal fin, para prevenir una posible unión entre la probeta y el concreto.

## 5. ELABORACION DE LAS PROBETAS:

No deberá comenzarse en los primeros 10 minutos después de haber preparado la mezcla. La práctica prescrita por la BS 1.881 - 1.970 establece que el llenado se haga en capas de aproximadamente 2 pulgadas cada una cada capa de concreto debe ser compactada por no menos de 35 golpes con una barra recta de acero lizo de 25 mm (1 pulgada) de diámetro de aproximadamente 60 cms. de longitud y punta semiesférica.

## 6. CURADO DE LAS PROBETAS:

Durante las 24 horas siguientes al vaciado de las muestras, las probetas deben estar sometidas a una temperatura de (18 a 22)°C y una humedad relativa no menor al 90%, esto se logrará cubriendola de trapos mantenidos constantemente en estado húmedo; en este período no se debe por ningún motivo trasladar la muestra de un sitio a otro.

Al finalizar el período anterior se desencofrarán los cubos y serán sumergidos en agua limpia, constantemente bajo sombra a una temperatura de (19 a 24) °C.

## 7. ENSAYO DE LA PRÓBETAS:

Los cubos modelos son probados tiempos prescritos generalmente a los 28 días, con pruebas adicionales a menudo hechas entre 3 y 7 días. En la prueba de compresión el cubo es colocado con las caras más planas en contacto con las platinas de la máquina de prueba. Hay que garantizar que la porción del cubo cuando se prueba este en completa horizontabilidad con las platinas de la máquina.

De acuerdo con las BS 1.881 - 1.970 la rata de presión que se debe aplicar a los cubos de prueba es de  $15 \text{ MN/m}^2/\text{min}$ . ( $2.200/\text{b}/\text{in}^2/\text{min}$ ); debido a la no linealidad de la relación presión - esfuerzo para el concreto a altas presiones la rata de aumento en el esfuerzo debe ser recrementada progresivamente cuando la falla es aproximada, la velocidad de movimiento de la cabeza de la máquina de prueba debe aumentarse. Esto se puede lograr sólo con una máquina operada hidráulicamente.

La medida de compresión es generalmente reportada por la máquina de prueba; está entre  $0$  a  $5$   $\text{MN/m}^2/\text{min}$ . Una presión mayor es sólo aparente.

## BIBLIOGRAFIA

- ASOCIACION DE CEMENTO PORTLAND. *Proyecto y control del - Mezcla de Concreto.* Editorial Limusa. México 1978.
- ASOCIACION VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO. *El Ensayo de Concreto a la compresión.* Caracas 1975.
- ASOCIACION VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO. *Separata Boletín Cemento - Concreto N° 7. Método del Comité Conjunto del Concreto Armado (C.C.C.A) Caracas 1977.*
- ASOCIACION VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO. *Ensayo de los cilindros.* Caracas 1981.
- ASOCIACION VENEZOLANA DE SISTEMA DE PAREDES ESTRUCTURALES. *Manual del Concreto Fresco.* Caracas, febrero 1979. 2<sup>da</sup> Edición.
- CASILLAS.J; CUEVAS O; DIAZ R; ROBLES F. *Aspecto Fundamentales del Concreto reforzado.* Editorial Limusa. México 1974.

COLI, J; SOTO, F. *Diseño de Mezclas utilizando agregados de la Region Central. Valencia, abril 1985.*

INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES. *Boletín Técnico # 18. Estudio sobre Dosificación de Mezcla, Caracas 1967.*

INSTITUTO DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES. *Boletín Técnico # 42. Medidas de Resistencia en el Concreto. Caracas 1973.*

L'HERMITE R. *A Pie de Obra. Versión Española. Editorial Tecnos. Madrid, 1971.*

MASCIA G; Stefanelli B. *Comparación de tres Métodos para el Diseño de Mezclas de Concreto Resistente a la Compresión. Valencia, agosto 1979.*

MERRIT A. *Manual del Ingeniero Civil. Editorial Mc Graw, México 1985.*

NEVILLE A. *Properties of Concrete. Ritman Paperbacks. 1963.*

ESPINAL VALLENILLA y ROMERO E. *Ensayos tardíos en el Concreto*. Caracas, 1983.

SANCHO AZNAL, José M. *Estudio sobre la relación entre las Resistencias del Hormigón a diferentes edades*. Editorial Tecnos. Madrid 1978.

RESERVA