TD
TC97
S3
V-1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

CORRELACION DE CILINDROS-VIGAS PARA EL CONTROL DE PRODUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: QUINCE (15) PUNTOS

JURADO EXAMINADOR

Firma:
Nombre: CESAR CLERMONT.

Firma:
Nombre: Andrés Pirard

Firma:
Nombre: Diego Calvo.

REALIZADO POR: SALAZAR MADRIZ, Carlos Guillermo
PRIETO RODRIGUEZ, Baudy

PROFESOR GUIA: Ingº CLERMONT, Cesar

FECHA: Octubre 98

Agradecimiento Especial

Nuestro mas sincero agradecimiento
al Ing° Manuel Díaz, quien propuso
e hizo posible el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos dar nuestro más sincero agradecimiento a nuestro tutor académico el Ing Cesar Clermont, quien con su incondicional apoyo y sus acertados consejos, nos guió en la realización del presente trabajo especial de grado.

También queremos agradecer a los trabajadores y empleados del laboratorio de materiales de la UCAB, por brindarnos su valiosa ayuda durante el desarrollo de todo el trabajo y nos proporcionaron información importante para la realización del mismo.

Agradecemos también a todo el personal de la Planta de Concreto MIXTO LISTO ubicada en la bandera, por su entera disposición en prestarnos cualquier tipo de ayuda.

A Edgar Quevedo, Johan Arenas, Eduardo Itriago, Javier Corrales, amigos que colaboraron con la realización de este trabajo.

INDICE

1. **Sección Introductoria**
   - 1.1 Sinopsis 1
   - 1.2 Objetivos 3
   - 1.3 Objetivos Específicos 3
   - 1.4 Alcance 4
   - 1.5 Limitaciones 4
2. **Capitulo I: Marco Teórico**
   - 2.1 Reseña Histórica 5
   - 2.2 Esfuerzos de Flexión en los Pavimentos de Concreto 6
   - 2.3 Relación entre la Resistencia a Compresión y a la Tensión 8
   - 2.4 Correlación entre la Resistencia a la Compresión y a la Flexión 11
   - 2.5 Influencia del Módulo de Rotura en el Diseño de Pavimentos Rígidos según el Método AASHTO 12
3. **Capitulo II: Fundamentos Teóricos**
   - 3.1 Resistencia a la Traccion debida a la Flexión 16
   - 3.2 Resistencia a la Compresión en Cilindros de Concreto 19
4. **Capitulo III: Metodología**
   - 4.1 Fundamentos Teóricos 22
   - 4.2 Diseño de Mezcla 25
   - 4.3 Extraccion de Vigas y Cilindros 32

5.	**Capitulo IV: Análisis de los Resultados**	
	5.1 Fundamentos Teóricos	43
	5.2 Presentación de los Resultados	50
	5.3 Análisis Estadístico de los Resultados	54
6.	**Conclusiones y Recomendaciones**	62
7.	**Bibliografía**	65
8.	**Anexos**	Tomo II

Sinopsis

El alto grado de deterioro que presenta la red vial a nivel nacional y la notable disminución de inversiones para su mantenimiento obliga a investigar mecanismos de pavimentación alternos, que presenten mayor resistencia a las exigentes cargas de tránsito que predominan en el país, mayor durabilidad y rentabilidad una vez analizado el costo de ciclo de vida del mismo, que viene reflejado en los costos iniciales de construcción, los de mantenimiento y operación durante todo el periodo de diseño.

La pavimentación en concreto ha demostrado ser una alternativa eficiente y rentable tanto en la construcción de nuevas vías como en la recuperación de las existentes, ya que proporciona una serie de ventajas que se adaptan especialmente a la realidad venezolana, con lo cual no sólo se obtienen beneficios bajo el punto de vista de costos, sino bienestar para la población que a su vez percibe una mejor y más eficiente utilización de los recursos. Por esta razón, entre otras, la Corporación Venezolana de Cementos **VENCEMOS** esta ejecutando un programa para la divulgación y construcción de pavimentos rígidos. Dicho programa considera todos los parámetros que influyen en el control de calidad del concreto utilizado, muy particularmente en lo que a propiedades mecánicas se refiere.

El método de diseño de estos pavimentos esta basado en la resistencia a la flexión del concreto, la cual se expresa como el módulo de rotura a flexión y se obtiene al ensayar una viga de concreto simplemente apoyada con cargas a los tercios del tramo. Este ensayo, normalizado en Venezuela bajo la Covenin 342, requiere un grado de control difícilmente obtenible en campo. Por otra parte, los especímenes (probetas) son sumamente sensibles a perturbaciones, curado, etc., con lo cual las dispersiones de resultados de ensayo sobre muestras de campo son elevadas, haciendo que los resultados finales sean a su vez poco exactos.

Trabajos desarrollados por varios investigadores a nivel mundial , indican que es posible obtener una correlación, altamente confiable entre el ensayo a compresión en cilindros (Covenin 338), y los resultados de viguetas ensayadas a flexión.

Es común la utilización de una ecuación obtenida mediante un análisis de regresión que relaciona los resultados de ambos ensayos: $Mr=C\sqrt{f'c}$*. Dicha ecuación incluye una constante "C"que pude variar entre los valores 7 y 10, cuando se trabaja en unidades inglesas. **El objetivo de este trabajo es conseguir el valor de la constante "C" para las condiciones específicas de este experimento, con una resistencia en particular y manteniendo fijas las condiciones de los ensayos (diseño de mezcla, agregados, vaciado y curado), de manera que se pueda controlar el valor del módulo de rotura mediante ensayos de mas fácil, rápida y confiable ejecución.**

Se realizarán 30 muestras con un mismo diseño de mezcla a base de cemento portland tipo 1 cuya resistencia a compresión a los 28 días esta calculada para 250 kg/cm^2. Cada muestra esta constituida por una pareja de cilindros con dimensiones 15 cm de diámetro por 30 cm de altura y una pareja de vigas con dimensiones 15 x 15 x 60 cm, cuyas resistencias en ensayos a los 28 días será promediada para obtener un resultado de la resistencia a compresión y otro a la flexión respectivamente.

Con estas 30 parejas de resultados se evaluará la ecuación antes mencionada para así calcular 30 resultados de "C", y según los principios básicos de estadística tratar de obtener el valor de dicha constante.

Además de los ensayos de vigas y cilindros también se realizaron algunos análisis de calidad de los agregados constituyentes de la mezcla de concreto, para de esta manera con los datos obtenidos de estos análisis, y con lo resultados de los ensayos que fueron hechos a las muestras de concreto, podamos obtener conclusiones mas firmes y seguras sobre el experimento realizado.

---

* Ecuación tomada del texto: "Diseño de Estructuras de Concreto", Capítulo 2, Resistencia a la Tensión.

El resultado del análisis fue satisfactorio toda vez que permitió encontrar el valor de una constante "C" con el cual se puede estimar el módulo de rotura a partir de la resistencia a la compresión de los cilindros de concreto para las condiciones especificas de este experimento.

El valor encontrado busca la eficiencia del control de calidad del concreto utilizado en la fabricación de pavimentos rígidos, tanto en obra como en planta, debido a que la toma y ensayo de los cilindros a compresión es práctica y rápida, en contraste con los ensayos de las vigas a flexión, que presentan muchos inconvenientes en su ejecución, curado y posterior ensayo, lo que hace de este experimento una herramienta muy importante que podría ser estudiada para otros rangos de resistencia y otros tipos de agregados.

Objetivos.

El presente trabajo especial se ha comenzado a desarrollar como parte de un programa de investigación, guiado por la división de pavimentos rígidos de la Corporación Venezolana de Cemento **Vencemos**, para establecer métodos sencillos en el control de calidad del concreto utilizado en la construcción de pavimentos rígidos.

El objetivo fundamental de este trabajo es determinar mediante la realización de ensayos destructivos a vigas y cilindros de concreto, la posible existencia de un valor de "C" en la ecuación $Mr = C \sqrt{fc}$, para una resistencia determinada manteniendo fijas las condiciones de ensayo (diseño de mezcla, agregados, vaciado y curado).

Objetivos específicos.

- Elaborar un análisis estadístico de los resultados de los ensayos de cilindros y vigas, sometidos a esfuerzo de compresión y flexión respectivamente, siguiendo los procedimientos regulados por la normativa vigente.

- Obtener resultados precisos mediante el control de variables y aplicación de análisis estadísticos a ensayos destructivos.
- Establecer los principios básicos para seguir una metodología adecuada que permita la determinación de la constante C en la ecuación $Mr = C \sqrt{fc}$.

Alcance

- Elaboración de diseños de mezcla.
- Preparación de probetas.
- Ejecución de ensayos destructivos.
- Registro de resultados.
- Análisis estadístico.
- Derivación de los factores correspondientes.
- Cálculo de "C".

Limitaciones

- Por limitaciones de tiempo solo se pudieron realizar el número mínimo de muestras necesarias para que el experimento tenga validez estadística. Las normas especifican un número mínimo de treinta muestras para ensayos experimentales en el concreto.
- Por limitaciones de espacio para curado y equipos de alta capacidad para hacer la mezcla solo se pudo realizar una muestra diaria, correspondiente a dos vigas y dos cilindros.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

Reseña Histórica:

Un pavimento rígido es aquel que muestra una sensible rigidez a la tensión, es decir, que trabaja o resiste significativamente a los esfuerzos de tracción. Diferente al pavimento flexible (en general constituido por capas sin resistencia evidente a la tracción). Esa rigidez es el factor predominante en el dimensionamiento del espesor de la placa de concreto, material característico del pavimento rígido. Por causa de esas dos propiedades, rigidez (alto módulo de elasticidad) y comportamiento como viga (relativamente alta resistencia a tracción y flexión), las presiones y deformaciones transmitidas por el concreto a la subrasante son muy pequeñas, debido a que el área de distribución es muy grande.

Este tipo de pavimentos se viene usando desde 1865 en Inglaterra. Desde 1909 en EE.UU, se comenzaron los procesos de ingeniería para pavimentación de carreteras con concreto de cemento Portland, habiéndose logrado avances muy importantes en los años subsiguientes.

A principios de los años 20, los ingenieros comenzaron a examinar lo que era conocido acerca del comportamiento de los pavimentos de concreto y de los métodos de diseño, y notaron que había un número de variables que no se conocían dentro del comportamiento del pavimento, toda vez que los mismos solamente daban una somera estimación, de lo que podía esperarse en el campo. La búsqueda de las respuestas los guió hacia el desarrollo de experimentos controlados de los pavimentos que estaban en servicio para esa épocas. El primero de estos ensayos, el ensayo de carreteras BATES,

tuvo como resultado el desarrollo de lo que se conoce como fórmula antigua para la determinación de los espesores.

En los años siguientes, muchos investigadores contribuyeron para el mejor conocimiento en el diseño de espesores de pavimentos rígidos, como fue la valiosa contribución del Dr. Westergaard y el Dr. Pickett. Estos estudios sirvieron como modelo para los ensayos que vendrían mas tarde incluyendo el de WASHO y el mas complejo de todos, el conocido como Método AASHO a mediados de los años 50 en Ottawa. De este estudio se desarrolló la unidad de daño, un método simple para medir el daño al pavimento, basado en la relación entre la carga del eje y daño a la carretera.

Este ensayo fue tan elaborado que sirvió como base para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles. Para 1960 se publica la guía combinada "AASHTO IMTERIM GUIDE FOR DESING OF PAVEMENT STRUCTURES" (El nombre de AASHO se cambio a AASHTO a principios de los años 70), que posteriormente recibió unas revisiones en los años 1972,1986 y 1993*.

Esfuerzos de Flexión en los Pavimentos de Concreto.

El pavimento rígido consiste de una losa de concreto vaciada sobre la subrasante, previamente conformada y compactada, y en la mayoria de los casos sobre una capa de piedra picada. Su capacidad de carga depende del efecto de viga del pavimento. Ver Figura.

$P = k\,\delta$

Con la flexión de una losa de concreto, por efecto de carga de los neumáticos, se producen tanto esfuerzos de compresión, como de tracción. Los primeros suelen ser

* Véase "Seminario del Concreto 93".AVPC. Tomo II.

pequeños, en relación a la resistencia a la compresión del concreto, y no tienen influencia en el calculo del espesor de la placa de concreto. Pero los esfuerzos de flexotracción comparados con la resistencia del concreto a este tipo de esfuerzos, frecuentemente producen relaciones de hasta a 0.5, lo que puede conducir, después de un cierto número de repeticiones de carga, a la fatiga del concreto. Por esto, el dimensionamiento de un pavimento rígido esta siempre basado en el esfuerzo y la resistencia a la flexión.

Dado que en el diseño de pavimentos rígidos, la losa en si aporta la capacidad estructural, muchos investigadores la han estudiado detalladamente, estableciendo que los esfuerzos que en ella se producen pueden ser debido a lo siguiente:

- Cambios volumétricos de la subrasante.
- Presencia del gradiente de temperatura.
- Movimientos térmicos.
- Cambios de humedad.
- Frecuencia e intensidad de carga.

La resistencia del concreto a la tracción por flexión (módulo de rotura) deberá ser obtenida, para los fines del dimensionamiento por medio del ensayo de resistencia a la tracción por flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas, con cargas a los tercios del tramo (Covenin 342-79), y a los 28 días de edad (eventualmente, para los aeropuertos, a los 90 días).

Si otro tipo de ensayo es utilizado para el diseño, sus resultados deben ser convertidos de alguna manera a los resultados del ensayo antes mencionado, es decir, se debe conocer el Módulo de Rotura del concreto a utilizar para proceder al diseño de la estructura del pavimento.

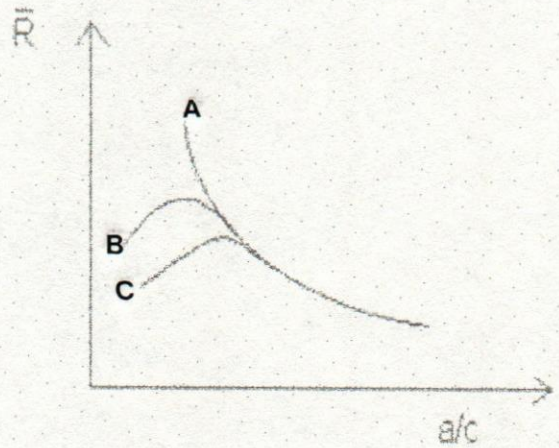
Relación entre la resistencia a compresión y a la tensión.

En la practica de la ingeniería, se supone que la resistencia de una mezcla de concreto a una determinada edad, con un curado a una temperatura constante, depende principalmente de solo dos factores: la relación agua/cemento y el grado de compactación.

Cuando el concreto esta totalmente compactado o sea, libre de vacíos se considera que su resistencia es inversamente proporcional a la relación agua/cemento, de acuerdo a la ley de Abrams, quien propone como valor de la resistencia:

$$R = M / (N)^{\alpha}$$

donde, M, N son constantes; R es la resistencia media y α la relación agua/cemento. En la figura se hace una representación gráfica de esta expresión.



A = Compactación a peso constante.

B = Compactación por vibrado (70 seg).

C = Compactación por vibrado (30 seg).

Se puede observar en la figura que el intervalo de validez de la regla para la relación agua cemento esta limitada. En el extremo mas bajo de la escala, la curva se

interrumpe cuando la compactación total ya no es posible. Parece que, además, las mezclas con una relación agua/cemento bajas y un contenido de cemento alto exhiben un retroceso de resistencia, particularmente cuando se usa agregado de gran tamaño.

Este comportamiento puede deberse a los esfuerzos inducidos por la contracción, que al ser obstruida por las partículas de agregado, causa el agrietamiento de la pasta de cemento o una perdida de adherencia entre el cemento y el agregado.

A igualdad de las demás condiciones, la relación a/c determina la porosidad de la pasta de cemento endurecida en cualquier etapa de la hidratación. De ahí que tanto la relación a/c como el grado de compactación, afecten el volumen de vacíos del concreto. Se puede decir que la resistencia del concreto es una fracción de la resistencia a una porosidad cero, lo que hace destacar la influencia que tiene las grietas y vacíos en la resistencia del concreto.

Estas imperfecciones conducen a concentraciones de alto esfuerzo en volúmenes muy pequeños de la muestra, con una consecuente fractura microscópica, mientras que el esfuerzo nominal promedio en toda la muestra es comparativamente bajo. Se suela suponer que el volumen unitario que posee la imperfección mas débil determina la resistencia de la muestra completa. Es necesario saber también la distribución de esfuerzos en un volumen de extensión suficiente alrededor de este punto, ya que la respuesta de deformación dentro del material, particularmente cerca de la falla, depende del comportamiento y estado del material que rodea al punto critico, y la posibilidad de expansión de la falla se ve fuertemente afectada por tal estado.

Cuando se somete una probeta a compresión uniaxial e inconfinada, los dos esfuerzos principales son de compresión, pero el esfuerzo a lo largo del borde de la imperfección es de tensión en algunos puntos, y por esto puede ocurrir la fractura. Es posible, sin embargo, que la falla en tales muestras este gobernada por la deformación lateral inducida por el módulo de Poisson.

El orden de los valores del módulo de Poisson para el concreto es tal que, para elementos a una distancia suficiente de las placas de la maquina de prueba, la deformación lateral resultante puede exceder de la deformación por tensión final del concreto. La falla ocurre entonces por una partición perpendicular a la dirección de la carga, y esto se ha observado, sobre todo en muestras cuya altura es mayor que su ancho. Esto nos lleva a pensar que no se trata de un esfuerzo limite, si no una deformación limite de tensión que determinan la resistencia del concreto bajo carga estática. Se ha encontrado que al punto de agrietamiento inicial, la deformación en la cara de tensión de una viga en flexión y la deformación lateral por tensión de un cilindro bajo compresión uniaxial son de la misma magnitud. La deformación por tensión de una viga en el instante de agrietamiento es:

$$\delta = \text{esfuerzo de tensión al agrietamiento/ } E$$

donde E es el módulo de elasticidad del concreto en el intervalo lineal de deformación. La deformación lateral en una muestra en compresión cuando el agrietamiento se observa por primera vez, es:

$$\delta = \mu \times (\text{esfuerzo de compresión al agrietamiento})/E$$

donde μ es el módulo estático de Poisson. De la igualdad observada entre las dos deformaciones se tiene que:

μ = esfuerzo de tensión al agrietamiento en flexión/esfuerzo de compresión al agrietamiento de una muestra en compresión.

El módulo de Poisson varia por lo general entre 0.11 para concreto de alta resistencia, y entre 0.15 y 0.21 para mezclas normales, y es significativo que la relación entre las resistencias nominales a la tensión y a la compresión de diferentes concretos varíe en forma similar y aproximadamente entre los mismos limites. Hay una posibilidad de conexión entre la relación entre las resistencias nominales y el módulo de

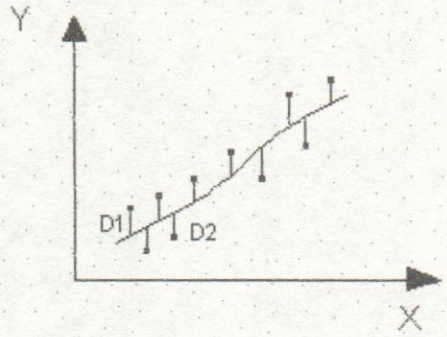
Poisson, y se puede afirmar con buenos fundamentos que el mecanismo productor de las grietas iniciales en compresión uniaxial y en tensión por flexión es el mismo. Esto nos lleva a pensar en la factibilidad de poder correlacionar estos dos ensayos, con una base teórica de que ambos guardan estrecha relación.

Correlación entre la Resistencia a Compresión y a la Flexión

Basados en la evidente posibilidad de relación entre la resistencia a compresión y a la tracción por flexión, los investigadores intentaron correlacionar ambas mediante una ecuación matemática.

Dicha ecuación fue deducida mediante un análisis de regresión a los datos obtenidos, para así, obtener curvas de aproximación de la serie de datos puntuales. De todas las curvas, la que tendría la propiedad de que: $(D_1^2+D_2^2+...+D_n^2)$ es mínimo, era la curva de mejor ajuste (curva de mínimos cuadrados).

La relación entre las variables podía ser o no lineal.



Un índice de la exactitud con que una ecuación representa la relación entre variables es el coeficiente de correlación R^2. Mientras este valor sea mas cercano a 1 será mas exacta la relación y cuando R^2 baja de 0.6 se puede considerar que la ecuación no es confiable.

Las ecuaciones consideradas por los investigadores fueron:

1. $y = c + bx$
2. $y = c + bx + dx^2$
3. $y = c + bx + dx^2 + ex^3$
4. $y = c + bLn(x)$
5. $Ln(y) = c + bLn(x)$

Donde "y" es la resistencia a la flexión y "x" la resistencia a compresión; "c" y "b" son constantes.

La ecuación #5 resulto ser la mas confiable por tener el coeficiente de correlación R^2 mas cercano a 1. Despejando los logaritmos queda:

$$Mr = c*(f'c)^b$$

El valor de la constante "b" es aproximadamente 0.5, y el valor de la constante "C" puede oscilar entre 7 y 10 trabajando la ecuación en unidades inglesas.

El presente trabajo se basa en esta forma de ecuación para la obtención del valor de "C", manteniendo constante las proporciones del diseño de mezcla, la calidad de los agregados y las condiciones de ensayos. Todo esto mediante ensayos destructivos a 28 días.

Influencia del Módulo de Rotura en el Diseño de Pavimentos Rígidos según el Método AASHTO.

Los métodos de diseño de espesores de la AASHO, están basados en los resultados proporcionados por el ensayo vial realizado en 1960, en la localidad de Ottawa, Illinois, ampliamente conocido como el ensayo de carretera AASHO.

En el experimento principal del ensayo se sometieron a prueba, para estudiar su comportamiento y su resistencia, secciones de pavimentos de espesores diferente, tanto del tipo flexible como del rígido, construidos todos sobre una subrasante uniforme (CBR = 2,5 % y K = 60,00 lbs/pulg^3).

El método para el diseño de espesores de pavimentos rígidos de la AASHO, utiliza las relaciones descubiertas en los pavimentos utilizados en el experimento vial, constituido por placas de concreto con un valor de módulo de elasticidad muy específico (Ec=4,2.10^6 lbs/pulg^2), una resistencia definida (Mr = 690 lbs/pulg^2), provistos de sistemas para la transmisión de cargas (pasadores) de características específicas y tendidos sobre una subrasante que ofrecía un soporte muy definido. El método parte de resultados obtenidos en un caso particular, para desarrollar con el auxilio de consideraciones teóricas, una formula que incorpora variables de soporte del suelo y de resistencia del concreto, de manera de hacerla aplicable a un pavimento rígido cualquiera.

En el análisis de los datos del experimento, se llevo a cabo una comparación entre los esfuerzos medidos dentro de las placas de concreto y los calculados por las fórmulas de Westergaard, Spangler y Pickett. Se descubrió que aunque había diferencias entre los esfuerzos medidos y los calculados, las fórmulas de Westergaard y Spangler para la carga en la esquina, proporcionaban resultados que guardaban excelente relación lineal con los esfuerzos medidos. Se decidió utilizar la fórmula de Spangler, por su simplicidad, en el estudio que se realizó para desarrollar la fórmula de diseño.

