AAQ 4548.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS
IC2004
S36

ACTUALIZACIÓN Y REGIONALIZACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO FRESCO; PARA EL ESTADO ARAGUA

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: .....

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma: Firma: Firma:
Nombre: ..... Nombre: ..... Nombre: .....

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

REALIZADO POR Karla Carolina Sánchez Liñán

PROFESOR GUIA Ing. Guillermo Bonilla

FECHA 24 de Mayo de 2004

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACTUALIZACIÓN Y REGIONALIZACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO FRESCO; PARA EL ESTADO ARAGUA

REALIZADO POR Karla Carolina Sánchez Liñán

PROFESOR GUIA Ing. Guillermo Bonilla

FECHA 24 de Mayo de 2004

INDICE

PRESENTACIÓN i
CONSTANCIA DEL TUTOR iii
ACTA DE EVALUACIÓN FINAL iv
DEDICATORIA v
RESUMEN vi

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.

1.1 Planteamiento del Problema 3
1.2 Objetivos de la Investigación 5
1.3 Alcance 6

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 El Concreto 7
2.2 Agregados 7
2.3 Cemento 9
2.4 Agua 10
2.5 Ensayos Aplicados a los Agregados 12
2.6 Diseño de Mezclas 15
2.7 Criterios Estadísticos Aplicados a los Agregados 24

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Desarrollo Experimental 27
3.2 Ejecución de los Cilindros Normalizados 30
3.3 Curado de los Cilindros 31
3.4 Ensayo de los Cilindros 31

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1 Análisis de Resultados 32

BIBLIOGRAFÍAS 33
ANEXOS 34

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

REGIONALIZACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO FRESCO PARA EL ESTADO ARAGUA

Trabajo Especial de Grado

Autor: Karla Sánchez L
Año: 2004

RESUMEN

En Venezuela se utiliza como fundamento para el diseño de mezclas el Manual de Concreto Fresco, pero debido a que esta información fue desarrollada con materiales provenientes de la ciudad de Caracas, surgió la necesidad de conocer el comportamiento del concreto con agregados pertenecientes al resto del país, en nuestro caso para este Trabajo de Grado se seleccionó el Estado Aragua. Para ello, se estudiaron previamente las características de los materiales seleccionados y luego basándose en la ley de Abrams y la Relación Triangular, se desarrolló una metodología que permitió evaluar las cuatro condiciones básicas que debe reunir el concreto en sus dos estados, inicial y final; que son: Resistencia, Durabilidad, Trabajabilidad y Economía. La finalidad de este trabajo de investigación consiste principalmente en determinar una relación agua – cemento, que produzca un concreto que proporcione las condiciones anteriormente nombradas. En el diseño, hay que tomar en cuenta que los materiales usados varían en considerables aspectos y muchas de sus propiedades no se pueden evaluar real y cuantitativamente, lo cual hace que se supongan condiciones óptimas de los materiales con base a las relaciones establecidas en el Manual de Concreto Fresco. Para obtener una mezcla satisfactoria se deben verificar las proporciones calculadas haciendo pruebas y si es necesario, efectuar ajustes apropiados a las proporciones hasta lograr obtener una mezcla satisfactoria. Por lo tanto, lo que se pretende en este Trabajo de Grado es regionalizar los coeficientes de diseño utilizados en la construcción de viviendas de interés social y cuyo comportamiento sea el más óptimo, conociendo sus limitaciones y aplicaciones.

DEDICATORIA

- Primero a Dios y a San Miguel Arcángel por darme la vida y la fuerza espiritual necesaria cada día para luchar hasta alcanzar mi meta.
- A mis padres por estar siempre a mi lado moral y espiritualmente, apoyarme y brindarme la oportunidad de prepararme. Gracias por el amor, la comprensión y darme las herramientas necesarias para vencer los obstáculos; valió la pena porque finalmente lo logramos.
- A mi nona Mery por ser una persona especial, excepcional e incondicional en mi vida; gracias por tus oraciones, tu apoyo moral, tu cariño, tu inmenso amor y tu fe en mí.
- A mis sobrinos Luis Eduardo y Ubaldo espero esto sea un incentivo para ustedes el día de mañana.
- A mis tíos: Ciro, Udón y Dulfa a quienes quiero profundamente.
- A mi prima Dariana a quien quiero agradecer por compartir toda la información necesaria para llevar a cabo este trabajo, por su cariño y amistad, a Dulfiraima, Joseito y Diego.
- A mis amigas Marilú, Nani, y a mi amigo José con los cuales he compartido momentos muy importantes y de quienes siempre he recibido todo el apoyo y el estimulo necesario, gracias por brindarme su amistad.
- A mi inolvidable amiga Sandra Fontana, se que desde el cielo estás compartiendo conmigo esta alegría.

•A mi familia de corazón: Lourdes, Maria Graciela, Graciela Teresa , Félix y mi querida abuela Graciela de quienes solo he recibido sincera amistad y profundas muestras de cariño, este logro es también de ustedes.

•A mi amigo Julio (Gazú) por brindarme cariño y calor de hermano y a Luis Cipriano con quien he compartido momentos importantes en mi vida.

•A la Sra. Gloria, Vanessa y a mi ahijado Víctor a quien debo agradecer su apoyo, preocupación y estímulo en todo momento.

•A todos mis profesores por haberme formado y capacitado para alcanzar esta meta.

A todos les dedico mi triunfo.

Karla.

INTRODUCCIÓN

La importancia del concreto data desde la antigüedad pues existen evidencias históricas de productos similares a este material; desde que el ser humano superó la época de las cavernas, ha aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de viviendas y después levantando construcciones con diferentes fines.

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituyen las bases para el progreso de la humanidad. En este sentido el pueblo egipcio ya utilizaba un mortero – mezcla de arena con materia cementosa – para unir bloques y losas de piedra para construir sus grandes construcciones.

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua , salada o dulce.

Bajo este contexto la aparición del cemento y de su producto resultante el concreto ha sido un factor determinante para que el mundo adquiera una fisonomía diferente. En la actualidad existen diversas variantes del concreto y Según Porrero – Ramos – Grases y Velazco (2004) es el material de uso más extendido en zonas urbanas; además es

considerado como el segundo elemento en cantidad que usa el hombre, después del agua.

El concreto es básicamente una mezcla de dos agregados, piedra y arena adherida mediante una pasta cementante compuesta por cemento Pórtland y agua. La combinación necesaria de dichos componentes se ejecutan mediante diferentes métodos sustentados en la ley de Abrams y la Relación Triangular.

En Venezuela el método más utilizado es conocido como el Método del Manual de Concreto Fresco, desarrollado por Porrero – Ramos – Grases y Velazco, cuyos coeficientes fueron desarrollados con materiales de uso común correspondientes a la ciudad de Caracas, por lo que su aplicación a nivel nacional requiere de diferentes valores.

En este sentido se ha considerado importante determinar coeficientes regionales para la ciudad de Maracay y zonas vecinas, evaluando así, el comportamiento de los agregados en el diseño de la mezcla de concreto, conociendo sus limitaciones y aplicaciones en la región.

CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad existen diversidad de métodos para diseñar mezclas de concreto, lo cual hace complejo la fijación de un criterio a la hora de la preparación de este material durante la ejecución de construcciones; pues los mismos son aplicados para cualquier origen de los agregados, los cuales pueden ocasionar discrepancias en la obtención de las resistencias esperadas en el concreto.

Cuando se utiliza el Método de Porrero, Ramos, Grases y Velazco el desarrollo del mismo está basado en el uso de agregados provenientes de la ciudad de Caracas, por lo que los coeficientes obtenidos no se ajustan a los valores requeridos en el resto del país, por lo tanto la resistencia obtenida para otras regiones no ofrece resultados esperados. En este sentido se consideró importante determinar coeficientes regionales que permitan optimizar los diseños de mezclas para la ciudad y zonas vecinas.

El objetivo de la dosificación es determinar las proporciones en que deben combinarse los materiales componentes; constituyendo para ello como datos de entrada una serie de parámetros a través del los cuales se llegará a la dosificación de la mezcla diseñada. Por lo tanto esta fase se considera una de las más importantes dentro de la fabricación del

concreto, ya que influye directamente sobre la calidad y las propiedades esperadas.

Mediante esta estimación teórica se puede garantizar el comportamiento de la mezcla, para cada caso en particular, siempre y cuando no se alteren las características de los materiales empleados.

Los métodos de diseño de mezcla solo pueden representar tendencias relativas de las magnitudes y las mismas son consecuencia directa de los datos que se suministran para lograr obtener el asentamiento requerido, la resistencia exigida o cualquier otro parámetro que se espere alcanzar, dependiendo del caso tratado.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES

Determinar los coeficientes de diseño de mezclas de concreto fresco en el Estado Aragua con base al Método de Porrero – Ramos – Grases y Velazco.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterización de los agregados finos de la zona con base a los siguientes ensayos:

✓ Granulometrías.
✓ Peso específico y absorción.
✓ Peso unitario suelto y compacto.
✓ Determinación de impurezas orgánicas.
✓ Contenido de humedad total.
✓ Disgregabilidad a los sulfatos.

- Caracterización de los agregados gruesos de la zona en base a los siguientes ensayos:

✓ Granulometrías.
✓ Peso específico y absorción.

- ✓ Peso unitario suelto y compacto.
- ✓ Desgaste de los ángeles.
- ✓ Cociente entre dimensión máxima y mínima.
- ✓ Contenido de humedad total.
- ✓ Disgregabilidad a los sulfatos.

- Determinación de los coeficientes de resistencia de concreto.

1.3 ALCANCE

Evaluación de los coeficientes de diseño de mezclas de concreto fresco para viviendas de interés social en el Estado Aragua.

CAPITULO II

2.1 EL CONCRETO

"El concreto" es básicamente una mezcla compuesta de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta por Cemento Portland y agua, aglutina a sus componentes (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

2.2 AGREGADOS

La mezcla de concreto empleada para la construcción está formada en gran parte por agregados que constituyen aproximadamente el 75% en peso de la mezcla total, vienen a ser el material de relleno del concreto, y juegan un papel muy importante en la calidad del mismo. Su naturaleza depende en gran parte de las condiciones que presentan sus componentes que se vayan a utilizar para la elaboración de la mezcla; es por ello que resulta importante emplear materiales limpios y cuya granulometría se mantenga dentro de los límites establecidos por las normas.

Bajo este contexto el Manual para Ensayos en el Campo (1964) los define: como una mezcla de materiales pétreos químicamente inactivos destinados a la elaboración de concretos y morteros, los cuales

influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla y la economía.

2.2.1 Agregados Finos: es aquella porción de agregado que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz # 200.

a) Arena: es aquella porción de agregados que pasa el tamiz # 4 y es retenido predominantemente por el cedazo # 200 y resulta de la desintegración y abrasión natural de rocas o se obtiene de la trituración de las mismas.

Las arenas de granos gruesos, dan por lo general, morteros más resistentes que las finas, pero tienen el inconveniente que requieren de más pasta cementante para rellenar sus huecos y ser adherentes.

2.2.2 Agregados Gruesos: es aquella porción de un agregado casi totalmente retenida en el tamiz # 4.

b) Gravas: es aquel material retenido en el tamiz # 4, resultante de la desintegración natural y abrasión de las rocas. Se pueden obtener por desintegración natural de las rocas y en las canteras por trituración de las mismas. En cuanto a la forma se encuentran: los cantos rodados que son procedentes de ríos o playas; las gravas naturales que son de forma más o menos redondeada y dan concretos de más fácil colocación; por último están las piedras picadas que resultan de la trituración artificial de rocas, cantos rodados o piedras de gran tamaño y en las cuales sustancialmente todas sus caras son el resultado de la trituración.

2.3 CEMENTO

Según Porrero – Ramos – Grases – Velazco (2004); el cemento es el componente activo del concreto e influye en todas las características de este material; constituye aproximadamente de un 10 % a un 20% del peso del concreto, mientras que el resto lo condicionan materiales que hacen que se desarrollen sus propiedades. Se obtiene de materias primas que se encuentran en la naturaleza y su elaboración se lleva a cabo en plantas industriales donde se controla su calidad y confiabilidad.

El producto aglomerante que se emplea con fines estructurales es el cemento Portland, que es una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales asociados con sílice, alúmina y óxido de hierro, que son calentados a temperaturas que provocan que se formen escorias, para posteriormente moler el producto resultante . El material que sale del horno de la fábrica de cemento se llama clinker (producto obtenido al calentar una mezcla de arcilla (25 %) y caliza (75 %)) , que son trozos redondos, de mayor o menor tamaño, formado por conglomerados debido a la semifusión a que estuvo sometido el polvo de las materias primas iniciales. El clinker se muele de nuevo y en esta etapa se le añade el yeso, el cual actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del cemento Portland, en esta característica influyen también: la finura de la molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado.

Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque la velocidad determina el tiempo de fraguado y

endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y a la colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido.

Las cantidad de calor que liberan los cementos Portland según su tipo son:

- Tipo 1: Libera un poco más de la mitad de su calor de hidratación en tres días.
- Tipo 2 : Es un cemento de calor moderado, libera menos calor total que los otros y deben pasar más de tres días para que se libere únicamente la mitad de ese calor.
- Tipo 3: De alta resistencia temprana, libera aproximadamente la mitad del calor total en mucho menos de tres días.
- Tipo 4: De bajo calor de hidratación y se toma en consideración cuando sea fundamental contar con esta característica.

2.4 AGUA

Según Neville y Brooks (1998); la calidad del agua es importante, ya que las impurezas que contenga pueden interferir en el endurecimiento del cemento, afectar negativamente la resistencia del concreto u ocasionar el manchado de su superficie, así como llevar la corrosión del refuerzo. Por estas razones es necesario evaluar la naturaleza de la misma.

2.4.1 Agua para la Mezcla: El agua potable es por lo general segura, pero también la no potable suele ser adecuada para elaborar concreto. Como regla, cualquier agua con un pH (grado de acidez) de 6 a 8 que no sepa salada o salobre es útil. Las aguas naturales ligeramente ácidas son inofensivas, pero las que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos pueden afectar negativamente el endurecimiento del concreto; esta agua, así como las muy alcalinas, deben ser probadas previamente. La presencia de algas en agua para la mezcla provoca penetración de aire y la consiguiente pérdida de resistencia.

El agua de mar (o cualquier agua que contenga grandes cantidades de cloruros) tiende a ocasionar humedad persistente y eflorescencia. Por tanto, esta agua no debe emplearse cuando la apariencia del concreto sea importante o cuando vaya a aplicarse un acabado de yeso.

