



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL LLENADO DE CILINDROS DE CONCRETO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tutor: Ing. Francisco Soto

Autores: Brs. Sandoval F. Lisbeth A.
Villarroel C. Aura J.

Bárbula, Mayo de 2.011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS



DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL LLENADO DE CILINDROS DE CONCRETO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para
optar al Título de Ingeniero Civil

Tutor: Ing. Francisco Soto

Autores: Brs. Sandoval F. Lisbeth A.
Villarroel C. Aura J.

Bárbula, Mayo de 2.011



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Nosotros los abajo firmantes, miembros del Jurado designados por el Consejo de Escuela para evaluar el Trabajo Especial de Grado Titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL LLENADO DE CILINDROS DE CONCRETO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN”**. Realizado por los Brs. Aura J. Villarroel C.; C.I: 18.433.801 y Lisbeth A. Sandoval F.; C.I: 18.503.716 hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Francisco Soto

Prof. Laine Barrios

Prof. Betsy Parra

DEDICATORIA

Este trabajo de grado, que representa uno de los logros más importantes de mi vida, se lo quiero dedicar a:

- Dios, por ser guía, mi sustento, por concederme la oportunidad de estudiar en la Universidad y en la carrera que siempre quise estudiar.

- Mis padres: por su amor, por su apoyo y comprensión, por formar en mí la persona que ahora soy. Gracias a ti siempre fui buena estudiante mamá. Gracias a ti siempre fui constante papá. Este triunfo también es de ustedes. Los amo.

- Mi familia Sandoval y mi familia Flores, especialmente a todos aquellos que siempre estuvieron pendiente de mí en el transcurso de la carrera.

- Mi primo José Luis † y a mis abuelos Félix† y Eugenio†, que aunque ya no estén aquí me hubiese gustado compartir este momento de mi vida con ustedes y sé que a ustedes también. Los extraño.

- Mis amigos de San Carlos, esos que en algún momento me brindaron palabras de aliento para seguir adelante y con los que pasé muy buenos momentos durante mi vida universitaria; en especial a Josimar, a Lorena y a Mariangela por estar siempre ahí para darme el apoyo que necesitaba.

- Mis compañeros de la UC que siempre fueron súper panas conmigo, en especial a Geraldine y a Rebeca, por su amistad y atenciones; a Fabiola y a Stefan; por los buenos momentos compartidos; y a Jessica, porque teniendo la misma

proveniencia sabemos que nos costó ser perseverantes para triunfar. ¡Un especial agradecimiento a todos por haberme alimentado en muchas ocasiones en sus hogares!

- Mi compañera de tesis Aura, por su paciencia y atenciones; por brindarme varias veces su casa para estudiar y por compartir conmigo esta etapa tan importante de nuestras vidas.

- A la Sra. Silvana, no sólo por permitirme residenciarme en su casa en los últimos semestres de la carrera sino por haber sido como una segunda madre durante mi estadía allí.

- A la UC por darme la oportunidad de ser miembro de ella.

Lisbeth A. Sandoval F.



DEDICATORIA

Primeramente a Dios, quien me ha permitido culminar esta etapa de mi vida, por ponerme en este camino con las personas correctas que han venido a formar parte de mi vida.

A mis padres, quienes siempre han estado a mi lado, son cortas las palabras para decirles cuanto los quiero y admiro. Este triunfo definitivamente también es de ustedes y para ustedes. Gracias por brindarme todas las herramientas para cumplir esta meta.

A los cuatro angelitos que tengo en el cielo; abuela desde el cielo me bendices, tus muchachas ya están grandes y dos de ellas ya son profesionales, se que tu felicidad debe ser infinita; tíos, siempre están presentes en mi; Kary-Kary algún día nos encontraremos y construiremos un palacio en el cielo.

A mis tíos, quienes de alguna manera ayudaron a mi formación.

A Cecilia y Gabriela, quienes me han permitido conocer el significado de la palabra “Hermanas”.

A Stefan, por estar presente y compartir este largo camino conmigo, era nuestra meta y la logamos. Gracias por el apoyo en todo momento y por esa paciencia que me tienes.

A Lisbeth, por permitirme culminar esta meta junto a ella, gracias por la amistad y por el apoyo en todo momento.

Al gran grupo de estudio, Fabi, Pedro, Caro, Marco, por los momentos de apoyo y algunos de desmoño. Pero la experiencia ha sido única chicos. Se les quiere y aprecia Ingenieros.

Aura J. Villarroel

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por darnos la oportunidad de culminar esta etapa en nuestras vidas y por haber sido nuestro sustento en todo momento durante la carrera.
- A Nuestros Padres, por ser nuestro apoyo en cada instante de nuestras vidas, por siempre estar ahí cuando más los necesitábamos.
- Al Ing. Francisco Soto, por brindarnos su tiempo, paciencia y orientación para poder realizar este trabajo.
- Al Ing. Alejandro Pocaterra, por su apoyo, su tiempo y sus atenciones que nos permitieron cumplir con nuestro objetivo.
- A nuestra casa de estudio, por convertirse en nuestra segunda casa y brindarnos sus espacios para desarrollarnos académicamente.
- A todos aquellos compañeros que una u otra forma nos ayudaron durante la elaboración de los ensayos y redacción de este trabajo.
- A los técnicos del laboratorio, por habernos asesorado en la ejecución de los ensayos.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS



Autores: Sandoval F. Lisbeth A.
Villarroel C. Aura J.
Tutor: Soto Francisco
Mayo 2011

RESUMEN

Muchas veces en las obras o en las empresas dedicadas a la fabricación de concreto premezclado, al momento de tomar las muestras puede que éstas no sean compactadas como lo establece la norma COVENIN 338:2002. “Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto”. Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia del llenado de cilindros en la resistencia a la compresión. La misma es de tipo descriptiva y en su desarrollo se realizaron estudios estadísticos para determinar la cantidad de mezclas y cilindros con el fin de obtener resultados más confiables. De igual forma los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Universidad de Carabobo bajo un estricto cumplimiento de la normativa venezolana. Para el desarrollo de esta investigación se determinó el uso de agregados finos y gruesos provenientes en su mayoría de canteras ubicadas en el Estado Carabobo, luego se procedió con la combinación de estos y así determinar el diseño de mezcla correspondiente a los 4 diseños planteados: M1: $210\text{Kg}/\text{cm}^2$ - 6”, M2: $210\text{Kg}/\text{cm}^2$ - 4”, M3: $250\text{Kg}/\text{cm}^2$ - 6” y M4: $250\text{Kg}/\text{cm}^2$ - 4”; obteniéndose gráficos comparativos en el que se percibieron las diferencias entre los resultados de la resistencia a la compresión de los cilindros compactados y no compactados, teniendo que con las proporciones calculadas, y para los experimentos aquí realizados, en promedio, si no se compactan los cilindros la resistencia a la compresión del concreto disminuye alrededor de un 50% en comparación con los cilindros que si fueron llenados como lo indica la Norma antes mencionada.

Descriptores: Cilindros, Compactación, Concreto, Resistencia a la Compresión.

INDICE GENERAL

Dedicatorias.....	i
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Gráficas.....	x
Índice de Figuras y Tablas.....	xii
Introducción.....	1

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación de la Investigación.....	7
1.5 Alcances y Limitaciones.....	9

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación.....	10
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.2.1 Concreto.....	12
2.2.2 Control de Calidad del Concreto.....	12
2.2.3 Componentes del Concreto.....	14

Agregados.....	14
- Granulometría.....	15
-Tamaño Máximo.....	19
- Modulo de Finura.....	20
- Humedad.....	21
- Absorción.....	22
- Peso Especifico.....	23
Cemento.....	24
Agua.....	26
2.2.4 Diseño de Mezclas.....	27
Método de Diseño de Mezcla del C.C.C.A.....	27
2.2.5 Trabajabilidad.....	36
2.2.6 Compactación.....	37
2.2.7 Resistencia a la Compresión.....	38
2.2.8 Evaluación Estadística del Concreto.....	40

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de Investigación.....	42
3.2 Diseño de la Investigación.....	42
3.3 Población y Muestra.....	43
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	48
3.4.1 Selección de los Materiales.....	41
3.4.2 Toma de Muestras.....	50
3.4.3 Ensayos de Agregados.....	51
3.4.4 Preparación de Mezclas.....	52
3.5 Análisis de Datos.....	54

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Ensayos de Agregados.....56

4.2 Diseño de	
Mezcla.....	68
4.3 Ensayos a	
Compresión.....	86
Resultados.....	
.....	90

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	
Conclusiones.....	1
18	
5.2	
Recomendaciones.....	1
21	
Bibliografías.....	
....	122
Normas	
Consultadas.....	124
Anexos.....	
...	126



INDICE DE GRAFICAS

Grafica N°1. Limites Granulométricos para Tamaño Máximo Nominal 1”y 2”.....	57
Grafica N°2. Ensayo de Granulometría Agregado Grueso (1er Muestreo).....	60
Grafica N°3. Ensayo de Granulometría Agregado Fino (1er Muestreo).....	60
Grafica N°4. Ensayo de Granulometría Agregado Grueso (2do Muestreo).....	63
Grafica N°5. Ensayo de Granulometría Agregado Fino (2do Muestreo).....	63
Grafica N°6. Ensayo de Granulometría Agregado Grueso (3er Muestreo).....	66
Grafica N°7. Ensayo de Granulometría Agregado Fino (3er Muestreo).....	66
Grafica N°8. Ensayo de Granulometría Agregado Grueso (4to Muestreo).....	68
Grafica N°9. BETA (1er Muestreo).....	75
Grafica N°10. BETA (2do Muestreo).....	78
Grafica N°11. BETA (3er Muestreo).....	81
Grafica N°12. BETA (4to Muestreo).....	85
Grafico N°13. Resultados de la muestra M1-1.....	90
Grafico N° 14. Resultados de la muestra M1-2.....	90
Grafico N°15. Resultados de M1 (Basados en el 1er Criterio COVENIN 1753:2006).....	92
Grafico N° 16. Resultados de M1 (Basados en el 2do Criterio COVENIN 1753:2006).....	92
Grafico N° 17. Histograma de Frecuencia de los Cilindros Compactados de M1.....	93
Grafico N° 18. Histograma de Frecuencia de los Cilindros No Compactados de M1.....	94
Grafico N° 19. Histograma de Frecuencia de la Proporción n’/n de M1.....	95
Grafico N°20. Resultados de la muestra M2-1.....	97
Grafico N° 21. Resultados de la muestra M2-2.....	97
Grafico N° 22. Resultados de M2 (Basados en el 1er Criterio COVENIN 1753:2006).....	99