El estudio de los resultados del experimento sobre pavimentos rígidos reveló que logaritmo de la relación: módulo de rotura del concreto / esfuerzo máximo (calculado con la formula de Spangler) y el logaritmo del número de aplicaciones de la carga (w) que produce ese esfuerzo, hasta alcanzar un índice de utilidad final "p", están ligados por una relación lineal* de la forma:

* Véase "Comportamiento y Diseño de Espesores en Pavimentos Rígidos". AVPC. Guillermo Corrales.

$$\log(w) = a + b \cdot \log(Mr/\sigma)$$

a: constante

b: pendiente de la recta en el gráfico log (w) vs log (Mr/σ)

Mr: módulo de rotura del concreto.

σ: σesfuerzo máximo de tensión en el concreto.

CAPITULO I1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

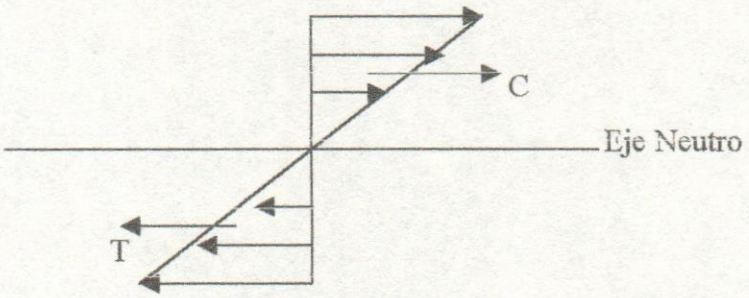
Este capitulo esta destinado a establecer los fundamentos teóricos de los ensayos a correlacionar durante la ejecución de este experimento.

- Resistencia a la tracción debida a la flexión en prismas de concreto. (15 x 15 x 60 cm)
- Resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de concreto. (15 x 30 cm)

Resistencia a la Tracción Debida a la Flexión

El módulo de rotura es la resistencia ficticia a tracción que ofrece el concreto al ser sometido a un esfuerzo de flexión; dicha resistencia generalmente viene expresada en Kg./cm^2, al igual que la resistencia a compresión. Es una cantidad bastante pequeña en comparación con la resistencia a compresión, esto se debe a que el concreto por sus características es un material que resiste muy poco esfuerzos de tensión.

La explicación mecánica del módulo de rotura se obtiene utilizando el diagrama de esfuerzos producido en una viga sometida a flexión, el cual es el siguiente:



En el diagrama se observa claramente que la región situada por encima del eje neutro va a estar solicitada por un esfuerzo a compresión y la región situada por debajo lo va a estar a tracción.

Ante esta situación se presenta el hecho de que el concreto es muy poco resistente al esfuerzo de tracción debido a que este es un material heterogéneo, presentándose poca adherencia entre sus componentes. Partiéndose de la exposición anterior se deduce que al someter una probeta de concreto a flexión esta va a fallar muy rápido hacia su zona de tracción, no dando tiempo de trabajar completamente a su zona sometida a compresión; por lo tanto el módulo de rotura dependerá en gran medida de la tracción que resista el concreto.

Dicha resistencia a tracción viene dada por las características de enlace del agregado grueso, las cuales a su vez vienen en función de su calidad, textura y forma, y de la pasta del medio cementante. Por consiguiente, estos serán factores influyentes en el módulo de rotura.

Para muchas aplicaciones entre ellas el diseño de pavimentos de concreto es necesario conocer la resistencia a la tensión por flexión del concreto simple, esto se determina ensayando un prisma de concreto, simplemente apoyado, sujeto a dos cargas concentradas a los tercios del tramo apoyado. La falla es brusca, con una grieta única que fractura el espécimen generalmente en el tercio central.

El esfuerzo teórico de tracción en la fibra interior correspondiente a la rotura se calcula mediante la expresión siguiente:

$Mr = MxC/I$

Donde:

Mr ⟶ módulo de rotura del concreto.

M ⟶ momento flexionante correspondiente a la carga máxima.

C ⟶ distancia del eje neutro hasta la fibra mas tendida.

I ⟶ momento de inercia de la sección transversal del prisma.

Para la aplicación de la formula se supone que el concreto es elástico hasta la rotura, hipótesis que solo se cumple para ciertos rangos dentro de la escala de cargas.

Esta prueba proporciona una medida de la resistencia del concreto a flexión o más correctamente a la tensión debida a la flexión.

Debido a que la medición de deformaciones es difícil de realizar, no existen muchos datos experimentales sobre la s características esfuerzo-deformación de prismas sujetos a flexión.

El módulo de rotura como medida de resistencia a la tensión tiene varias desventajas, la principal es que el punto de tensión máxima se presenta en la superficie externa del espécimen que esta sujeto en forma importante a esfuerzos de contracción originados por cambios en el ambiente, por esta razón la dispersión de datos provenientes del ensayo del módulo de rotura es muy grande para un mismo tipo de mezcla de concreto.

Deducción de la Formula

$Mr = MxC/I$

$M = P/2 \times L/3 = PxL/6$

$C = L/6$

$I = h^4/12$

Sustituyendo queda:

$Mr = PxL^2/3xh^4$

Resistencia a la Compresión en Cilindros de Concreto

La resistencia a la compresión uno de los parámetro mas importante del concreto en estado endurecido. Esta resistencia depende de una serie de factores los cuales deben ser controlados en forma efectiva para lograr la calidad deseada. Entre los factores mas importantes cabe destacar: la relación agua/cemento, contenido de cemento, granulometria y tamaño máximo de los agregados.

La prueba de compresión se utiliza principalmente para ensayar materiales quebradizos, tales como rocas y concreto. Se utilizan corrientemente probetas cilíndricas, prismáticas ó cúbicas.

La resistencia a compresión del concreto se determina comúnmente mediante el ensayo a compresión de probetas cilíndricas de dimensiones estándar (15 cm de diámetro por 30 cm de altura).

La maquina utilizada en los ensayos a compresión debe tener una capacidad suficiente para producir la rotura de las probetas y que pueda regular su velocidad de carga, la cual puede estar comprendida entra los valores 1.4 $kg/cm^2/seg$ a 3.5 $kg/cm^2/seg$. La toma y curado de los cilindros se realiza según la norma Covenin 338.

Los cilindros se colocan en la maquina de ensayo, se centran cuidadosamente y se comprimen. Tanto la superficies rematadas de los cilindros como los platos de la maquina deben estar exentas de polvo, grasa y cualquier otro material extraño.

Al comprimir las probetas entre sus superficies planas se supone que la fuerza compresora se distribuye uniformemente sobre la sección. La resistencia a compresión de los cilindros se calcula mediante la fórmula siguiente:

$Rc = P/Area$

Donde:

Rc ⟶ resistencia a compresión, Kg/cm^2.

P ⟶ carga máxima aplicada, Kg.

A ⟶ área del cilindro, cm^2.

La resistencia a compresión de cada cilindro es el cociente entre la carga máxima y el área de la sección media del cilindro. El resultado del ensayo es el promedio de la resistencia de los cilindros ensayados por cada mezcla.

CAPITULO III

MUESTREO, AGREGADO, DISEÑO DE MEZCLA, CURADO ENSAYOS

Basados en la teoría se ha querido comprobar, que relación existe entre las variables obtenidas en los ensayos de compresión y el módulo de rotura.

Durante la ejecución de este experimento se elaboraron una cantidad tal de vigas y cilindros, que nos permitieron realizar una serie de ensayos destructivos a 28 días. La elaboración de dichos cilindros y vigas fue ejecutada en forma simultanea para cada muestra de tal forma de garantizar la uniformidad.

La metodología utilizada durante la ejecución de este experimento será explicada de forma sencilla en los puntos siguientes:

- Muestreo.
- Diseño de mezcla.
- Extracción de vigas y cilindros.
- Curado de las muestras.
- Ensayos

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Componentes del Concreto

El concreto es una mezcla de agregados inertes, un aglomerante (generalmente cemento Portland) y agua, en proporciones adecuadas. Los agregados inertes, usualmente están constituidos por materiales pétreos granulares de origen natural o artificial, químicamente inactivos.

Agregados Inertes

En forma general los agregados inertes se han clasificado como agregado grueso a todo aquel material retenido en el tamiz # 4, y el que pasa dicho tamiz como agregado fino.

El agregado represente aproximadamente el 80 % del peso del concreto, es por ello que sus propiedades intrínsecas tienen influencia directa en la calidad del concreto. Entre las propiedades fundamentales que definen a los agregados para concreto están: la granulometria, tamaño máximo, porcentaje de finos, forma y textura, peso específico y unitario, absorción.

Granulometria

Se da el nombre de Granulometria a la distribución del material granular, según los distintos tamaños que lo integran, expresados en forma de porcentaje acumulativo del material que pasa un conjunto de cedazos, empezando con el de mayor abertura y terminando con el de abertura menor.

Los agregados se deben proporcionar de manera tal que la granulometria resultante confiera a la mezcla un trabajabilidad adecuada con la menor cantidad de pasta de cemento posible. Una carencia de finos conducirá a mezclas ásperas,

segregables y difíciles de trabajar; en tanto que un exceso de finos exigirá un alto contenido de pasta de cemento, dando origen a problemas de retracción y por supuesto mezclas mas costosas.

Tamaño Máximo

Se entiende como tamaño máximo de un agregado a la abertura del tamiz por la cual pasa el 95% o mas de agregado cuando este es cernido.

Teóricamente se tiene que mientras mayor es el tamaño máximo del agregado, menor es la cantidad de cemento requerida en un volumen de concreto para obtener una calidad determinada. Este hecho se basa en la condición de que para unos materiales bien gradados, los espacios vacíos entre las partículas disminuyen a medida que se aumenta el tamaño máximo, lo que se traduce en un concreto mas económico.

Para la resistencia a la flexión es influyente el tamaño máximo, ya que para un mayor tamaño de este habrá una mayor superficie de enlace entre el agregado grueso y el medio cementante, existirá también una mayor trabazón entre el agregado, lo cual se refleja en una mayor resistencia.

Forma y Textura

La forma de los agregados influyen considerablemente en la calidad de el concreto, tanto en la cantidad de agua necesaria para lograr la trabajabilidad en estado fresco, como en la resistencia en estado endurecido. En general la aspereza superficial de los agregados tiene como resultado una mejor adherencia y menor trabajabilidad.

Cemento

Se considera cemento todo aquel material pulverizado que al mezclarse con el agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer bajo condiciones de agua como en el aire.

En general se pueden agrupar los cementos según su composición química y a su grado de finura. Se distinguen cinco tipos de cementos tipo Portland según COVENIN 483.

Agua

Toda agua que sea potable, resulta apta para la elaboración del concreto.

Trabajabilidad

Se conoce como trabajabilidad a la mayor o menor facilidad que presenta un concreto para ser mezclado, manipulado y colocado. La determinación de dicha propiedad se mide en el "Cono de Abrams" de acuerdo a COVENIN #339.

Es de hacer notar que la trabajabilidad de la mezcla va a depender de vatios parámetros: el tamaño máximo del agregado, el porcentaje de finos presentes en la mezcla y el tipo de agregado.

Muestreo

Este proceso se realizó seleccionando los materiales a utilizar de la planta de concreto fresco La Bandera, perteneciente al la Corporación Venezolana de Cementos VENCEMOS.

Los materiales seleccionados fueron los siguientes:

Arena lavada del río Tuy.

Canto rodado triturado (tamaño máximo 1")

Cemento Portland Tipo I. (Marca Vencemos)

Aditivo (387-N).

Este material fue transportado a las instalaciones de los laboratorios de materiales de la Universidad Católica "Andrés Bello", donde se ejecutaron los ensayos previos de control de calidad a los agregados, cabe destacar que tanto el agregado grueso como el fino fueron sometidos a proceso de secado al horno para salvar las variables de humedad presentes en los mismos y así corregir de manera exacta el contenido de agua en la mezcla de concreto a utilizar.

Equipo Utilizado

En la ejecución de este trabajo se usaron los equipos siguientes: carretones, palas, tamizadora, mezcladora de eje vertical(capacidad 60 lts), cono de Abrams, horno eléctrico, balanza, equipos para la elaboración y curado de probetas de concreto, prensa universal.

DISEÑO DE MEZCLA:

El diseño de mezcla presentado en este trabajo esta basado en la metodología explicada dentro del Manual de Concreto Fresco de Joaquín Porrero- Carlos Ramos-José Grases, por lo que todas las tablas aquí referidas se encuentran en dicho manual.

Las relaciones básicas en que se basa este método se han inferido esencialmente por vías experimentales y deben entenderse como conductas promedios de fenómenos físicos de carácter probabilístico. Por este motivo, su empleo constituye fundamentalmente una guía para poder alcanzar mas fácilmente la combinación optima;

esta optimización solo es posible por tanteos y ajustes en mezclas experimentales sucesivas debidamente controladas.

La resistencia a emplear es igual a la resistencia especificada en el cálculo (250 k/cm^2) mas una cierta cantidad en función de la desviación estándar y de la fracción defectiva permisible.

$$\overline{R} = R_{cálculo} + Z^*\sigma$$

Se ha demostrado que en obras donde se lleva un control sistemático, σ puede considerarse dentro de un cierto rango aproximadamente independiente de la resistencia del concreto y es función del grado de control en la elaboración del mismo.

El hecho de haber llevado a cabo ensayos de laboratorio y de disponer de equipos automatizados, permite prever un buen control, a esto corresponde una desviación σ de 50 k/cm^2 *. (Tabla VI-7), y para una fracción defectuosa del 10% corresponde un valor de Z de 1,282 (Tabla VI-4).

$$\overline{R} = 250 + 1.282(50) = \boxed{314.1\ Kgf/cm^2}$$

Como ya se ha dicho, uno de los parámetros mas importantes de la tecnología del concreto es la relación en peso entre el agua y el contenido de cemento en la mezcla. Esta relación se puede obtener mediante la Ley de Abrams, en la cual las constantes "m" y "n" para los agregados utilizados en este experimento , toman los valores 902,5 y 8,69 respectivamente, con una buena garantía de obtener resultados acordes a los esperados. Asi α queda:

$$R_{28} = 902.5/8.69^{\alpha}$$

* No se tomó una $\sigma = 30\ Kg/cm^2$ correspondiente a un control excelente, como lo indica el Manual de Concreto Fresco, debido a que en el cemento no fueron realizados ensayos de calidad.

$$\boxed{\alpha = 0.49}$$

Esta relación fue derivada para un tamaño máximo de 1". Cuando se usa un tamaño máximo mayor, se debe corregir α para tomar en cuenta la pérdida de resistencia por efecto de tamaño máximo.

De la misma manera, esta relación fue derivada para los materiales: piedra caliza picada y arena natural silícea, por lo que se debe corregir α para tomar en cuenta la influencia de un agregado distinto. Para canto triturado y arena natural el factor de corrección es 0.91 (Tabla VII-3). Por lo que α queda: $\alpha = 0.49*0.91 = 0,44$. Es conveniente hallar la relación porcentual en peso entre la fracción arena "A" y el agregado total compuesto de agregado grueso "G" mas arena.

$$\beta = A / (A+B)$$

En este trabajo el valor de β fué calculado gráficamente , usando los valores límites de los porcentajes mas finos para el tamaño máximo 1''(Tabla VII-4). De esta manera obtenemos un valor de β igual a 60%.

La trabajabilidad de la mezcla para pavimentos se establece en un rango de 3"– 2" (Tabla VII-7). El valor tomado para los cálculos de las proporciones de mezcla fue fijado en 3".

La cantidad de cemento en la mezcla se calculo mediante una expresión que liga con bastante exactitud las variables que componen la relación triangular.

$$C = 136*\alpha^{1,3}*T^{0,16}$$

Entonces el contenido de cemento en (Kg/m^3), para una relación agua / cemento igual a 0,44 y una trabajibilidad igual a 3", es igual a 471,4 kg/m^3 de mezcla. Esta expresión es valida para los materiales piedra picada tamaño máximo 1" y arena natural,

por lo que debe ser corregido el contenido de cemento por unos coeficientes que tomen en cuenta cambios en esta condiciones. Estos coeficientes de corrección son:

C_1: Considera cambios en el tamaño máximo

C_2: Considera cambios en el tipo de agregado

Según las tablas VII-8 yVII-9 los valores de C_1 y C_2 respectivamente son los siguientes 1 y 0.9. Así el contenido de cemento corregido queda:

$$C = 420{,}8 \ K / m^3 \text{ de mezcla.}$$

La cantidad de agua en la mezcla será:

$$a = 0.44\ (420.8) = 185.2 \text{ lts} / m^3 \text{ de mezcla.}$$

Esta cantidad de agua presupone la condición de agregados saturados con superficie seca. En este experimento los agregados fueron secados al horno para poder corregir mediante el porcentaje de absorción de los mismos, el contenido de agua que será absorbido por estos durante el proceso de mezclado, hasta alcanzar una condición parcialmente saturada.

Debido a la compactación del concreto siempre queda un volumen de aire atrapado el cual se pude estimar en base al tamaño máximo del agregado y el contenido de cemento en la mezcla mediante la fórmula:

$$\text{Aire atrapado } \% = 4.2*10^{-3}* (C/P)$$

En la que "P" es el tamaño máximo del agregado en pulgadas y "C" la dosis de cemento en Kg/ m^3 de mezcla. En la mezcla utilizada el contenido de aire es del 1.17 % o de 11.7 lts.

Adicionalmente se utilizó un componente aditivo para asemejar aun mas el diseño calculado a las condiciones de planta. Dicho aditivo reduce la cantidad de agua de mezcla necesaria para producir un concreto de una resistencia dada. Este aditivo aumenta el asentamiento para el contenido de agua utilizado. Basados en experiencias anteriores se asumió una reducción de agua del 15 %, quedando de esta manera el contenido de agua modificado de la siguiente forma:

$$a = 185{,}2*0.85 = 157.42 \text{ lts/m}^3 \text{ de mezcla.}$$

Por consiguiente la cantidad de cemento disminuye manteniéndose la relación agua/cemento.

$$C = 157.42/0.44 = 357{,}8 \text{ kg/m}^3 \text{ de mezcla.}$$

Se tomó en cuenta que el volumen de la pasta de cemento es algo menor que la suma de los volúmenes de agua y cemento. Este factor es considerado al efectuar una disminución en el volumen de cemento, para lo cual su peso por m^3 no es multiplicado por $1/\gamma$, si no por un factor constante igual a 0,29.

La mezcla de concreto fresco contiene siempre cierto porcentaje de aire el cual es inevitable de salvar. En realidad una mezcla puede tener aire de tres orígenes diferentes: el que se conoce como aire incorporado, que intencionalmente se hace que quede en la mezcla mediante el empleo de aditivos; macrohuecos debidos a defectos de segregación o compactación; y aire atrapado que se debe a la acción misma de el mezclado y no puede ser eliminado por la compactación habitual. El aire atrapado depende de númerosos parámetros, resultando difícil predecir su proporción en la mezcla con precisión. Sin embargo, dado que este aire entra en la mezcla en proporciones relativamente pequeñas, a los efectos de diseño no es necesario cuantificarlo con rigor, ya que su influencia es irrelevante; basta para estos efectos una estimación de aire probable, la que se puede hacer en base a la fórmula descrita en párrafos anteriores.

La condición de volumen para 1 m^3 de mezcla, se define mediante la expresión siguiente:

$$a/\gamma_a + c*0.29 + A/\gamma_A + G/\gamma_G + 10*P = 1000$$

donde:

a: peso de agua por m^3 de mezcla

γ_a: peso especifico del agua

c : peso de cemento por m^3 de mezcla.

c*0.29 : volumen final de cemento incluida la corrección correspondiente a la reducción del volumen de pasta.

A: peso de arena por m^3 de mezcla.

γ_A: peso especifico de la arena.

G: peso del agregado grueso por m^3 de mezcla.

γ_G: peso especifico del agregado grueso

P: porcentaje de aire atrapado.

10*P: volumen de aire atrapado por m^3 de mezcla.

Las proporciones en peso de los agregados para 1 m^3 de mezcla se calcularon utilizando la condición de volumen, según la cual la suma de los volúmenes absolutos de todos los ingredientes de la mezcla tiene que ser igual al de la referencia (1 m^3).

$\gamma_A = 2.64$ Kg/m^3	c = 357.8 Kg/m^3
$\gamma_G = 2.65$ Kg/m^3	a = 157.4 lts.
$\gamma_a = 1.00$ Kg/m^3	% abs arena = 1.98
$\beta = 0.6$	% abs grava = 0.57
P = 1.17%	G = 0.67 A

$$157.4/1 + 357.8*(0.29) + A/2.64 + 0.67*A/2.65 + 10*1.17 = 1000$$

Diseño en Kg/m^3:

c : 357,8

a : 157.4 lts

A : 1151.23

G : 771.32

Como ya se dijo estos pesos corresponden a agregados en la condición de saturado con superficie seca, y debido a que estos fueron sometidos a un proceso de deshidratación al horno es necesario corregir los pesos de los materiales y la cantidad de agua, para que se mantengan las proporciones referidas a saturados con superficie seca.

Corrección del peso del agregado fino:

$1151.23 - 1151.23(0.0198) = 1128.4\ Kg/m^3$

El incremento en el volumen de agua debido a ala absorción del agregado fino corresponde a 22.8 lts.

Corrección del peso del agregado grueso:

$771.32 - 771.32\ (0.0057) = 766.9\ Kg/m^3$

El incremento en el volumen de agua debido a ala absorción del agregado grueso corresponde a 4.4 lts.

En conclusión el agua de la mezcla queda corregida de la siguiente forma:

$a = 157.4 + 22.8 + 4.4 = 184.6$ lts

Diseño corregido:

c: 357.8 Kg/m^3

a: 184.6 lts

A: 1128.4 Kg/m^3

G: 766.9 Kg/m^3

Aditivo: 1786 ml/m^3 de mezcla.

Con este diseño de mezcla se efectuaron varias muestras de prueba, en las cuales se notó un asentamiento mucho mayor al previsto, y como ya se dijo, este diseño constituye una guía para alcanzar mediante tanteos sucesivos la combinación óptima, la cual fue lograda con una reducción de aproximadamente 9.5 % en el contenido de cemento y en consecuencia una reducción en el contenido de agua, para así controlar el asentamiento y mantener la resistencia. Este ajuste implico también una corrección en los pesos de los agregados para tomar en cuenta la absorción, de este manera el diseño de mezcla definitivo resulto:

Material	**Dosis**
Canto Rodado Triturado Tmax 1"	730 kg/m^3
Arena Lavada del Río Tuy	1088 kg/m^3
Cemento Portland Tipo I	324 kg/m^3
Agua	171.73 lts/m^3
Aditivo 387-N	1786 ml/m^3

Extracción de Vigas y Cilindros.

Mezclado

El mezclado eficiente del concreto es un factor muy importante en el desarrollo de la resistencia, este proceso puede ser realizado manual o mecánicamente. En este

experimento el mezclado se realizó de manera mecánica mediante una mezcladora de eje vertical. El principio de esta mezcladora se basa en un tambor que se mueve en una dirección y un conjunto de paletas que se mueven en otra, lográndose establecer flujos de material en direcciones contrarias cuya interacción permite obtener al final un producto uniforme.