En el caso de concreto reforzado cuando se encuentra permanentemente en el agua, ya sea fresca o de mar, el uso de agua marina para mezcla parece no tener efectos nocivos, sin embargo, ésta última contiene cloruros que afectan los aceros, pero en la práctica no se considera aconsejable emplearla para la mezcla.

2.4.2 Agua para Curado: El agua que es adecuada para la mezcla también lo es para el curado. Sin embargo, el hierro y la materia orgánica pueden ocasionar manchas, especialmente si el agua fluye lentamente sobre el concreto y se evapora con rapidez. En algunos casos la decoloración es insignificante y cualquier agua adecuada para mezcla, incluso de calidad ligeramente menor, es adecuada para curado. Por otra parte es esencial que esté libre de sustancias que ataquen al concreto endurecido, por ejemplo el CO_2 libre.

2.5 ENSAYOS APLICADOS A LOS AGREGADOS

Con respecto a los agregados comunes, Neville – Brooks (1998), explica: " La calidad del agregado es de suma importancia, ya que le corresponden aproximadamente tres cuartas partes del volumen del concreto; no sólo puede limitar su resistencia sino que sus propiedades pueden afectar enormente su durabilidad y desempeño".

Por ello se considera necesario antes de realizar cualquier mezcla de concreto, evaluar las características de los agregados en base a los siguientes ensayos:

Para Agregados Gruesos y Agregados Finos:

- Granulometría: Consiste en la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado y se determina por medio de tamices constituidos con mallas de alambre de aberturas cuadradas. Este ensayo permite controlar factores importantes, tales como: trabajabilidad, energía de compactación y contenido de cemento en las mezclas de concreto.
- Peso Unitario Suelto y Compacto: Es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. Esta característica permite determinar la cantidad de material necesario para un volumen determinado del concreto.

- Peso Específico: Es la relación del peso de una muestra en el aire y el peso del agua desplazado por el mismo, incluyendo sus vacíos impermeables a una temperatura determinada En las arenas se utiliza el picnómetro mientras que en los agregados gruesos se emplea una cesta de alambre la cual pende de una balanza por medio de un gancho dentro de un recipiente con agua. Este valor representa el volumen del material sólido, sin tomar en cuenta los poros.
- Absorción: Representa el agua contenida en los agregados en condición saturada y superficie seca. Mide la disminución de la masa de una muestra con las características anteriormente descritas. Este ensayo permite obtener la relación efectiva de agua – cemento que controla la manejabilidad como la resistencia del concreto.
- Humedad: Es el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca. El contenido total de agua de un agregado húmedo es igual a la suma de la absorción y del contenido de humedad.

El método consiste en secar el agregado en el horno por intervalos de 20 minutos hasta obtener valores constantes. Conociendo los pesos antes y después del secado se calcula el porcentaje de humedad.

Este ensayo debe medirse con frecuencia particularmente para el agregado fino ya que al estar expuesto a la lluvia acumula una considerable humedad en la superficie de las partículas, por lo tanto al no llevar un control las cantidades de agua total en la mezcla varían.

- Determinación de impurezas orgánicas: Es una prueba que consiste en hacer reaccionar una cantidad de arena con un reactivo (solución de hidróxido), la cual se deja en reposo por 24 horas y se compara el color del líquido que sobrenada la muestra con un patrón de referencia . Este último esta compuesto por colores que indican el contenido de impurezas e indican si existen o no cantidades perjudiciales. Esta característica es importante controlarla ya que no se manifiesta dentro de los primeros meses después de vaciado el concreto, sino posteriormente y en forma expansiva.
- Desgaste de los Ángeles: Según García (1961); En esta prueba, un agregado de gradación específica se coloca en un tambor cilíndrico, montado horizontalmente, con una repisa interior. Se añade una carga de bolas de acero se rota el tambor un número determinado de revoluciones. Los tumbos y las caídas del agregado y de las bolas dan por resultado la abrasión y el rozamiento del primero.

Este ensayo combina los procesos de desgaste y abrasión, sus resultados muestran una buena correlación no sólo con el desgaste real del agregado en el concreto, sino con las resistencias a la flexión y compresión de concretos hechos con el mismo agregado.

2.6 DISEÑO DE MEZCLAS

Se le llama diseño de mezcla al procedimiento que permite realizar una estimación aproximada a las proporciones de los materiales que forman el concreto, a fin de obtener unas características específicas en el mismo. El principio básico para la dosificación es la ya conocida relación agua – cemento, la cual fue primeramente establecida por el profesor Abrams, del Lewis Institute, quien expresó: " para mezclas plásticas, con agregados limpios y de buena calidad, la resistencia y otra propiedades convenientes del concreto, en las condiciones dadas en la obra, es una función de las cantidades netas del agua de mezclado por unidad de cemento". Como se establece en su definición la aplicación de la ley de la relación agua – cemento está limitada a mezclas plásticas y a condiciones específicas de obra.

En este sentido, una mezcla plástica es aquella que mantiene una consistencia que puede ser fácilmente moldeada en una masa compacta y densa y si no responde a esta condición la resistencia no cumplirá con la relación establecida. En otras palabras puede decirse que no solamente se requiere que la calidad de la pasta (agua y cemento), sea la determinada por la relación agua – cemento sino también que la cantidad de la pasta deba ser tal que resulte la apropiada plasticidad. Esto significa que las mezclas no deben ser ni demasiado secas ni demasiado húmedas.

Las mezclas fluidas se segregan al manipularse y aquellas que son demasiado secas no pueden ser adecuadamente compactas. Aceptando, pues, la ley de la relación agua – cemento, universalmente consagrada, el procedimiento para dosificar una mezcla de concreto consistirá en

seleccionar la relación que produzca la resistencia y durabilidad requerida, y hallar la combinación más conveniente de los agregados que proporcionen la trabajabilidad necesaria cuando se mezclen con el cemento y agua en esa relación.

2.6.1 Métodos para Diseñar Mezclas de Concreto:

Existen métodos para diseñar mezclas de concreto, como por ejemplo: el del A. C. I. (American Concrete Institute), el de Pórtland Asociated, el de O' Reilly's y el Manual de Concreto Fresco de Porrero – Ramos – Grases – Velazco, el cual se utilizó como base para el desarrollo de este trabajo de grado.

Todos los métodos conocidos poseen sus ventajas y desventajas debido a que su aplicación se relaciona con las costumbres profesionales de cada zona. El método A.C.I. (American Concrete Institute) para dosificar mezclas de concreto, trata de conseguir una dosis de cemento lo más baja posible sin reducir ni la resistencia ni la trabajabilidad deseada, ya que éste es el material, más costoso que se involucra en el proceso.

El método contempla dos tipos de concreto: normal y pesado. El primero es empleado en obras de tipo urbano (edificios, casas, etc.); el segundo se utiliza en aquellas obras que por su importancia y tamaño necesitan de especificaciones fuera de lo común para determinar la dosificación de la mezcla, (tal es el caso de las obras marítimas, presas, plantas nucleares, etc).

Bajo otro contexto, en Venezuela el método utilizado se sustenta en la Ley de Abrams y en la Relación Triangular. Es por ello que se

consideró importante la necesidad de diseñar mezclas que se ajusten lo más conveniente y posible en las proporciones de los materiales empleados, los cuales se logran sólo con la elaboración de mezclas de prueba en el laboratorio, acompañado a su vez de un desarrollo teórico que contemple chequeo de resultados.

El conocimiento de la dosificación del concreto es fundamental pues permite conocer sus propiedades tales como: resistencia a los esfuerzos, durabilidad, trabajabilidad, etc.

Las dos condiciones principales que debe reunir un concreto son resistencia y durabilidad y de acuerdo a la clase de estructura deberá dosificarse para que satisfaga esas dos condiciones: la resistencia como función de las tensiones admisibles que se adapten, tanto sea a la compresión o a la flexión, o ambas según los requisitos del cálculo y la durabilidad para resistir la acción de los agentes exteriores. Una tercera condición, que sin ser tan fundamental como las anteriores es un importante factor, es la economía. Además de este factor existe aún otro impuesto por el hecho que durante la colocación del concreto, éste debe ser trabajable.

Estas cuatro condiciones: resistencia, durabilidad, economía y trabajabilidad son las que deben ser consideradas en la adecuada dosificación del concreto. Es decir, deberá ser colocable con el grado apropiado y con el aprovechamiento más económico de los materiales disponibles, así cuando finalmente haya endurecido, tenga la resistencia prevista a los esfuerzos considerados y a los agentes exteriores.

2.6.1.1 MÉTODO DE PORRERO-RAMOS-GRASES-VELAZCO

El método del Manual de Concreto Estructural es uno de los más utilizados hoy en día y se consideró como base para el desarrollo de este trabajo de grado, ya que permite obtener estimaciones muy aproximadas de las proporciones de los materiales que se emplearán en la fabricación del concreto. Se aplica en agregados pocos controlados y profesionales con relativa poca experiencia y considera como variables principales:

- Dosis de cemento.
- Trabajabilidad.
- Relación agua - cemento.

Las cuales se vinculan a través de dos leyes básicas fundamentales:

- Relación triangular
- Ley de Abrams.

Se toma en cuenta la influencia de variables de carácter general, como el tamaño máximo, tipo de agregado y calidad del cemento.

Este método no considera casos ocasionales como: incorporación de aire, presencia elevada de ultrafinos y empleo de más de dos agregados.

Dentro de las ventajas que se deben mencionar está el hecho que no limita la granulometría, ni a las proporciones de combinación de los agregados. La proporción entre agregado fino y grueso y la granulometría del agregado combinado, se establece de forma independiente del resto del procedimiento; lo cual hace posible modificar la relación Beta (β), sin tener que alterar las dosis del resto de los componentes. Además se aplica a concretos con asentamientos en el cono de Abrams entre 1" (2,5

cm) y 6 " (15 cm) y resistencias a la compresión entre 180 y 430 kgf / cm^2, medidas realizadas a los 28 días en probetas cilíndricas . No se aplica a mezclas con asentamientos nulos, concretos ultra resistentes, concretos pobres, para ellos se tendrán que aplicar otros métodos.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El procedimiento considera la dosis de cemento, la trabajabilidad, la relación alfa (α) y la resistencia de diseño, a través de dos leyes fundamentales que son: la Ley de Abrams y la Relación Triangular.

Con respecto a la Ley de Abrams, en el Manual de Concreto Estructural, según Porrero – Ramos – Grases y Velazco (2004); establecen: que la relación entre la resistencia del concreto y la relación agua / cemento (α), en peso, se expresa así:

$\alpha = a / C$

siendo: a = cantidad de agua (lts) o (kgf).

C = dosis de cemento (kgf)

Y la ley de Abrams:

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

Donde R = resistencia media esperada.

M y N son constantes que dependen de los materiales que conforman la mezcla y la edad del ensayo, así como la forma de ejecutarlo. Aplicando logaritmos a la expresión anterior queda:

$\log R = \log \text{ de } M - \alpha \log N$

En base a mezclas con agregado grueso de 25,4 mm de tamaño máximo, arena natural y ambos con superficie seca y cemento Pórtland tipo I, se obtienen:

$R_7 = 861,3 / 13,1^{\alpha}$

$R_{28} = 902,5 / 8,69^{\alpha}$

$R_{90} = 973,1 / 7,71^{\alpha}$

Cuyos subíndices indican la edad del ensayo y R la resistencia media a compresión en kgf/ cm^2.

Si lo que se busca es diseñar, se despeja α en función de R a través de la expresión:

$\alpha = 3,147 - 1,065 * \log R_{28}$ (kgf / cm^2).

Esta ley la utilizan todos los métodos de diseño de mezclas.

Por otra parte la Relación Triangular, relaciona la Trabajabilidad medida como asentamiento en el Cono de Abrams, la relación agua – cemento (α) y la dosis de cemento (C), se expresa:

$C = k * T^{n} / \alpha^{m}$

Siendo:

C = dosis de cemento. (kgf / m^3).

$\alpha = a / C$; relación agua – cemento en peso.

T = asentamiento en el cono de Abrams (cm).

K, m, n constantes que dependen de los materiales y las condiciones en que se elabora.

Aplicando logaritmo a la expresión anterior:

$\log C = \log k + n \log T - m \log \alpha$

Para agregado grueso con tamaño máximo de 25,4 mm, arena natural, ambos en condición saturado con superficie seca y cemento Pórtland tipo I, se tiene:

$C = 117{,}2 * T^{0{,}16} / \alpha^{1{,}3}$

$\log C = 2{,}069 + 0{,}16 \log T - 1{,}3 \log \alpha$

Esta última expresión se puede representar gráficamente para el diseño y obtener así la dosis de cemento requerida.

Posteriormente, en un segundo paso se emplean factores de corrección para variables de carácter general relacionadas con los agregados. (Ver tablas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) , disponibles para corregir α y C.

RELACIÓN BETA (β)

La relación Beta viene a ser un parámetro que permite regular la combinación entre los agregados involucrados en la mezcla, como son: la arena y el material grueso; a través de una función matemática que establece el cociente en peso entre el agregado fino y el agregado total.

Es importante resaltar que el valor de β debe ser seleccionado con mucho criterio, puesto que una mala escogencia puede derivar en dos situaciones:

1. Un incremento en el costo de la mezcla: si la combinación obtenida presenta mucho material grueso y sea poco trabajable, o que contenga mucho cemento y material fino, que genere problemas de retracción graves.

Tamaño máximo (mm)	6,35	9,51	12,7	19	25,4	38,1	50,8	64	76,1
Factor Kr	1,6	1,3	1,1	1,05	1	0,91	0,82	0,78	0,74

Cuadro 2.1. Factores para corregir a/c por tamaño máximo

Gruesos / Finos	Trirurados	Semitriturados	Canto Rodado Grava Natural
Arena Natural	1	0,97	0,91
Arena Triturada	1,14	1,1	0,93

Cuadro 2.2. Factores de correción de a/c por tipo de agregado

Tamaño máximo (mm)	6,35	9,51	12,7	19	25,4	38,1	50,8	64	76,1
Factor C1	1,33	1,2	1,14	1,05	1	0,93	0,88	0,85	0,82

Cuadro 2.3 Factores para corregir c por tamaño máximo

Gruesos / Finos	Triturados	Semitriturados	Canto Rodado Grava Natural
Arena natural	1	1,03	0,9
Arena triturada	1,28	1,23	0,96

Cuadro 2.4. Factores de corrección de c por tipo de agregado

2. Pérdida de la eficiencia esperada en la mezcla: la misma tenderá a desarrollar un comportamiento adaptado a las proporciones de los materiales que la constituyen.