Grafico N°23. Resultados de M2 (Basados en el 2do Criterio COVENIN 1753:2006).....
.....99

Grafico N° 24. Histograma de Frecuencia de los Cilindros Compactados de M2.....100

Grafico N° 25. Histograma de Frecuencia de los Cilindros No Compactados de M2.....1
01

Grafico N° 26. Histograma de Frecuencia de la Proporción n'/n de M2.....102

Grafico N°27. Resultados de la muestra M3-1.....104

Grafico N° 28. Resultados de la muestra M3-2.....104

Grafico N° 29. Resultados de M3 (Basados en el 1er Criterio COVENIN 1753:2006).....
...106

Grafico N° 30. Resultados de M3 (Basados en el 2do Criterio COVENIN 1753:2006).....
...106

Grafico N° 31. Histograma de Frecuencia de los Cilindros Compactados de M3.....107

Grafico N° 32. Histograma de Frecuencia de los Cilindros No Compactados de M3.....1
08

Grafico N° 33. Histograma de Frecuencia de la Proporción n'/n de M3.....109



Grafico N° 34. Resultados de la muestra M4-
1.....111

Grafico N°35. Resultados de la muestra M4-
2.....111

Grafico N°36. Resultados de M4 (Basados en el 1er Criterio COVENIN
1753:2006).....
.....113

Grafico N°37. Resultados de M4 (Basados en el 2do Criterio COVENIN
1753:2006).....
.....113

Grafico N° 38. Histograma de Frecuencia de los Cilindros Compactados de
M4.....114

Grafico N° 39. Histograma de Frecuencia de los Cilindros No Compactados
de
M4.....1
15

Grafico N° 40. Histograma de Frecuencia de la Proporción n'/n de
M4.....116



INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura N°1. Agregados.....	14
Figura N°2. Especificaciones Granulométricas de la Arena según COVENIN 277 y ASTM C33.....	17
Figura N°3. Granulometrías Promedio Especificadas para Agregados Grueso según COVENIN 277 y ASTM.....	17
Figura N°4. Humedad en los Agregados.....	21
Figura N°5. Agregado Saturado con Superficie Seca.....	22
Figura N°6. Representación Física del Agregado.....	23
Figura N°7. Representación Gráfica de la Ley de Abrams.....	31
Figura N°8. Relación entre la Trabajabilidad (T), el Contenido de Cemento (C), y la Relación Agua/Cemento α	33
Figura N°9. Cono de Abrams.....	36
Tabla N°1. Límites en la Granulometría del Agregado Fino.....	16
Tabla N°2. Límites en la Granulometría del Agregado Grueso.....	18
Tabla N°3. Límites de los Porcentajes del Agregado según el Tamaño Máximo.....	29
Tabla N°4. Desviación Estándar σ de Esperar en el Concreto según el Grado de Control.....	30
Tabla N°5. Coeficientes de Variación.....	31
Tabla N°6. Valores de K_r	32
Tabla N°7. Valores K_r	32
Tabla N°8. Valores de C_1	33
Tabla N°9. Valores C_2	34
Tabla N°10. Verificación de la Durabilidad del Concreto.....	34
Tabla N°11. Normas de Control para la Resistencia a Compresión en el Concreto.....	45
Tabla 12. Valores de la t de Student para varios niveles de Probabilidad y Fracciones Defectuosas.....	46



Tabla 13. Resultados del Primer Muestreo (Agregado Grueso).....	56
Tabla 14. Limite de los Porcentajes en Peso que pasan los tamices de Abertura Cuadrada para T.M.N. 1 ½”.....	58
Tabla 15. Resultados del 1er Muestreo (Agregado Fino).....	59
Tabla 16. Resultados del 2do Muestreo (Agregado Grueso).....	61
Tabla 17. Resultados del 2do Muestreo (Agregado Fino).....	62
Tabla 18. Resultados del 3er Muestreo (Agregado Grueso).....	64
Tabla 19. Resultados del 3er Muestreo (Agregado Fino).....	65
Tabla 20. Resultados del 4to Muestreo (Agregado Grueso).....	67
Tabla 21. Datos del Diseño de Mezcla M1.....	73
Tabla 22. Proporción de Mezcla M1.....	74
Tabla 23. Dosificación para 45lts de M1-1.....	74
Tabla 24. Dosificación para 45lts de M1-2.....	74
Tabla 25. Datos del Diseño de Mezcla M2	76
Tabla 26. Proporción de Mezcla M2.....	77
Tabla 27. Dosificación para 45lts de M2-1.....	77
Tabla 28. Dosificación para 45lts de M2-2.....	77
Tabla 29. Datos del Diseño de Mezcla M3	79
Tabla 30. Proporción de Mezcla. M3.....	80
Tabla 31. Dosificación para 45lts de M3-1.....	80
Tabla 32. Dosificación para 45lts de M3-2.....	80
Tabla 33. Datos del Diseño de Mezcla M4	82
Tabla 34. Proporción de Mezcla M4-1.....	83
Tabla 35. Dosificación para 45lts de M4-1.....	83
Tabla 36. Proporción de Mezcla M4-2.....	84
Tabla 37. Dosificación para 45lts de M4-2.....	84
Tabla 38. Resultado de los Ensayos a Compresión M1-1.....	86
Tabla 39. Resultado de los Ensayos a Compresión M1-2.....	86
Tabla 40. Resultado de los Ensayos a Compresión M2-1.....	87



INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Tabla 41. Resultado de los Ensayos a Compresión M2-2.....	87
Tabla 42. Resultado de los Ensayos a Compresión M3-1.....	88
Tabla 43. Resultado de los Ensayos a Compresión M3-2.....	88
Tabla 44. Resultado de los Ensayos a Compresión M4-1.....	89
Tabla 45. Resultado de los Ensayos a Compresión M4-2.....	89
Tabla 46. Resultados de los Cilindros Compactados de M1.....	93
Tabla 47. Resultados de los Cilindros No Compactados de M1.....	94
Tabla 48. Resultados de la proporción n'/n de M1.....	95
Tabla 49. Resultados de los Cilindros Compactados de M2.....	100
Tabla 50. Resultados de los Cilindros No Compactados de M2.....	101
Tabla 51. Resultados de la proporción n'/n de M2.....	102
Tabla 52. Resultados de los Cilindros Compactados de M3.....	107
Tabla 53. Resultados de los Cilindros No Compactados de M3.....	108
Tabla 54. Resultados de la proporción n'/n de M3.....	109
Tabla 55. Resultados de los Cilindros Compactados de M3.....	114
Tabla 56. Resultados de los Cilindros No Compactados de M3.....	115
Tabla 57. Resultados de la proporción n'/n de M3.....	116



[Type the document title]



INDICE DE FIGURAS Y TABLAS



INTRODUCCIÓN

El control de calidad del concreto, abarca todo lo relacionado al mezclado, suministro, transporte y colocación del mismo, para que este pueda cumplir con las especificaciones requeridas para la cual fue diseñado. Si una de estos parámetros falla, puede que los resultados obtenidos en su resistencia a la compresión no sean los esperados.

En la industria de la construcción específicamente en campo o en las plantas destinadas a la fabricación de concreto premezclado, puede ocurrir que a la hora de la tomar de las muestras para el control de calidad, éstas no sean realizada por un personal especializado o, inclusive, que la rotación de personal conlleve a equivocaciones en el llenado de los cilindros, obviando el procedimiento normativo que se requiere para ello.

Dentro de este contexto, se puede darse el caso que una vez ensayados los cilindros estos no alcancen los resultados esperados en cuanto a su resistencia a la compresión, aun cuando la preparación de la mezcla haya cumplido con todas las exigencias de la norma respecto a su elaboración. De allí, que los investigadores proponen detectar si realmente la forma del llenado de los moldes es determinante en los resultados de las resistencias a compresión.

Metodológicamente este trabajo de grado se encuentra enmarcado en una investigación descriptiva, con un diseño experimental. En él se considero que todas las obras de concreto armado por su importancia necesitan tener garantía que los resultados de la resistencia a la compresión son validos y el primer paso o eslabón de la cadena entre ellos es la toma de muestras, por lo que todo ese concreto que se vacía o ejecuta en una obra se considera la población.



CAPITULO I

Es importante destacar que la investigación está enmarcada por cinco (5) capítulos, en el Capítulo I, se efectúa la descripción general del problema, en él se establecen los objetivos que se desean alcanzar con la investigación, la justificación de la misma, además de los alcances y limitaciones. En el Capítulo II, se establecen los antecedentes de la investigación y el marco teórico referencial, los cuales conllevan a obtener bases para el desarrollo de la misma. En el Capítulo III, se hace énfasis en la metodología utilizada. En el Capítulo IV, se expresan los resultados obtenidos al final de la investigación. En el Capítulo V se enuncian las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado, y finalmente se reseñan los anexos y referencias bibliográficas consultadas en la investigación.



CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El concreto constituye uno de los materiales más utilizados a nivel constructivo. Según Porrero, Ramos, Grases y Velazco (2009) se conocen evidencias históricas de productos parecidos al concreto, con varios milenios de antigüedad pero como tal este material tuvo sus inicios en la segunda mitad de siglo XVIII. Por su parte, en Venezuela, aparece a finales del siglo XIX y no fue hasta el año de 1909 cuando se inicia la primera fábrica de cements en el país; siendo esto un incentivo para la producción de concreto de cemento portland.

Hasta la actualidad el concreto sigue siendo uno de los principales productos de la industria de la construcción en la nación, en virtud de que una gran parte de las edificaciones están hechas a base del mismo, aunque el crecimiento poblacional y la demanda que genera éste en la construcción de inmuebles para poder satisfacer las necesidades de viviendas se ha visto afectado por el desarrollo económico, debido a la indisponibilidad de las materias primas (cemento, barras de acero) para ser procesadas y generar los materiales indispensables para la solidificación de estructuras.