Cada mezcla constaba de 50 litros de concreto, con un tiempo inicial de mezclado de 3 minutos (este tiempo se media a partir del momento en que todos los materiales se encontraban en la mezcladora) seguidos de tres minutos de reposo, y finalmente dos minutos más de mezclado. Durante el reposo se tomaba el cono de asentamiento de Abrams (COVENIN 339-78).

Es importante que el cemento nunca sea el primer material que se coloca en la mezcladora, ya que debe evitarse que este se adhiera a las paletas de la misma. Los agregados y el cemento fueron añadidos del modo mas uniforme posible. El agua se añadía en dos partes, el aditivo se agrego disuelto junto con la segunda parte del agua.

Toma de Cilindros

Se tomaron dos cilindros por cada mezcla en moldes metálicos(15 cm. de diámetro por 30 cm de altura), herméticos, rígidos, de superficie interior lisa, no absorbentes y no reactivo al concreto.

La compactación de la muestra se realizó con una barra de acero cilíndrica, de 16 mm ($^5/_8$") de diámetro por 600 mm de longitud, y de punta semiesférica de 8 mm de radio.

El concreto fue vaciado en tres capas de igual volumen aproximadamente, con una compactación realizada mediante la barra, con 25 golpes por capa, distribuidos uniformemente en toda la sección transversal del molde. Cada capa se debe compactar

en toda su profundidad sin penetrar la barra en mas de 3 cm en la capa inmediatamente inferior.

Después de compactar, se efectuó el enrase de las probetas con la cuchara de albañilería, de manera que la superficie quedara perfectamente lisa y al ras con el borde del molde.

Toma de Vigas

Al igual que los cilindros se tomaron dos vigas por cada mezcla, para un total de dos vigas y dos cilindros por mezcla.

La toma se realizó en moldes metálicos (de 15 por 15 cm y 60 cm de longitud) que no reaccionan con el concreto. Las superficies interiores son lisas, planas y con ángulos rectos. El conjunto de sus partes era impermeable al agua.

La compactación fue realizada con la misma barra que se utilizó para compactar los cilindros.

El vaciado se efectuó con los moldes en posición horizontal, llenándolos con dos capas del mismo volumen y altura aproximadamente, y compactando cada capa con 75 golpes distribuidos uniformemente en toda el área transversal de la viga. Las capas se compactaron en todo su espesor cuidando que la barra no penetre en mas de 3 cm a la capa inmediatamente inferior.

Después de la compactación se realizo el enrase de la misma manera como se enrasaron los cilindros.

Tanto las vigas como los cilindros fueron moldeados en el mismo lugar donde fueron almacenados las primeras 24 horas.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

CLIENTE: TESIS PRIETO-SALAZAR MUESTRA:

OBRA:

DATOS DE CAMPO: AGREGADO PARA CONCRETO INFORME:

TAMAÑO MAXIMO: 1"

1.- DATOS

1.1.- PESO PIEDRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA + PESO TARA	8452	grs
1.2.- PESO PIEDRA SUMERGIDA	4158	grs
1.3.- PESO PIEDRA SECA + TARA	8414	grs
1.4.- PESO TARA	1780	grs

2.- CALCULOS

2.1.- PESO PIEDRA (Saturada con Superficie Seca)	**6672**	**grs**
2.2.- PESO PIEDRA SECA	**6634**	**grs**
2.3.- PESO ESPECÍFICO	**2,64**	
2.4.- PESO ESPECÍFICO (Saturado con Superficie Seca)	**2,65**	
2.5.- PESO ESPECÍFICO APARENTE	**2,68**	
2.6.- ABSORCIÓN	**0,57%**	

HECHO POR:	CALCULADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:
CSM Y BPR	CSM Y BPR	ING. MICHAEL MARKUS
FECHA: 26/02/98	FECHA: 27/02/98	FECHA: 27/02/98

El uso de partes separadas de este informe debe ser autorizado por escrito por la UCAB.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

CURVA

CLIENTE: TESIS PRIETO-SALAZAR
OBRA:
DATOS DE CAMPO: Agregado Fino
MUESTRA:

COMPOSICION GRANULOMETRICA

TAMIZ N°	PESO RETENIDO (gramos)	RETENIDO TAMIZ (%)	RETENIDO ACUM. (%)	PASANTE ACUM. (%)
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"	0,0	0,0	0,0	**100,0**
3/8"	13,5	3,0	3,0	**97,0**
# 4	83,1	18,5	21,5	**78,5**
# 8	79,8	17,7	39,2	**60,8**
# 16	65,5	14,6	53,8	**46,2**
# 30	60,6	13,5	67,2	**32,8**
# 50	57,5	12,8	80,0	**20,0**
# 100	42,3	9,4	89,4	**10,6**
# 200	21,0	4,7	94,1	**5,9**
pasa200	24,2	5,4	99,4	**0,6**

Peso Total de la muestra = 450,00

Módulo de Finura= 3,51

HECHO POR:	CALCULADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:
CSM Y BPR	CSM Y BPR	ING. MICHAEL MARKUS
FECHA: 26/02/98	FECHA: 27/02/98	FECHA: 27/02/98

UCAB.

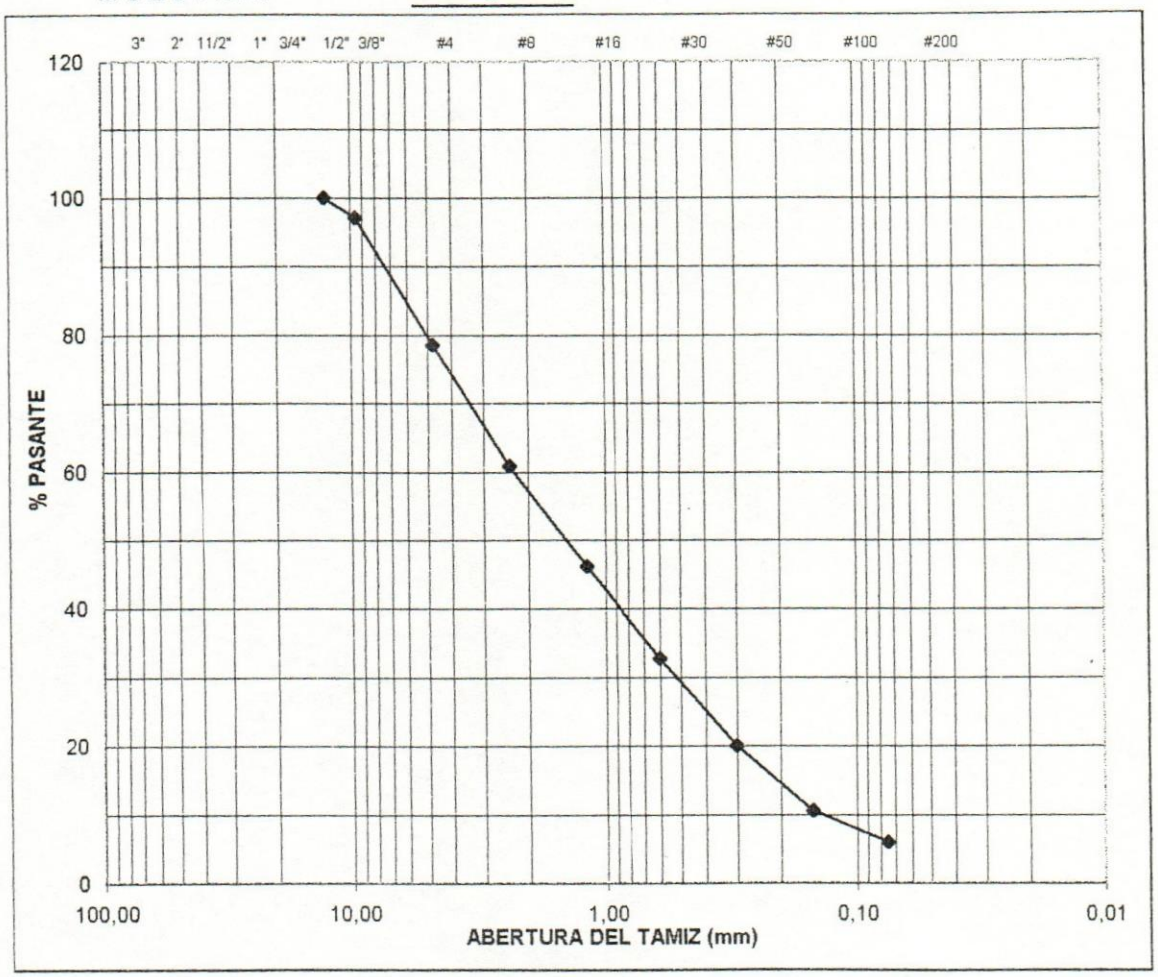
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

CURVA GRANULOMÉTRICA

(AGREGADO GRUESO)

CLIENTE: TESIS PRIETO-SALAZAR
OBRA: 0
DATOS DE CAMPO: Agregado Fino
MUESTRA: 0



HECHO POR:	CALCULADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:MM
CSM Y BPR	CSM Y BPR	
FECHA: 26/02/98	FECHA: 27/02/98	

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

(AGREGADO GRUESO)

CLIENTE: TESIS PRIETO-SALAZAR
OBRA:
DATOS DE CAMPO: AGREGADO PARA CONCRETO
MUESTRA: INFORME TÉCNICO Nº.:

COMPOSICION GRANULOMÉTRICA

TAMIZ N°	PESO RETENIDO (gramos)	RETENIDO TAMIZ (%)	RETENIDO ACUM. (%)	PASANTE ACUM. (%)
2"	0,0	0,0	0,0	**100,0**
1 1/2"	0,0	0,0	0,0	**100,0**
1"	1.464,0	18,0	18,0	**82,0**
3/4"	3.230,0	39,7	57,7	**42,3**
1/2"	2.521,0	31,0	88,7	**11,3**
3/8"	665,0	8,2	96,9	**3,1**
1/4"	211,0	2,6	99,5	**0,5**
# 4	12,0	0,1	99,6	**0,4**
Pasa # 4	40,0	0,5	100,1	**-0,1**
# 16				
# 30				

Tamaño Maximo = 1" pulg

Peso Total de la muestra = 8.133,0 gr

HECHO POR:	CALCULADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:
CSM Y BPR	CSM Y BPR	ING. MICHAEL MARKUS
FECHA: 26/02/98	FECHA: 27/02/98	FECHA: 27/02/98

El uso de partes separadas de este informe debe ser autorizado por escrito por la UCAB.

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

CURVA GRANULOMÉTRICA

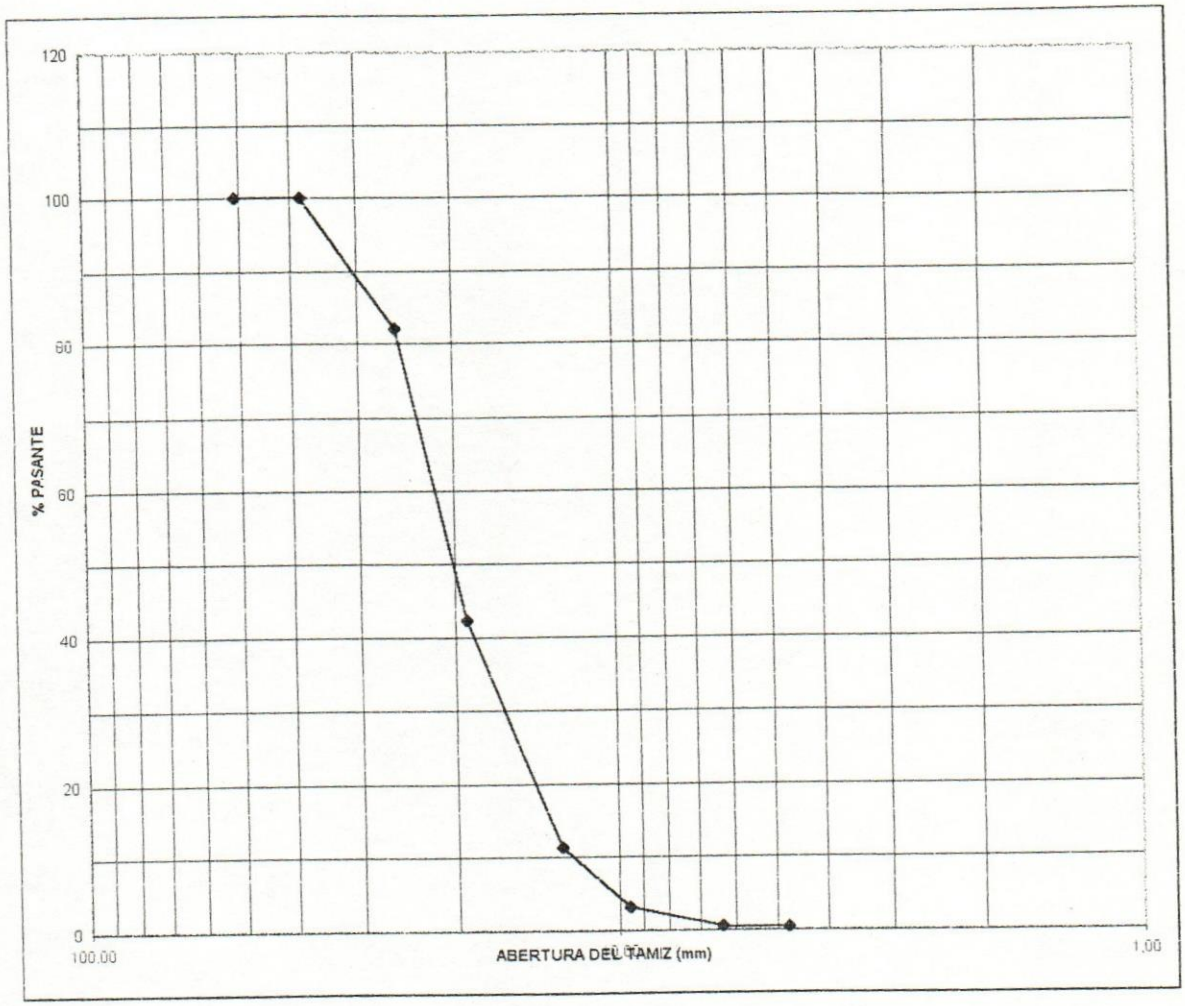
CLIENTE: TESIS PRIETO-SALAZAR

OBRA:

DATOS DE CAMPO: AGREGADO PARA CONCRETO

MUESTRA: 0

INFORME TÉCNICO Nº.: 0



HECHO POR:	CALCULADO POR:	REVISADO Y APROBADO POR:
CSM Y BPR	CSM Y BPR	ING. MICHAEL MARKUS
FECHA: 26/02/98	FECHA: 27/02/98	FECHA: 27/02/98

UCAB

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se trata de lograr en forma esquemática una interpretación clara de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados en este experimento.

- Correlación a 28 días.
  - Resultado de los ensayos de los cilindros.
  - Resultados de los ensayos de las vigas.
- Análisis estadístico.
  - Diagrama de dispersión.
  - Promedio, desviación estándar, rango y confianza.
  - Cálculo de "C" Promedio, desviación estándar, rango y confianza.

Variabilidad del Concreto

Las variaciones del concreto que sale de una mezcladora en un instante dado y el que sale unos pocos minutos después del mismo aparato, son debidas normalmente a un gran número de causas.

La mayoría de los autores dan importancia solo a aquellas causas de variación de la resistencia. Las causas mas importantes pueden agruparse:

- Errores de dosificación.
- Variación en el mezclado.
- Variación la cantidad del cemento.
- Variación en el grado de compactación.
- Variación en el curado.
- Heterogeneidad de los materiales.

Medidas de la Variabilidad.

Durante la producción del concreto aun cuando se tomen todas las precauciones, los resultados de los ensayos hechos con probetas del material producido en distintos periodos, se mostraran desiguales. Si se repiten estos ensayos con iguales controles encontraremos variaciones similares entre ellos y también con los de la muestra anterior. Los resultados promedios de ambas muestras también serán diferentes. Estos resultados varían de acuerdo a cierta distribución con respecto al valor promedio, apelándose a métodos estadísticos para medir la variabilidad.

A continuación se enumeran las medidas de variabilidad utilizadas en este trabajo.

1.Media Aritmética

La media aritmética o promedio, es la suma de las observaciones dividida por el número de observaciones. Si "x" representa el valor observado, la media de "n" observaciones es:

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{n}$$

2.Variacion Total o Rango

El rango "R" es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de unas observaciones.

3.Desviacion Media Cuadrática

La medida de la dispersión mas comúnmente empleada es la desviación estándar, que viene dada por la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x-\overline{x})^2}{n}}$$

El termino $\sum (x- \overline{x})^2/n$, es la varianza, la cual es poco utilizada como medida de control del concreto.

4.Coeficiente de Variación

El coeficiente de variación es la desviación estándar expresada como un porcentaje de la media aritmética:

$$V = (\sigma / \overline{x}).\ 100$$

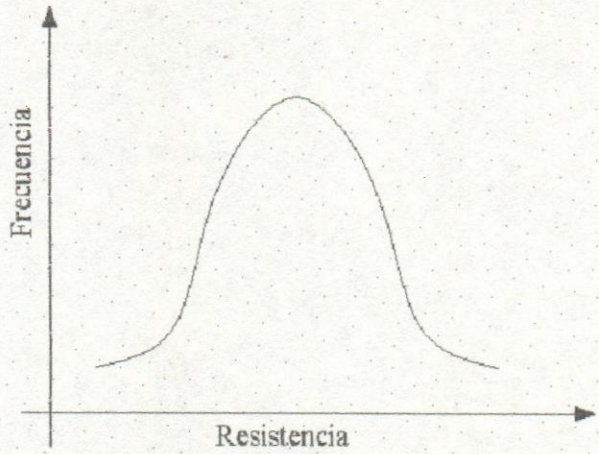
Por tanto mide la variabilidad o grado de dispersión en forma porcentual y no absoluta.

5.Distribución Normal

La curva normal fue empleada por Gauss para describir los errores accidentales en las medidas del cálculo de órbita de cuerpos celestes. Es probablemente por esto que a la curva normal se le llame frecuentemente "Curva de Gauss". Otro nombre que recibe es "Curva Normal de Error", esto se debe a que con ellas se pueden establecer las relaciones entre la magnitud de un error y la probabilidad de que ocurra en una serie dada de medidas.

Si los resultados de probetas de concreto son llevados a un gráfico cartesiano donde las abscisas representan la resistencia y las ordenadas el número de veces (frecuencia) que aparecen los valores correspondientes a un rango de resistencia, se obtendrán gráficos muy parecidos a una curva de distribución normal. Este parecido se acentúa a medida que aumenta el número de ensayos.

Es por esto que generalmente se supone que los resultados de ensayos de probetas de concreto varían de acuerdo a una distribución normal.



En una distribución normal, área total encerrada por la curva de distribución de frecuencias representa el 100% de los casos o número total de muestras.

Los limites de esta curva son ($-\infty$, $+\infty$), y debe recordarse que la distribución normal se emplea como una aproximación a las observaciones físicas, por lo que la ecuación matemática solo es valida entre limites finitos. Sin embargo, la aproximación es completamente satisfactoria si un 99,9936% del área bajo la curva normal se encuentra en un intervalo de cuatro desviaciones estándar respecto de la media ($R - 4\sigma$, $R + 4\sigma$).

Cualquier fracción del área total se puede expresar en función de la desviación estándar σ. Así, si consideramos la abscisa $R-\sigma$, el 15.87% del área queda a la izquierda (valores menores) y el 84.13% queda a la derecha. La interpretación física de esto es la siguiente: si seleccionamos un valor de resistencia igual al valor medio menos una vez la desviación estándar, y la distribución estadística es normal, la probabilidad de que la resistencia de la probeta ensayada sea menor de $R-\sigma$, es de 0.1587.

Fracción Defectuosa

Al multiplicar σ por coeficientes designados comúnmente por "Z", se definen áreas como criterios de aceptación, de forma tal que $R-Z\sigma$ define un área de probabilidad.

En las normas se fija una cierta fracción defectuosa permisible, es decir, el porcentaje de resultados de ensayos a compresión inferiores a la resistencia nominal de calculo, referidos a la totalidad de ensayos efectuados, es limitado a ciertos valores permisibles.

Cuando la probabilidad que el número de ensayos de cilindros cuyas resistencias sea menor a la resistencia nominal de cálculo es de aproximadamente 10%, la resistencia de la estructura será la adecuada, lo que significa que si la resistencia nominal de calculo es igual a "R", la resistencia media del concreto en obra "R" deberá superar a la primera en un valor $Z * \sigma$, de manera que $R-Z\sigma$ defina un área de probabilidad de 10%.

Se considera que la validez de estos métodos estadísticos esta limitada por el tamaño de las muestras. Muestras formadas por menos de 30 ensayos conducen a errores, es por ello que los estadísticos fijan este valor como el mínimo para poder realizar los cálculos.

Confianza.

Los limites $R \pm Z \times \sigma$ se conocen como limites de confianza, y describen entre sí el intervalo de confianza, esto es, que este intervalo define la probabilidad de que una observación que dentro de este rango.

Los valores de Z que corresponden a los intervalos de confianza de uso mas común son:

Z	Nivel de confianza (% de resultados dentro del intervalo)
1,645	90
1,960	95
2,326	98
2,576	99
3,291	99,9
3,891	99,99

A continuación se presentan los resultados de los ensayos junto con una aplicación de los conceptos estadísticos antes definidos.