Por las razones antes expuestas, la selección del valor β deberá estar determinado por dos factores muy importantes, que son: la economía y la uniformidad de la mezcla, lo que permitirá garantizar la calidad del concreto resultante.

El valor de la relación β se determina por medio de una gráfica que relaciona las granulometrías de los agregados involucrados, por medio de dos ejes paralelos con una escala de 1% al 100%, que representan los porcentajes de pasantes de cada tamiz. Ambos ejes son interceptados por otro eje horizontal de igual escala, que representa los valores posibles de β. El procedimiento consiste en ir uniendo los pasantes de cada agregado de igual tamiz, de manera de obtener líneas inclinadas sobre las cuales se irán señalando los límites de proporcionalidad recomendados según el tamaño máximo del agregado que se este empleando. Producto de esto se formaran trazos más gruesos sobre las líneas inclinadas determinando así la zona más crítica donde deberá buscarse el valor de β más ideal.

Porrero – Ramos – Grases y Velazco (2004), señalan que :

Un β inclinado hacia el lado de los finos, producirá concretos más estables a la segregación, recomendables para ser usados en sitios difíciles donde se requiere el bombeo para lograr el vaciado; pero resultan más caros por necesitar más cemento que recubra la mayor área superficial existente. Por el contrario los concretos con un β inclinado hacia el lado de los gruesos, resultan más inestables a la segregación,

menos trabajables y de apariencia pedregosa, apropiados para lugares de fácil acceso y colocación; pero considerando el costo del agregado grueso, tampoco resulta ser muy conveniente.

Las proporciones de los agregados se estiman luego de que se conocen los valores del agua de mezclado y la dosis de cemento de los pasos anteriores; mediante la relación Beta (β) y bajo la condición de que la suma de los volúmenes de todos los materiales involucrados (cemento, agua y agregados), sea igual a 1 m^3. Ello se logra con la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$\beta = 100 * \frac{A}{A + P}$$

Donde :

A = Cantidad de agregado fino.

P = Cantidad de agregado grueso.

$$\text{Vol.}_{\text{Piedra}} + \text{Vol.}_{\text{Arena}} + \text{Vol.}_{\text{Cemento}} + \text{Vol.}_{\text{Agua}} = 1\ m^3$$

Posteriormente, solo resta realizar las correcciones debidas al contenido de humedad y la absorción de los agregados involucrados en la mezcla. Los ajustes finales se consiguen con la elaboración de mezclas de prueba.

2.7 CRITERIOS ESTADÍSTICOS APLICADOS A LOS AGREGADOS

A los agregados utilizados para el desarrollo de este Trabajo de Grado se le aplicaron pruebas de réplicas y reproducibilidad en la mayoría de los ensayos ejecutados. El criterio de confiabilidad se desarrolló mediante la T de Student en un 95 % de confiabilidad, se utilizó este criterio porque se realizaron menos de 30 réplicas por ensayos.

El método se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Se hicieron caracterizaciones preliminares en el sitio, tales como: Granulometría, Peso Unitario, Textura, Forma y Color.
- Se tomaron diez (10) sacos de cada muestra y luego se seleccionaron seis (6) de manera aleatoria.
- Posteriormente se efectuaron seis (6) réplicas por ensayo y dos (2) de reproducibilidad.
- A cada ensayo efectuado se le calcularon los límites superiores e inferiores, estos valores indican las fronteras dentro de los cuales se esperan que los resultados de la población estén dentro de un 95 % de confiabilidad.
- En algunos casos se reportaron valores que necesitaban ser verificados y para decidir si se eliminaban o no, se utilizó la Q de Dixon.

Fórmulas de la T de Student

Límite Inferior:

$L_i = (X - t_{\delta s} * S / \sqrt{N})$

$L_s = (X + t_{\delta s} * S / \sqrt{N})$

Para 95 % de confiabilidad:

No de Ensayos	$t_{\delta s}$
3	4,3027
4	3,1825
5	2,7764
6	2,5706
7	2,4469
8	2,3646
9	2,3060
10	2,2622

Error:

$(S / \sqrt{N})$

Q de Dixon:

# Resultados	$(X_N - X_{N-1} / X_N - X_1) < 5\%$
3	0,941
4	0,765
5	0,642
6	0,560

7	0,567

Si los valores dan menores al 5% no se rechazan.

A los agregados utilizados se le aplicaron pruebas de réplicas y reproducibilidad, las cuales se indican a continuación en los cuadros 2.5 y 2.6.

Cuadro 2.5. Valores de Réplica y Reproducibilidad en Agregados Gruesos

	Agregados Gruesos	
Ensayos	**No. Réplica**	**No. Reproducib**
Granulometría	2	1
Peso Unit Suelto	6	2
Peso Unit Comp	6	2
Peso Específico	4	2
Absorción	4	2
Cont. Humedad	1	2
Disgregabilidad	1	-

Cuadro 2.6. Valores de Réplica y Reproducibilidad en Agregados Finos

	Agregados Finos	
Ensayos	**No. Réplica**	**No. Reproducib**
Granulometría	2	1
Peso Unit Suelto	6	2
Peso Unit Comp	6	2
Peso Específico	4	2
Absorción	4	2

CAPITULO III

3.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL

El presente trabajo ha seguido un esquema, en el cual se han aplicado diferentes ensayos experimentales con la finalidad de determinar las propiedades de los agregados gruesos y agregados finos provenientes de la ciudad de Maracay y zonas vecinas.

3.1.1 Se realizaron una serie de actividades, que se exponen a continuación:

1. Toma de las muestras en estudio de forma aleatoria en las principales canteras del Estado Aragua y Carabobo.
2. Identificación de los materiales mediante códigos previa aprobación obtenida por el FONACIT.
3. Almacenamiento de los agregados.
4. Caracterización de los agregados finos en base a los siguientes ensayos:

- Granulometrías.
- Peso específico y absorción.
- Peso unitario suelto y compacto.
- Determinación de impurezas orgánicas.
- Contenido de humedad total.

Caracterización de los agregados gruesos en base a los siguientes ensayos:

- Granulometrías.
- Peso específico y absorción.
- Peso unitario suelto y compacto.
- Desgaste de los ángeles.
- Cociente entre dimensión máxima y mínima.
- Contenido de humedad total.
- Disgregabilidad a los sulfatos.

5. Diseños de mezcla.
6. Elaboración y curado de los cilindros.
7. Ensayos de resistencia a la compresión y resultados.
8. Tratamiento estadístico de los resultados.

Estos ensayos fueron realizados basados en las Normas Covenin y como referencia las ASTM, las cuales se indican en Tabla No. 3.1 (Sistema de Control del Concreto y sus Componentes).

Una vez finalizados los ensayos de los materiales a utilizar y comprobar que cumplieron con las composiciones granulométricas deseadas para la mezcla (agregado grueso - tamaño máximo = 1" ; agregado fino – tamaño máximo = 3/4 "), se procedió al cálculo de los diseños, los cuales se basaron en los procedimientos establecidos en el Manual de Concreto Estructural (2004); que expresa: " la suma de los valores absolutos de todos los componentes de la mezcla, tiene que ser igual a un volumen de referencia, generalmente, un metro cúbico".

Con los ensayos granulométricos se determinaron los valores de Beta (β) correspondientes a cada una de las mezclas, por consiguiente, con ambas ecuaciones, se obtuvieron las cantidades en (m^3) a utilizar de cada uno de los componentes.

Se utilizó cemento Portland Tipo I, marca Lafarge, el cual fue donado por la misma empresa para este Trabajo de Grado.

Para la elaboración de la mezcla de concreto se utilizó una mezcladora de eje vertical con una capacidad de aproximadamente 6 cilindros de concreto. Debido a este volumen, los diseños se calcularon para elaborar 4 cilindros a la vez, normalizados de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto.

Tomando en cuenta que los agregados se encontraban al aire libre, se hizo la corrección por humedad mediante la Norma Covenin (272), y luego se calculó el agua de diseño.

Los equipos utilizados fueron:

- Cemento: Balanza de precisión $\pm$ 1 gr.
- Agregados: Balanza de precisión $\pm$ 1 gr.
- Agua: Cilindro de precisión 1ml.

3.2 EJECUCIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

Se ejecutaron los diseños con base a los siguientes procedimientos:

Para 400 kgf/m3 de cemento:

1) Se preparó la mezcladora para elaborar 4 cilindros.
2) Se colocó la piedra.
3) Se colocó la arena.
4) Se colocó el cemento.
5) Se mezclaron los materiales por 3 minutos y se agregó poco a poco el agua de diseño.
6) Se detuvo la mezcladora y se midió el asentamiento con el cono de Abrams.
7) Se añadió agua de nuevo y se mezcló por 1 minuto.
8) Se detuvo nuevamente la mezcladora y se midió el asentamiento.
9) Se añadió agua por última vez y se mezcló por 1 minuto.
10) Se detuvo la mezcladora y se tomó el asentamiento.
11) Concluido el procedimiento, se vació la mezcla de concreto en moldes cilíndricos, previamente limpios y aceitados en su interior, en porción de un tercio del volumen del cilindro, alternando con 25 golpes de barra normalizada para asegurar una compactación estándar. Por último se remató la cara para lograr una superficie lo más lisa posible.
12) Se dejaron los moldes durante 24 horas.
13) Se limpiaron los equipos utilizados, antes de ejecutar el siguiente mezclado.

Este procedimiento se realizó de manera idéntica para la elaboración de lotes de 4 cilindros con dosificaciones de 350 y 300 kgf/m^3 respectivamente.

3.3 CURADO DE LOS CILINDROS

Luego de transcurridas las 24 horas desde el vaciado, los cilindros se desencofraron e inmediatamente se sumergieron en piscinas para efectuar el proceso de curado, transcurridos los 28 días para cada muestra, éstas se sacaron del agua y se dejaron secar durante un tiempo mínimo de 6 horas para reducir el contenido de humedad a un valor constante.

3.4 ENSAYO DE LOS CILINDROS A COMPRESIÓN

El ensayo de los cilindros normalizados de concreto se realizaron bajo las Normas Covenin (338) y para ello se utilizó una prensa eléctrica con sistema pendular de cuatro escalas 15, 50, 100 y 150 Ton, Marca Libertest y se le aplicó la carga con una velocidad de 4 ± 1 $kg/cm^2/seg$. Previamente, las caras de los cilindros fueron rematadas con una mezcla de azufre y arena, la cual se denomina Caping, de manera de obtener uniformidad en la distribución de las fuerzas sobre la sección transversal del cilindro.

Por último se tomó la lectura de la carga admisible y se desechó el cilindro ensayado.

MATERIAL		ENSAYOS
AGREGADO	GRUESO	Granulometría (COVENIN 255)
		Peso Unitario (COVENIN 263)
		Peso Específico Y Absorción (COVENIN 269)
		Desgaste de los Ángeles (COVENIN 266)
		Humedad (COVENIN 272)
		Disgregabilidad a los Sulfatos (COVENIN 261)
	FINO	Granulometría (COVENIN 255)
		Peso Unitario (COVENIN 263)
		Peso Específico Y Absorción (COVENIN 269)
		Disgregabilidad a los Sulfatos (COVENIN 261)
		Materia Orgánica (COVENIN 256)
CONCRETO		Toma de Asentamiento (COVENIN 339)
		Método de Ensayo para Determinar la Resistencia a la Compresión del Concreto (COVENIN 338)

Cuadro No. 3.1. Sistema de Control del Concreto y sus Componentes

Cuadro No. 3.2. Origen de Agregados Gruesos

ORIGEN - DESTINO. AGR. GRUESO			
		CIUDAD	
COD.	CANTERA	MARACAY	VALENCIA
1.1	San Sebastián	√	
6.1	Magdaleno	√	
7	San Joaquín		√
7.2	San Joaquín		√
8.1	San Francisco de Asis	√	
8.2	San Francisco de Asis	√	

Cuadro No. 3.3. Origen de Agregados Finos

ORIGEN - DESTINO. AGR. GRUESO			
		CIUDAD	
COD.	CANTERA	MARACAY	VALENCIA
1.1.1.3	San Sebastián	√	
2.11	Carmen de Cura	√	
4.3.1	Carmen de Cura	√	
7.1	San Joaquín		√
7.3	San Joaquín		√
9.1	Vigirima		√
9.3	Vigirima		√

Se establecieron combinaciones de mezclas de agregados gruesos y finos para la elaboración de las probetas de concreto, las cuales se indican a continuación:

PERMUTA DISEÑO DE MEZCLA			
PIEDRA	**ARENA**	**DISEÑO**	**# CILINDROS**
1.1	7.1	A.1	10
6.1	7.1	A.2	12
6.1	7.3	A.3	12
6.1	9.1	A.4	11
7	1.1.1.3 + 2.11 + 4.3.1	A.5	12
7	9.3	A.6	12
7.2	7.1	A.7	12
8.1	7.1	A.8	11
8.1	7.3	A.9	12
8.2	9.1	A.10	8

Cuadro No. 3.4. Combinación de Agregados.

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Valores de Betas Utilizados para el diseño de Mezclas.

Por lo general, al diseñar una mezcla de concreto lo que se persigue es obtener un producto que sea resistente, trabajable, duradero y económico, pero no existen fórmulas que determinen directamente éstas características, ya que la naturaleza de los agregados varía dependiendo de su origen.

De allí la importancia de una gradación adecuada que nos brinde una manejabilidad razonable y una segregación mínima en la mezcla, pero esto se logra con un valor adecuado de β. Sin embargo, no existen reglas o fórmulas exactas porque dependen directamente de la forma, textura del agregado y de las particularidades del concreto que se desea obtener.

No obstante, existen indicadores que prueban que cuando se tiende hacia una granulometría donde predominan los finos (valores altos de β), se obtienen concretos poco propensos a la segregación, apropiados para el bombeo y sitios de difícil colocación pero económicamente más costosos porque requieren mayores dosis de cemento. Ahora bien, cuando la tendencia de los materiales se inclina

hacia los gruesos (valores bajos de β), los concretos son más económicos pero con tendencia a la segregación, apropiado par vaciados de fácil acceso y colocación, como fundaciones y pisos.

En este trabajo de grado se hicieron diversas pruebas con el objetivo de obtener valores adecuados en las mezclas en cuanto a: segregación, fluidez, relación agua – cemento, entre otras.