Ahora bien, la calidad del concreto depende no sólo del proceso de construcción sino también de los materiales utilizados para su ejecución; los cuales deben ser sometidos a una serie de ensayos a manera de determinar sus propiedades, la calidad de su diseño de mezcla y su posterior preparación y manejo dentro de las obras que lo



CAPITULO I

requieran. Dicha calidad puede ser evaluada por una de sus cualidades esenciales: la resistencia a la compresión; la cual depende de la relación agua/cemento, la edad y la forma y el tamaño de las probetas entre otras variables.

La resistencia es una de las propiedades más importantes del concreto, principalmente cuando éste va a estar destinado a fines estructurales. Muchas veces en campo o en las plantas de premezclado puede suceder que al momento de tomar las muestras para el control de calidad, éstas no sean realizadas por un personal especializado o, inclusive, que la rotación de personal conlleve a equivocaciones en el llenado de los cilindros, obviando el procedimiento normativo que se requiere para ello.

Las consecuencias de la situación antes planteada, puede ocasionar que la resistencia a la compresión de diseño no se encuentre dentro de los rangos estipulados, aun cuando los procedimientos realizados en el laboratorio para la preparación de las mezclas hayan respetado los parámetros establecidos para la realización de los ensayos pertinentes.

Se propone, entonces, realizar una serie de ensayos en los que se llenen los cilindros con una mezcla de concreto, pero sin usar las tres capas habituales de relleno de los mismos y sin dar los veinticinco (25) golpes tradicionales por cada capa como lo exige la norma (COVENIN 338-2002.MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN, CURADO Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO), sino realizando un llenado continuo, para así comparar la resistencia de dicha mezcla, contra la de los cilindros cuyo llenado si se rija normativamente.



1.2. Formulación del Problema

La mala compactación de los cilindros o la ignorancia de este paso a la hora de tomar las muestras de una mezcla de concreto, pudiera ocasionar resultados distorsionados en cuanto a la resistencia a la compresión del mismo, en comparación con aquellos que si han sido compactados según la norma.

Lo ideal o lo que siempre se espera es que la resistencia obtenida, al ser ensayados los cilindros a los 28 días alcance la resistencia de diseño, lo que genera confianza en cuanto a la funcionalidad del material y es responsabilidad de quién o quienes se encarguen de su elaboración y manejo velar por obtener una mezcla optima para las condiciones a las que va a estar sometida.

En tal sentido el presente trabajo de grado se dispone a indagar en los siguientes aspectos:

¿Cuál es la desviación de la resistencia a la compresión de los cilindros de una mezcla de concreto cuando se evade el procedimiento normativo?

¿Cuál es el punto de partida para establecer una serie de procedimientos continuos a los fines de determinar mezclas de concreto capaces de tener resistencias acorde a las exigencias de las normas conocidas actualmente en Venezuela?

¿Cuáles deberían ser los tamaños de muestras de concreto en laboratorio, a los fines de obtener resultados confiables en sus respectivas roturas?

¿Cómo se podrá evaluar la calidad del concreto en el laboratorio a partir de las medidas de las resistencias de una serie de cilindros de muestras de concreto?

A fin de dar respuesta a éstas interrogantes, se plantean los siguientes objetivos.



1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la forma de llenado de los cilindros de concreto en su resistencia a la compresión.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar los materiales para elaborar las muestras de concreto a ser evaluadas.
- Analizar las características de los agregados seleccionados para realizar los ajustes de dosificación.
- Calcular el tamaño de las muestras necesarias para obtener el nivel de confiabilidad requerido.
- Elaborar los diseños de mezcla para obtener la resistencia a la compresión de los cilindros de concreto exigidas por las normas venezolanas.
- Evaluar los resultados de las muestras obtenidas.



1.4. Justificación

En una obra, el buen funcionamiento de la misma depende no solamente del proceso de cálculo y construcción, sino también de la calidad de los materiales utilizados en ella. Entre éstos, el concreto es el de mayor relevancia, puesto que de él depende la calidad y el comportamiento de la estructura como conjunto. Dicha característica cobra más valor en países como el nuestro donde su uso es continuo y aplicable en la mayor parte de las obras de ingeniería.

Debe señalarse que posterior al mezclado de dicho material, se procede a la toma de muestras, llenando de concreto los moldes requeridos para ello mientras se aplica la compactación, definida ésta como “la operación por medio de la cual se densifica la masa, todavía blanda, reduciendo a un mínimo la cantidad de vacíos” (Porrero, Ramos, Grases y Velazco, 2009, p. 211). Por otra parte, se estipula que la dosificación del concreto posea la resistencia promedio requerida que “no es otra que la resistencia media esperada para el material a ser elaborado” (Porrero y otros, 2009, p. 132).

Dentro de este orden de ideas, lo que se pretende con este trabajo de investigación es detectar si realmente la forma del llenado de los moldes es determinante en los resultados de las resistencias a compresión; en otras palabras, lo que se busca es certificar que tan importante es la compactación del concreto y que repercusiones tendrá en la resistencia del mismo.

Muchas veces en las obras y/o en los laboratorios de control de calidad el personal encargado de realizar la compactación de los cilindros puede eludir el procedimiento de llenado establecido por la Norma COVENIN 338-2002: MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN, CURADO Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO; la cual impone que se deben llenar los cilindros



CAPITULO I

(cuyas dimensiones son 30x15cm) con tres (3) capas de mezcla de igual volumen y con veinticinco (25) golpes distribuidos de manera uniforme, asegurando al mínimo la segregación del material dentro del molde.

Así pues, en este trabajo se evadió el procedimiento anterior para la mitad de las muestras de cada tipo de mezcla y se consideró para las otras, de modo de determinar si es necesario y decisivo para que los valores de resistencia arrojados se consideren permisibles. De esta manera, se hace constar si lo establecido en dicha norma está basado en ensayos de laboratorio, y así afianzar o confirmar la teoría requerida a la resistencia a la compresión del concreto.

Cabe destacar que la compactación es uno de los tantos procesos que se incluyen en la preparación del concreto. Previo a ello, los laboratoristas, técnicos, ingenieros u otro personal encargado deben evaluar: las características de sus componentes, si el material a emplear es el adecuado para la obra destinada, si las proporciones de la mezcla son realmente las necesarias, las condiciones de ensayo, el fraguado, etc. Por lo cual, se persigue también orientar a este personal acerca de cuál es la manera más precisa de preparar las muestras para lograr incrementar los niveles de confiabilidad pautados.

En atención a lo expuesto, la norma COVENIN 1753:2006 especifica los criterios de aceptación de la resistencia del concreto, que para este caso se toman en cuenta para valorar los resultados obtenidos y en base a ellos establecer conclusiones y dar paso a investigaciones futuras que indaguen aun más sobre el tema referido.



1.5. Alcances y Limitaciones

Lo que se pretende con esta investigación es determinar qué tan influyente es en la resistencia a la compresión, que el llenado de cilindro se realice como la indica la norma COVENIN 338:2002 en lugar de optar por un llenado continuo y sin compactar, para así constatar la importancia de seguir al pie de la letra el procedimiento normativo. Dicho de otro modo, esta investigación se dedicara exclusivamente a estudiar la influencia en el llenado de cilindros, sobre la base de la comparación de resultados tanto de muestras compactadas como de aquellas del tipo no compactadas.

Los agregados aquí utilizados son provenientes en su mayoría de canteras ubicadas en el Estado Carabobo. Específicamente se trabajó con los siguientes materiales: arena, piedra (los cuales debieron cumplir con los requisitos de aceptación establecidos en la norma COVENIN 277:2000 y cuyo tamaño máximo nominal fue 1½”), agua, y cemento marca Maestro CPCA2.

Se realizaron cuatro (4) tipos de mezclas: Resistencia de Calculo= 210 Kg/cm² y Trabajabilidad = 4”, Resistencia de Calculo= 210 Kg/cm² y Trabajabilidad = 6”, Resistencia de Calculo= 250 Kg/cm² y Trabajabilidad = 4” y Resistencia de Calculo= 250 Kg/cm² y Trabajabilidad = 6”; para cada una de las cuales se realizaron 2 mezclas patrón de 6 cilindros cada una y fueron ensayadas a la edad de 28 días.

La investigación se vio limitada por la disponibilidad del Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, lugar donde se realizaron las pruebas, puesto que por formar éste parte de una institución pública, el acceso estuvo limitado a ciertas horas y ciertos días.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Establece Arias Fidias (1998) que “Los antecedentes de investigación se refieren a los estudios previos relacionados con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con nuestro objeto de estudio” (p. 56). En ese sentido, son muchas las condiciones que inciden en los resultados de las resistencias a compresión del concreto. En este caso, la variable de estudio la constituye la compactación, por lo que se recopiló una serie de trabajos de grado donde se determinara la resistencia a compresión de probetas cilíndricas pero en función de otras variables, parámetros o procesos, para aquí ser tomados en cuenta y así asegurar que los resultados obtenidos dependan en gran proporción de la compactación y de la no compactación de las muestras.

2.1.1 La tesis de grado de Mora María y Nazar José (2010): “Determinar la variación de la resistencia a compresión de diseños de mezcla con distintos valores de β ”, para optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad de Carabobo; cuyo objetivo general era evaluar el efecto que produce la variación en el contenido de los agregados sobre la resistencia a compresión del concreto”. La metodología empleada fue de tipo descriptiva. Por otra parte, la población del estudio estuvo conformada por la totalidad de los diseños de mezcla que se realizaron bajo el método del C.C.C.A. y la muestra estuvo representada por los 216 cilindros ensayados. Los investigadores concluyeron que la resistencia no varía considerablemente para distintos valores de β ;



CAPITULO II

lo cual constituye un aporte al presente estudio pues se descarta que este parámetro pueda influir notablemente en los resultados.