Resultados de los Ensayos de las Vigas

Número de Muestra	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad (dias)	Base (cm.)	Altura (cm.)	Long (cm.)	Peso (Kgf.)	Peso Unitario (Kgf/m^3)	Carga de Ruptura (Kgf)	Módulo de Rotura(Kgf/cm^2)	Módulo de Rotura Promedio(Kgf/cm^2)	Trabajabilidad (Plg)
1	1-abr	29-abr	28	15	15,0	61,00	34,80	2535,52	3160	42,13	41,73	3
				15	15,5	61,00	34,00	2397,32	3100	41,33		
2	2-abr	30-abr	28	15	15,5	61,00	34,00	2397,32	2700	36,00	35,60	3,5
				15	15,0	61,00	35,00	2550,09	2640	35,20		
3	14-abr	12-may	28	15	15,0	61,00	33,80	2462,66	3120	41,60	41,47	3
				15	15,0	61,00	34,60	2520,95	3100	41,33		
4	15-abr	13-may	28	15	15,5	61,00	33,50	2362,07	2680	35,73	36,27	4
				15	15,5	61,00	34,80	2453,73	2760	36,80		
5	16-abr	14-may	28	15	15,0	61,00	34,80	2535,52	2990	39,87	38,80	2,5
				15	15,0	61,00	33,60	2448,09	2830	37,73		
6	17-abr	15-may	28	15	15,5	61,00	34,60	2439,63	2890	38,53	39,20	3,5
				15	15,5	61,00	33,80	2383,22	2990	39,87		
7	20-abr	18-may	28	15	15,5	61,00	34,40	2425,52	2970	39,60	40,00	3
				15	15,0	61,00	33,80	2462,66	3030	40,40		
8	21-abr	19-may	28	15	15,0	61,00	35,00	2550,09	2870	38,27	39,73	3
				15	15,5	61,00	33,80	2383,22	3090	41,20		
9	22-abr	20-may	28	15	15,0	61,00	34,60	2520,95	2850	38,00	39,87	3,5
				15	15,5	61,00	34,00	2397,32	3130	41,73		
10	23-abr	21-may	28	15	15,5	61,00	34,60	2439,63	3050	40,67	41,47	4
				15	15,5	61,00	34,00	2397,32	3170	42,27		
11	24-abr	22-may	28	15	15,5	61,00	35,00	2467,83	2710	36,13	37,60	3,5
				15	15,0	61,00	34,00	2477,23	2930	39,07		
12	27-abr	25-may	28	15	15,5	61,00	34,60	2439,63	2810	37,47	36,67	3
				15	15,0	61,00	33,80	2462,66	2690	35,87		
13	28-abr	26-may	28	15	15,5	61,00	34,80	2453,73	2820	37,60	39,33	3
				15	15,5	61,00	34,40	2425,52	3080	41,07		
14	29-abr	27-may	28	15	15,5	61,00	35,00	2467,83	3120	41,60	44,53	3,5
				15	15,0	61,00	34,00	2477,23	3560	47,47		
15	15-abr	28-may	28	15	15,0	61,00	34,60	2520,95	3250	43,33	44,40	3
				15	15,0	61,00	34,80	2535,52	3410	45,47		

Resultados de los Ensayos de los Cilindros

Número de Muestra	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad (dias)	Diam (cm.)	Altura (cm.)	Peso (kgf.)	Area (cm2)	Peso Unitario (Kgf/m3)	Carga de Ruptura (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm2)	Esfuerzo Promedio(Kgf/cm2)	Trabajabilidad (Plg)
				15	30	12,46	176,715	2350,30	54900	310,67		
1	1-abr	29-abr	28	15	30	12,50	176,715	2357,85	55900	316,33	313,50	3
				15	30	12,47	176,715	2352,19	55350	313,22		
2	2-abr	30-abr	28	15	30	12,48	176,715	2354,07	55250	312,65	312,93	3,5
				15	30	12,47	176,715	2352,19	53500	302,75		
3	14-abr	12-may	28	15	30	12,44	176,715	2346,53	54100	306,14	304,45	3
				15	30	12,43	176,715	2344,64	55100	311,80		
4	15-abr	13-may	28	15	30	12,46	176,715	2350,30	55300	312,93	312,37	4
				15	30	13,22	176,715	2493,66	54800	310,10		
5	16-abr	14-may	28	15	30	12,91	176,715	2435,18	55600	314,63	312,37	2,5
				15	30	12,62	176,715	2380,48	55100	311,80		
6	17-abr	15-may	28	15	30	12,51	176,715	2359,73	54900	310,67	311,24	3,5
				15	30	12,43	176,715	2344,64	54900	310,67		
7	20-abr	18-may	28	15	30	12,49	176,715	2355,96	55500	314,07	312,37	3
				15	30	12,50	176,715	2357,85	62900	355,94		
8	21-abr	19-may	28	15	30	12,59	176,715	2374,82	62700	354,81	355,37	3
				15	30	12,59	176,715	2374,82	56200	318,03		
9	22-abr	20-may	28	15	30	12,50	176,715	2357,85	57400	324,82	321,42	3,5
				15	30	12,49	176,715	2355,96	54400	307,84		
10	23-abr	21-may	28	15	30	12,48	176,715	2354,07	54800	310,10	308,97	4
				15	30	12,57	176,715	2371,05	58800	332,74		
11	24-abr	22-may	28	15	30	12,48	176,715	2354,07	59600	337,27	335,00	3,5
				15	30	12,51	176,715	2359,73	57200	323,69		
12	27-abr	25-may	28	15	30	12,49	176,715	2355,96	56800	321,42	322,55	3
				15	30	12,53	176,715	2363,50	53300	301,62		
13	28-abr	26-may	28	15	30	12,56	176,715	2369,16	52900	299,35	300,48	3
				15	30	12,59	176,715	2374,82	55800	315,76		
14	29-abr	27-may	28	15	30	12,51	176,715	2359,73	56600	320,29	318,03	3,5
				15	30	12,50	176,715	2357,85	55900	316,33		
15	15-abr	28-may	28	15	30	12,50	176,715	2357,85	55300	312,93	314,63	3

Resultados de los Ensayos de los Cilindros

Número de Muestra	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Edad (dias)	Diam (cm.)	Altura (cm.)	Peso (kgf.)	Area (cm2)	Peso Unitario (Kgf/m3)	Carga de Ruptura (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm2)	Esfuerzo Promedio(Kgf/cm2)	Trabajabilidad (Plg)
16	12-may	9-jun	28	15	30	12,59	176,715	2374,82	58300	329,91	331,61	2,5
				15	30	12,50	176,715	2357,85	58900	333,31		
17	13-may	10-jun	28	15	30	12,57	176,715	2371,05	54400	307,84	305,58	3
				15	30	12,48	176,715	2354,07	53600	303,31		
18	14-may	11-jun	28	15	30	12,41	176,715	2340,87	55900	316,33	317,46	3,5
				15	30	12,53	176,715	2363,50	56300	318,59		
19	15-may	12-jun	28	15	30	12,56	176,715	2369,16	55700	315,20	313,50	4
				15	30	12,49	176,715	2355,96	55100	311,80		
20	18-may	15-jun	28	15	30	12,57	176,715	2371,05	55900	316,33	313,50	4,5
				15	30	12,51	176,715	2359,73	54900	310,67		
21	19-may	16-jun	28	15	30	12,50	176,715	2357,85	54000	305,58	303,31	4
				15	30	12,47	176,715	2352,19	53200	301,05		
22	20-may	17-jun	28	15	30	12,51	176,715	2359,73	54400	307,84	315,20	5
				15	30	12,47	176,715	2352,19	57000	322,55		
23	21-may	18-jun	28	15	30	12,49	176,715	2355,96	52900	299,35	302,18	4,5
				15	30	12,48	176,715	2354,07	53900	305,01		
24	22-may	19-jun	28	15	30	12,55	176,715	2367,28	55600	314,63	313,50	3
				15	30	12,52	176,715	2361,62	55200	312,37		
25	25-may	22-jun	28	15	30	12,51	176,715	2359,73	54400	307,84	312,93	3,5
				15	30	12,50	176,715	2357,85	56200	318,03		
26	26-may	23-jun	28	15	30	12,49	176,715	2355,96	54500	308,41	306,14	3,5
				15	30	12,42	176,715	2342,76	53700	303,88		
27	27-may	24-jun	28	15	30	12,48	176,715	2354,07	53100	300,48	304,45	3
				15	30	12,41	176,715	2340,87	54500	308,41		
28	28-may	25-jun	28	15	30	12,52	176,715	2361,62	55400	313,50	312,93	3
				15	30	12,60	176,715	2376,71	55200	312,37		
29	1-jun	29-jun	28	15	30	13,10	176,715	2471,02	55200	312,37	313,50	3,5
				15	30	12,58	176,715	2372,94	55600	314,63		
30	2-jun	30-jun	28	15	30	12,56	176,715	2369,16	56500	319,72	318,03	2,5
				15	30	12,57	176,715	2371,05	55900	316,33		

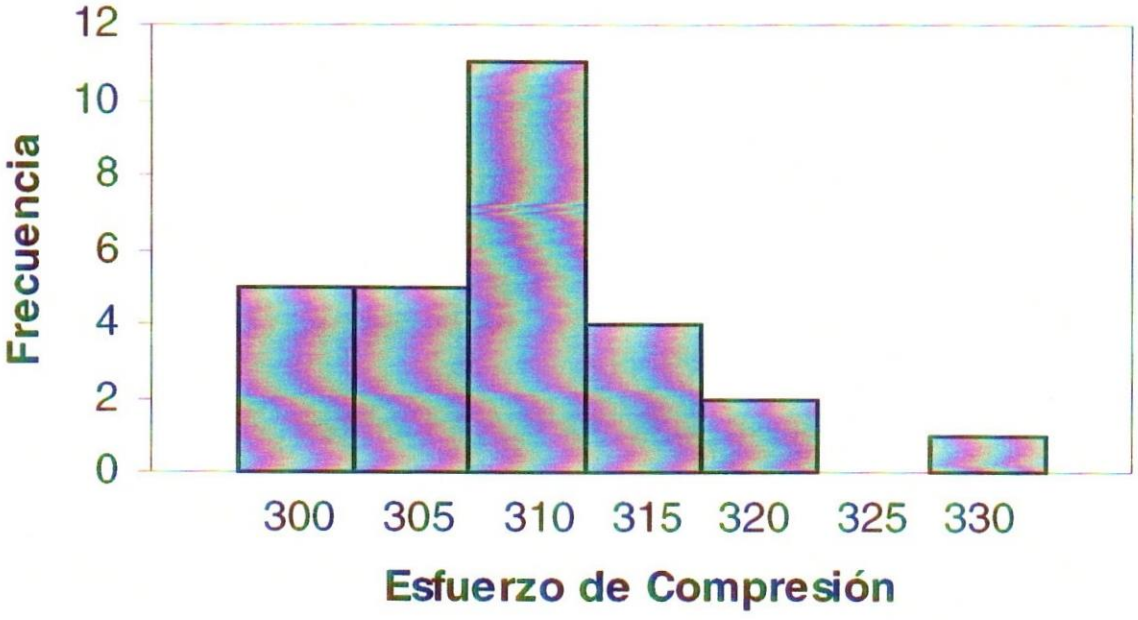
Análisis Estadístico de los Resultados

Número de Muestra	Módulo de Rotura (Kgf/cm^2)	Esfuerzo de Compresión (Kgf/cm2)
1	41.73	313.50
2	35.60	312.93
3	41.47	304.45
4	36.27	307.27
5	38.80	312.37
6	39.20	311.24
7	40.00	312.37
8	39.73	355.37
9	39.87	321.42
10	41.47	308.97
11	37.60	335.00
12	36.67	322.55
13	39.33	300.48
14	44.53	318.03
15	44.40	314.63
16	39.87	331.61
17	43.60	305.58
18	33.60	317.46
19	37.47	313.50
20	39.60	313.50
21	46.53	303.31
22	39.47	306.71
23	41.87	302.18
24	42.00	313.50
25	44.53	315.76
26	33.60	306.14
27	35.47	304.45
28	39.87	312.93
29	41.87	313.50
30	42.93	318.03

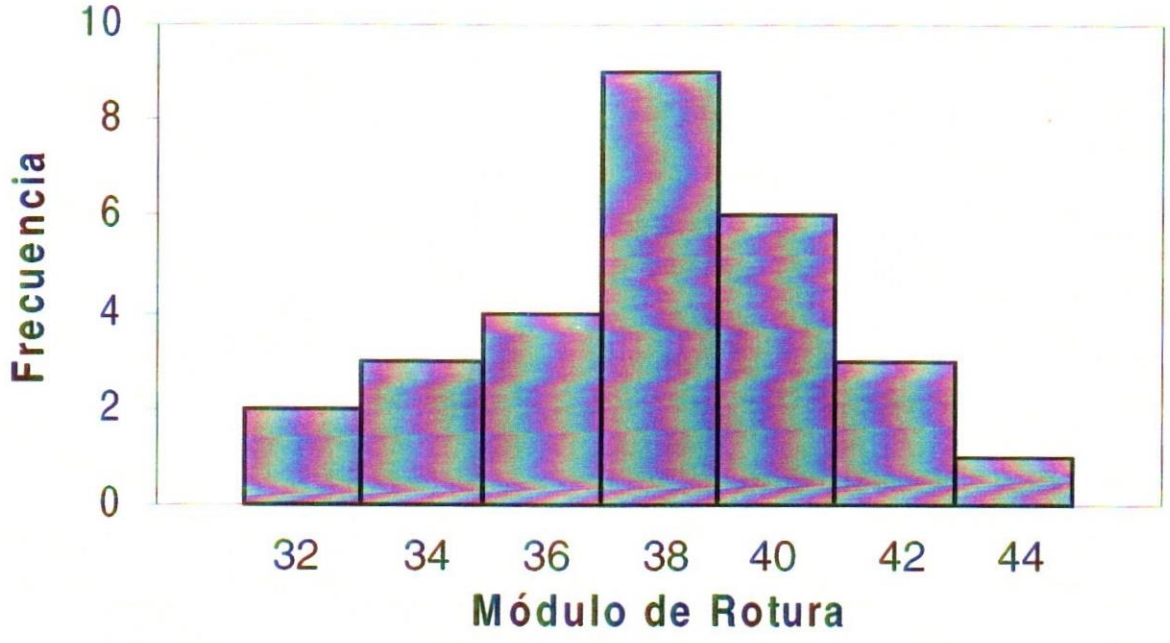
	Módulo de Rotura(Kg/cm^2)	Esfuerzo de Compres(Kg/cm^2)	Trabajabilidad en pulg	Peso de los Cilindros(Kg)	Peso de las Vigas(Kg)
Promedio	39,97	314,29	3,4	12,54	34,42
Desv. Estd	3,2425	11,03	0,597	0,14	0,55
Coef.Var	8,11%	3,51%	17,56%	1,08%	1,61%
Máximo	46,53	355,37	5	13,22	35,80
Mínimo	33,6	300,48	2,5	12,41	33,50
Rango	12,93	54,89	2,5	0,81	2,30

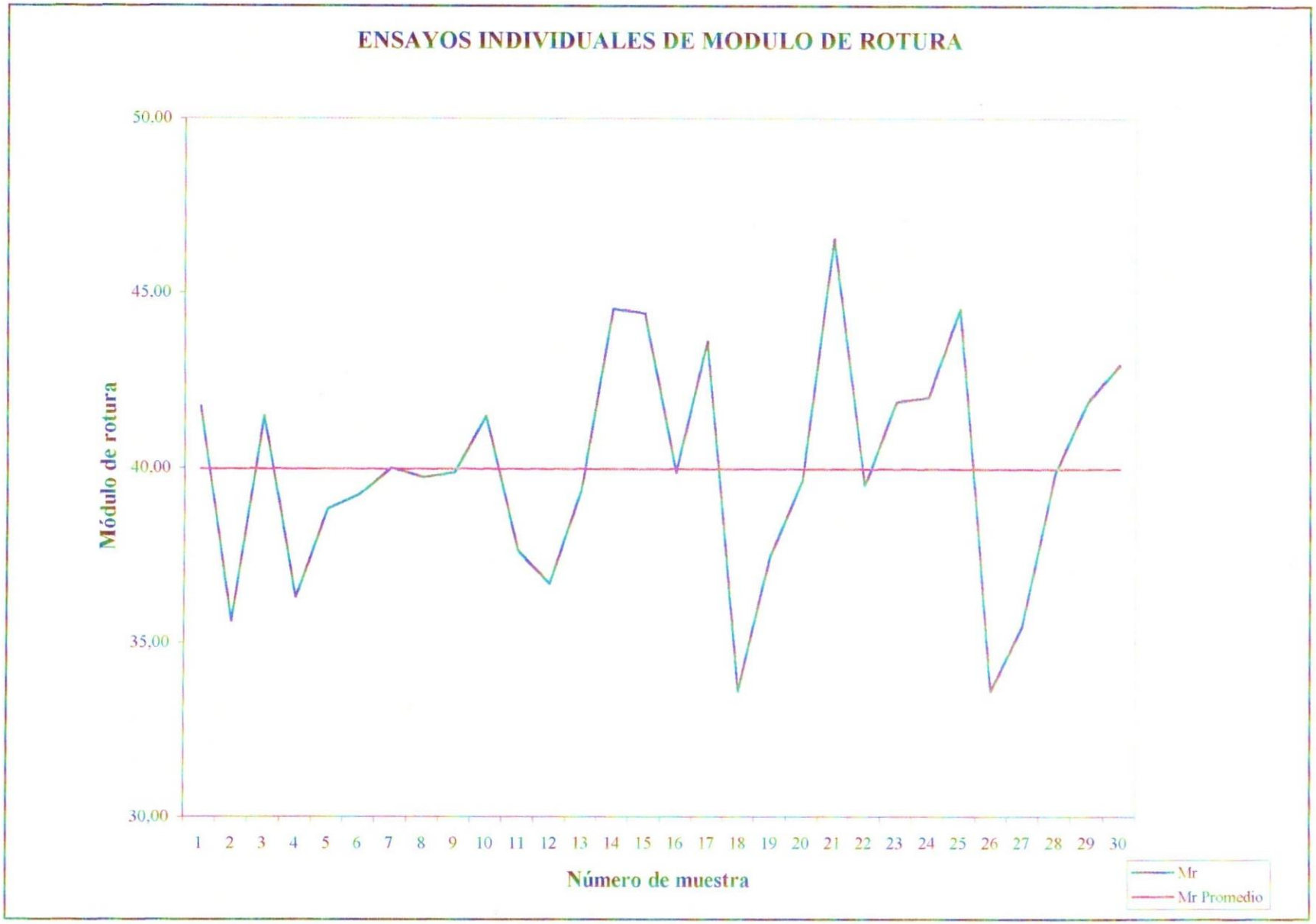
	Limites Superior e Inferior Respecto de la Media			
	Módulo de Rotura (Kg/cm^2)		E. de Compresión (Kg/cm^2)	
1σ	36,72	43,21	303,26	325,32
2σ	33,48	46,45	292,23	336,35
3σ	30,24	49,69	281,2	347,38
4σ	26,99	52,94	270,17	358,41
Confianza				
99%	31,6	48,3	285,9	342,7
98%	32,4	47,5	288,6	339,9
95%	33,6	46,3	292,7	335,9
90%	34,6	45,3	296,2	332,4

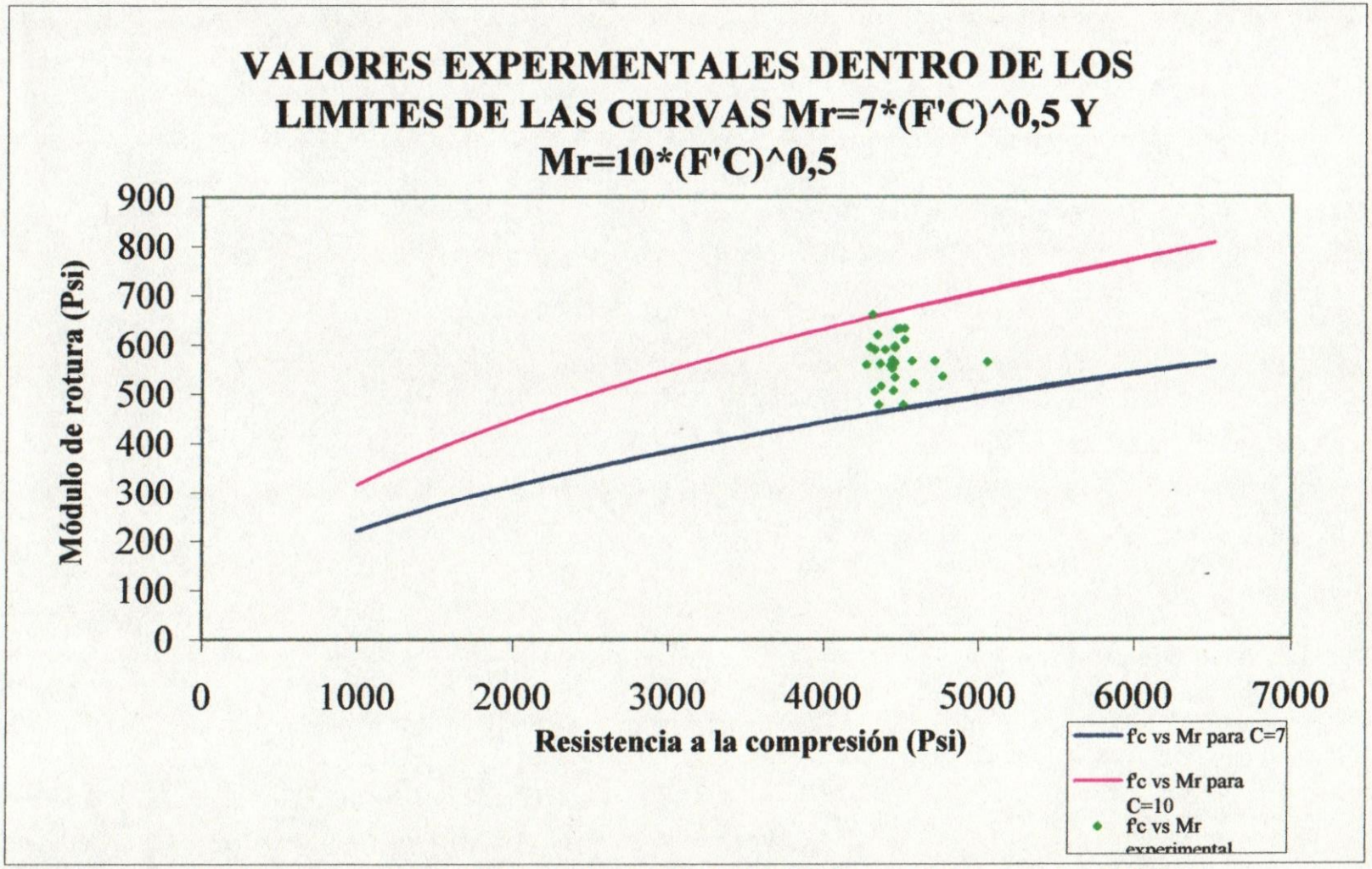
Histograma de Frecuencias (Esfuerzo de Compresión)



Histograma de Frecuencias (Módulo de Rotura)




ENSAYOS INDIVIDUALES DE MODULO DE ROTURA
Módulo de rotura
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Número de muestra
Mr
Mr Promedio

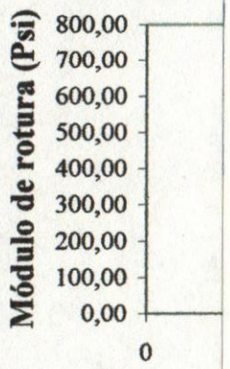


Las curvas representan el comportamiento de la relación Mr=C*(f'c)0,5 para varios rangos de resistencia, tomando como constante "C" los valores de 7 y 10. Tambien se observa la tendencia de los resultados experimentales en relación al comportamiento de las curvas.