ANEXOS

AGREGADOS FINOS

	ARENERA 1			ARENERA 2.1			ARENERA 2.2		
ENSAYOS	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media
P.Unitario Suelto	1571	1680	1618	1580	1675	1645	1575	1625	1630
P.Unitario Comp	1796	1859	1817	1827	1869	1849	1780	1845	1825
Peso Específico	2,55	2,59	2,57	2,56	2,58	2,58	2,56	2,58	2,58
P.SS*	2,56	2,56	2,54	2,59	2,6	2,6	2,58	2,61	2,6
Absorción				1,06	1,12	1,08	1,1	1,22	1,15

	ARENERA 9.1			ARENERA 9.3			ARENERA 7.1		
ENSAYOS	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media
P.Unitario Suelto	1367	1603	1563	1414	1492	1460	1611	1645	1634
P.Unitario Comp	1621	1765	1712	1634	1692	1668	1765	1846	1792
Peso Específico	2,44	2,57	2,52	2,37	2,71	2,54	2,51	2,55	2,53
P.SS*	2,26	2,59	2,43	2,52	2,6	2,56	2,4	2,52	2,46
Absorción	0,2	1,16	0,58	0,75	1,15	1,05	0,95	1,2	1,13

	ARENERA 7.3		
ENSAYOS	L.Inferior	L.Superior	Media
P.Unitario Suelto	1508	1568	1538
P.Unitario Comp	1740	1794	1768
Peso Específico	2,47	2,57	2,52
P.SS*	2,51	2,61	2,56
Absorción	1,18	1,92	1,6

P.SS* : Peso Saturado con Superficie Seca.

GRANULOMETRÍAS	AGREGADOS GRUESOS									
	CÓDIGOS									
TAMIZ	1.1.2.5	1.1.2.5 B	1.2	1.2 B	1.2 C	1.2 D	1.2.2.33	1.2.2.33 B	1.2.2.33 C	1.2.2.33 D
2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2 "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	91,7	92,3	89,6	88,3	90,5	87,1	80,6	80,9	93,1	93,1
1/2"	32,5	35,9	37,3	31,8	40,1	36,2	29,1	33,6	25	25,1
3/8"	8,1	8,2	8,4	7,5	10,7	8,1	9,4	12,7	5,2	5,3
1/4"	1,2	0,8	0,9	0,7	0,7	1	1,9	2,6	0,8	0,9
# 4	0,8	0,6	0,6	0,3	0,7	0,7	1	1,5	0,5	0,5
FONDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAMIZ	1.2.3.23	1.2.3.23 B	1.2.5.7	1.2.5.7 B	6.1.1.3	6.1.2.3	6.1.2.3 B	6.1.2.3 C	7.2	7.2 B
2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2 "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	100	100	100	100	98,3	96,6	96,6	98,3	98	97,9
3/4"	92,7	84,7	93,3	92,5	84,1	73,8	73,7	84,1	60,2	60,5
1/2"	45,5	26,7	36	33,8	47,7	46,3	46,4	47,7	20,9	21
3/8"	18,5	3,6	6,9	6,2	13,5	21,4	21,4	13,5	4,6	4,5
1/4"	2,8	0,2	0,9	0,7	1,4	1,1	1	1,4	1,3	1,2
# 4	0,5	0,2	0,6	0,6	1,1	0,7	0,7	1,1	1	1
FONDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAMIZ	7.2.1.9	7.2.1.9 B	gp 7	gp 7 B	8.1.1.3	8.1.1.3 B	8.1.1.7	8.1.1.7 B	8.1.1.8	8.2.1.1
2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2 "	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1"	98,5	98,7	95,2	95,1	99,3	99	100	100	100	100
3/4"	77,1	77,1	68,7	68,6	79,3	79	78,4	78,3	57,5	81,7
1/2"	39,1	39,3	29,8	28,1	27,8	28,4	16,5	16,2	6,3	33,4
3/8"	9,9	10,1	9,4	9,2	6,5	7,1	4,3	3,9	1,5	11,8
1/4"	2,8	2,8	0,6	0,7	2,6	3	2,9	2,6	0,6	2,3
# 4	1,8	2,1	0,4	0,3	1,7	1,8	2,6	2,3	0,6	1,2
FONDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 2.7 Granulometrías Agregados Gruesos.

	AGREGADOS FINOS								
	CODIGOS								
TAMIZ	1.1.1.2	1.1.1.3	2.11	7.1.1.9	7.1.1.9 B	7.3.1.1	7.3.1.1 B	7.3.1.5	7.3.1.5 B
3/8"	95,4	97,9	99,6	94,3	89,9	100	100	100	100
1/4"	78,7	81,8	86,4	83,8	79,4	90,7	88,6	90,8	86,5
# 4	69,2	72,2	77,4	76,5	72	83,5	80,5	84,8	81,4
# 8	52,2	54,5	57,4	62	57,6	58,8	56,9	64,8	62,6
# 16	41,5	41,4	45,7	47,2	42,8	40,4	37,5	46,3	44,3
# 30	29	26,5	31,4	33,1	28,7	25,5	23,2	30	28,7
# 50	11,2	10,9	16,1	21,8	17,4	16,8	15,3	19,4	18,4
# 100	4,2	4,5	6,7	15,4	10,9	12	10,9	12,7	12
# 200	2,8	2,9	3,8	11,7	7,2	8,3	7,5	7,9	7,5
TAMIZ	7.3.1.7	7.3.1.7 B	7.3.1.8	9.3.1.3	9.3.1.3 B	9.3.1.6	9.3.1.6 B	9.3.1.7	9.3.1.7 B
3/8"	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1/4"	90,1	91,1	88,8	91,1	93,3	95,5	94,9	92,9	93,4
# 4	83,3	85	82,2	82,3	84,7	88	86,7	85,1	85,5
# 8	66,3	67	62,1	58,4	58,9	66,7	66,7	63	64,1
# 16	50,7	49,6	43,5	40,6	40,6	52,3	52,8	46,2	47
# 30	37,7	34,9	27,7	26,9	26,8	40	41,4	25,1	25,6
# 50	28,9	25,1	17	16,2	15,5	34,3	32	14,1	14,9
# 100	23,7	18,9	10,4	8,7	8	31,9	26,8	7,4	8,3
# 200	20	14,6	5,8	5,2	4,6	30,1	24,1	4,2	5,3
TAMIZ	9.1.1.1	9.1.1.1 B	9.1.2.1	9.1.2.4	9.1.2.4 B				
3/8"	100	100	100	100	100				
1/4"	93,6	97,8	98,7	97,3	94,7				
# 4	89,6	94,2	96,2	92	91				
# 8	75,3	79,6	81,9	74,5	73,7				
# 16	59,6	62,5	64,4	58	57,5				
# 30	46,1	47,9	48,9	43,2	42,9				
# 50	36,8	36,6	32,9	29,2	28,8				
# 100	27	26,6	17,4	14,9	14,6				
# 200	18,6	17,9	5,8	5,1	4,6				

Cuadro 2.8 Granulometrías Agregados Finos.

	AGREGADOS GRUESOS								
	CANTERA 1			CANTERA 2			CANTERA 4		
ENSAYOS	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media
P.Unitario Suelto	1411	1433	1420	1358	1425	1400	1340	1364	1350
P.Unitario Comp.	1423	1540	1531	1458	1561	1525	1490	1521	1503
Peso Específico	2,59	2,75	2,68	2,61	2,79	2,69	2,47	2,73	2,63
P.SS*	2,61	2,71	2,68	2,66	2,73	2,7	2,66	2,74	2,7
Absorción	0,35	0,99	0,62	0,22	1,07	0,5	0,2	1,14	0,76

Cuadro 2.9. Ensayos Efectuados a los Agregados Gruesos

	AGREGADOS GRUESOS								
	CANTERA 6			CANTERA 7			CANTERA 8		
ENSAYOS	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media	L.Inferior	L.Superior	Media
P.Unitario Suelto	1393	1415	1400	1242	1310	1300	1250	1340	1290
P.Unitario Comp.	1548	1587	1567	1403	1450	1427	1400	1525	1490
Peso Específico	2,49	2,87	2,65	2,4	2,59	2,5	2,51	2,64	2,59
P.SS*	2,62	2,68	2,66	2,51	2,62	2,56	2,57	2,68	2,63
Absorción	0,63	1,1	0,98	1,56	3,15	2,51	0,83	1,35	1,13

P.SS* : Peso Saturado con Superficie Seca.

Cuadro 2.10. Ensayos Efectuados a los Agregados Finos

				Piedra			Arena								
Código	Mezcla	Beta	Dosif (kg/m3)	Peso (kg)	W	Abs	Peso (kg)	W	Abs	C (kg)	Agua (kg)	Agua d (kg)	Alfa	T (cm)	T (pulg)
Prueba 1	8.1 + 7.1	0,49	400								4	3,67	0,43	6	2,36
Prueba 2	8.1 + 7.1	0,49	400								4,5	4,17	0,49	17,5	6,89
1.4.1	8.1 + 7.1	0,49	400												
1.4.2	8.1 + 7.1	0,49	400												
1.4.3	8.1 + 7.1	0,49	400												
1.4.4	8.1 + 7.1	0,49	400	19,24	0,01	0,62	19,28	0,028	1,130	8,48	5	4,67	0,55	19	7,48
Prueba 1	8.1 + 7.1	0,49	350								4	3,67	0,49	8	3,15
1.5.1	8.1 + 7.1	0,49	350												
1.5.2	8.1 + 7.1	0,49	350												
1.5.3	8.1 + 7.1	0,49	350	20,25	0,01	0,62	20,3	0,028	1,130	7,42	4,8	4,47	0,60	20	7,87
Prueba 1	8.1 + 7.1	0,49	300								3,5	3,17	0,50	4	1,57
Prueba 2	8.1 + 7.1	0,49	300								4,1	3,77	0,59	20	7,87
1.6.1	8.1 + 7.1	0,49	300												
1.6.2	8.1 + 7.1	0,49	300												
1.6.3	8.1 + 7.1	0,49	300												
1.6.4	8.1 + 7.1	0,49	300	20,03	0,01	0,62	20,08	0,028	1,130	6,36	4,5	4,17	0,66	23	9,06

Cuadro 2.11. Valores de Asentamiento y Trabajabilidad

				Piedra			Arena						
Código	Mezcla	Beta	Dosif (kg/m3)	Peso (kg)	W	Abs	Peso (kg)	W	Abs	C(kg)	Agua (kg)	Agua d (kg)	Alfa
Prueba 1	8.1 + 7.3	0,57	400								5,6	5,10	0,48
Prueba 2	8.1 + 7.3	0,57	400								6	5,50	0,52
1.7.1	8.1 + 7.3	0,57	400										
1.7.2	8.1 + 7.3	0,57	400										
1.7.3	8.1 + 7.3	0,57	400										
1.7.4	8.1 + 7.3	0,57	400	18,74	0,057	1,13	25,55	0,02	1,6	10,6	6,5	6,00	0,57
Prueba 1	8.1 + 7.3	0,57	350								5	4,50	0,49
Prueba 2	8.1 + 7.3	0,57	350								5,5	5,00	0,54
1.8.1	8.1 + 7.3	0,57	350										
1.8.2	8.1 + 7.3	0,57	350										
1.8.3	8.1 + 7.3	0,57	350										
1.8.4	8.1 + 7.3	0,57	350	19,44	0,057	1,13	26,9	0,02	1,6	9,27	6	5,50	0,59
Prueba 1	8.1 + 7.3	0,57	300								5,3	4,80	0,76
Prueba 2	8.1 + 7.3	0,57	300								5,8	5,30	0,83
1.9.1	8.1 + 7.3	0,57	300										
1.9.2	8.1 + 7.3	0,57	300										
1.9.3	8.1 + 7.3	0,57	300										
1.9.4	8.1 + 7.3	0,57	300	20,03	0,057	1,13	20,08	0,02	1,6	6,36	6,3	5,80	0,91

Cuadro 2.12. Valores de Asentamiento y Trabajabilidad

				Piedra			Arena								
Código	Mezcla	Beta	Dosif (kg/m3)	Peso (kg)	W	Abs	Peso (kg)	W	Abs	C(kg)	Agua (kg)	Agua d (kg)	Alfa	T (cm)	T (pulg)
Prueba 1	8.2 + 9.1	0,35	400								4,5	4,127	0,49	6	2,36
1.10.1	8.2 + 9.1	0,35	400												
1.10.2	8.2 + 9.1	0,35	400												
1.10.3	8.2 + 9.1	0,35	400												
1.10.4	8.2 + 9.1	0,35	400	23,3	0,023	1,13	17,79	0,087	0,58	8,48	5	4,627	0,55	19	7,48
Prueba 1	8.2 + 9.1	0,35	300								4,2	3,827	0,6	5,5	2,17
Prueba 2	8.2 + 9.1	0,35	300								4,6	4,227	0,66	15	5,91
1.11.1	8.2 + 9.1	0,35	300												
1.11.2	8.2 + 9.1	0,35	300												
1.11.3	8.2 + 9.1	0,35	300												
1.11.4	8.2 + 9.1	0,35	300	24,26	0,023	1,13	18,52	0,087	0,58	6,36	4,9	4,527	0,71	20	7,87

Cuadro 2.13. Valores de Asentamiento y Trabajabilidad

				Piedra			Arena								
Código	Mezcla	Beta	Dosif (kg/m3)	Peso (kg)	W	Abs	Peso (kg)	W	Abs	C(kg)	Agua (kg)	Agua d (kg)	Alfa	T (cm)	T (pulg)
Prueba 1	1 + 7.1	0,56	400								2,5	2,20	0,26	1	0,4
1.1.1	1 + 7.1	0,56	400												
1.1.2	1 + 7.1	0,56	400												
1.1.3	1 + 7.1	0,56	400	15,66	0,058	0,62	20,79	0,118	1,13	8,48	4,2	3,90	0,46	22	8,7
Prueba 1	1 + 7.1	0,56	350								3	2,70	0,36	6	2,4
Prueba 2	1 + 7.1	0,56	350								3,6	3,30	0,44	17,5	6,9
1.2.1	1 + 7.1	0,56	350												
1.2.2	1 + 7.1	0,56	350												
1.2.3	1 + 7.1	0,56	350												
1.2.4	1 + 7.1	0,56	350	16,48	0,058	0,62	21,89	0,118	1,13	7,42	4,4	4,10	0,55	21	8,3
Prueba 1	1 + 7.1	0,56	250								2,7	2,40	0,45	1	0,4
Prueba 2	1 + 7.1	0,56	250								3,7	3,40	0,64	11	4,3
1.3.1	1 + 7.1	0,56	250												
1.3.2	1 + 7.1	0,56	250												
1.3.3	1 + 7.1	0,56	250	17,02	0,058	0,62	22,59	0,118	1,13	5,3	4,2	3,90	0,74	20	7,9