2.1.2 El trabajo de grado de Sánchez Carla y Silva Leonardo (2006): “Evaluación de Metodología de Diseño de Mezclas de Concreto”, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Carabobo. El propósito de esta investigación era evaluar el método del C.C.C.A. (Comité Conjunto del Concreto Armado) en comparación con los métodos del diseño de mezclas en otros países. La metodología usada se basó en una investigación descriptiva. Los resultados arrojaron que empleando el método del C.C.C.A. las mezclas no alcanzaban la resistencia esperada; sin embargo, cumplían con el primer criterio de aceptación del mismo: $F_c \pm 35\text{Kg/cm}^2$; lo que respalda al presente estudio pues para los diseños de mezcla se utilizó el mencionado método, por lo que a pesar de que los resultados de las resistencias de las mismas no cumplan las expectativas, al menos hay un cierto grado de seguridad de que estarán dentro del rango de aceptación

2.1.3 La tesis de grado de Shum Lia y de Gómez Juan (2005), titulada “Evaluación del curado de concreto en obra”, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Carabobo. El propósito era evaluar los efectos que se puedan presentar en el concreto debido a un inadecuado curado o a la falta del mismo. El tipo de metodología empleada fue descriptiva. La población constó de dos diseños de mezclas y de cada uno se realizaron 11 muestras de 8 cilindros cada una. Con este estudio se concluyó que aplicado un buen curado el concreto puede aumentar hasta un 16,59% la resistencia de cálculo, lo cual orienta a la presente investigación acerca de la importancia de este proceso en la maduración del endurecimiento del concreto.



2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Concreto

Se puede definir como un material pastoso, moldeable, que presenta la propiedad de endurecer con el tiempo y que está constituido por agregados pétreos (gruesos y finos) que quedan englobados en esa pasta; la cual, la forman el agua y un producto aglomerante o conglomerante llamado cemento. Por su parte, el agua tiene la función de dar fluidez a la mezcla y de reaccionar químicamente con el cemento para dar inicio al endurecimiento.

Cabe destacar que eventualmente forman parte de este material unos productos químicos llamados aditivos, los cuales se le agregan a la mezcla con el objetivo de modificar o alterar alguna de sus propiedades o características.

2.2.2 Control de Calidad del Concreto

Cuando se habla de control de calidad de este material se refiere al suministro de sus componentes, el mezclado y las demás condiciones operativas necesarias para cumplir con las especificaciones requeridas.

Una de las tareas más importantes e indispensable, es la toma de muestras para evaluar su resistencia. Éstas deben ser remezcladas para asegurar la uniformidad de la mezcla, antes de ser usadas para ejecutar los ensayos. Además, la muestra debe ser protegida del sol, el viento y la lluvia durante el período entre su toma y su empleo.

Cabe considerar que las probetas nunca deben ser alteradas por movimientos, sacudidas o golpes, especialmente durante las primeras 24 horas. Al tomar las



CAPITULO II

muestras se deben usar solamente moldes indeformables, no absorbentes, estancos y de materiales que no reaccionen con el cemento Portland.

Por otra parte, hay muchas personas que utilizan para compactar el concreto de la probeta el primer trozo de barra de hierro que encuentran en la obra; otros se limitan a golpear el molde lateralmente y otros llenan el molde como si el concreto fuera un líquido autonivelante. Todos estos procedimientos son errados y pueden arrojar bajas resistencias.

Las probetas cilíndricas de 15x30 cm son las que se utilizan para determinar la resistencia a compresión del concreto. Para que ellas puedan garantizar su resistencia, deben ser confeccionadas, curadas y ensayadas siguiendo estrictamente lo determinado en las Normas. Si una probeta cilíndrica da un bajo resultado de resistencia a rotura, y muestra una distribución irregular de agregados desde la parte superior a la inferior, o exceso de finos o de agregado grueso, puede ser ello indicativo que ha habido un muestreo deficiente. Un ensayo de resistencia debe ser representativo de la masa entera de concreto.

Las demandas de los nuevos proyectos y técnicas incrementan la necesidad de una calidad uniforme del hormigón. Esto hace a la humilde probeta cilíndrica más importante que lo que se la ha considerado hasta el presente, ya que en la actualidad no existe otro ensayo que reemplace al de rotura por compresión. *Procedimientos necesarios para realizar el control de calidad del hormigón elaborado.* Extraído el 15 de abril de 2011 de <http://es.scribd.com/doc/26908312/Ficha-Tecnica-del-control-de-calidad-del-concreto>

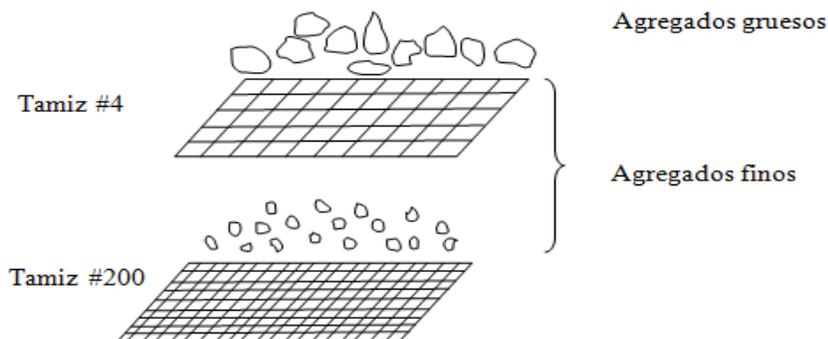
2.2.3 Componentes del Concreto

Agregados

Son materiales inertes, por lo general de origen pétreo, procesados o no, que forman parte del concreto para dotarlo de ciertas características; de hecho, llegan a constituir aproximadamente hasta un 85% de su peso. La clasificación de los agregados corresponde a:

- *Agregados finos.* Son aquellos cuyo tamaño de partículas está comprendido entre 4,76mm (tamiz #4) y 0,074mm (tamiz #200). A su vez, éstos corresponden a dos tipos: arenas naturales y arenas artificiales, donde las primeras provienen de arenas de río o de minas, mientras que las otras lo hacen de piedras trituradas.
- *Agregados gruesos.* Son aquellos de origen mineral y cuyo tamaño supera los 4,76mm. A este grupo corresponden la grava, el granzón, el canto rodado, la piedra picada y la escoria de altos hornos. Los que tienen forma plana y alargada son los menos favorables pues requieren una mayor cantidad de agua y de cemento.

Figura N^o: 01. Agregados



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura



CAPITULO II

Ahora bien, las características de estos agregados deben ser tales que hagan más favorables las propiedades del concreto, como lo son: la trabajabilidad, el contenido de cemento, la adherencia y el desarrollo de resistencias mecánicas. (Porrero y otros, 2009, p. 61). Así mismo, los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso de ingeniería óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. *Agregados para concreto*. Extraído el 16 de abril de 2011 de <http://www.arqhys.com/agregado-concreto.html>

Específicamente, los requisitos mínimos que se deben verificar tanto para los agregados finos como para los gruesos se encuentran expuestos en la Norma COVENIN 277:2000, los cuales de no respetarse, pueden hacer muy contraproducente el desempeño del concreto. Esencialmente, los ensayos a los que hacen referencia dichos requisitos se deben realizar sobre muestras representativas y por un personal y equipo especializado en un laboratorio.

Visto de esta forma, son muchos los aspectos relacionados con estos componentes del concreto, por lo que a continuación se indagará en varios de ellos:

➤ **Granulometría**

No es más que la composición de los agregados según su tamaño. Para ello, se prepara una muestra de agregado seco (fino o grueso), se coloca en una serie de tamices con aberturas progresivamente decrecientes desde arriba hacia abajo y se agitan para obtener la distribución de los tamaños de las partículas.



CAPITULO II

Los tamaños más usuales de los tamices son 1^{1/2}”, 1”, 3/4”, 1/2” y 3/8” para el grueso y #4 (4,76mm), #8 (2,38mm), #16 (1,19mm), #30 (0,595mm), #50 (0,207mm) y #100 (0,149mm) para el fino.

Lo ideal, es que en cada tamiz, quede una fracción retenida, es decir, que el agregado presente una “granulometría continua”, lo que suele generar concretos trabajables y con buenas resistencias mecánicas. El método como tal está establecido en la Norma COVENIN 255:1998.

Por otra parte, existen límites granulométricos, máximos y mínimos que constituyen zonas granulométricas, y que han sido previamente estudiados y han resultado adecuados en la mayoría de los concretos. Estos límites están establecidos en la Norma COVENIN 277-2000 y se pueden representar gráficamente en una escala semi logarítmica, ubicando el porcentaje pasante en las ordenadas y la abertura del tamiz en las abscisas.

Es importante destacar que en el caso de los agregados gruesos, los límites se indican según el número de la piedra (el cual depende del tamaño máximo nominal de la misma).

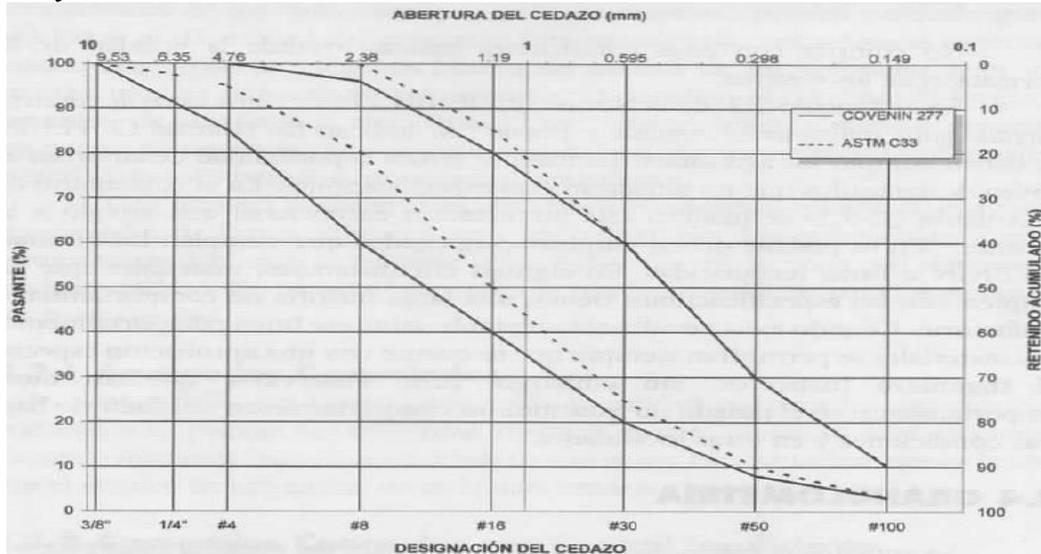
Tabla N° 01. Límites en la granulometría del agregado fino.