Cálculo de la Constante "C"

Número de Muestra	Cilindros CARGA DE RUPTURA	Vigas CARGA DE RUPTURA	Esfuerzo (Kgf/cm²)	Módulo de Rotura(Kgf/cm²)	Esfuerzo (Psi)	Módulo de Rotura (Psi)	Coeficiente C
1	55400	3130	313,50	41,73	4457,96	593,45	8,89
2	55300	2670	312,93	35,60	4449,91	506,23	7,59
3	53800	3110	304,45	41,47	4329,21	589,66	8,96
4	54300	2720	307,27	36,27	4369,44	515,71	7,80
5	55200	2910	312,37	38,80	4441,86	551,74	8,28
6	55000	2940	311,24	39,20	4425,77	557,42	8,38
7	55200	3000	312,37	40,00	4441,86	568,80	8,53
8	62800	2980	355,37	39,73	5053,43	565,01	7,95
9	56800	2990	321,42	39,87	4570,61	566,90	8,39
10	54600	3110	308,97	41,47	4393,58	589,66	8,90
11	59200	2820	335,00	37,60	4763,74	534,67	7,75
12	57000	2750	322,55	36,67	4586,71	521,40	7,70
13	53100	2950	300,48	39,33	4272,88	559,32	8,56
14	56200	3340	318,03	44,53	4522,33	633,26	9,42
15	55600	3330	314,63	44,40	4474,05	631,37	9,44
16	58600	2990	331,61	39,87	4715,46	566,90	8,26
17	54000	3270	305,58	43,60	4345,30	619,99	9,41
18	56100	2520	317,46	33,60	4514,29	477,79	7,11
19	55400	2810	313,50	37,47	4457,96	532,78	7,98
20	55400	2970	313,50	39,60	4457,96	563,11	8,43
21	53600	3490	303,31	46,53	4313,11	661,70	10,08
22	54200	2960	306,71	39,47	4361,40	561,22	8,50
23	53400	3140	302,18	41,87	4297,02	595,34	9,08
24	55400	3150	313,50	42,00	4457,96	597,24	8,95
25	55800	3340	315,76	44,53	4490,15	633,26	9,45
26	54100	2520	306,14	33,60	4353,35	477,79	7,24
27	53800	2660	304,45	35,47	4329,21	504,34	7,67
28	55300	2990	312,93	39,87	4449,91	566,90	8,50
29	55400	3140	313,50	41,87	4457,96	595,34	8,92
30	56200	3220	318,03	42,93	4522,33	610,51	9,08

VAL



Las curva
tomando
experimen

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de la metodología utilizada para realizar este trabajo, nos permite presentar las conclusiones del mismo desde dos puntos de vista: uno general y otro estadístico.

Se puede dar a entender desde un punto de vista general el que se relaciona con la factibilidad técnica y económica de reemplazar el ensayo tradicional de flexión por uno mas simple de compresión, con el fin de hacer ver las ventajas que reporta dicha sustitución.

En lo que se refiere al punto de vista estadístico, el interés se centra en la significación estadística de los resultados obtenidos y en la explicación de los errores que podrían cometerse al utilizar esta constante "C" sin hacer un análisis de los factores que inciden en el comportamiento de las mezclas de concreto sometidas a flexión.

Punto de Vista General

La sencillez y practicidad de esta metodología de ensayos permite llevar un buen control de calidad de los concretos utilizados para la fabricación de pavimentos rígidos a unos costos menores que los derivados por los métodos tradicionales de ensayos, hecho este que va directamente relacionado con los costos de los equipos y las cantidades de concreto utilizadas para la elaboración de las muestras.

El bajo peso y fácil acomodo de los cilindros para ensayos son dos características no encontradas en las vigas de concreto, lo que ocasiona una mayor disposición por parte del técnico laboratorista a trabajar con esta metodología de ensayo y no con el método tradicional de ensayo de la viga a flexión.

Punto de Vista Estadístico

El valor de la constante "C", junto con los valores correspondientes al análisis estadístico ($C + \sigma$, $C - \sigma$, máximo y mínimo, y los limites de confianza), obtenidos en la ejecución de este experimento se encontraron dentro del rango esperado (7-10). Esto nos lleva a afirmar que para las condiciones especificas de este experimento se pueden correlacionar los resultados de los ensayos a compresión en los cilindros con los de la resistencia a flexión en las vigas, mediante la ecuación expuesta, utilizando como constante "C" el valor 8,51 con una alta probabilidad de acierto, es decir, una baja probabilidad de error.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la realización de este experimento y a los innumerables inconvenientes que presenta la fabricación en campo de vigas de concreto, es posible plantear el cálculo del módulo de rotura mediante los resultados del ensayo a compresión en los cilindros de concreto y el posterior empleo de la ecuación $Mr=C*(f'c)^{0.5}$, utilizando como constante "C" el valor de 8.51, con una confiabilidad del 99% de que los resultados obtenidos mediante el uso de esta fórmula son representativos de los resultados que se obtendrían mediante la ejecución del ensayo a flexión en vigas de concreto.

El uso de aditivo produjo una alta variabilidad en el asentamiento medido en el cono de Abrams para cada una de las muestras, lo que representa un factor de dispersión en la ejecución de este tipo de experimentos. Adicionalmente se pudo observar en el análisis estadístico de los pesos de las probetas (cilindros y vigas), que la compactación realizada estuvo controlada ya que la desviación y la variabilidad obtenidas fueron bajas.

Es de hacer notar que lo afirmado anteriormente se cumple para una mezcla de concreto cuyas características han sido bien definidas en el contexto de este trabajo; pero no estamos en capacidad de afirmar lo mismo para mezclas de concreto con características diferentes.

Recomendaciones:

Como resultado de las conclusiones obtenidas y teniendo en consideración el carácter preliminar de este trabajo, se ha considerado precedente hacer las recomendaciones siguientes:

Como parte de una segunda investigación a ser realizada por quienes continúen con este trabajo, se recomienda la ejecución de este experimento para otras resistencias, bajo las mismas condiciones de ensayo, a fin de lograr obtener diversos resultados de la constante "C". Si estos valores permanecen aproximadamente constantes e iguales a los de este experimento, entonces se puede trazar una curva que relacione el módulo de rotura con la resistencia a compresión, para mezclas con características similares a las de este experimento (arena lavada del Río Tuy, canta rodado triturado Tmax=1", cemento Portland tipo 1 Vencemos, aditivo 387-N).

Las características de los agregados usados (grueso y fino) y el diseño de mezcla pueden ser variados, para obtener diversos valores de la constante "C" y así verificar que el comportamiento de dicha constante se mantenga dentro del rango antes mencionado.

Debido a la factibilidad comprobada en este experimento de calcular el módulo de rotura mediante la aplicación de la ecuación $Mr=C*(f'c)^{0.5}$. Se recomienda determinar el valor de "C" para mezclas de concreto usadas en la fabricación de pavimentos rígidos y así darle un uso práctico a las conclusiones obtenidas con la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIAS

E.J YODER-M.W WITCZAK. " Principles of Pavement Design". A Wiley-Interscience Publication. Second Edition. 1978.

WESTERGAARD, H.M. "Theory of Concrete Pavement Design". Proceedings, Highway Research Board, 1927.

CORRALES GUILLERMO. "Pavimentos: Comportamiento y Diseño de Espesores". AVPC. 1987.

LAURENCE I. HEWIES.- CLARKSON H. OGLESBY. "Ingeniería de Carreteras". Rilem. 1979.

ASOCIACION VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO. "Seminario del Concreto 93". Tomo II. 1993.

ASOCIACION VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO. "Seminario de Pavimentos Rígidos" . 1995.

JOAQUIN PORRERO - CARLOS RAMOS - JOSE GRACES. "Manual de Concreto Fresco". AVESIPE. Segunda Edición. Caracas 1979.

MINISTERIO DE FOMENTO. "Normas Venezolanas COVENIN". Covenin 338-79, 340-79, 342-79, 354-79, 344-79.

TES/S
IC998
S3
V.2

TESIS
IC998
S3
V.2

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

CORRELACION DE CILINDROS-VIGAS PARA EL CONTROL DE PRODUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS

(ANEXOS)

REALIZADO POR: SALAZAR MADRIZ, Carlos Guillermo
PRIETO RODRIGUEZ, Baudy

PROFESOR GUIA: Ing° CLERMONT, Cesar

FECHA: Octubre 98

DISEÑO DE MEZCLA

(TABLAS)

TABLA VI-7

CONTROL	σ (kg/cm²)
Deficiente	90
Normal	70
Bueno	50
Estricto	30 *

* No procede sin información previa.

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

TABLA VI-4

Z	R	AREA
— 3,090	$\overline{R}$ — 3,090 σ	0,001
— 2,576	$\overline{R}$ — 2,576 σ	0,005
— 2,326	$\overline{R}$ — 2,326 σ	0,01
— 2,054	$\overline{R}$ — 2,054 σ	0,02
— 1,960	$\overline{R}$ — 1,960 σ	0,025
— 1,881	$\overline{R}$ — 1,881 σ	0,03
— 1,751	$\overline{R}$ — 1,751 σ	0,04
— 1,645	$\overline{R}$ — 1,645 σ	0,05
— 1,555	$\overline{R}$ — 1,555 σ	0,06
— 1,476	$\overline{R}$ — 1,476 σ	0,07
— 1,405	$\overline{R}$ — 1,405 σ	0,08
— 1,341	$\overline{R}$ — 1,341 σ	0,09
— 1,282	$\overline{R}$ — 1,282 σ	0,10
— 1,036	$\overline{R}$ — 1,036 σ	0,15
— 0,842	$\overline{R}$ — 0,842 σ	0,20
— 0,674	$\overline{R}$ — 0,674 σ	0,25
— 0,524	$\overline{R}$ — 0,524 σ	0,30
— 0,385	$\overline{R}$ — 0,385 σ	0,35
— 0,253	$\overline{R}$ — 0,253 σ	0,40
— 0,126	$\overline{R}$ — 0,126 σ	0,45
0	$\overline{R}$	0,50

TABLA VII-3

GRUESOS / FINOS	VALORES Ka		
	PIEDRA PICADA	CANTO TRITURADO	ANTO DADO
Arena Natural	1.00	0.97	0.91
Arena Triturada	1.14	1.10	0.93

TABLA VII-4

CEDAZO O TAMIZ	LIMITES DE LOS PORCENTAJES MAS FINOS PARA LOS SIGUIENTES TAMAÑOS MAXIMOS DE AGREGADOS								
	3½"	3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"
3½"	100-90	—	—	—	—	—	—	—	—
3"	95-80	100-90	—	—	—	—	—	—	—
2½"	92-60	92-70	100-90	—	—	—	—	—	—
2"	85-50	87-55	87-65	100-90	—	—	—	—	—
1½"	76-40	80-45	80-55	—	—	—	—	—	—
1¼"	—	—	—	87-73	100-90	—	—	—	—
1"	68-33	72-38	73-47	77-59	84-70	100-90	—	—	—
¾"	63-30	68-35	68-43	73-53	77-61	90-70	100-90	—	—
½"	57-28	62-32	62-37	68-44	70-49	75-55	85-65	100-90	—
⅜"	53-25	58-30	60-35	65-40	65-43	68-45	75-55	87-70	100-90
¼"	48-23	52-27	58-30	60-35	60-35	60-35	65-45	77-58	85-65
# 4	45-22	48-25	50-28	55-30	55-30	55-30	60-38	70-50	73-50
# 8	40-20	43-20	45-20	45-20	45-20	45-20	45-20	52-32	57-35
# 16	35-15	35-15	35-15	35-15	35-15	35-15	35-15	40-22	44-24
# 30	25-10	25-10	25-10	25-10	25-10	25-10	25-10	28-12	28-12
# 50	16- 7	16- 7	16- 7	16- 7	16- 7	16- 5	16- 5	17- 5	17- 5
# 100	8- 2	8- 2	8- 2	8- 2	8- 2	8- 2	8- 2	8- 0	8- 0

El tamaño máximo indicado, corresponde al del agregado de mayor tamaño que interviene en la mezcla de los áridos.
En la determinación de la resistencia a compresión se debe tener en cuenta que el diámetro de las probetas cilíndricas debe ser por lo menos cuatro veces el tamaño máximo del agregado. Una técnica que se emplea cuando el tamaño máximo del agregado sobrepasa la 1½", es tamizar la mezcla fresca de concreto por una malla de 1½ pulgada y preparar las probetas usuales de 15×30 cm con el tamizado.

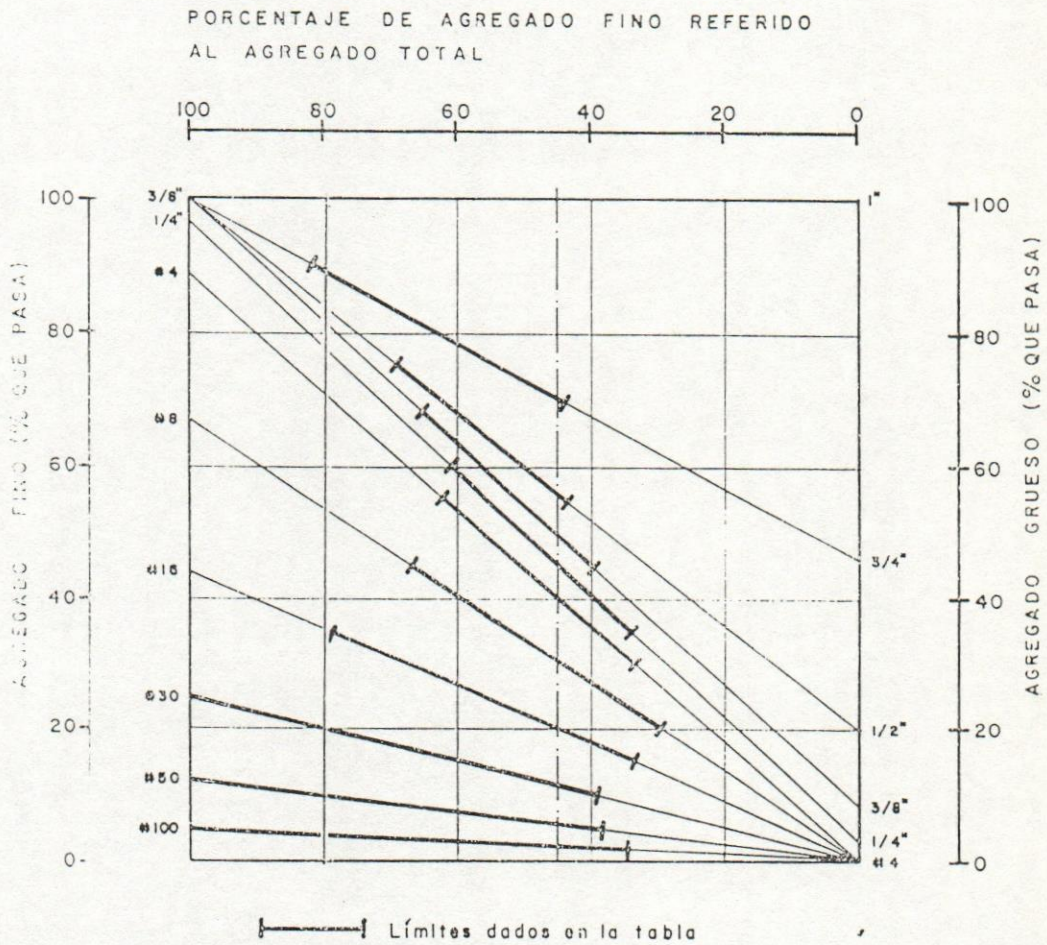


Fig. 1 -2.—Procedimiento gráfico para encontrar las proporciones en que deben mezclarse los agregados.

TABLA VII-7

TIPOS DE CONSTRUCCION	ASENTAMIENTO (Pulgadas)	
	Máximo	Mínimo
Pedestales y Muros de Fundación Armados	3	1½
Fundaciones Ciclópeas	3	1
Losas, Vigas, Columnas, Muros de Corte	4	2
Pavimentos	3	2
Concretos transportados por Bombeo	6	3

TABLA VII-8

Tamaños Máximos	3½	3	2½	2	1½	1	¾	½	⅜
C_1	0,80	0,82	0,85	0,88	0,93	1,00	1,05	1,14	1,20

TABLA VII-9

GRUESOS / FINOS	VALORES DE C_2		
	PIEDRA PICADA	CANTO TRITURADO	CANTO RODADO
Arena Triturada	1,00	1,03	0,90
Arena Natural	1,28	1,23	0,96

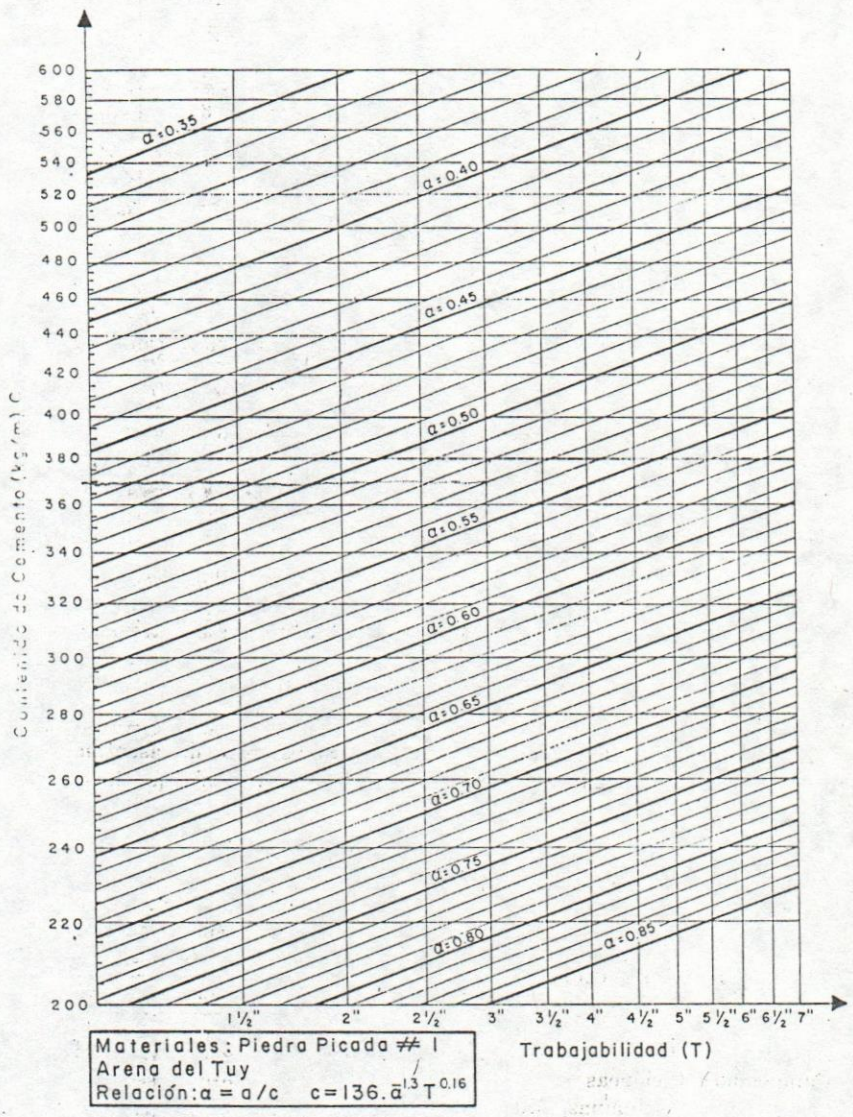


Fig. VII-4.—Relación entre la trabajabilidad, el contenido de cemento y la relación a/c.

NORMAS COVENIN

Norma Venezolana COVENIN

338-79

Metodo para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.

C.D.U. 666.97:62.1
642.620.173

TRAMITE:

COMITE: CT3 MATERIALES Y COMPONENTES DE LA CONSTRUCCION

PRESIDENTE: RAFAEL SALAS JIMENEZ

VICE-PRESIDENTE: MARITZA SILVA CAMPOS

SECRETARIO: ROSELIA CORDERO DE GONZALEZ

SUBCOMITE: SC1 CONCRETO

PARTICIPANTES

ENTIDAD	REPRESENTANTES
PRE-[illegible]EX	MATIAS SANTANA
MIN[illegible]R	CARMEN LOBO DE SILVA
CONCRETERA LOCK JOINT	CARLOS ACOSTA SIERRA
IMME-UCV	JOAQUIN PORRERO
	GERMAN ISEA
TECNICO INDEPENDIENTE	MANUEL SMITTER
MI[illegible]-LISTO	JORGE LORENZO
VIP[illegible]A	VICTOR GUZMAN

DISCUSION PUBLICA: SE DISCUTIO EN REUNION EN BLOQUE EFECTUADA EL 07-08-79

FECHA DE APROBACION POR EL COMITE: 13-11-79

FECHA DE APROBACION POR LA COVENIN: 11-12-79

P R O L O G O

La presente Norma abarca el mismo ámbito técnico de la Norma NORVEN 338 titulada: "Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto" a la cuál sustituye totalmente, ésta a su vez se basó en la Norma CON 2-65, del Comité Conjunto de Concreto Armado.

1 ALCANCE

Esta norma contempla el método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de probetas cilíndricas de concreto.

2 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

COVENIN 344(R) Toma de muestras de concreto fresco.

COVENIN 354-79 Método para mezclado de concreto en el laboratorio.

3 EQUIPO DE ENSAYO

3. APARATOS

3.1 Máquina de ensayo

Utilizada en los ensayos de compresión, siempre que su capacidad sea suficiente para producir la rotura de las probetas y se pueda regular la velocidad de carga, de modo que se alcance la velocidad requerida para el ensayo. Debe estar provista de dos platos de acero cuya dureza no sea inferior a 60 HRC. Uno de estos platos, preferiblemente el que se apoya sobre la base superior de la probeta, debe ir montado sobre una rótula esférica. Las superficies de los platos cuando éstos estén nuevos, no deben presentar desigualdades superiores a 0,025 mm sin que dichas desigualdades puedan exceder después, una vez usada la máquina, de 0,05mm. El centro de la superficie esférica de la rótula, debe coincidir con el del plato correspondiente y tendrá su articulación proyectada de tal forma, que permita a éste girar ligeramente e inclinarse ángulos pequeños en cualquier dirección. El diámetro mínimo del plato debe ser 3% mayor que el diámetro del cilindro.

3. .2 Moldes cilíndricos

Preferiblemente metálicos, rígidos, estancos de superficie interior lisa, no absorbente y que no reaccione con el concreto. Deben estar provistas de una base metálica maquinada, en el caso de moldes metálicos; en el caso de otros materiales, la base debe ser del mismo material que el de las paredes del molde o metálica, con planos lisos y con elementos para sujetarla firmemente al molde con el plano perpendicular al eje del cilindro. De tal manera que se consiga un cierre hermético.

3. .2.1 Dimensiones

El molde normal debe tener 152,5 ± 2,5 mm de diámetro y 305 ± 6,0 mm de altura para el tamaño nominal de agregado grueso no mayor de 50 mm. No deben hacerse cilindros de diámetro inferior a 150 mm. Se pueden utilizar moldes de otras dimensiones, siempre que el diámetro sea como mínimo tres veces el tamaño nominal de agregado grueso. La relación diámetro/altura se debe mantener 1/2 y en ningún caso su diámetro no debe ser menor de 50 mm.

3. .3 Barra compactadora

De acero, cilíndrica, de 16 mm de diámetro por 600 mm de longitud, aproximadamente, y punta semi-esférica, de 8 mm de radio.

3. .4 Vibradores

3.1.4.1 Vibradores internos, de eje rígido o flexible, preferiblemente accionado por un motor eléctrico; cuya frecuencia de vibración sea de 7.000 r.p.m. o más; el diámetro exterior del elemento vibrador debe estar comprendido entre 19 mm y 38 mm. La longitud mínima del eje debe ser de 40 cm, en todo caso la longitud del eje más el elemento vibrador debe exceder en por lo menos 75 mm la profundidad del elemento que se vibra.