Cuadro 2.14. Valores de Asentamiento y Trabajabilidad

				Piedra			Arena								
Código	Mezcla	Beta	Dosif (kg/m3)	Peso (kg)	W	Abs	Peso (kg)	W	Abs	C(kg)	Agua (kg)	Agua d (kg)	Alfa	T (cm)	T (pulg)
Prueba 1	7.2 + 7.1	0,49	400								4,5	3,94	0,46	3,5	1,4
Prueba 2	7.2 + 7.1	0,49	400								5	4,44	0,52	9	3,5
1.24.1	7.2 + 7.1	0,49	400												
1.24.2	7.2 + 7.1	0,49	400												
1.24.3	7.2 + 7.1	0,49	400												
1.24.4	7.2 + 7.1	0,49	400	18,42	0,165	2,55	18,81	0,465	1,13	8,48	5,3	4,74	0,56	17	6,7
Prueba 1	7.2 + 7.1	0,49	350								4,8	4,24	0,57	5	2,0
Prueba 2	7.2 + 7.1	0,49	350								5,3	4,74	0,64	12	4,7
1.25.1	7.2 + 7.1	0,49	350												
1.25.2	7.2 + 7.1	0,49	350												
1.25.3	7.2 + 7.1	0,49	350												
1.25.4	7.2 + 7.1	0,49	350	19,38	0,165	2,55	19,8	0,465	1,13	7,42	5,5	4,94	0,67	17,5	6,9
Prueba 1	7.2 + 7.1	0,49	300								3,9	3,34	0,52	5	2,0
1.26.1	7.2 + 7.1	0,49	300												
1.26.2	7.2 + 7.1	0,49	300												
1.26.3	7.2 + 7.1	0,49	300												
1.26.4	7.2 + 7.1	0,49	300	19,17	0,165	2,55	19,59	0,465	1,13	6,36	4,3	3,74	0,59	20	7,9

Cuadro 2.15. Valores de Asentamiento y Trabajabilidad

				Piedra			Arena								
Código	Mezcla	Beta	Dosif (kg/m3)	Peso (kg)	W	Abs	Peso (kg)	W	Abs	C(kg)	Agua (kg)	Agua d (kg)	Alfa	T (cm)	T (pulg)
Prueba 1	7 + Mez	0,5	400								5,4	4,63	0,55	8	3,1
Prueba 2	7 + Mez	0,5	400								6	5,69	0,67	10,5	4,1
1.21.1	7 + Mez	0,5	400												
1.21.2	7 + Mez	0,5	400												
1.21.3	7 + Mez	0,5	400												
1.21.4	7 + Mez	0,5	400	18,18	0,165	2,7	19,26	0,02	1,63	8,48	6,5	5,73	0,68	17	6,7
Prueba 1	7 + Mez	0,5	350								3,6	2,83	0,38	5	2,0
Prueba 2	7 + Mez	0,5	350								4	3,69	0,50	8	3,1
1.22.1	7 + Mez	0,5	350												
1.22.2	7 + Mez	0,5	350												
1.22.3	7 + Mez	0,5	350												
1.22.4	7 + Mez	0,5	350	19,13	0,165	2,7	20,27	0,02	1,63	7,42	4,4	3,63	0,49	12,5	4,9
Prueba 1	7 + Mez	0,5	300								4,2	3,43	0,54	2	0,8
1.23.1	7 + Mez	0,5	300												
1.23.2	7 + Mez	0,5	300												
1.23.3	7 + Mez	0,5	300												
1.23.4	7 + Mez	0,5	300	18,92	0,165	2,7	20,05	0,02	1,63	6,36	4,7	3,93	0,62	16	6,3

Cuadro 2.16. Valores de Asentamiento y Trabajabilidad

				Piedra			Arena								
Código	Mezcla	Beta	Dosif (kg/m3)	Peso (kg)	W	Abs	Peso (kg)	W	Abs	C(kg)	Agua (kg)	Agua d (kg)	Alfa	T (cm)	T (pulg)
Prueba 1	7 + 9.3	0,46	400								5,1	4,4	0,52	5,0	2,0
Prueba 2	7 + 9.3	0,46	400								5,5	4,8	0,57	9,0	3,5
1.27.1	7 + 9.3	0,46	400												
1.27.2	7 + 9.3	0,46	400												
1.27.3	7 + 9.3	0,46	400												
1.27.4	7 + 9.3	0,46	400	20,37	0,165	2,7	18,43	0,59	1,38	8,48	5,7	5,0	0,59	18,5	7,3
Prueba 1	7 + 9.3	0,46	350								4,5	3,8	0,52	11,0	4,3
1.28.1	7 + 9.3	0,46	350												
1.28.2	7 + 9.3	0,46	350												
1.28.3	7 + 9.3	0,46	350												
1.28.4	7 + 9.3	0,46	350	21,44	0,165	2,7	19,4	0,59	1,38	7,42	4,8	4,7	0,63	18,0	7,1
Prueba 1	7 + 9.3	0,46	300								4,3	3,6	0,57	2,5	1,0
Prueba 2	7 + 9.3	0,46	300								4,8	4,7	0,73	6,5	2,6
1.29.1	7 + 9.3	0,46	300												
1.29.2	7 + 9.3	0,46	300												
1.29.3	7 + 9.3	0,46	300												
1.29.4	7 + 9.3	0,46	300	21,21	0,165	2,7	19,19	0,59	1,38	6,36	5,2	4,5	0,71	8,5	3,3

Cuadro 2.17. Valores de Asentamiento y Trabajabilidad

Cod	Mezcla	Diámetro (cm)	D/2	Altura (cm)	Area (cm2)	Peso (kg)	Carga de Ruptura (kgf)	Rcc 28 días (kgf/cm2)
1.1.1	1 + 7.1	14,85	7,43	30	173,20	12,277	34400	199
1.1.2	1 + 7.1	14,90	7,45	29,95	174,37	12,272	36000	206
1.1.3	1 + 7.1	14,90	7,45	29,95	174,37	12,161	36000	206
1.2.1	1 + 7.1	14,90	7,45	29,9	174,37	12,314	35400	203
1.2.2	1 + 7.1	14,85	7,43	30	173,20	12,381	35400	204
1.2.3	1 + 7.1	14,90	7,45	30	174,37	12,313	34000	195
1.2.4	1 + 7.1	14,85	7,43	30	173,20	12,212	35000	202
1.3.1	1 + 7.1	14,95	7,48	30	175,54	12,109	18800	107
1.3.2	1 + 7.1	14,80	7,40	29,8	172,03	12,148	18600	108
1.3.3	1 + 7.1	14,75	7,38	29,9	170,87	12,121	19200	112
1.4.1	8.1 + 7.1	14,90	7,45	30	174,37	12,165	39200	225
1.4.2	8.1 + 7.1	14,95	7,48	29,8	175,54	12,1	40000	228
1.4.3	8.1 + 7.1	15,00	7,50	30	176,71	12,113	39600	224
1.4.4	8.1 + 7.1	14,90	7,45	31,45	174,37	12,258	41200	236
1.5.1	8.1 + 7.1	14,85	7,43	29,85	173,20	12,2	35000	202
1.5.2	8.1 + 7.1	14,80	7,40	30	172,03	12,2	34400	200
1.5.3	8.1 + 7.1	14,90	7,45	30	174,37	12,253	34800	200
1.6.1	8.1 + 7.1	14,85	7,43	29,85	173,20	12,091	25800	149
1.6.2	8.1 + 7.1	14,85	7,43	29,8	173,20	12,011	26000	150
1.6.3	8.1 + 7.1	14,80	7,40	28	172,03	12,071	25400	148
1.6.4	8.1 + 7.1	15,00	7,50	31,5	176,71	12,387	25600	145
1.7.1	8.1 + 7.3	15,00	7,50	30	176,71	12,171	43600	247
1.7.2	8.1 + 7.3	14,95	7,48	32	175,54	12,127	46600	265
1.7.3	8.1 + 7.3	14,95	7,48	32	175,54	12,2	45600	260
1.7.4	8.1 + 7.3	14,88	7,44	30,5	173,78	12,1	47400	273
1.8.1	8.1 + 7.3	14,90	7,45	29,9	174,37	12,052	43000	247
1.8.2.	8.1 + 7.3	14,88	7,44	30	173,78	12,035	42800	246
1.8.3	8.1 + 7.3	14,83	7,41	30	172,62	12,123	42600	247
1.8.4	8.1 + 7.3	14,93	7,46	29,5	174,95	12,067	42200	241
1.9.1	8.1 + 7.3	14,98	7,49	30	176,13	11,64	32400	184
1.9.2	8.1 + 7.3	14,85	7,43	29,95	173,20	11,933	33200	192
1.9.3	8.1 + 7.3	14,98	7,49	29,5	176,13	11,949	34200	194
1.9.4	8.1 + 7.3	14,95	7,48	30	175,54	12,008	42800	244
1.10.1	8.2 + 9.1	15,00	7,50	31,5	176,71	12,182	45400	257
1.10.2	8.2 + 9.1	14,73	7,36	32,5	170,29	12,273	43600	256
1.10.3	8.2 + 9.1	14,85	7,43	30	173,20	12,326	43400	251
1.10.4	8.2 + 9.1	15,50	7,75	33	188,69	12,242	44200	234
1.11.1	8.2 + 9.1	14,85	7,43	30	173,20	12,017	27200	157
1.11.2	8.2 + 9.1	15,50	7,75	31	188,69	12,068	27200	144
1.11.3	8.2 + 9.1	15,00	7,50	30	176,71	12,05	28000	158
1.11.4	8.2 + 9.1	14,95	7,48	31	175,54	12,011	29000	165
1.12.1	6.1 + 7.1	14,9	7,45	31	174,3662463	12,474	44600	256
1.12.2	6.1 + 7.1	14,95	7,475	31	175,538453	12,385	44600	254
1.12.3	6.1 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	12,354	46400	263
1.12.4	6.1 + 7.1	14,95	7,475	30,5	175,538453	12,368	45400	259
1.13.1	6.1 + 7.1	14,9	7,45	30	174,3662463	12,412	40800	234
1.13.2	6.1 + 7.1	14,9	7,45	31	174,3662463	12,451	41800	240
1.13.3	6.1 + 7.1	14,95	7,475	31	175,538453	12,485	42400	242
1.13.4	6.1 + 7.1	15	7,5	30,5	176,7145868	12,391	43200	244
1.14.1	6.1 + 7.1	14,95	7,475	28	175,538453	12,3	33000	188
1.14.2	6.1 + 7.1	14,8	7,4	29,5	172,0336137	12,256	34600	201
1.14.3	6.1 + 7.1	14,8	7,4	29	172,0336137	12,195	34600	201
1.14.4	6.1 + 7.1	15	7,5	29,9	176,7145868	12,145	35000	198
1.15.1	6.1 + 7.3	14,95	7,475	31,5	175,538453	12,495	50400	287
1.15.2	6.1 + 7.3	14,9	7,45	29	174,3662463	12,407	47000	270
1.15.3	6.1 + 7.3	15	7,5	29,5	176,7145868	12,424	50000	283
1.15.4	6.1 + 7.3	14,95	7,475	31	175,538453	12,5	49200	280
1.16.1	6.1 + 7.3	14,95	7,475	30	175,538453	12,29	44400	253

1.16.2	6.1 + 7.3	14,8	7,4	30	172,0336137	12,258	44200	257
1.16.3	6.1 + 7.3	14,95	7,475	28	175,538453	12,254	43600	248
1.16.4	6.1 + 7.3	15	7,5	28,3	176,7145868	11,79	45000	255
1.17.1	6.1 + 7.3	15	7,5	30	176,7145868	12,365	37000	209
1.17.2	6.1 + 7.3	15	7,5	30	176,7145868	12,422	37600	213
1.17.3	6.1 + 7.3	15	7,5	30	176,7145868	12,531	39000	221
1.17.4	6.1 + 7.3	15	7,5	30	176,7145868	12,311	42600	241
1.18.1	6.1 + 9.1	15,1	7,55	30,1	179,0786352	12,2	39400	220
1.18.2	6.1 + 9.1	15	7,5	30,1	176,7145868	12,27	42000	238
1.18.3	6.1 + 9.1	15	7,5	30,2	176,7145868	12,399	39000	221
1.18.4	6.1 + 9.1	15	7,5	30	176,7145868	12,416	40600	230
1.19.1	6.1 + 9.1	15,2	7,6	30,2	181,4583917	12,248	31200	172
1.19.2	6.1 + 9.1	15	7,5	30	176,7145868	12,3	31400	178
1.19.3	6.1 + 9.1	15,1	7,55	30	179,0786352	12,253	32800	183
1.19.4	6.1 + 9.1	15,1	7,55	30	179,0786352	12,312	30000	168
1.20.1	6.1 + 9.1	15,1	7,55	30,2	179,0786352	12,483	32000	179
1.20.2	6.1 + 9.1	15	7,5	30,1	176,7145868	12,702	31800	180
1.20.3	6.1 + 9.1	15	7,5	30	176,7145868	12,479	30800	174
1.21.1	7 + Mez	15,1	7,55	30,2	179,0786352	12,27	49000	274
1.21.2	7 + Mez	15	7,5	30,1	176,7145868	12,267	52400	297
1.21.3	7 + Mez	15	7,5	30,1	176,7145868	12,337	51000	289
1.21.4	7 + Mez	15,1	7,55	30,2	179,0786352	12,227	48800	273
1.22.1	7 + Mez	15	7,5	30	176,7145868	12,087	32200	182
1.22.2	7 + Mez	15	7,5	30	176,7145868	12,072	34200	194
1.22.3	7 + Mez	15	7,5	30	176,7145868	12,124	34600	196
1.22.4	7 + Mez	15	7,5	30,1	176,7145868	12,07	33600	190
1.23.1	7 + Mez	15	7,5	30	176,7145868	12,09	33800	191
1.23.2	7 + Mez	15	7,5	30	176,7145868	12,19	34000	192
1.23.3	7 + Mez	15	7,5	30	176,7145868	12,112	30400	172
1.23.4	7 + Mez	15	7,5	30	176,7145868	12,216	33800	191
1.24.1	7.2 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	12,065	41800	237
1.24.2	7.2 + 7.1	15	7,5	30,1	176,7145868	12,075	42200	239
1.24.3	7.2 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	12,045	40400	229
1.24.4	7.2 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	11,988	40400	229
1.25.1	7.2 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	12,021	31000	175
1.25.2	7.2 + 7.1	15,1	7,55	30	179,0786352	11,995	33200	185
1.25.3	7.2 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	12,098	32200	182
1.25.4	7.2 + 7.1	15,2	7,6	30,1	181,4583917	12,012	33400	184
1.26.1	7.2 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	12,011	30200	171
1.26.2	7.2 + 7.1	15,2	7,6	30,1	181,4583917	12,07	30800	170
1.26.3	7.2 + 7.1	15	7,5	30	176,7145868	12,078	29200	165
1.26.4	7.2 + 7.1	15,2	7,6	30,1	181,4583917	11,978	30800	170
1.27.1	7 + 9.3	15	7,5	30	176,7145868	11,97	35800	203
1.27.2	7 + 9.3	15	7,5	30,1	176,7145868	11,95	37600	213
1.27.3	7 + 9.3	15	7,5	30	176,7145868	11,955	36400	206
1.27.4	7 + 9.3	15	7,5	30	176,7145868	11,945	37200	211
1.28.1	7 + 9.3	15	7,5	30	176,7145868	12,057	31600	179
1.28.2	7 + 9.3	15	7,5	30	176,7145868	12,062	30600	173
1.28.3	7 + 9.3	14,9	7,45	32	174,3662463	12,072	31200	179
1.28.4	7 + 9.3	14,9	7,45	32	174,3662463	12,057	30400	174
1.29.1	7 + 9.3	14,9	7,45	30	174,3662463	12,953	23800	136
1.29.2	7 + 9.3	14,9	7,45	31	174,3662463	12,899	23400	134
1.29.3	7 + 9.3	15	7,5	29	176,7145868	12,87	23400	132
1.29.4	7 + 9.3	14,9	7,45	30	174,3662463	12,942	23200	133