Cedazos COVENIN (*)	Porcentaje que pasa		
9,51 mm; (3/8”)			100
4,76 mm; (#4)	85	-	100
2,38 mm; (#8)	60	-	95
1,19 mm; (#16)	40	-	80
595 µm; (#30)	20	-	60
297 µm; (#50)	8	-	30
149 µm; (#100)	2	-	10
75 µm; (#200)	0	-	5

Fuente: Norma COVENIN 277:2000 CONCRETO. AGREGADOS. REQUISITOS

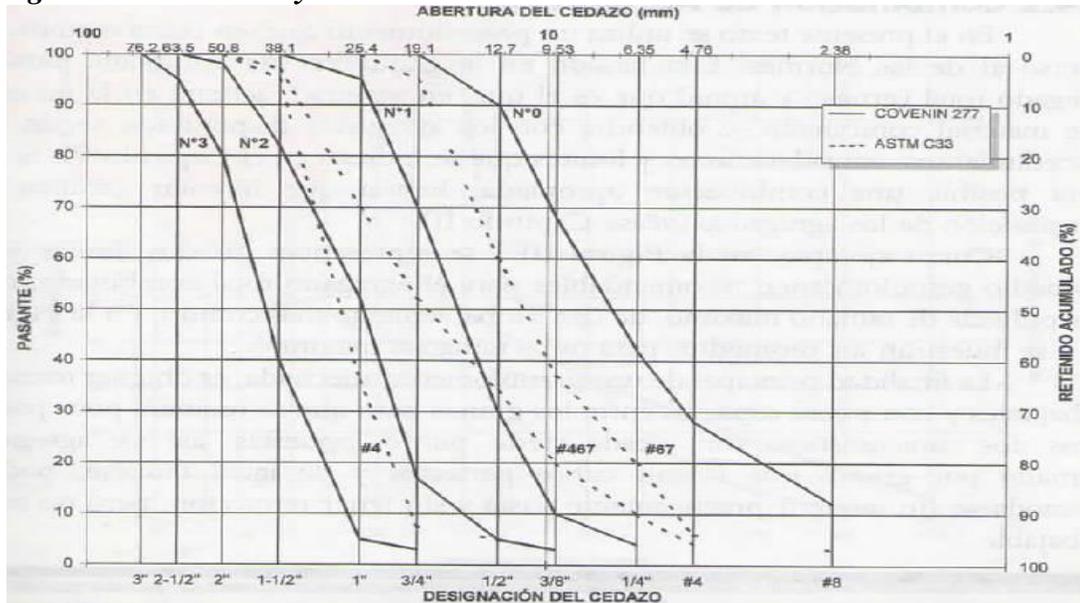
CAPITULO II

Figura N° 02. Especificaciones Granulométricas de la Arena, según COVENIN 277 y ASTM C33



Fuente: Manual del Concreto Estructural. Porrero J., Ramos C., Grases J. y Velazco C. Tercera Edición (2009).

Figura N° 03. Granulometrías Promedio Especificadas para Agregados Gruesos según COVENIN 277 y ASTM C33



Fuente: Manual del Concreto Estructural. Porrero J., Ramos C., Grases J. y Velazco C. Tercera Edición (2009)



CAPITULO II

Tabla N° 02. Límites en la granulometría del agregado grueso

Piedra picada ó grava COVENIN	75 mm (3")	64,0 mm (2 1/2")	50,8 mm (2")	38,1 mm (1 1/2")	25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	9,51 mm (3/8")	6,35 mm (1/4")	4,76 mm (N° 4)	2,38 mm (N° 8)	1,19 mm (N° 16)	595 µm (N° 30)	297 µm (N° 50)
N° 0	-	-	-	-	-	100	100	85	60	40	20	10	5	-
							a	a	a	a	a	a	a	
							80	50	25	15	5	0	0	
N° 1	-	-	-	100	100	90	45	20	7	-	-	-	-	-
					a	a	a	a	a					
					90	50	15	0	0					
N° 2			100	90	70	30	10	5	-	-	-	-	-	-
			a	a	a	a	a	a						
			95	75	35	5	0	0						
N° 3	100	100	95	60	10	5	-	-	-	-	-	-	-	-
		a	a	a	a	a								
		90	65	20	0	0								

Fuente: Norma COVENIN 277:200 CONCRETO. AGREGADOS. REQUISITOS



➤ **Tamaño Máximo**

Existen dos definiciones que tienden a confundir este término (el cual, obviamente aplica para los agregados gruesos por ser éstos los más grandes): una es el “tamaño máximo” y la otra es el “tamaño máximo nominal”. Al respecto se tiene:

- **Tamaño máximo:** Es el menor tamiz por el que se pasa toda la muestra.
- **Tamaño máximo nominal:** El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado, la malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño.

Definiciones extraídas el 16 de abril de 2011 de <http://www.arghys.com/construccion/concreto-granulometria.html>

Por otra parte, Porrero y otros autores que le acompañan (2009) afirman simplemente que “Se denomina tamaño máximo de un agregado al tamaño de sus partículas más gruesas, medido como abertura del cedazo de menor tamaño que deje pasar el 95% o más del material” (p. 68).

Una ventaja que tienen los agregados con tamaños máximos es que éstos aportan mayor fluidez a la pasta pero presentan la desventaja de producir segregación del material, lo que hace al concreto más sensible a la fractura. Asimismo, se debe tener en cuenta que el tamaño máximo del agregado a utilizar en una estructura dependerá de la geometría de la pieza del encofrado y de la separación entre las barras de refuerzo.



CAPITULO II

➤ Modulo de Finura

Es un parámetro que se aplica en el agregado fino y se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices, sin incluir el % que pasa el último cedazo y dividiendo la suma entre 100. Es decir:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Retenido Acumulado}}{100}$$

Para comprender este parámetro se le asigna un número entero a cada tamiz, empezando con el 1 desde el tamiz cuya abertura sea la menor de todas. Así por ejemplo, si en la granulometría del fino se emplean los tamices #100, #50, #30, #16, #8 y #4, se tiene:

Tamiz	# 100	# 50	# 30	# 16	# 8	# 4
Nº	1	2	3	4	5	6

En efecto, lo que el modulo de finura indica es el numero del tamiz a través del cual queda retenido el 50% del material. Así pues, un modulo cuyo valor sea igual a 3, significa que la mitad del material queda retenido en el tamiz # 30 y la otra pasa a través de él. También, podría darse el caso en el que el modulo resulte un numero decimal, como por ejemplo 2,5; lo que quiere decir que el material se dividiría en dos partes iguales sobre un tamiz teórico entre el #50 y el #30.

Desde este enfoque, lo ideal entonces sería obtener un modulo de finura en un entorno cercano a tres, ya que valores alejados por debajo de este número indicarían que se trata de una arena muy fina, mientras que valores alejados por encima del mismo indicarían una arena muy gruesa. Ahora bien, este valor no es un índice de granulometría, pues para distribuciones de partículas muy distintas se pueden tener módulos de finura idénticos.

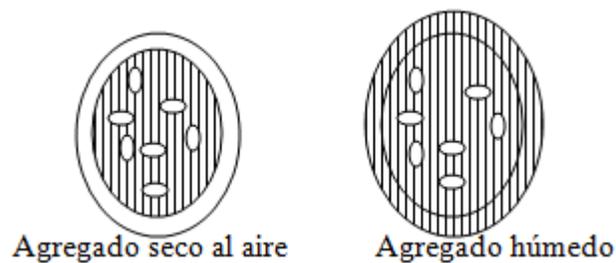
➤ Humedad

La humedad en los agregados está representada por la cantidad de agua que ellos mismos retienen. Por lo general se expresa en porcentaje y se determina como el cociente de la diferencia entre el peso del material húmedo (W_o) y el material secado al horno (W_s) y el peso de éste último.

$$H = \frac{(W_o - W_s)}{W_s} \times 100$$

Dicha humedad se puede encontrar en los agregados de dos maneras: rellenando los poros y micro poros internos de los granos o como una película o capa envolvente, tal como se muestra a continuación:

Figura N° 04. Humedad en los Agregados



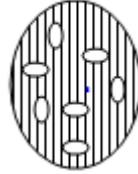
Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

En el primer caso, el agua interna de los granos no se transfiere a la mezcla del concreto, mas bien, cuando los granos están muy secos, éstos pueden absorber parte del agua de la mezcla. En el segundo caso, el agua externa del agregado si se transfiere a la mezcla, lo que altera sus proporciones. El punto de equilibrio de estos dos estados se conoce como “agregado saturado con superficie seca” y es aquel que

CAPITULO II

tiene los poros permeables saturados de agua y cuya superficie está libre de ésta; esquemáticamente:

Figura N° 05. Agregado Saturado con Superficie Seca



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura

La humedad del a agregado va a depender de las condiciones ambientales en que se encuentre En la Norma COVENIN 1375-79 se explica el procedimiento para calcular esta característica de los agregados, la cual debe ser controlada para realizar las correcciones correspondientes en la dosificación de la mezcla.

➤ Absorción

Según la Norma COVENIN 273:1998, “Es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas (agregado saturado y de superficie seca, SSS), expresado como un porcentaje de la masa seca”. Se considera que una muestra está seca cuando se ha mantenido a una temperatura de $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada.

La absorción de los agregados se obtiene generalmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas, cuando ésta termina se procede a secar superficialmente el material, y por la diferencia entre el peso de la muestra seca al aire (W_1) y el peso de la muestra SSS (W_2), se logra obtener el porcentaje de absorción con relación al peso seco al aire del material:

CAPITULO II

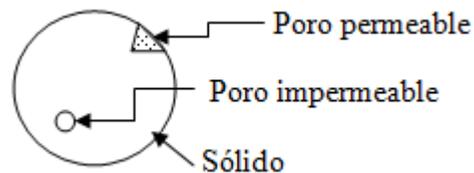
$$\%A = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

Para la determinación de la absorción y el peso específico, tanto de los agregados finos como de los gruesos, hay ensayos normativos: COVENIN 268:1998 y COVENIN 269:1998, respectivamente.

➤ **Peso Específico**

Se define como el cociente entre el peso de un cierto volumen de agregado y un volumen igual de agua destilada a una misma temperatura. Ahora bien, la modalidad del peso específico depende del volumen al que esté referido. En la siguiente figura se representa esquemáticamente una partícula de agregado:

Figura N° 06. Representación Física del Agregado



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura

Conforme a este esquema se tienen tres tipos de volúmenes:

- Volumen total: es el que ocupa la parte sólida del agregado junto con sus poros permeables e impermeables.
- Volumen aparente: es el que ocupa la parte sólida del agregado y el espacio de los poros impermeables, excluyendo los poros permeables.
- Volumen real: se refiere sólo a la parte sólida del agregado.