3.1.4.2 Vibradores externos, de mesa o de plancha, que tengan dispositivos para que el molde quede bien ajustado. La frecuencia de vibración debe ser de 3.400

r.p.m. y un tacómetro para verificar la frecuencia de vibración.

3.15 Cuchara a muestreo y cuchara de albañilería

3.16 Herramientas

Tales como palas, baldes, llanas metálicas y de madera, cucharas, envasadores, cucharones, guantes de goma y recipientes metálicos de mezclado.

4 TOMA DE MUESTRA

4.1 Se toma una muestra del concreto fresco según la norma COVENIN 344.

4.2 Por cada muestra combinada o de ensayo se debe elaborar dos cilindros por cada condición de ensayo (NOTA 1).

NOTA 1: El número especificado de probeta por cada muestra es de dos en el caso de que se tome un número de probetas diferentes, ello influirá en la magnitud de los parámetros estadísticos del material, lo cual debe ser tenido en cuenta al calcularlos.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 PREPARACION DEL MOLDE

5.1.1 El molde debe estar limpio, su superficie interior así como su base, deben estar aceitadas, a este fin sólo se permite el uso de aceites minerales u otros productos destinados a este uso.

5.1.2 Se deben evitar las pérdidas de agua. Las zonas de contacto entre molde y base se pueden sellar con una mezcla de parafina y cera virgen, trabajable a temperatura ambiente, o algún otro material que no afecta la resistencia del concreto.

5. PREPARACION DEL CILINDRO

5.1 Sitio de moldeo

Las probetas deben moldearse en el lugar donde se almacenarán durante las primeras 20 horas (NOTA 2).

NOTA 2: En el caso que sea imprescindible el traslado de las probetas antes de 24 horas, éstas deben ser manejadas con cuidados especiales. Evitando toda percusión golpe e inclinación de las mismas, así como daños en su superficie al ser transportados al lugar del almacenamiento.

5.2.2 Vaciado

El concreto se vacía en los moldes,en dos capas, si se va a compactar por el método de vibrado y en tres capas si se va a compactar por el método de la barra asegurándose que cada capa quede uniformemente distribuida y se debe procurar reducir al mínimo la segregación del material dentro del molde, utilizando la barra para tal fin.

NOTA 3: Los moldes deben estar preferiblemente conservados en la sombra.

5.2.3 Compactación

El método de compactación se debe seleccionar en base al asentamiento, a menos que el mismo se establezca especialmente en las especificaciones bajo las cuales se ejecuta el trabajo.

Los métodos son: con barra y vibrado.

Si el asentamiento es inferior a 2,5 cm (1") debe usarse el método de vibrado, si el asentamiento está entre 2,5 cm (1") a 7,5 cm (3") se puede usar cualquiera de los dos métodos, siendo preferible el método usado en la obra y si es mayor de 7,5 cm (3") debe usarse el método de la barra.

5.2.3.1 Compactación con barra

El concreto se coloca en el molde en tres capas de igual volumen aproximadamente.

Cada capa debe compactarse con el número de golpes que se indica en la tabla 1, para lo cual se utiliza la barra compactadora. Los golpes deben distribuirse uniformemente en toda la sección transversal del molde. La capa del fondo debe compactarse en toda su profundidad. Cuando se compacta la capa superior y media la barra debe penetrar aproximadamente de 2 a 3 cm en la capa inmediatamente inferior. Si al retirar la barra quedan huecos en el cilindro, éstos se deben cerrar golpeando suavemente las paredes del molde.

Tabla 1

Diámetro nominal del cilindro (cm)	Número de golpes por capa
15	25
20	50
25	75

5.2.3.2 Vibrador

El concreto se debe vibrar lo suficiente para lograr su compactación, se debe evitar el exceso de vibrado pues éste causa segregación. El concreto de cada capa se debe colocar en su totalidad en el molde antes de iniciar su vibrado. Al llegar a la última capa se debe evitar un exceso de concreto de más de 6 mm de altura, después de ser vibrada la última capa se agrega suficiente concreto de forma que sobrepase la corona del molde en unos 3 mm se golpean suavemente las paredes del molde y se enrasa con una cuchara de albañil. La duración de la vibración requerida depende de la trabajabilidad del concreto y la eficiencia del vibrador. Usualmente se considera suficiente el vibrador, cuando el concreto presenta una superficie relativamente brillante y lisa.

5.2.3.2.1 Vibrador interno

El diámetro del vibrador no debe ser mayor de 1/4 del ancho del molde. El vibrador

no debe tocar ni las paredes, ni el fondo del molde. Al compactar la segunda capa el vibrador debe penetrar de 2 a 3 cm aproximadamente dentro de la primera. El vibrador se debe retirar suavemente y en funcionamiento para evitar que se formen bolsas de aire.

5.2.3.2.2 Vibrador externo

Cuando se usa el vibrador externo, el molde debe estar rígidamente unida al elemento vibrador.

5.2.3.3 Enrase

Después de compactar el concreto, por el método de la barra o durante el vibrador, debe enrasarse la probeta con la barra o con la cuchara de albañilería, de manera que la superficie quede perfectamente lisa y al ras con el borde del molde. Aun cuando las superficies vayan a ser posteriormente rematadas no deben hacerse marcas grabadas sobre ella.

5.2.4 Curado de los cilindros

5.2.4.1 Una vez elaboradas las probetas deben protegerse de la pérdida de agua por evaporación cubriéndola adecuadamente con un material impermeable y a menos que se especifiquen otras condiciones debe almacenarse a una temperatura de 23 ± 1,5°C (NOTA 4). Los moldes deben mantenerse en una superficie horizontal rígida, libre de vibraciones y otras perturbaciones.

5.2.4.2 Las probetas deben retirarse de los moldes en un lapso de tiempo comprendido entre 20 y 48 horas, después de su elaboración y se almacenarán hasta el momento del ensayo en cualquiera de los siguientes ambientes:

a) Directamente bajo agua saturada de cal (NOTA 5).

b) Arena limpia y saturada constantemente de agua.

c) Cámara húmeda, con una humedad relativa entre 90 y 100% de paños húmedos absorbentes, mantenidos permanentemente saturado de agua.

NOT 1: En el caso de que se desee reproducir las condiciones de curado en obra, las probetas deberán permanecer constantemente a la sombra, controlando periódicamente temperatura, el ambiente y la temperatura de curado deben ser anotadas por por er datos indispensables para la interpretación de los resultados.

NOT 2: El agua debe ser potable, limpia, excento de materiales extraños. La ren ación del agua depende del número de probetas que se están curando como promedio se recomienda renovarla cada 15 días.

5.2 Envío de los cilindros al laboratorio

5.2 .1 Si los cilindros se ensayan en un laboratorio fuera de la obra, deben llegar dos días hábiles antes del ensayo, 7 y 28 días y el mismo día del ensayo para edades más tempranas.

5.2 .2 Los cilindros se deben transportar en cajas dentro de las cuales están cubiertos de arena húmeda u otro material inerte adecuado para evitar golpes y vibraciones. Si ésto no se cumple se debe hacer constar en el informe.

5. .3 Se deben suministrar los siguientes datos:

a) Hora y fecha de elaboración

b Ambiente, tiempo y temperatura de curado

c) Localización de la representación del concreto de la muestra con respecto a estructura.

d) Toda información que el laboratorio considere de importancia para la interpretación de los resultados (tipo y marca de cemento usado, relación agua-cemento, tamaño máximo del agregado, asentamiento, temperatura elevada de algunos de los componentes etc).

5. ENSAYO

5 1 Preparación de la muestra

5 1.1 Las caras de compresión deben ser rematadas de tal forma que se logre

e. paralelismo entre las caras del cilindro. Las superficies de compresión deben ser visiblemente planas, sin grumos, rayaduras o defectos visibles y no deben agrietarse cuando se efectúa el ensayo.

5.3.1.2 Para el momento del ensayo el remate debe tener una resistencia superior a la del concreto que se va a ensayar. Como materiales de remate se aceptan los siguientes:

a. Capa de mortero de concreto 1:2 que se prepara con arena que pasa al cedazo 2.38 mm (Nº 8) y con un espesor de 6 ± 2 mm, la cual se coloca por lo menos 24 horas antes del ensayo.

b. Capa de mezcla de azufre, de 62% de azufre, 36% de arena que pasa cedazo 0.841 mm (Nº 20) y 2% de negro humo (NOTA 6).

NOTA 6: Este material no se debe utilizar más de 12 veces.

c. Cualquier material capaz de proporcionar en el momento de ensayo, la resistencia y la adherencia necesaria.

5.3.1.3 Los cilindros se deben ensayar a la edad prevista, con una tolerancia de ± t/14.

t = edad prevista para el ensayo.

5.3.1.4 La sección del cilindro se determina en su zona central y el diámetro de cálculo es el promedio de los diámetros ortogonales aproximados hasta el milímetro entero más próximo.

5.3.1.5 La altura del cilindro se determina después de ser cementadas sus caras. La altura se aproxima al milímetro más cercano.

5.3.2 Procedimiento

5.3.2.1 Los cilindros se colocan en la máquina de ensayo, se centran cuidadosamente y se comprimen. Tanto las superficies rematadas de los cilindros y los platos

de máquina deben estar excento de polvo, grasa y de cualquier otro material extraño.

5.3.2 En el caso de las máquinas de tipo mecánico el desplazamiento del cabezal debe ser aproximadamente 1,3 mm. Por minuto, en las máquinas operadas hidráulicamente la carga se aplicará a una velocidad constante dentro del rango de 1,[illegible] kg/cm^2/seg. a 3,5 kg/cm^2/seg. Durante la aplicación de la primera mitad de la carga prevista puede usarse una velocidad de carga más alta.

5.4 Expresión de los resultados

5.4.1 La resistencia a compresión de cada cilindro se calcula por la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

R_c Resistencia a compresión, kg/cm^2

P Carga máxima aplicada, kg/cm^2

A Area del cilindro, cm^2

La resistencia a compresión de cada cilindro es el cociente entre la carga máxima y el área de la sección media del cilindro. El resultado del ensayo es el promedio de las resistencias de los cilindros ensayados por cada condición de ensayo (NOTA 1).

6 INFORME

Se debe elaborar un informe que tenga los siguientes datos:

a) Identificación de los cilindros.

b) Condiciones de muestreo y de curado, incluyendo fecha y hora de la elaboración del cilindro, así como el asentamiento de la mezcla.

6. Fecha y hora del ensayo.

6. Edad del cilindro, con una aproximación de t/14, pero no mayor de medio día.

6. Dimensiones del cilindro, de acuerdo a lo especificado en 5.3.1.4 y 5.3.1.5.

6. Esfuerzo máximo de cada cilindro en kg/cm^2, redondeando al entero más cercano.

6. Resistencia promedio de los cilindros por cada condición de ensayo y pertenecientes a una misma muestra.

6. Observaciones acerca de la muestra ensayada, condiciones de remate, tipo de falla, aspecto de los agregados.

8 RELACION CON OTRAS NORMAS

ASTM C31-75 (Marking and Curing Concrete test in the Fied).

ASTM C192-76 (Marking and Curing Concrete test. Specimens the Laboratory).

INTEC 550 (Cilindros de hormigón tomados en las obras para ensayos de compresión

CDL
666.97:62
642.520.1

COVENIN
340-79

MINISTERIO DE FOMENTO

COVENIN

CATEGORIA B

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES

NORMA VENEZOLANA

METODO PARA LA ELABORACION Y CURADO EN EL LABORATORIO DE PROBETAS DE CONCRETO PARA ENSAYOS DE FLEXION

RAMIT

COMITE: CT3 MATERIALES Y COMPONENTES DE LA CONSTRUCCION

PRESIDENTE: RAFAEL SALAS JIMENEZ

VICE-PRESIDENTE: MARITZA SILVA CAMPOS

SECRETARIO: ROSELIA CORDERO DE GONZALEZ

SUB-COMITE: SC1 CONCRETO

PARTICIPANTES

E TIDA	REPRESENTANTES
P E-ME	MATIAS SANTANA
M N-DUR	CARMEN LOBO DE SILVA
C NCRE A LOCK JOINT	CARLOS ACOSTA SIERRA
IN NE-UC	JOAQUIN PORRERO GERMAN ISEA
TE CNICO NDEPENDIENTE	MANUEL SMITTER
MI TO-L TO	JORGE LORENZO

DI SCUSI PUBLICA: SE DISCUTIO EN REUNION EN BLOQUE EFECTUADA EL 26-07-79

FE HA D APROBACION POR EL COMITE: 13-11-79

FE HA D APROBACION POR LA COVENIN: 11-12-79

P R O L O G O

La presente Norma abarca el mismo ámbito técnico de la Norma N VEN 340 titulada: "Método para la elaboración y curado en el la t atorio de probetas de concreto para ensayos de flexión", a la - c il sustituye totalmente, ésta a su vez se basó en la Norma CON - 5, del Comité Conjunto de Concreto Armado.

NORMA VENEZOLANA

METODO PARA LA ELABORACION Y CURADO EN EL LABORATORIO DE PROBETAS DE CONCRETO PARA ENSAYOS DE FLEXION

COVENIN 34[illegible]-79

1 ALCANCE

Esta norma contempla el procedimiento para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión.

2 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

COVENIN 354-79 Método de mezclado de concreto en el laboratorio.
COVENIN 344 (R) Toma de muestra de concreto fresco.

3 EQUIPO DE ENSAYO

3.1. APARATOS.

3.1.1 Moldes, de borde rígido preferiblemente metálicos que no reaccione con el concreto. Deben llevar dispositivos que aseguren entre sí las distintas partes del molde, asi como estas a la placa de base de tal manera que el conjunto resulte impermeable al agua. Las superficies interiores deben de ser lisas, planas y sin imperfecciones. Los lados de bases y todos los ángulos interiores deben ser rectos y de las dimensiones indicada en 5.2.

3.1.2 Herramientas tales como palas, baldes, llanas métalicas y de madera, cucharas, enrasadores, cucharones, guantes de goma y recipientes metálicos de mezclado.

3.1.3 Barras compactadoras, deben ser rectas lisas, cilíndricas, de acero, con los extremos semi-esféricos, de las siguientes dimensiones.

3.1.3.1 Barras de 16 mm (5/8") de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y punta semi-esférica de 8 mm de radio.

3.1.3.2 Barra de 9,5 mm (3/8") de diámetro, de aproximadamente 30 cm de longitud y 4,75 mm de radio.

3.1.4 Vibradores.

3.1.4.1 Vibradores internos, de eje rígido o flexible, son preferibles los accionados por un motor eléctrico. Deben vibrar a una frecuencia de 7000r.p.m o más, el diámetro exterior del elemento vibrador debe estar comprendido entre 19 mm y 38 mm. La longitud mínima del eje debe ser de 60 cm; en todo caso la longitud del eje más el elemento vibrador debe exceder en por lo menos 75 mm la profundidad del elemento que se vibra.

3.1.4.2 Vibradores externos, de mesa o de plancha, su frecuencia no debe ser menor de 3400 r.p.m. Y preferiblemente mayor de 3.600 r.p.m. Deben tener dispositivos para que el molde quede bien ajustado, y un tacómetro para verificar la frecuencia de vibración.

3.1.5 Balanzas, con apreciación mínima de 0,1% de la cantidad a pesar

4 TOMA DE MUESTRAS

4.1 Se toma una muestra del concreto fresco según la Norma COVENIN 344.

4.2 Por cada variable a estudiar: edad y condición de ensayo, se deben elaborar tres o más probetas . (NOTA 1) Y estas probetas se deben tomar de por lo menos tres mezclas diferentes hechas en distintos días; se debe hacer un número igual de probetas por cada variable y mezcla. Si el número igual de variables a estudiar es tan alto que no es posible elaborar de cada mezcla por lo menos una probeta para cada variable; la mezcla de todas las series de probetas se completará en el menor número de días posible y una de las mezclas se repitirá cada día para obtener un patrón de comparación..

NOTA 1 Para ensayos de flexión se recomiendan edades de 14 y 28 días y cuando se requieren ensayos a edades mayores se recomienda 3,6 y 12 meses.

5 PROCEDIMIENTO

5.1 Se mezcla el concreto según la norma COVENIN 354.

5.2 DIMENSIONES DE LAS PROBETAS

Las probetas deben tener una longitud mínima igual a tres veces su altura más 5 cm. La relación ancho/ altura no debe ser mayor de 1.5 .La sección Transversal mínima debe ser de 5cm y no menor de tres veces el tamaño máximo del agregado.

5.3 PREPARACION DE LAS PROBETAS

5.3.1 Sitio de moldeo. Las probetas deben moldearse en el lugar donde se almacenarán durante las primeras 20 horas, si no es posible moldearlas en el sitio de almacenamiento, se pueden llevar al almacen inmediatamente después de enrasarlas. Se debe evitar todas percusión, golpe e inclinación de las misma, así como daños en su superficie al ser transportadas al lugar de almacenamiento. (NOTA 2)

NOTA2 En el caso que sea imprescindible el traslado de las probetas antes de 24 horas, estas deben ser manejadas con cuidados especiales. Evitandotodas percusión,golpe e inclinación de las mismas asi como daños,en su superficie al ser transportadas al lugar del almacenamiento.

5.3.2 Vaciado. El concreto se vacía de tal manera que el eje longitudinal del molde quede en posición horizontal; se vacía en los moldes con un cucharón o con una pala. Si se va a compactar con barra, los moldes de una profundidad mayor de 20 cm, se llenan en tres capas aproximadamente iguales. Si se va a compactar por vibrado, los moldes de una profundidad de 20 cm o menos se llenan completamente antes de la compactación y en dos o más capas, si tiene una profundidad mayor, debe asegurarse que cada capa quede uniformemente distribuida y se debe procurar reducir la segregación al mínimo durante el llenado, y el concreto se distribuirá uniformemente a lo largo del molde, se puede utilizar la barra para tal fin.

5.3.3 Compactación. El método de compactación se debe seleccionar en

base al asentamiento, a menos que el mismo se establezca especi.a. nte en las especificaciones bajo las cuales se ejecuta el trabajo.
Los métodos de compactación son: con barra y vibrado.
Si el asentamiento es inferior a 2,5 cm (1") debe usarse el método de vibrado, si el asentamiento esta entre 2,5 cm (1") a 7,5 cm (3") se puede usar cualquiera de los dos métodos, siendo preferible el método usado en la obra y si es mayor de 7,5 cm (3") debe usarse el método de la barra.

5.3.3.1 Compactación con barra. La capa del fondo se compacta en todo su espesor. La capa superior sobrellenará ligeramente el molde, al compactar las capas superiores, la barra debe penetrar dentro de la capa inmediata inferior aproximadamente 2 a 3 cm y no en todo su espesor. Los golpes se distribuyen uniformemente sobre la superficie de la liga. El número de golpes y los diámetros de la barra se indican en la Tabla I. Después de compactar la capa superior se golpean suavemente los lados del molde para cerrar los vacíos.

T A B L A I

DIAMETRO DE LA BARRA Y NUMERO DE GOLPES USADOS PARA COMPACTAR PROBETAS DE ENSAYO A FLEXION

Area de la Superficia	Diámetro de la Barra	Número de Golpes por por Capa
cm^2	mm	
160 o menos	9,5 (3/8")	25
161 a 300	9,5 (3/8")	Uno por cada 6 cm^2
301 o más	16 (5/8")	Uno por cada 12 cm^2

5.3.3.2 Vibrado. El concreto se debe vibrar lo suficiente para lo ca su compactación, se debe evitar el exceso de vibrado pues éste caus segregación. El concreto de cada capa se debe colacar en su totali ad en el molde antes de iniciar su vibrado. Al llegar a la última cap se debe evitar un exceso de concreto de más de 6 mm de altura, des pués de ser vibrada la última capa, se agrega suficiente concreto e forma que sobrepase la corona del molde en unos 3 mm, se golpean s e- vemente las paredes del molde y se enrasa con la cuchara de albañi . La duración de la vibración requerida depende de la trabajalidad d l concreto y la eficiencia del vibrador.

Usualmente se considera suficiente el vibrado, cuando el concreto pre senta una superficie relativamente brillante y lisa.

5.3.3.2.1 Vibrado interno. El diámetro del vibrador no debe ser may r de 1/3 del ancho del molde. El vibrador se introduce a intervalos n mayores de 15 cm medidos a lo largo del eje longitudinal de la pro e- ta. En probetas mayores de 15cm de ancho las inserciones se altern n en dos líneas. El vibrador no deba tocar ni las paredes ni el fondo del molde. El extremo del vibrador debe penetrar dentro de la capa in ferior aproximadamente 2 a 3cm y se extrae el vibrador, de mod qu no se formen vacíos, lentamente y en funcionamiento.

5.3.3.2.2 Vibrado Externo. Cuando se usa el vibrador externo el mol- de debe estar rígidamente unido al elemento vibrante.

5.3.3.3 Después de compactar el concreto, por el método de la barra o durante el vibrado, debe enrasarse la probeta con la barra o con la cuchara de albañilería

5.4 CURADO DE LAS PROBETAS

5.4.1 Una vez elaboradas las probetas deben protegerse de la erdida de agua por evaporación cubriendolas adecuadamente con un mate ial im permeable y a menos que se especifiquen otras condiones debe almace- narse a una temperatura de 23 $\pm$ 1,5^{o}C (NOTA 3). Los moldes deben mantenerse en una superficie horizontal rígida, libre de vibra iones y otras pertubarciones

5.4.2 Las probetas deben retirarse de los moldes en un lapso de tiempo comprendido entre 20 y 48 horas después de su elaboración y se almacenarán hasta el momento del ensayo en cualquiera de los siguientes ambientes:

a) Diretamente bajo agua saturada de cal (NOTA 4).
b) Arena limpia y saturada, constantemente de agua
c) Camara húmeda, con una humedad relativa entre 90 y 100%
d) Paños húmedos absorventes, mantenidos permanentemente saturados de agua.

5.4.3 Cuando finaliza el período de curado y durante el tiempo comprendido entre el retiro de las probetas del ambiente de curado y su ensayo; deben protegerse a fin de evitar el secado de las supelficies debida a que esto produce esfuerzos de tensión en las fibras extremos que disminuyen notablemente la resistencia a flexión

NOTA3 En el caso de que se desee reproducir las condiciones de curado en obra, las probetas deberán permanecer constantemente a la sombra, controlando periódicamente su temperatura el ambiente y la temperatura de curado deben ser anotadas por ser datos indispensables para la imterpretación de los resultados.

NOTA4 El agua debe ser potable, limpia, excepto de materiales extraños. La renovación del agua depende del número de probetas que se están curado como promedio se recomienda renovarla cada 15 días.

6 INFORME

La información relativa a la elaboración y curado de las probetas se hará conjuntamente en el informe del ensayo al cual se destinan dichas probetas.