1.5.4	0	0,000

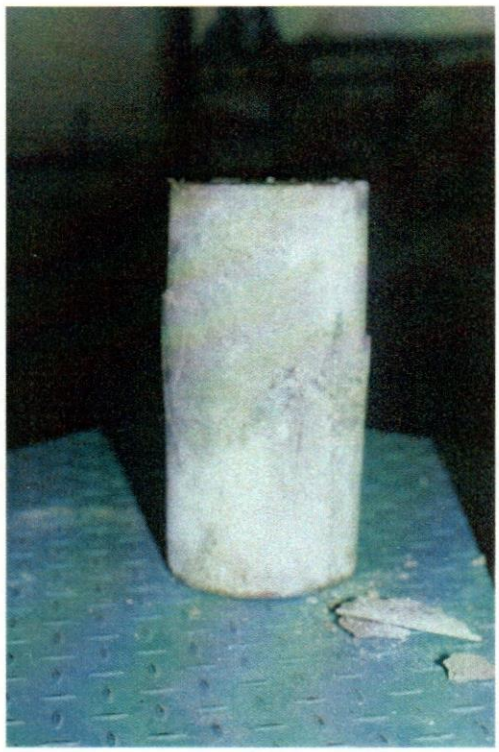


Figura 1. CILINDRO
ENSAYADO A COMPRESIÓN

Figura 2. CILINDROS PREVIOS AL ENSAYO DE COMPRESIÓN

Figura 3. FALLA DE CILINDRO SOMETIDO A ESFUERZO DE COMPRESIÓN

Figura 4. PISCINAS PARA EL CURADO DE LOS CILINDROS

Figura 5. CILINDRO ENSAYADO A COMPRESIÓN

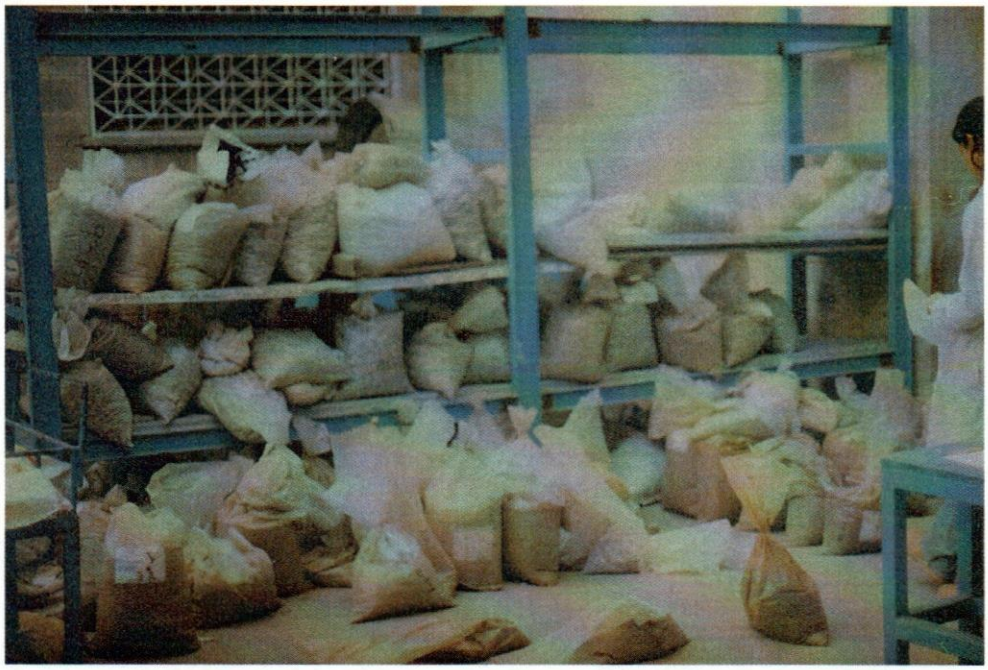


Figura 6. LUGAR DE ALMACENAMIENTO DE LOS AGREGADOS

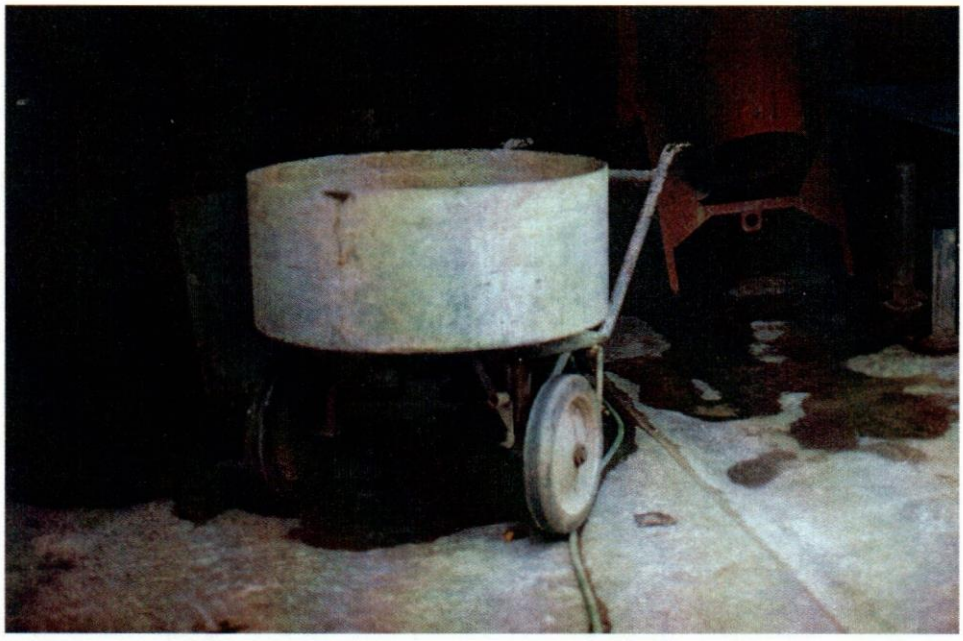


Figura 7. TOLVA DE MEZCLADO DE LOS MATERIALES

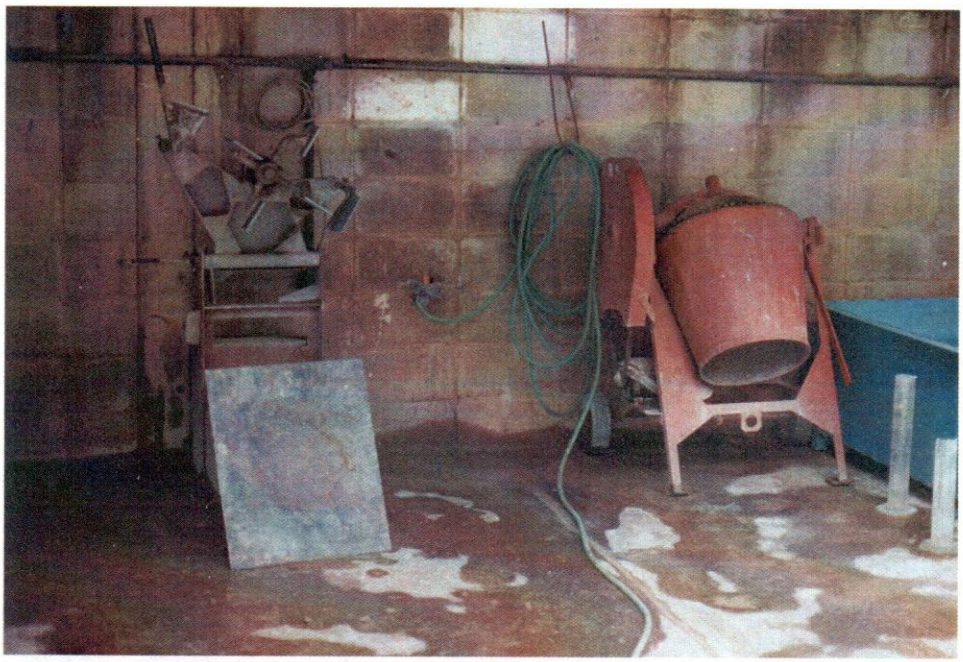


Figura 8. PALETAS DE LA MEZCLADORA Y PLANCHA (SOPORTE) PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO

Figura 9. CONCHAS USADAS PARA LOS ENSAYOS

Figura 10. PREPARATIVOS PARA EL DESENCOFRADO DE LOS CILINDROS

Figura 11. CONO DE ABRAMS, BARRA NORMALIZADA Y CUCHARAS

Figura 12. CILINDRO
SOMETIDO A ESFUERZOS DE
COMPRESIÓN SIN ESTALLAR

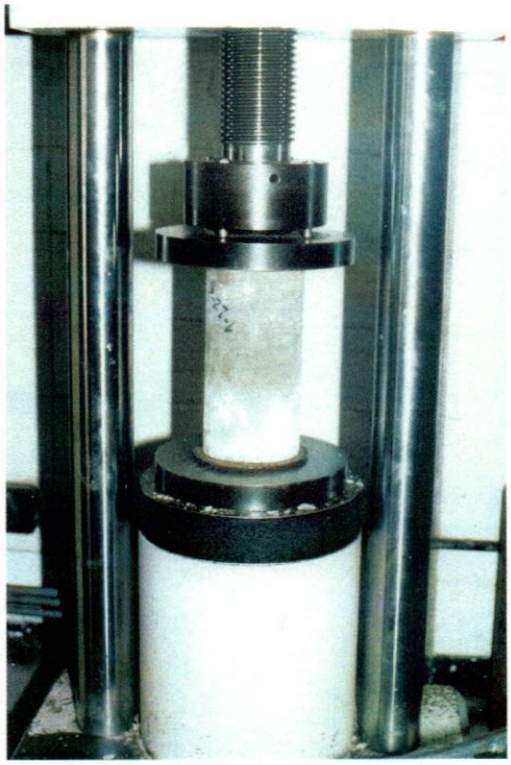


Figura 13. CILINDRO
SOMETIDO A COMPRESIÓN

Figura 14. FALLA DEL CILINDRO EN EL MOMENTO DE SER SOMETIDO A COMPRESIÓN

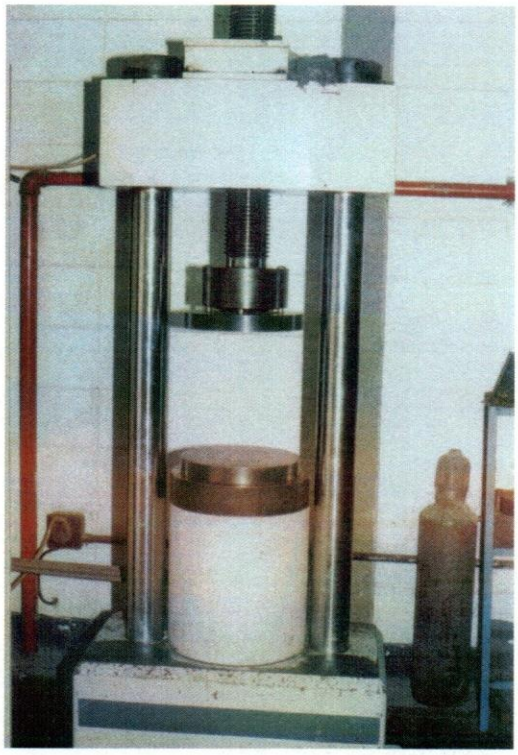


Figura 15. VISTA DE LA PRENSA HIDRÁULICA

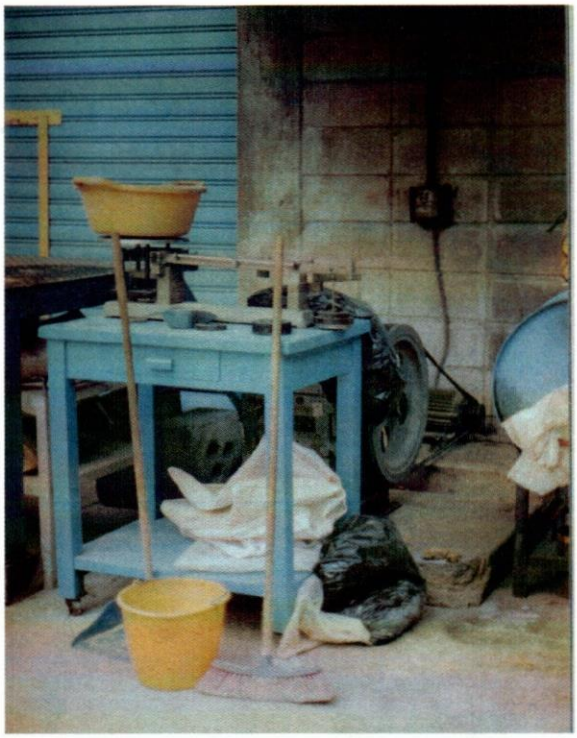


Figura 16. BALANZA, TARA E IMPLEMENTOS PARA MEDICIÓN DE AGREGADOS Y LIMPIEZA

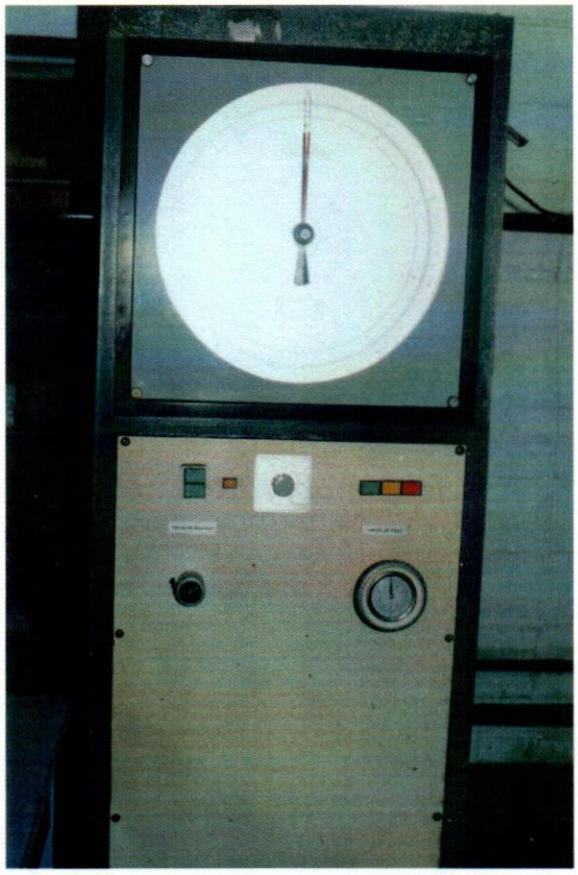
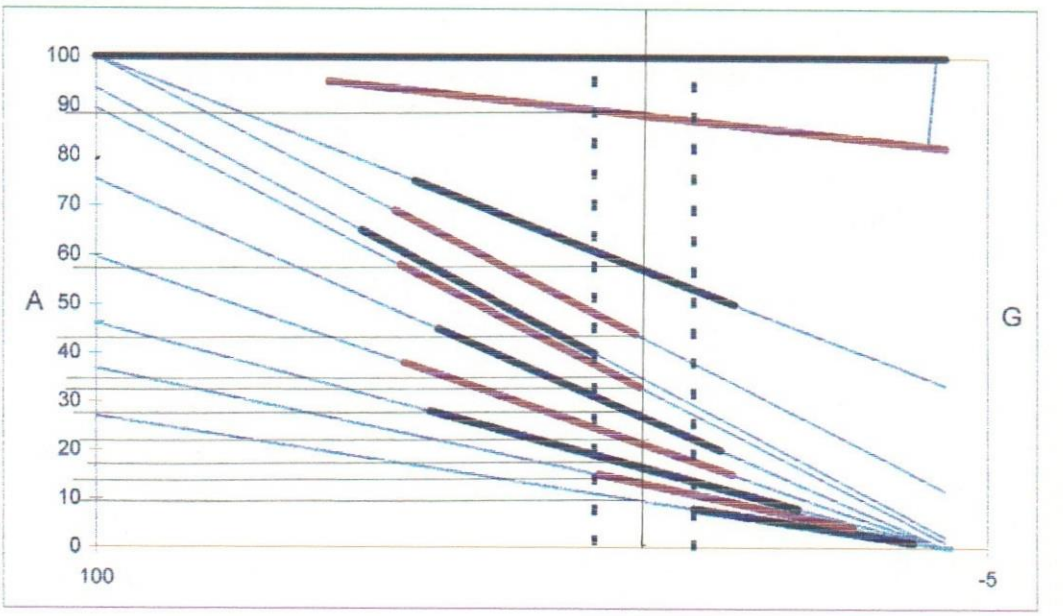
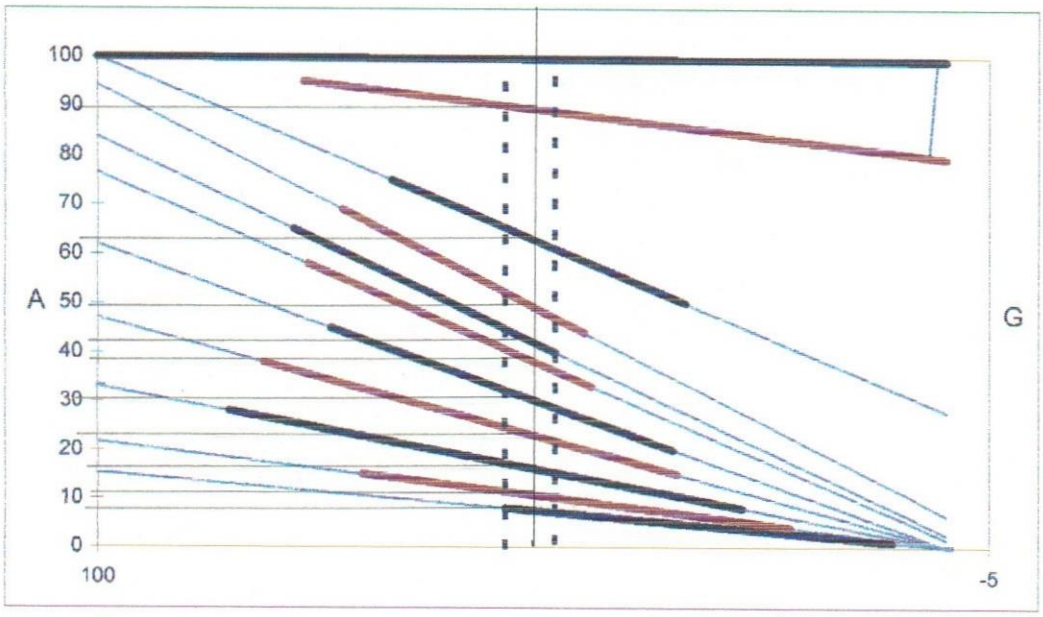


Figura 17. RELOJ LECTOR DE LOS ESTADOS DE CARGA O ESFUERZOS DE COMPRESIÓN



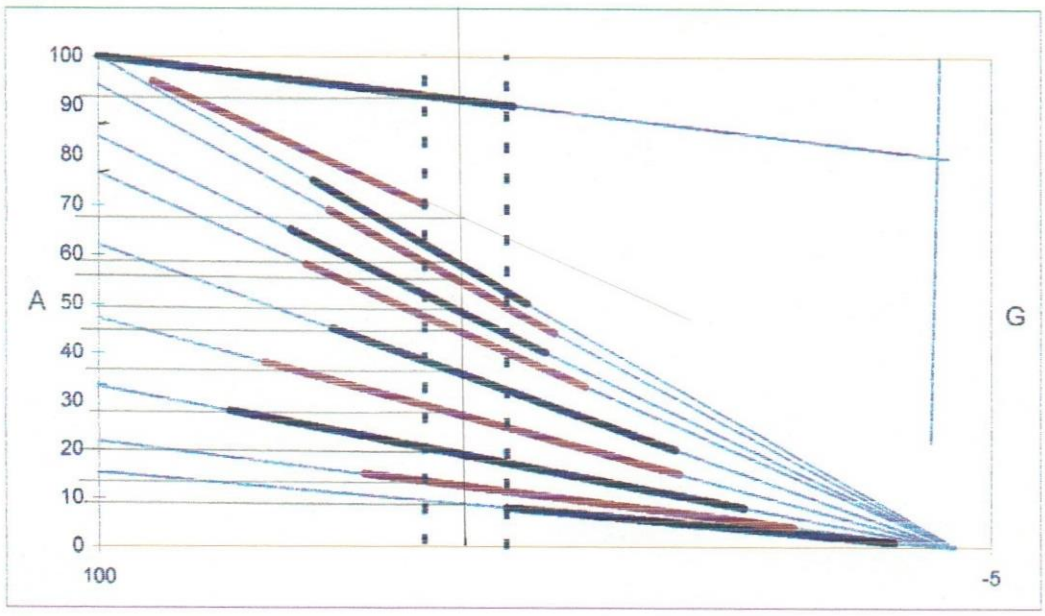
Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	29.63	0
		0.00	99.99	29.63	100
19.00	3/4"	72.68	95	β mín	
		0.00	81.7		
12.70	1/2"	62.46	75	41.29	1
		24.92	50	41.29	100
9.53	3/8"	64.85	69		
		36.51	44	β promedio	
6.35	1/4"	68.67	65		
		41.29	40	35.46	
4.76	# 4	64.25	58		
		35.97	33	β 1/4	
2.38	8	59.76	45		
		26.56	20	38.38	
1.19	16	63.76	38		
		25.17	15		
0.595	30	60.74	28		
		17.35	8		
0.298	50	40.76	15		
		10.87	4		
0.149	100	29.63	8		
		3.70	1		

Piedra 8.2.1.1 + 9.1.1.1



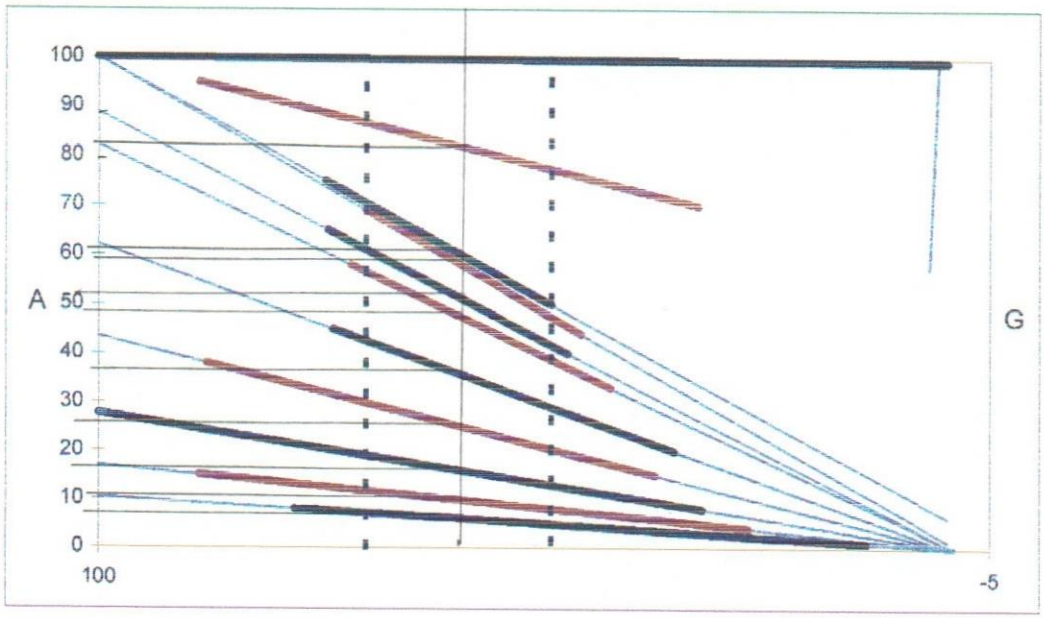
Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25,40	1"	100,00	100	51,95	0
		0,00	99,3	51,95	100
19,00	3/4"	75,85	95	β mín	
		0,00	79,3		
12,70	1/2"	65,37	75	46,06	1
		30,75	50	46,06	100
9,53	3/8"	71,18	69		
		42,71	44	β promedio	
6,35	1/4"	76,85	65		
		46,06	40	49,00	
4,76	# 4	75,27	58		
		41,84	33	β 1/4	
2,38	8	72,58	45		
		32,26	20	47,53	
1,19	16	80,51	38		
		31,78	15		
0,595	30	84,59	28		
		24,17	8		
0,298	50	68,81	15		
		18,35	4		
0,149	100	51,95	8		
		6,49	1		

Piedra 8.1.1.8 + 7.1.1.9



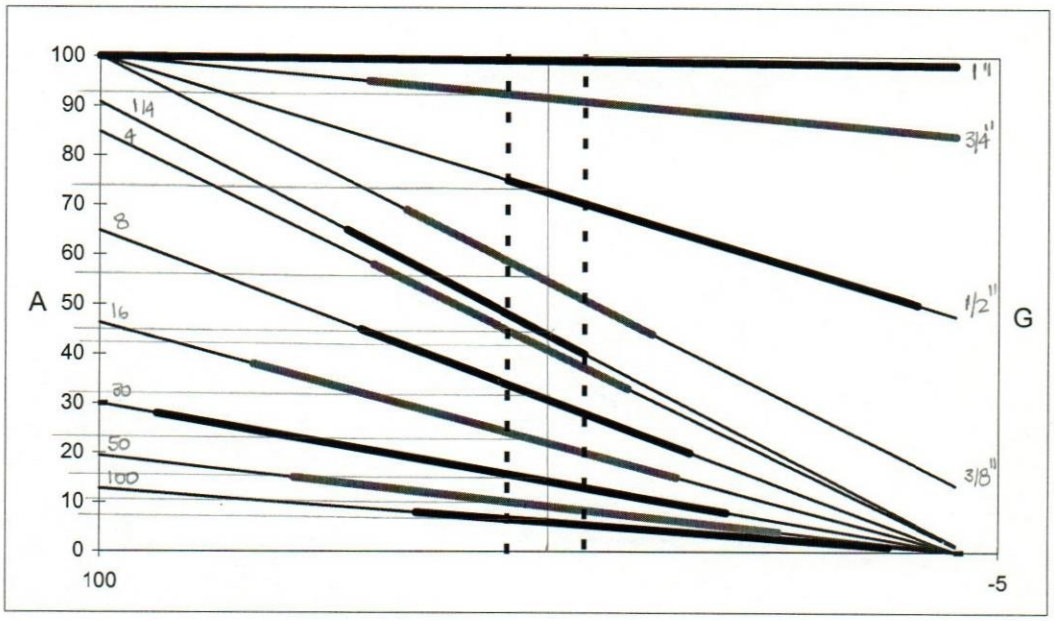
Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	51.95	0
		51.22	90	51.95	100
19.00	3/4"	93.62	95	β mín	
		61.73	70		
12.70	1/2"	74.77	75	61.73	1
		49.55	50	61.73	100
9.53	3/8"	73.03	69		
		46.38	44	β promedio	
6.35	1/4"	77.43	65		
		47.42	40	56.84	
4.76	# 4	75.66	58		
		42.76	33	β 1/4	
2.38	8	72.58	45		
		32.26	20	59.29	
1.19	16	80.51	38		
		31.78	15		
0.595	30	84.59	28		
		24.17	8		
0.298	50	68.81	15		
		18.35	4		
0.149	100	51.95	8		
		6.49	1		