CAPITULO II

Cuando se habla simplemente de peso específico el volumen correspondiente al mismo es el volumen total del agregado, cuando se habla de peso específico aparente se refiere al volumen aparente, y al tratarse del peso específico con superficie seca, se refiere al volumen de agregados que tienen esta condición.

Por lo general, los valores más comunes oscilan entre 2,5 y 2,7. Al respecto, el profesor Guillermo Mendoza, (1990) señala:

El peso específico tiene una importancia mas cualitativa que cuantitativa ya que proporciona la idea de la compacidad de la Roca madre que dio origen a la Arena o Piedra Picada y de su Dureza y Resistencia al Desgaste en forma indirecta.

Cuando el peso específico es bajo, con mucha probabilidad el material es poroso y proviene de una roca blanda. (p. 7)

Atendiendo a esto, conviene que el peso específico sea relativamente elevado, ya que eso indicaría que el agregado es resistente y duro, de buena calidad.

Cemento

Este componente del concreto es el más caro por unidad de peso y solamente constituye entre un 10 y un 20% del peso del mismo, siendo el resto de los materiales los que condicionan el desarrollo de sus propiedades. Se obtiene de materias primas abundantes en la naturaleza y se elabora en plantas industriales donde es controlado estrictamente.



CAPITULO II

Cuando se refiere al cemento, se alude implícitamente al cemento Portland, debido a que estos constituyen los aglomerantes usados casi exclusivamente con fines estructurales. Al respecto, la Norma COVENIN 28:2003 lo define como: “producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland, el cual consiste esencialmente en silicatos de calcio hidráulico, con la adición de agua y sulfato de calcio”.

Ahora bien, son varios los componentes mineralógicos que integran el cemento, donde cada uno le aporta características diferentes y que en proporciones altas o bajas, conforman los distintos tipos del cemento, los cuales, según la norma antes citada, se clasifican en:

- *Tipo I.* Para usarse en las construcciones de concreto en general, cuando no se requieran las propiedades especiales correspondientes a los otros tipos.
- *Tipo II.* Para usarse en obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos, o donde se requiera un calor de hidratación moderado.
- *Tipo III.* Para usarse en construcciones que requieran altas resistencias iniciales.
- *Tipo IV.* Para usarse en obras donde sea necesario un alto calor de hidratación.
- *Tipo V.* Para usarse en construcciones que requieran alta resistencia a los sulfatos.

El desarrollo de las resistencias del cemento depende tanto de su composición como de su finura y, aun dentro de un mismo tipo pueden haber diferencias notables. Así, los cementos tipo III son específicamente de desarrollo rápido de resistencias, los tipo I también tienen la capacidad de alcanzar en corto tiempo valores de resistencia mecánica relativamente alta, mientras que los tipo II son de desarrollo más lento y los tipo IV y V, más lentos todavía.



Agua

El agua es indispensable en las siguientes etapas de elaboración del concreto: mezclado, fraguado (lapso en el que la mezcla pasa del estado fluido a un estado sólido) y curado.

El agua de mezclado, normalmente, ocupa entre 15% y 20% del volumen del concreto fresco y cumple dos funciones: hidratar el cemento y proporcionar fluidez y lubricación a la mezcla. Esta agua reacciona químicamente con el aglomerante, produciendo el fraguado, desde su estado plástico inicial, pasando por el endurecimiento del material, hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo.

Por otra parte, el agua de curado es necesaria para restaurar la humedad que se pierde por evaporación luego que el material ha sido colocado, compactado y alisado en su superficie. La falta de un ambiente saturado impedirá que el cemento se hidrate totalmente y que se alcance la resistencia esperada.

Ahora bien, tanto el agua de mezclado como el agua de curado deben estar libres de contaminantes o impurezas que puedan perjudicar el fraguado del material, su apariencia, funcionalidad, una vez que se ha endurecido, o cualquier componente o elemento que esté embutido dentro del mismo. Al respecto la Norma COVENIN 1753:2006 señala: “El agua empleada en el mezclado del concreto debe ser limpia y no debe contener cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas al concreto o al acero de refuerzo”.

En fin, cuando exista dudas acerca de la calidad del agua deben practicarse ensayos para determinar que cumple con los requisitos físicos y químicos exigidos por la Norma COVENIN 2385:2000.



2.2.4 Diseño de Mezcla

Se define como diseño de mezcla al procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades de todos y cada uno de los componentes que forman parte de una mezcla de concreto. Así, las cantidades de los agregados y el cemento suelen expresarse en kilogramos por metro cubico de material, mientras que el agua puede expresarse en litros o kilogramos entendiéndose, para el diseño de mezclas, que un kilogramo de agua equivale a un litro de agua.

Cabe considerar que el diseño de mezcla no sólo permite cuantificar sus componentes, sino que constituye una importante herramienta para el análisis teórico de la influencia de ciertos cambios en los materiales o en las proporciones de uso pudieran tener sobre el concreto.

Ahora bien, existen numerosos métodos para diseñar mezclas, que pueden ser similares o muy diferentes entre sí, dependiendo de las variables que manejen y las relaciones que establezcan; lo que indica que ninguno de ellos es perfecto. Acorde con las condiciones de los materiales y de la tecnología del concreto, pueden ser preferidos unos de otros. Con seguridad, si el método seleccionado es bien aplicado, se cumplirá el fin previsto.

Método de Diseño de Mezcla del C.C.C.A.

Constituye un camino por medio del cual se establece de manera sencilla las proporciones óptimas en que deben ser mezclados los componentes del concreto, partiendo de unas características exigidas o deseables para el mismo. Las relaciones básicas que el método maneja se han determinado por vía experimental.



CAPITULO II

El método considera un grupo de variables que constituyen un esqueleto fundamental: dosis de cemento, trabajabilidad, relación agua/cemento y resistencia. Estas se vinculan a través de dos leyes básicas: Relación Triangular y Ley de Abrams. Mediante factores de corrección, también toma en cuenta la influencia de variables que tengan carácter general, tales como tamaño máximo y tipo de agregado. En cuanto a limitaciones se refiere, el método es válido para concretos con cemento portland, agregados cuyo tamaño máximo este entre ½” y 2”, asentamientos en el cono de Abrams entre 1” y 6” y con resistencias a la compresión entre 180 y 430 kgf/cm² (medidas a los 28 días en probetas cilíndricas de 15x30c m).

Ahora bien, dentro de la mezcla actúa el agregado combinado, el fino y el grueso. La relación de combinación entre dichos agregados se simboliza como β y se expresa como el cociente entero entre el peso del fino (arena) y del agregado total, suma del grueso y el fino.

$$\beta = \frac{A}{A + G} \times 100 (\%)$$

Experimentalmente, se han encontrado curvas límites superiores e inferiores, correspondientes a gradaciones o escalonamientos continuos y para distintos tamaños máximos. Así, el valor β se debe seleccionar de forma que el agregado combinado tenga, para su tamaño máximo nominal, una granulometría dentro de la zona conformada entre los límites antes mencionados y que se encuentran en la siguiente tabla:



CAPITULO II

Tabla N° 03. Límites de los Porcentajes del Agregado según el Tamaño Maximo

CEDAZO O TAMIZ.	LÍMITES DE LOS PORCENTAJES MÁS FINOS PARA LOS SIGUIENTES TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADO. *				
	2" **	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"
2"	100-90	-	-	-	-
1 1/2"	87-73	100-90	-	-	-
1"	77-59	84-70	100-90	-	-
3/4"	73-53	77-61	90-70	100-90	-
1/2"	68-44	70-49	75-55	85-65	100-90
3/8"	65-40	65-43	68-45	75-55	87-70
1/4"	60-35	60-35	60-35	65-45	77-58
# 4	55-30	55-30	55-30	60-48	70-50
# 8	45-20	45-20	45-20	45-25	52-32
# 16	35-15	35-15	35-15	35-15	40-22
# 30	25-10	25-10	25-10	25-10	28-12
# 50	16-7	16-7	16-5	16-5	17-5
# 100	8-2	8-2	8-2	8-2	10-2

Fuente: Guía n°1 de Materiales y Ensayos, "Agregados para Concreto", de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Precisamente, para determinar β existe un método gráfico sencillo; sin embargo la elección adecuada de este valor no puede ser establecida mediante reglas o fórmulas exactas. Además de depender de la granulometría, la selección de β está relacionada esencialmente, con el tipo de concreto, con la forma y textura de los agregados y con las características de la obra.

Una vez definido dicho valor, se procede a determinar la resistencia de diseño, la cual es función de la resistencia de cálculo, de la desviación estándar y de la fracción defectiva permisible. Se expresa de la siguiente manera:

$$R = R_{cal} + Z \times \sigma, \text{ donde:}$$

R_{cal} = Resistencia de Cálculo

Z = Variable de la distribución normal que depende de la fracción defectuosa.

σ = Desviación Estándar



CAPITULO II

La desviación estándar puede que sea o que no sea conocida. Será conocida si la planta de producción de concreto tiene un registro determinado de ensayos para calcularla. En caso contrario será desconocida y el valor de σ dependerá del grado de control que se tenga en la elaboración del concreto.

Tabla N° 04. Deviación estándar σ , de esperar en el concreto según el grado de control

	Kgf/cm ²
- Sin ningún control	70
- Control visual de los agregados y rechazo de aquellos que aparentan muy mala calidad o que son muy diferentes de los que se están usando. Control visual de las mezclas por la trabajabilidad aparente	50
- Como el anterior pero se conocen las granulometrías de los agregados que se están usando, por ensayos que se hicieron una vez, se es riguroso en el rechazo de agregados y se comprueba de vez en cuando el asentamiento de las mezclas en el cono de Abrams	40
- A cada lote de agregados se le determina algún índice granulométrico y de calidad y sólo se aceptan los que estén dentro de ciertos límites preestablecidos. Se controla la humedad de los agregados. Se tienen en cuenta la marca y lote de cemento. La dosificación es exclusivamente por peso; los sistemas de pesaje son automáticos y se calibran de vez en cuando. El asentamiento en el cono se mide sistemáticamente y se rechazan las mezclas que no estén dentro de ciertos límites. No se permite la adición de agua posterior al mezclado ni el espesamiento de las mezclas por tiempos de espera.	35
- Al igual que el anterior, pero con márgenes de aceptación muy estrictos. Uso de no menos de tres agregados de granulometrías complementarias. Limitación de la humedad de los agregados en el momento de su uso y correcciones por humedad, lote y marca de cemento y aditivo, en base a la modificación del diseño. Revisión y calibración de los equipos de forma periódica sistemática.	25

Fuente. Norma COVENIN 1976-2003. EVALUACION Y METODOS DE ENSAYO

En las secciones 5.4.1 y 5.4.2 de la Norma COVENIN 1753:2006 se profundiza aun más en cuanto a la determinación de este parámetro.