7 RELACION CON OTRAS NORMAS

ASTM C 192 - 69 (MAKING AND CURING CONCRETE TEST SPECIMENS IN THE LABORATORY)

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES
MINISTERIO DE FOMENTO
Edif. Fundación La Salle, 5° piso, Av Boyacá (Cota Mil)
CARACAS

publicación de:
FONDONORMA

IMPRESO EN EL TALLER DE COVENIN

CD
666.97
620.172

COVENIN
342-79

MINISTERIO DE FOMENTO

COVENIN

CATEGORIA B

COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES

NORMA VENEZOLANA

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCION POR FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS, CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

PANEL:

COMITE: CT3 MATERIALES Y COMPONENTES DE LA CONSTRUCCION

PRESIDENTE: Rafael Salas Jimenez

VICE-PRESIDENTE: Maritza Silva Campos

SECRETARIO: Rosalia Cordero de González

SUBCOMITE: SC1 CONCRETO

PARTICIPANTES

ENTIDAD	REPRESENTANTES
INCS	Eladio Antón
PEMEX, S.A	Matias Santana
I.I.V.	Pedro Guerra
FIN-SUR	Cesar Carreño
IMME-U.C.V.	Joaquin Porrero Germán Issa
TECNICO INDENPENDIENTE	Manuel Smitter
U.N.C.C.	Carlota Pascuali

DISCUSION PUBLICA: Se Discutió en Reunión en Bloque efectuada al 30-11-78.

FECHA DE APROBACION POR EL COMITE: 30-1-79

FECHA DE APROBACION POR COVENIN: 12-6-79.

P R O L O G O

La presente norma abarca el mismo ámbito técnico de la norma NORVEN [illegible] titulada: "Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo", a la cuál sustituye totalmente, ésta a su vez se basó en la norma CON 6-65, del Comité Conjunto de Concreto Armado.

NORMA VENEZOLANA

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCION POR FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

COVENIN 342-79

1 ALCANCE

1.1 La norma contempla el método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

2 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

2.1 COVENIN 340(R) Método para la elaboración y curado en el laboratorio, de probetas de concreto para ensayos de flexión.

3 EQUIPOS DE ENSAYO

3.1 APARATOS

3.1.1 Máquina de Ensayo, que tenga un dispositivo, que asegure que las fuerzas aplicadas a la viga se mantengan verticales y sin excentricidad, y debe estar diseñada de acuerdo a las siguientes condiciones:

3.1.1.1 Que el aparato sea capaz de mantener la distancia entre apoyos; las distancias entre las placas de carga y las de apoyo deben mantenerse constantes con aproximación de ± 2,0 mm.

3.1.1.2 Que la carga pueda aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de tal manera que se evite toda excentricidad.

3.1.1.3 Que la dirección de las reacciones pueda ser paralela a la dirección de la carga aplicada, mientras dure la prueba.

3.1.1.4 Que la relación entre la distancia desde el punto de aplicación de la carga a su reacción mas cercana, y la altura de la viga, no sea inferior a la unidad.

3.1.1.5 Que la carga se pueda incrementar gradualmente y libre de impacto.

3.1. Si se usa un aparato similar al de la figura Nº 1 se deben cumpl[illegible] las siguientes condiciones:

3.1. .1 Que las placas de carga y de apoyo no tengan mas de 60 mm de a[illegible], medidos desde el centro o eje del pivote y deben cubrir todo e[illegible] ancho de la probeta. Cada superficie de apoyo en contacto con la [illegible]beta tendrá forma cilíndrica y su eje debe coincidir con el del rod[illegible] o con el centro de la rótula esférica según el caso. El ángulo al [illegible]tro definido por la superficie curva de cada placa, debe tener por [illegible] menos 45º.

3.1. [illegible].2 Las placas de carga y de apoyo deben matenerse en posición ver[illegible]al y [illegible] contacto con el rodillo o rótula esférica por medio de tor[illegible]llos con resortes que los mantengan en contacto.

3.1 Tiras de cuero, deben ser de un espesor uniforme de 6mm y de 25 [illegible]0 mm de ancho.

4 MATERIAL A ENSAYAR

El [illegible]terial a ensayar consiste en una probeta de concreto elaborada se[illegible] la norma COVENIN 340, que tenga una luz libre entre apoyos lo má[illegible]róxima posible al triple de su altura. Las caras laterales de la pr[illegible]eta formarán ángulos rectos con las caras superior e inferior.

5 PROCEDIMIENTO

5. Se voltea la probeta sobre uno de sus lados, con respecto a la p[illegible]ción inicial de vaciado y se centra respecto a las placas de apo[illegible]

5. La placa de aplicación de carga se pone en contacto con la pro[illegible] y sobre los puntos extremos del tercio central de la luz libre. S[illegible]o se obtiene un contacto completo entre la probeta y la placa de a[illegible]cación de la carga o de apoyo, es necesario lijar, recubrir o su[illegible]entar con tiras de cuero (NOTA).

[illegible] : Las tiras de cuero se utilizan solamente cuando las superfi[illegible] de la probeta en contacto con las placas o soportes difieren de plano en 0,4mm o menos; se extienden a todo lo ancho de la probeta

.3 Se aplica la carga a una velocidad uniforme y sin impacto de forma rápida hasta aproximadamente un 50% de la carga de rotura; después de lo cual debe aplicarse a una velocidad tal que el aumento de esfuerzo en la fibra extrema no exceda 10 kg/cm^2 por minuto.

.4 Se miden las probetas con una aproximación de 1 mm, con el fin de determinar el ancho y la altura promedio de la probeta en la sección de falla.

6 EXPRESION DE LOS RESULTADOS

.1 El módulo de rotura se calcula de la siguiente forma cuando la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz.

$$Mr = \frac{P\ L}{b\ h^2}$$

Donde:

Mr = módulo de rotura, expresado en kg/cm^2

P = carga máxima aplicada, registrada por la máquina de ensayo, expresada en kg.

L = luz entre apoyos, expresada en cm.

b = ancho promedio de la probeta, expresado en cm.

h = altura promedio de la probeta, expresada en cm.

NOTA : Se entiende por módulo de rotura, la resistencia a tracción obtenida por este método, admitiendo que se cumple la ley de Hooke.

NOTA : El peso de la viga no esta incluido en el cálculo anterior.

6.2 El módulo de rotura se calcula de la siguiente forma cuando la falla ocurre fuera del tercio central pero a una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre.

$$Mr = \frac{3\ P\ a}{bh^2}$$

Donde:

a = distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano,

medida sobre el eje de simetría de la cara inferior de la viga, expresada en cm.

6.3 Si la falla ocurre fuera del tercio central y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, los resultados del ensayo serán descartados.

7 INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

7.1 Norma COVENIN utilizada.

7.2 Identificación de la probeta.

7.3 Ancho promedio con aproximación de 1 mm, expresado en cm.

7.4 Altura promedio con aproximación de 1 mm, expresado en cm.

7.5 Luz libre entre apoyos, expresada en cm.

7.6 Carga máxima aplicada, expresada en kg.

7.7 Módulo de rotura calculado con la aproximación de 0,3 kg/cm^2, expresado en kg/cm^2.

7.8 Condiciones aparentes de humedad de la probeta en el momento de ensayo.

7.9 Condiciones de curado.

7.10 Si la probeta fue recubierta, lijada o si se suplementó con tiras de cuero.

7.11 Defectos de la probeta.

7.12 Edad de la probeta.

7.13 Observaciones (forma y situación de la sección de rotura)

7.14 Fecha de realización del ensayo.

7.15 Nombre del técnico que realizó el ensayo.

8 RELACION CON OTRAS NORMAS

ASTM C 78-75 (American Society for Testing and Materials) E.E.U.U.

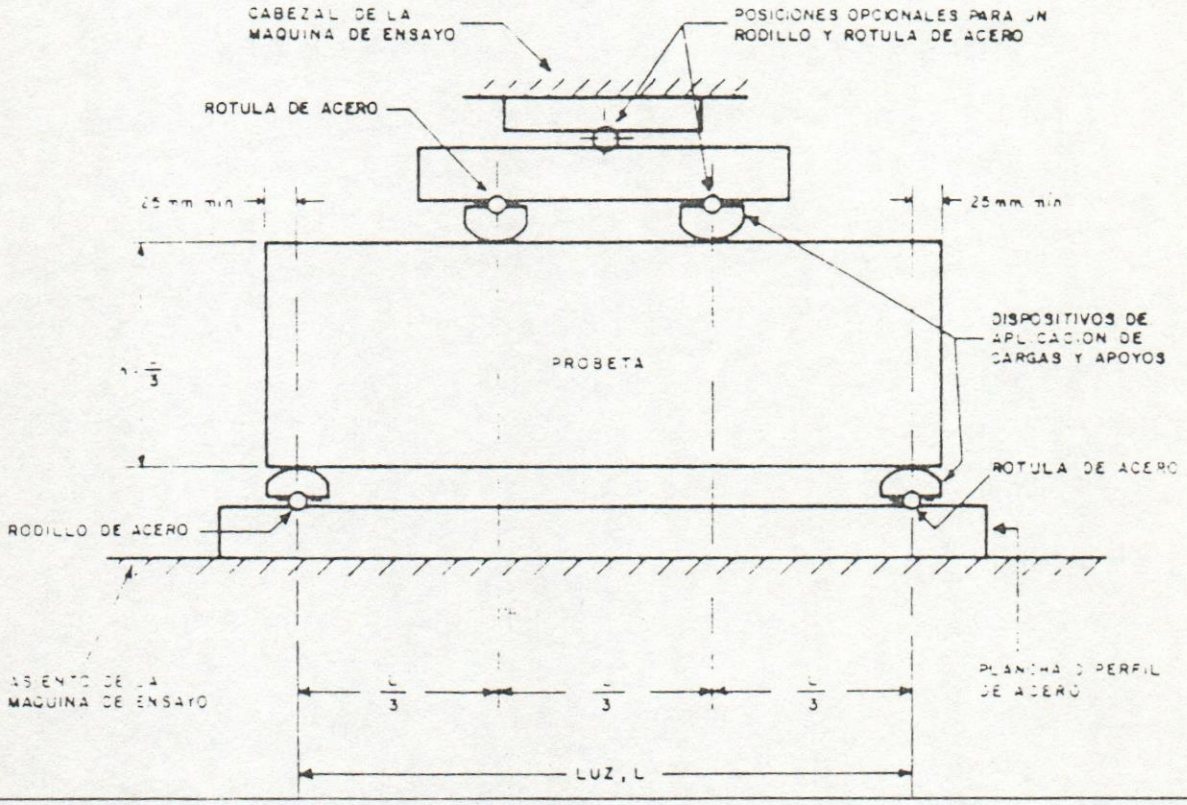


DIAGRAMA DE UN DISPOSITIVO ADECUADO PARA ENSAYAR A FLEXION VIGAS DE CONCRETO CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

ESTADISTICA

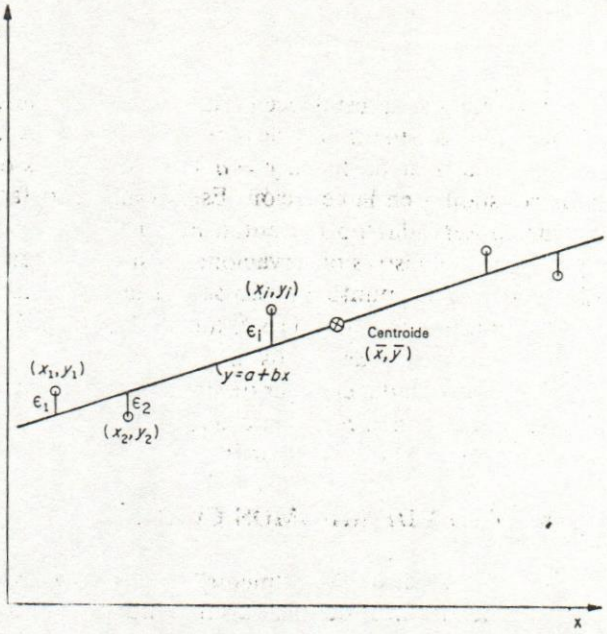


Fig. 15-1. Línea de regresión.

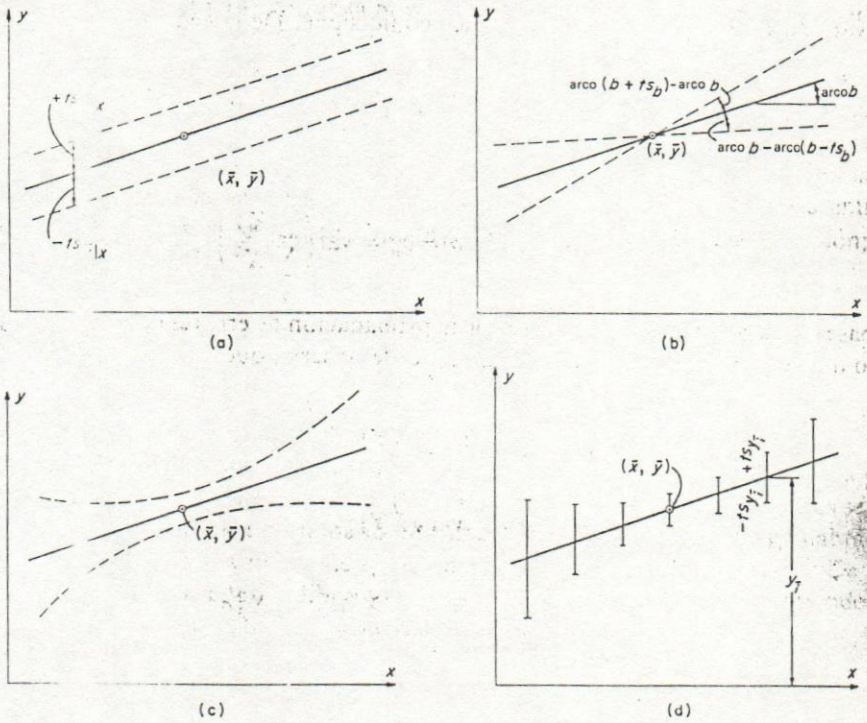


Fig. 15-4. (a) Influencia de los límites de confianza de y sobre los límites de confianza de la línea de regresión; (b) banda de confianza para la pendiente; (c) área de confianza aproximada de la línea de regresión; y (d) límites de confianza de una estimación de y.

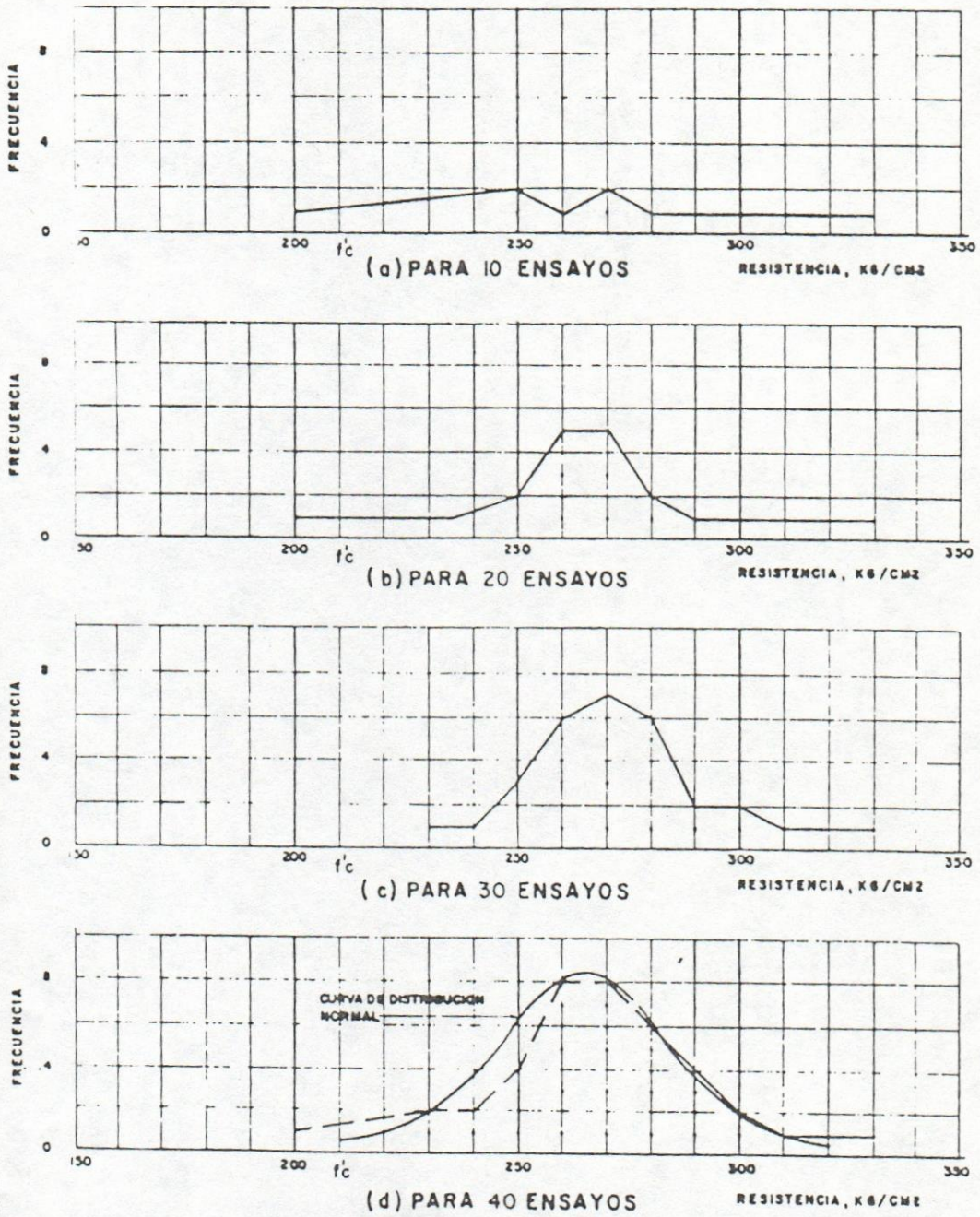


FIG. I — DISTRIBUCION DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

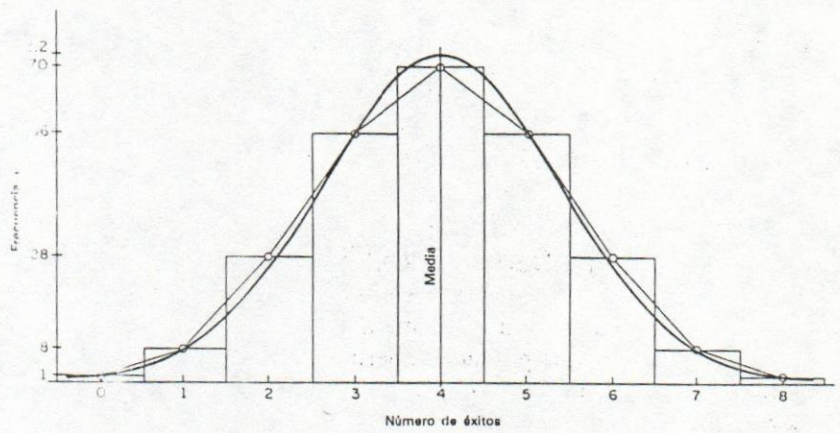


Fig. 10-. Densidad de frecuencia: histograma, polígono y curva normal ajustada para el ejemplo dado.