Piedra 1.1.1.2 + 7.1.1.9



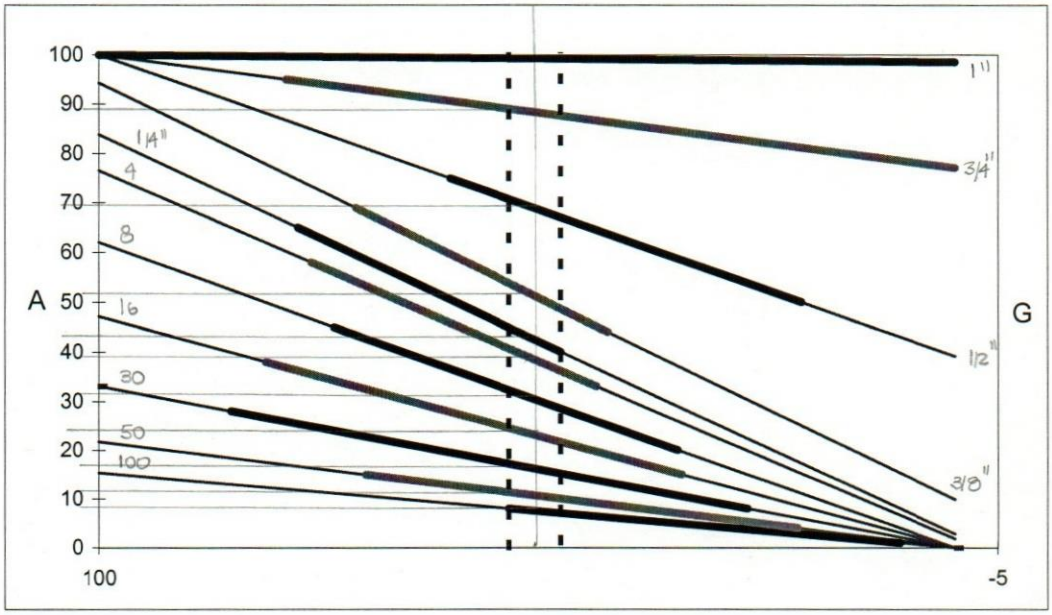
Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	68.53	0
		0.00	99.3	68.53	100
19.00	3/4"	88.24	95	β mín	
		29.41	70		
12.70	1/2"	73.32	75	46.64	1
		46.64	50	46.64	100
9.53	3/8"	68.53	69		
		43.15	44	β promedio	
6.35	1/4"	73.02	65		
		44.67	40	57.58	
4.76	# 4	70.34	58		
		39.71	33	β 1/4	
2.38	8	72.46	45		
		32.21	20	52.11	
1.19	16	87.36	38		
		34.48	15		
0.595	30	100.00	27.7		
		28.88	8		
0.298	50	88.24	15		
		23.53	4		
0.149	100	76.92	8		
		9.62	1		

Piedra 8.1.1.8 + 7.3.1.8



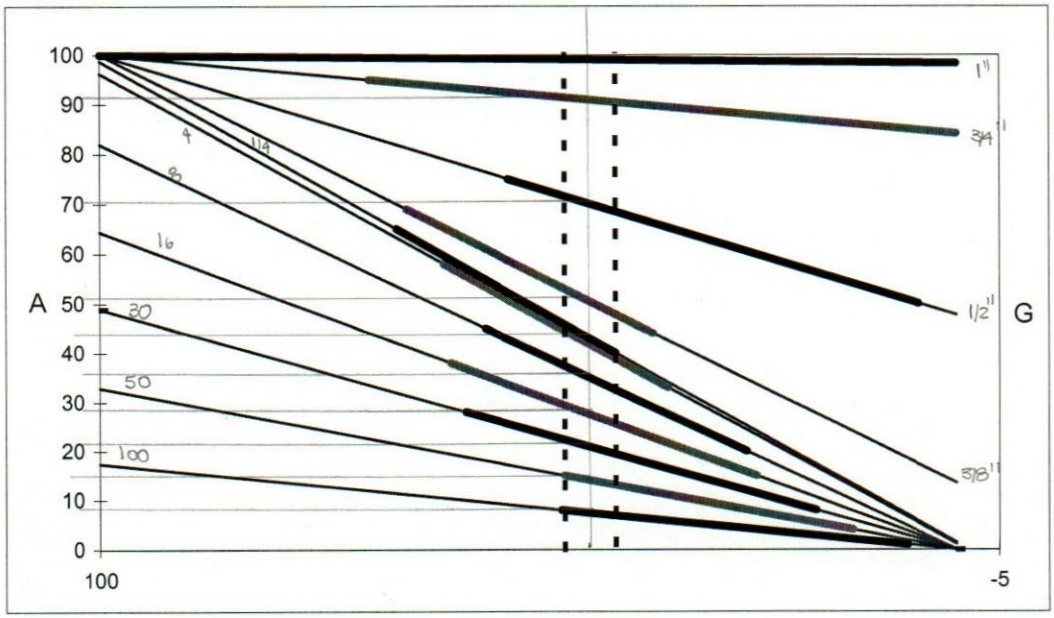
Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	52.20	0
		0.00	98.3	52.20	100
19.00	3/4"	68.55	95	β mín	
		0.00	84.1		
12.70	1/2"	52.20	75	43.18	1
		4.40	50	43.18	100
9.53	3/8"	64.16	69		
		35.26	44	β promedio	
6.35	1/4"	71.14	65		
		43.18	40	47.69	
4.76	# 4	67.98	58		
		38.11	33	β 1/4	
2.38	8	69.44	45		
		30.86	20	45.43	
1.19	16	82.07	38		
		32.40	15		
0.595	30	93.33	28		
		26.67	8		
0.298	50	77.32	15		
		20.62	4		
0.149	100	62.99	8		
		7.87	1		

Piedra 6.1.1.3 y Arena 7.3.1.5



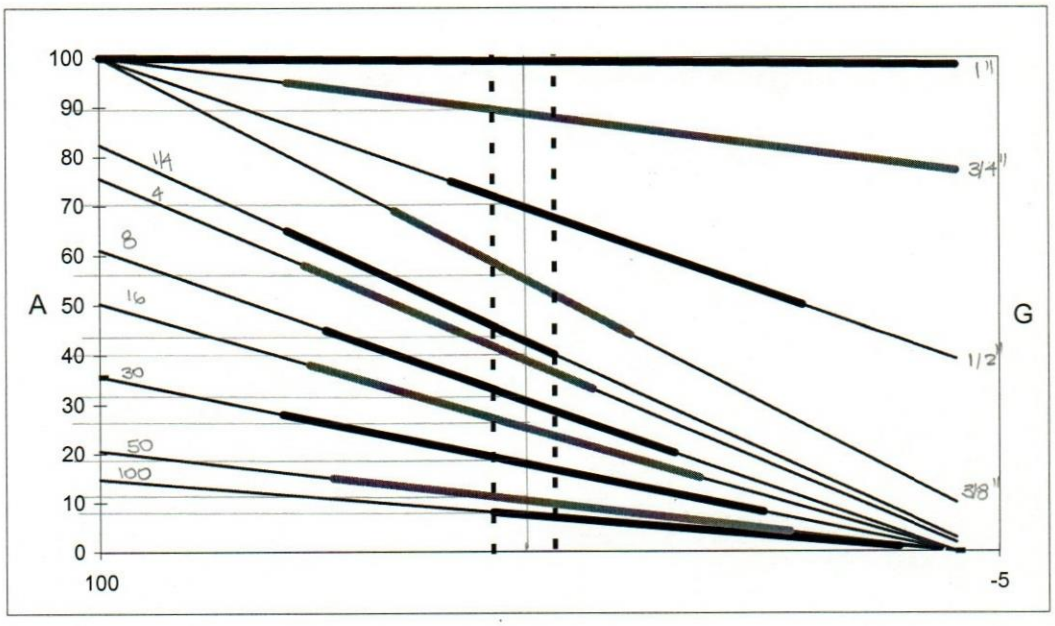
Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	51.95	0
		0.00	98.5	51.95	100
19.00	3/4"	78.17	95	β mín	
		0.00	77.1		
12.70	1/2"	58.95	75	45.93	1
		17.90	50	45.93	100
9.53	3/8"	70.02	69		
		40.40	44	β promedio	
6.35	1/4"	76.79	65		
		45.93	40	48.94	
4.76	# 4	75.23	58		
		41.77	33	β 1/4	
2.38	8	72.58	45		
		32.26	20	47.43	
1.19	16	80.51	38		
		31.78	15		
0.595	30	84.59	28		
		24.17	8		
0.298	50	68.81	15		
		18.35	4		
0.149	100	51.95	8		
		6.49	1		

Piedra 7.2.1.9 y Arena 7.1.1.9



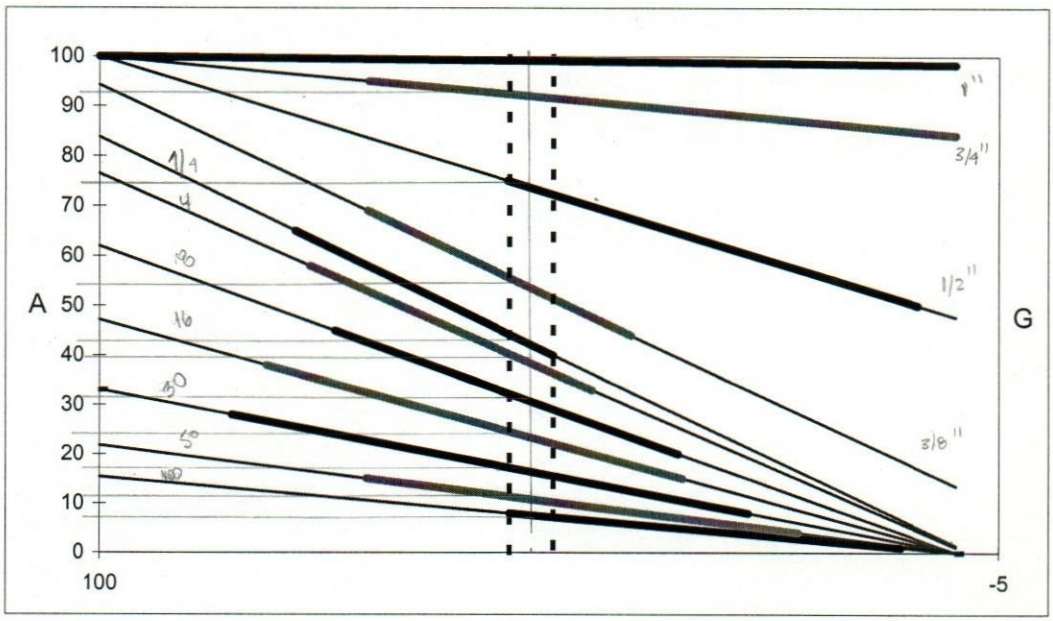
Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	45.59	0
		0.00	98.3	45.59	100
19.00	3/4"	68.55	95	β mín	
		0.00	84.1		
12.70	1/2"	52.20	75	39.67	1
		4.40	50	39.67	100
9.53	3/8"	64.16	69		
		35.26	44	β promedio	
6.35	1/4"	65.36	65		
		39.67	40	42.63	
4.76	# 4	59.83	58		
		33.54	33	β 1/4	
2.38	8	54.95	45		
		24.42	20	41.15	
1.19	16	59.01	38		
		23.29	15		
0.595	30	57.26	28		
		16.36	8		
0.298	50	45.59	15		
		12.16	4		
0.149	100	45.98	8		
		5.75	1		

Piedra 6.1.1.3 y Arena 9.1.2.1



Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	54.05	0
		0.00	98.5	54.05	100
19.00	3/4"	78.17	95	β mín	
		0.00	77.1		
12.70	1/2"	58.95	75	46.73	1
		17.90	50	46.73	100
9.53	3/8"	65.59	69		
		37.85	44	β promedio	
6.35	1/4"	78.14	65		
		46.73	40	50.39	
4.76	# 4	76.15	58		
		42.28	33	β 1/4	
2.38	8	73.65	45		
		32.73	20	48.56	
1.19	16	75.55	38		
		29.82	15		
0.595	30	78.65	28		
		22.47	8		
0.298	50	72.82	15		
		19.42	4		
0.149	100	54.05	8		
		6.76	1		

Piedra 7.2.1.9 y Arena mezclas



Abertura (mm)	Tamiz	1" x	1" y	β máx	
25.40	1"	100.00	100	51.95	0
		0.00	98.3	51.95	100
19.00	3/4"	68.55	95	β mín	
		0.00	84.1		
12.70	1/2"	52.20	75	46.84	1
		4.40	50	46.84	100
9.53	3/8"	68.69	69		
		37.75	44	β promedio	
6.35	1/4"	77.18	65		
		46.84	40	49.40	
4.76	# 4	75.46	58		
		42.31	33	β 1/4	
2.38	8	72.58	45		
		32.26	20	48.12	
1.19	16	80.51	38		
		31.78	15		
0.595	30	84.59	28		
		24.17	8		
0.298	50	68.81	15		
		18.35	4		
0.149	100	51.95	8		
		6.49	1		

Piedra 6.1.1.3 y Arena 7.1.1.9

BIBLIOGRAFÍA

Barcala, M. (1994). **Estudio Comparativo entre la Piedra Picada Caliza y el Canto Rodado Triturado en Mezclas de Concreto, f´c: 250 kg**/cm^2.Trabajo Especial de Grado no publicado, Instituto Universitario Politécnico de las Fuerzas Armadas Nacionales. Caracas.

Cassinello, F. (1974). **Construcción - Hormigonería**. Madrid: Editorial Rueda.

García, B, J. (1961). **Método para la Dosificación de Hormigones**. Caracas: Gráfica Americana.

González, De J, C. (1980). **Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas**. Caracas: Ediciones Foninves.

Neville, A., y Brooks, J. (1998). **Tecnología del Concreto**. (1era edición). México: Editorial Trillas.

Porrero, J., Ramos, C., Grases, J y Velazco, G. (2004). **Manual del Concreto Estructural**. (1era edición). Caracas: Editado por SIDETUR.

Comisión Venezolana de Normas Industriales. **Evaluación en los Ensayos de Resistencia del Concreto**. Caracas: Fondonorma.