También, la resistencia de diseño se puede expresar como:

$$R = \frac{R_{cal}}{1 - V \times Z}, \text{ donde}$$

V= Coeficiente de variación (σ/R)

Las medidas que cuantifican la variabilidad total de los resultados, una parte es propia de la mezcla o de terceros sucesivos, y otra es inherente a variaciones en los

CAPITULO II

ensayos. El A.C.I. ha clasificado los coeficientes de variación en función del grado de control basándose en la experiencia de un gran número de proyectos.

Tabla N° 05. *Coefficientes de Variación*

CLASE DE OPERACION	COEF. VARIACION PAERA DIFERNETES GRADOS DE CONTROL (V)%							
	EXCELENTE		BUENO		REGULAR		POBRE	
VARIACIONES TOTALES								
GLOBAL DE LA OBRA	<	10	10	15	15	20	>	20
CONTROL DE LABORATORIO	<=	5	5	7	7	10	>=	10
VARIACION EN ENSAYOS								
CONTROL DE CAMPO	<=	4	4	5	5	6	>=	6
CONTROL DE LABORATORIO	<=	3	3	4	4	5	>=	5

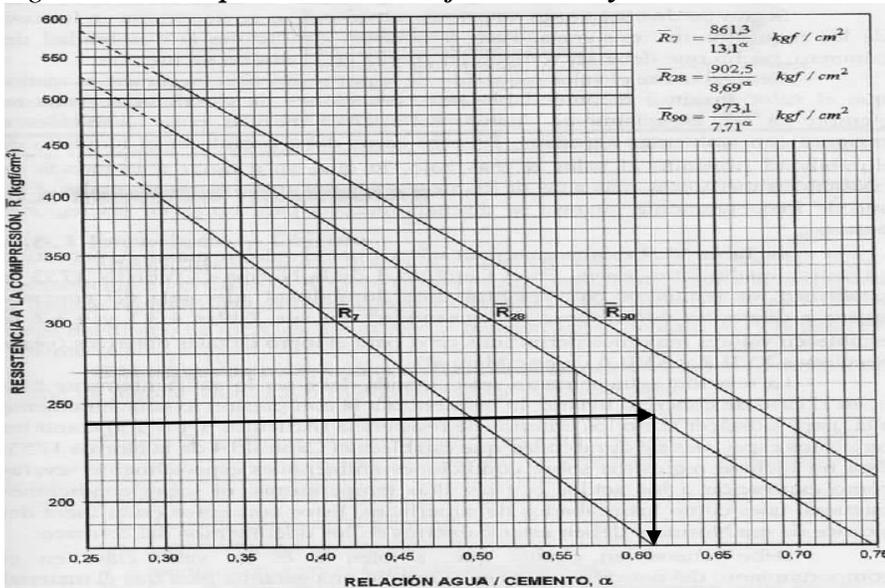
Fuente: Guía n° 3 de Materiales y Ensayos, “Concreto, Evaluación Estadística y Diseño de Mezclas”, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Lo siguiente es determinar la relación agua/cemento óptima para la mezcla, y que se simboliza como “α”, es decir:

$$\alpha = \frac{a}{c}$$

En este caso se emplea la grafica que describe la Ley de Abrams, la cual establece la relación entre α y la resistencia del concreto.

Figura N° 07. *Representación Gráfica de la Ley de Abrams*



Fuente: Manual del Concreto Estructural. Porrero J., Ramos C., Grases J. y Velazco C. Tercera Edición (2009)



CAPITULO II

Ahora bien, esta ley está fundamentada en un conjunto de ensayos, hecho sobre mezclas donde se utilizó un agregado grueso triturado, con T.M. = 1", arena natural (ambos agregados saturados con superficie seca) y cemento portland tipo 1. Para agregados distintos a los señalados, se deben realizar correcciones. Así, la influencia del tamaño máximo se corrige a través de un factor que se simboliza como K_r y la del tipo de agregado como K_a .

Tabla N° 06. Valores de K_r

Tamaño Máximo	1/2" a 1"	1 1/2"	2"	2 1/2"
kr	1,00	0,91	0,82	0,74

Fuente: Guía n° 3 de Materiales y Ensayos, "Concreto, Evaluación Estadística y Diseño de Mezclas", de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Tabla N° 07. Valores de K_a

	VALORES DE K_a		
	P.P	CANTO TRITURADO	CANTO RODADO
A. NATURAL	1,00	0,97	0,91
A. TRITURADA	1,14	1,10	0,93

Fuente: Guía n° 3 de Materiales y Ensayos, "Concreto, Evaluación Estadística y Diseño de Mezclas", de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

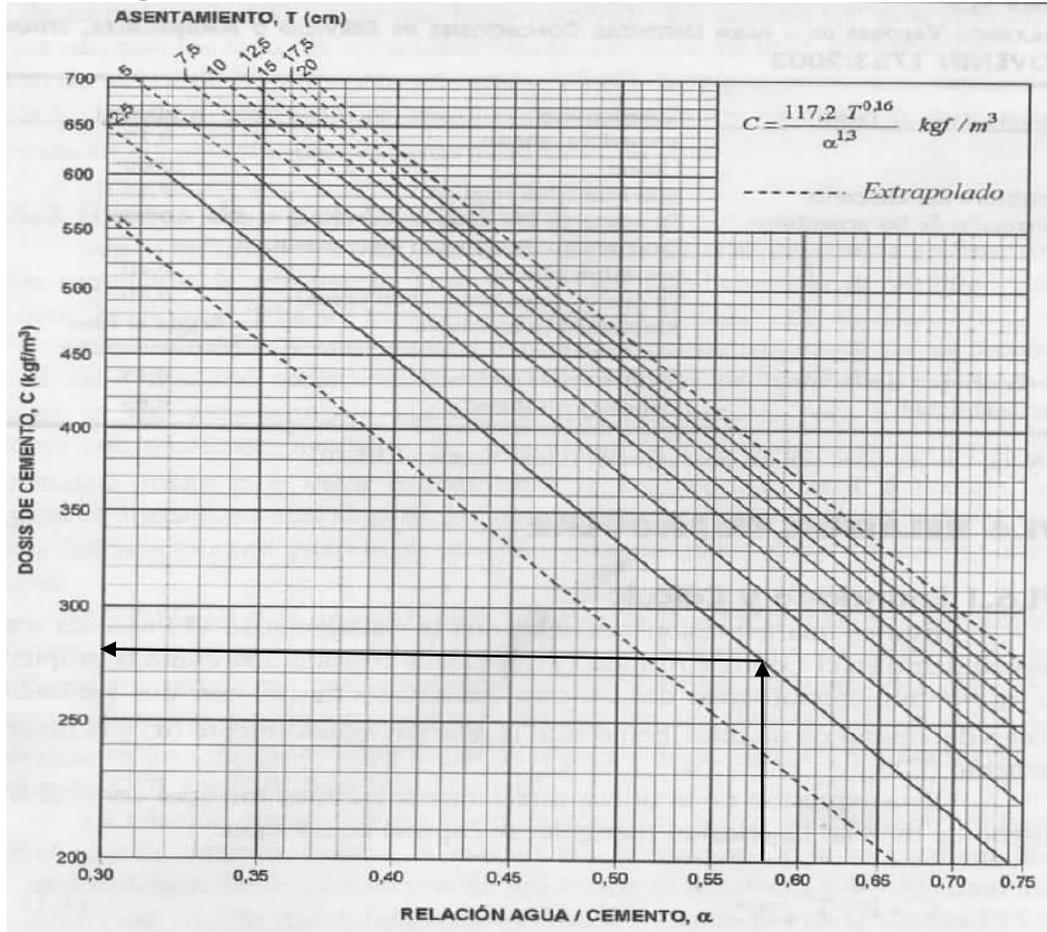
Entonces:

$$\frac{a}{c} \text{ correg} = \frac{a}{c} \times K_r \times K_a$$

Próximamente, se determina la cantidad de cemento a usar en la mezcla, para lo cual se emplea la llamada "Relación Triangular" y la cual relaciona la trabajabilidad "T" (medida como asentamiento en el Cono de Abrams) con la relación agua/cemento " α " y la dosis de cemento. Gráficamente:

CAPITULO II

Figura N° 08. Relación entre la trabajabilidad (T), el contenido de cemento (C), y la relación Agua/Cemento α



Fuente: Manual del Concreto Estructural. Porrero J., Ramos C., Grases J. y Velazco C. Tercera Edición (2009)

Dicha relación también se obtuvo a partir de los materiales mencionados anteriormente, por lo que también se debe corregir la dosis de cemento por medio de los factores C_1 y C_2 ; el primero está relacionado con el tamaño máximo y el segundo con el tipo de agregado.

Tabla N° 08. Valores de C_1

T.M.	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"
C1	0,80	0,82	0,85	0,88	0,93	1,00	1,05	1,14	1,20	1,33

Fuente: Guía n° 3 de Materiales y Ensayos, "Concreto, Evaluación Estadística y Diseño de Mezclas", de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.