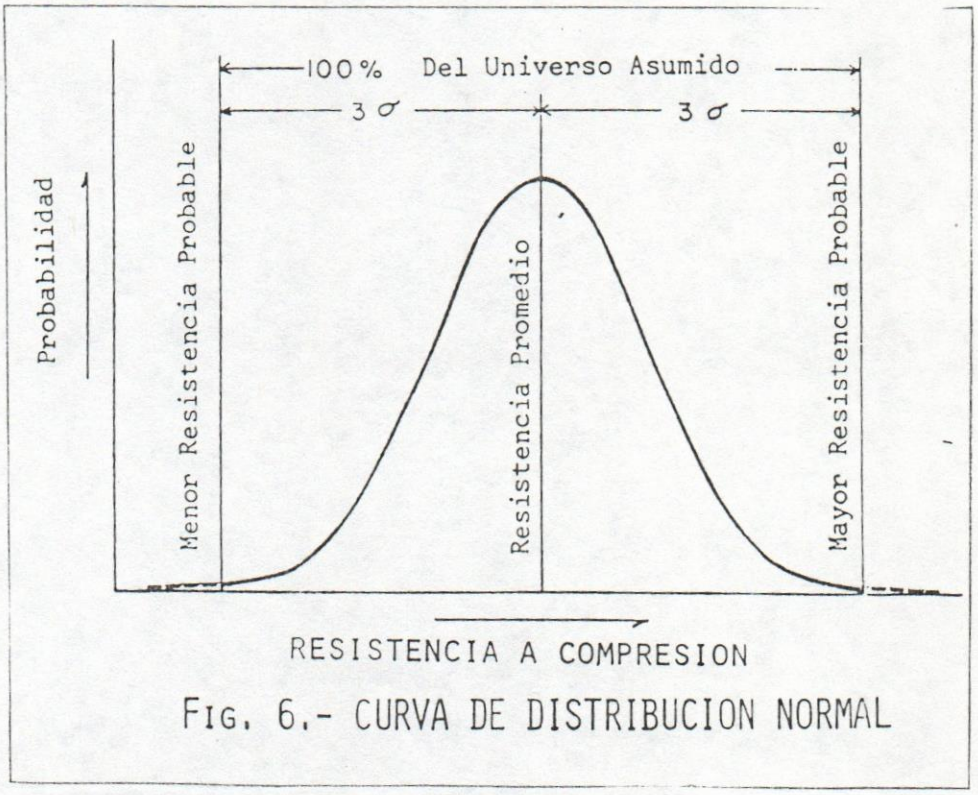


FIG. 6.- CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL

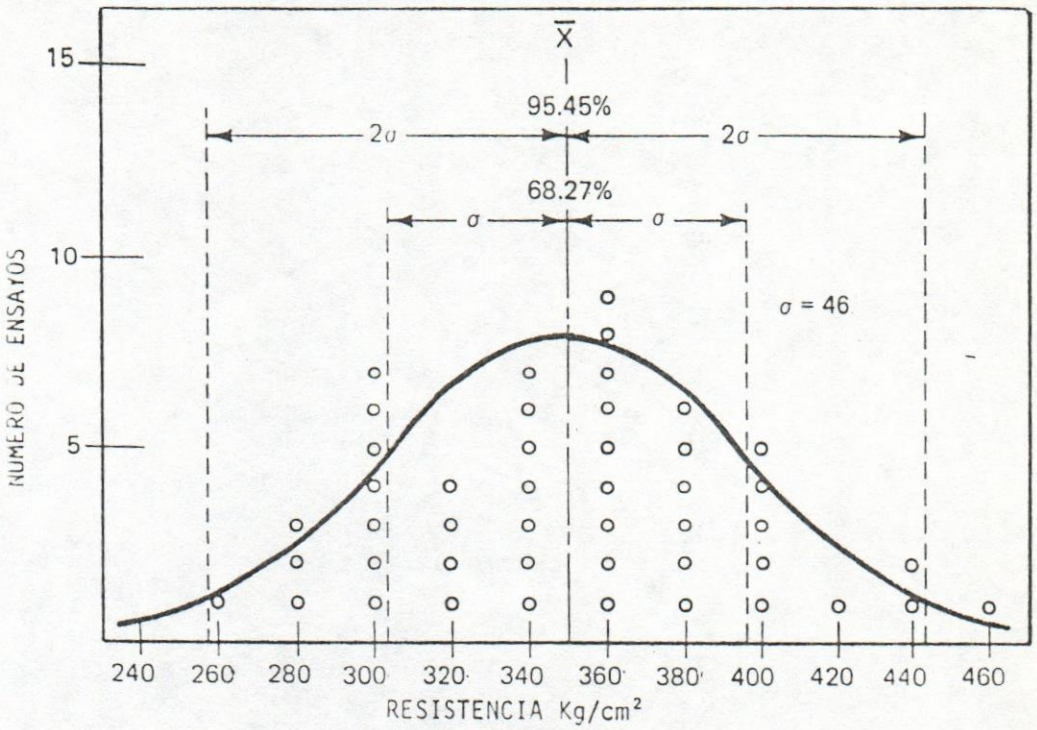


Fig. 3a. DISTRIBUCION NORMAL DE FRECUENCIA
BARRAS EN EXTREMOS DE RANGOS

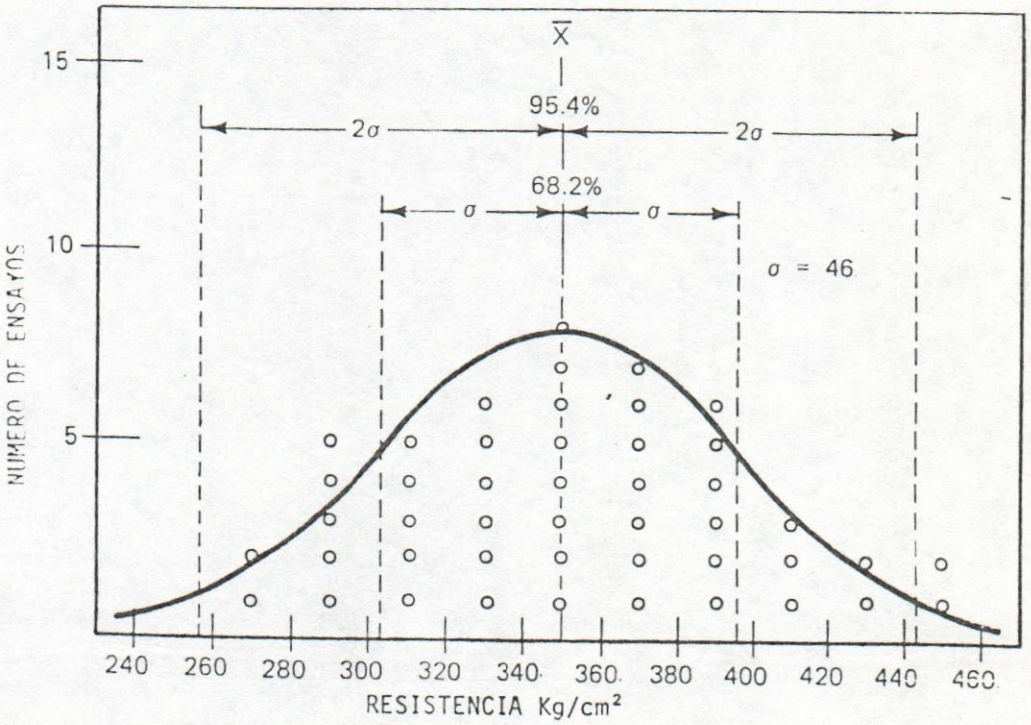


Fig. 3b. DISTRIBUCION NORMAL DE FRECUENCIA
BARRAS EN VALORES MEDIOS

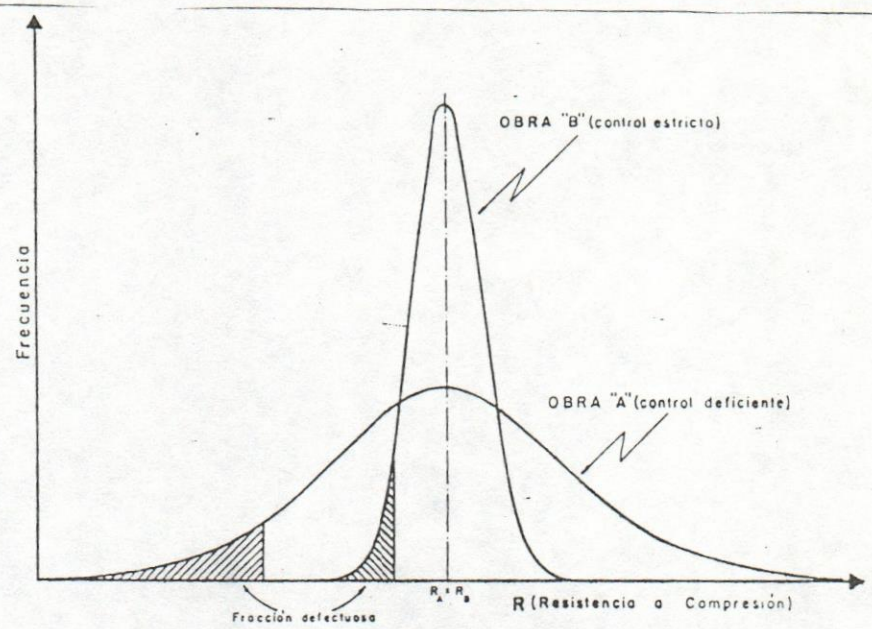


Fig. 8-a.—Infuencia cualitativa del grado de control en la resistencia media a compresión.

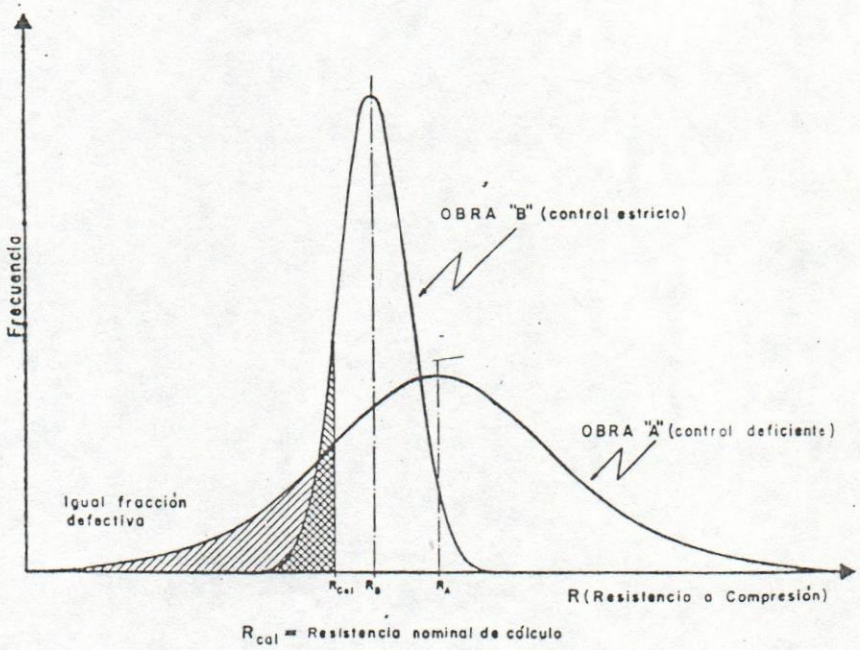


Fig. 8-b.—Distribución de frecuencias correspondientes a dos obras distintas que han obtenido la misma resistencia media a compresión.

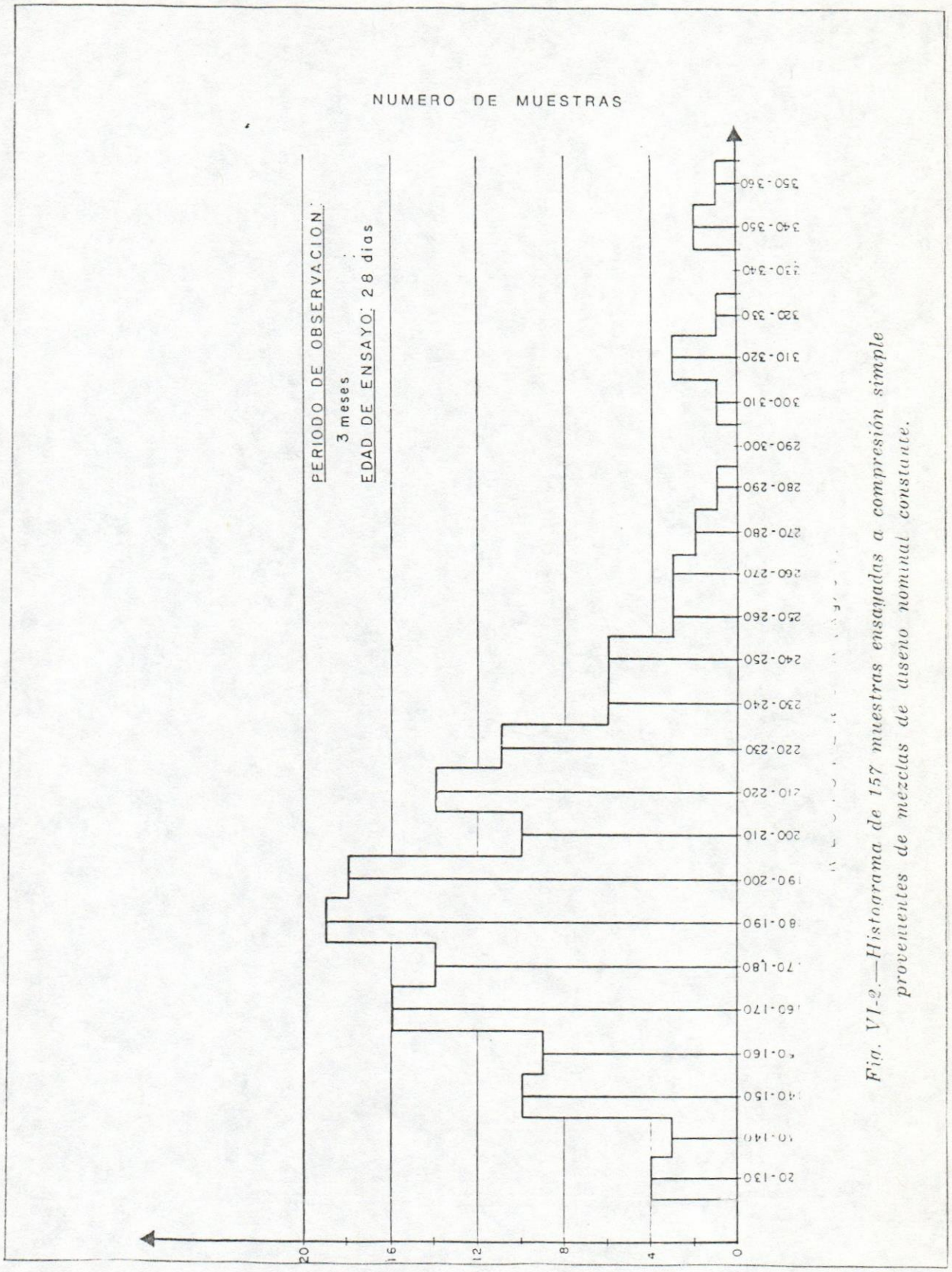
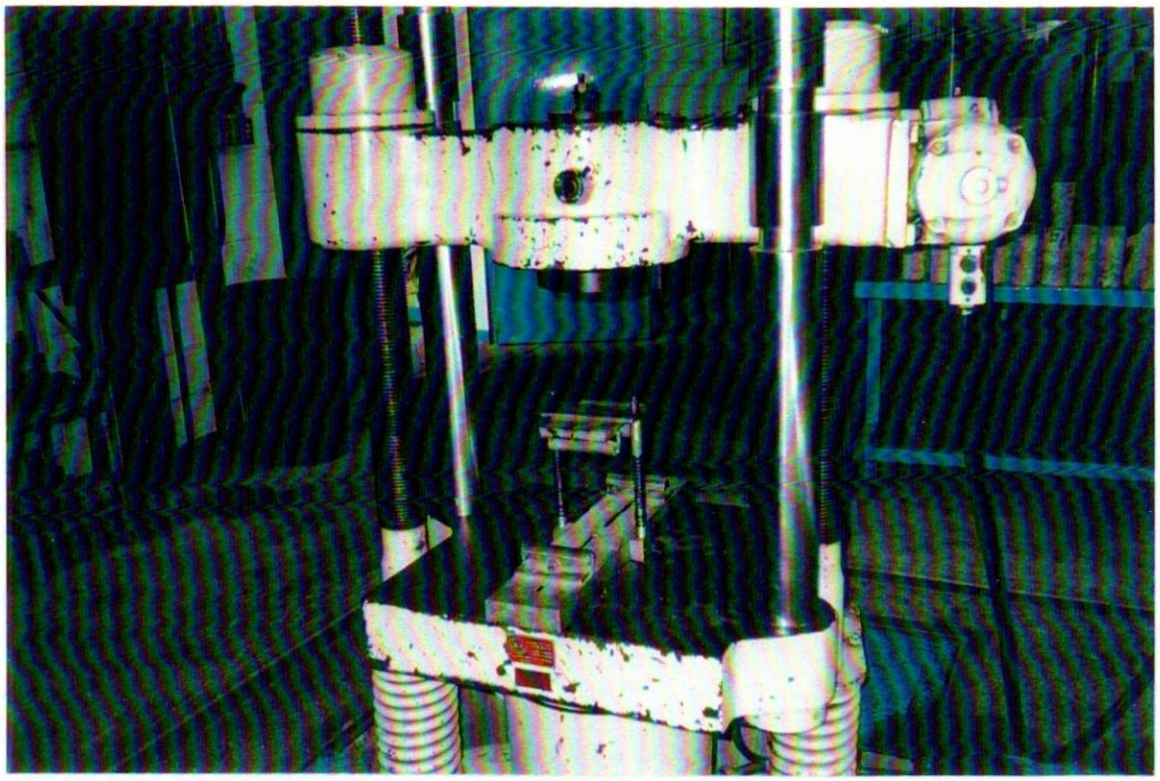


Fig. VI-2.—Histograma de 157 muestras ensayadas a compresión simple provenientes de mezclas de asiento nominal constante.

FOTOGRAFIAS

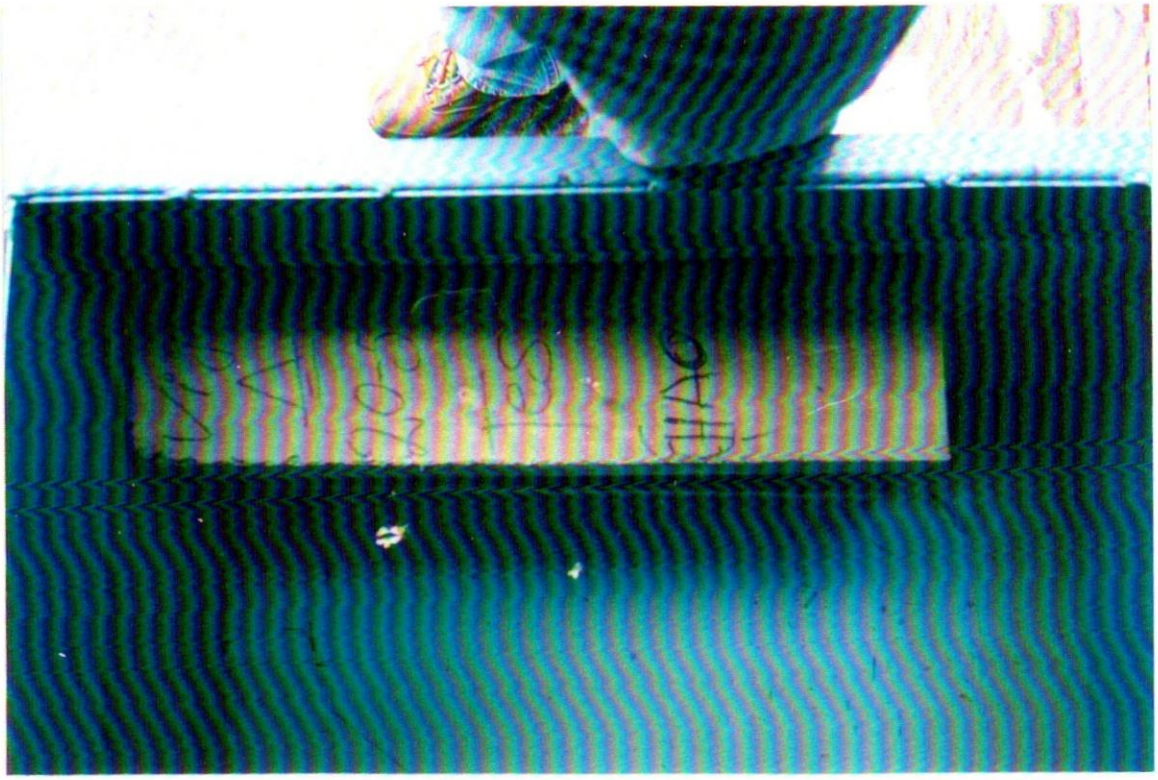


Prensa y cabezal para ensayo de vigas.

Mezcladora de concreto de eje vertical.

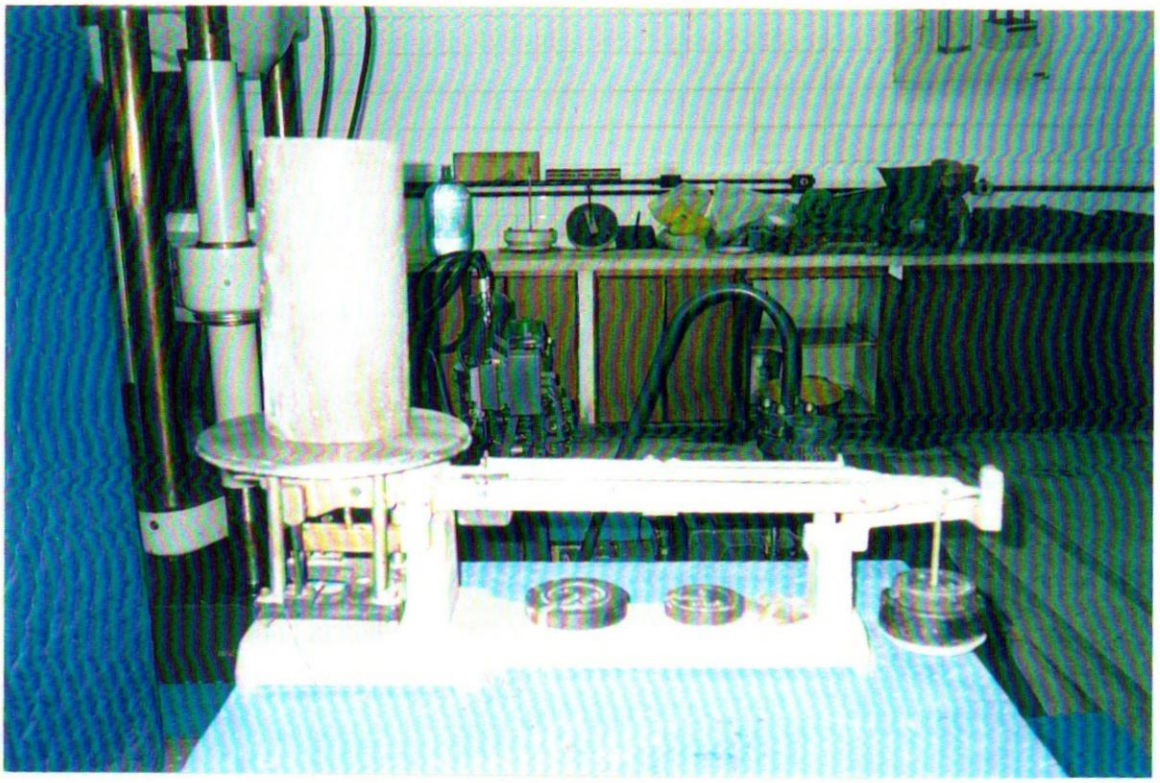
Cono de Abrams.

Curado de los cilindros las primeras 24 horas.



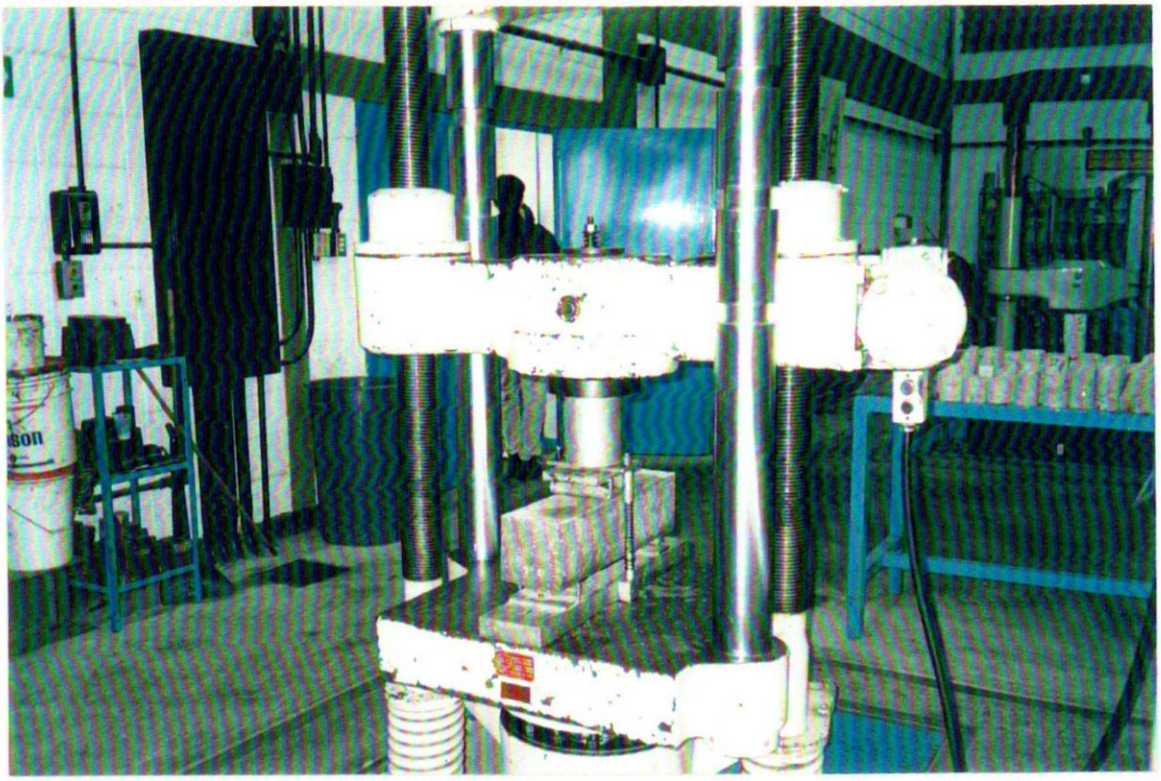
Curado de las vigas de concreto.

Curado de los cilindros de concreto.



Pesado de los cilindros de concreto.

Pesado de las vigas de concreto



Ensayo de las vigas de concreto.

Ensayo de los cilindros de concreto.

Falla de la viga en el tercio central del tramo.

Fractura de la viga según plano perpendicular al eje longitudinal.