CAPITULO II

Tabla N° 09. Valores de C_2

	VALORES DE C_2		
	P.P	CANTO TRITURADO	CANTO RODADO
A. NATURAL	1,00	1,03	0,90
A. TRITURADA	1,28	1,23	0,96

Fuente: Guía n° 3 de Materiales y Ensayos, “Concreto, Evaluación Estadística y Diseño de Mezclas”, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

De esta manera:

$$C \text{ correg} = C \times C_1 \times C_2$$

Cabe destacar, que α y la dosis de cemento también condicionan la durabilidad del concreto, hecho que debe ser tomado en cuenta en el diseño de mezclas. Para ello, se emplea la siguiente tabla:

Tabla N° 10. Verificación de la Durabilidad del Concreto

CONDICIONES DE SERVICIO Y AMBIENTE		A/C	Cont. de Cemento min. kg/cm^3
PROTECCION CONTRA EL DETERIORO DEL CONCRETO Y/O CORROSION DE LAS ARMADURA	ATMOSFERA COMUN	0,75	270
	LITORAL	0,65	
	ALTA HMEIDAD	0,60	
	BAJO AGUA NO CORROSIVA	0,55	
	AMBIENTE DE MAR	0,40	350
	SUELOS SELETINOSOS	0,40	
	AMBIENTE INDUSTRIAL	S/CAS O	
IMPERMEABILIDAD	ELEMENTOS DELGADOS	0,50	
	CONCRETO EN MASA	0,70	
DESGATE		0,45	350

Fuente: Guía n° 3 de Materiales y Ensayos, “Concreto, Evaluación Estadística y Diseño de Mezclas”, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Conocida la cantidad de C se calcula la el agua de la mezcla como:

$$a = C_{\text{correg}} \times \frac{a}{c} \text{ correg}$$



CAPITULO II

El siguiente paso es determinar los contenidos del material por m^3 de mezcla:

- Inevitablemente, siempre queda una porción de aire atrapado en la mezcla, la cual se puede expresar en función del contenido de cemento (C) en kg/m^3 y del tamaño máximo en pulgadas (P):

$$p : Aire Atrapado = 4.2 \times 10^{-3} \times \frac{C}{P}$$

- El volumen de la pasta de cemento resulta menor que la suma de los volúmenes de cemento y agua, lo cual se corrige multiplicando C por un factor constante igual a 0,29.

Finalmente, la condición de volumen se expresa así:

$$\frac{a}{\gamma_a} + C \times 0,29 + \frac{A}{\gamma_A} + \frac{P}{\gamma_P} + 10 \times p = 1000, \text{ donde:}$$

a= Peso en agua por m^3

C= Peso de Cemento por m^3

A= Peso de la Arena por m^3

γ_a = Peso Especifico del agua $\left(1 \frac{kg}{m^3}\right)$

P= Peso de la Piedra por m^3

γ_p = Peso Especifico de la Piedra por m^3

p= Volumen de Aire Atrapado

Debe señalarse, que el método considera que los agregados se encuentran en la condición de saturados con superficie seca, en la cual el material no cede ni toma agua de la mezcla. En la práctica, esos agregados tienen otra condición de humedad por lo que hay que corregirlos considerando la humedad y la absorción de ellos de la siguiente manera:

CAPITULO II

$$agua = agua\ total - \left(\frac{\%Hum - \%Abs}{100 + \%Abs} \right) \times Asss - \left(\frac{\%Hum - \%Abs}{100 + \%Abs} \right) \times Psss$$

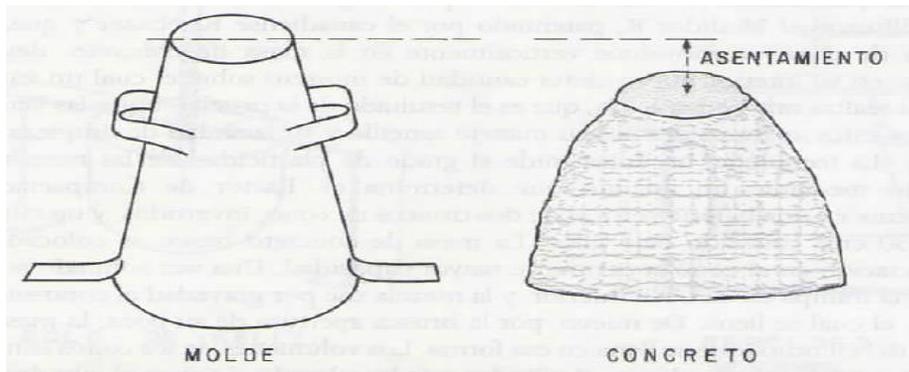
$$A\ corregida = Asss + \left(\frac{\%Hum - \%Abs}{100 + \%Abs} \right) \times Asss$$

$$P\ corregida = Psss + \left(\frac{\%Hum - \%Abs}{100 + \%Abs} \right) \times Psss$$

2.2.5 Trabajabilidad

La Norma COVENIN 337-1978 la define como: “Es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o mortero para mezclarse, transportarse y colocarse”. Lo ideal, es que la trabajabilidad proporcione un concreto que pueda ser manejado sin que se produzca segregación, colocarlo en los moldes y compactarlo adecuadamente. Representa un parámetro importante pues con ella se designa el asentamiento de la mezcla medido con el cono de Abrams.

Figura N° 09. Cono de Abrams



Fuente: *Manual del Concreto Estructural*. Porrero J., Ramos C., Grases J. y Velazco C. Tercera Edición (2009)

La Norma COVENIN 339:2003, “CONCRETO. METODO PARA LA MEDICION DEL ASENTAMINETO DEL CONO DE ABRAMS”, explica con detenimiento el procedimiento pertinente y que hasta la actualidad sigue siendo empleado tanto en obras



CAPITULO II

como en laboratorios. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones como lo son: que los agregados deben ser preferiblemente no ásperos y tener tamaños máximos de $1^{1/2}$ ”.

Aunque pueda resultar obvio, se debe destacar que la trabajabilidad depende del contenido de agua y de la granulometría, implícitamente, de la evaporación y/o absorción de humedad por parte de los agregados, así como de otros factores como la temperatura y el tiempo entre mezclado y medida.

En general según Mendoza, G. en su guía de Materiales y Ensayos (Aglomerantes, Agua y Concreto Fresco) de la Universidad de Carabobo: a mayor contenido de finos, mayor trabajabilidad; a mayor contenido de cemento, mayor trabajabilidad; a mayor contenido de agua, mayor trabajabilidad; a mayor temperatura, menor trabajabilidad y a mayor tiempo entre mezclado y medida, menor trabajabilidad (p.30)

2.2.6 Compactación

Es la operación mediante la cual se densifica el concreto fresco (en estado fluido), con la finalidad de reducir la cantidad de vacíos, los cuales se producen por varias causas, siendo las principales: el aire atrapado y los vacíos producidos por la evaporación del agua mezclada. Y es que, inevitablemente, durante el proceso de mezclado, transporte y colocación del concreto se introducen en él volúmenes de aire, mientras que la evaporación se genera porque no toda el agua de amasado forma parte de la reacción con el cemento.

Existen diversas maneras de disminuir ese conjunto de vacíos. La aplicación de cualquiera de ellas dependerá de las características del concreto y del tipo de estructura que se esté proyectando, e independientemente de la selección que se tome, lo que se pretende es llenar las formas geométricas de los encofrados con una masa densa, consolidándola a las barras de refuerzo y lograr el mayor contacto con todos los componentes del material. Así, existen dos métodos para compactarlo:



CAPITULO II

- *Compactación manual.* Fue la primera en emplearse y en la cual se golpeaba verticalmente el concreto con barra o con pisones. En el primer caso se penetraba la mezcla y en el segundo se aplastaba. El grado de compactación que se obtiene con la barra no es elevado; sin embargo este método sigue siendo muy usual en los laboratorios.
- *Compactación por vibrado.* Es la más frecuente en las obras. Este método consiste en vibrar la masa de concreto, con lo que éste se fluidifica y se acomoda en el molde, envolviendo las armaduras. Se expulsa gran parte del aire atrapado, se hace subir a la superficie parte del agua con funciones de lubricación y se unifica la masa eliminando vacíos y planos de contacto. Hoy día, son varios los procedimientos aplicados para vibrar el concreto.

En resumidas cuentas la Norma COVENIN 1753:2006, en su sección 5.7.4.2, establece: “Durante el vaciado el concreto se compactará cuidadosamente por medios adecuados y se trabajará con esmero alrededor del acero de refuerzo, de las instalaciones embutidas, así como en las esquinas de los encofrados” (p. 33).

2.2.7 Resistencia a la Compresión

Una de las propiedades principales del concreto es el grado de endurecimiento o resistencia que es capaz de adquirir con el paso del tiempo, siendo, estructuralmente, muy bueno ante los esfuerzos a compresión. Según la Norma COVENIN 1753:2006 la dosificación del concreto debe asegurar una resistencia promedio a la compresión, f'_{cr} , que exceda la resistencia de cálculo, f'_c ; también llamada resistencia especificada del proyecto (p. 28).

Las principales variables de las cuales depende la velocidad de desarrollo de la resistencia son: La relación agua/cemento, la composición y finura del cemento, la calidad



CAPITULO II

intrínseca de los agregados, las condiciones de temperatura ambiental y la eficiencia del curado.

Ahora bien, en una estructura, el concreto se encuentra sometido a diversas sollicitaciones, entre éstas, la compresión. Precisamente, la resistencia del concreto ante esta sollicitación se obtiene de un ensayo de rotura de probetas cilíndricas normalizadas, el cual está estipulado en la Norma COVENIN 338:2002. Dicha resistencia se obtiene promediando los resultados de este ensayo, que por lo general se aplica a los 7, 14 y 28 días después de la elaboración de las probetas.

En resumidas cuentas, se puede decir que dos de los propósitos de este ensayo son: ejercer el control de calidad del productor del concreto y determinar el tiempo en el cual la estructura se puede poner en servicio.

Por otra parte, la Norma COVENIN 1753:2006, en la sección 5.9.2.3, establece los Criterios de aceptación de los ensayos de probetas curadas en el laboratorio:

La resistencia del concreto se considerará satisfactoria cuando se cumplan, simultáneamente, los dos criterios siguientes:

- a. Ningún resultado individual, promedio de al menos dos cilindros, está por debajo de f'_c en más de: 35kgf/cm^2 cuando $f'_c \leq 350\text{kgf/cm}^2$, o de $0,1f'_c$ cuando $f'_c > 350\text{kgf/cm}^2$.
- b. El promedio de cualquier conjunto de tres ensayos consecutivos iguala o excede el valor de f'_c especificado.

Cuando no se satisface alguno de los dos requerimientos anteriores, de inmediato se adoptarán medidas para aumentar el promedio de los resultados de ensayos posteriores.



2.2.8. Evaluación Estadística del Concreto

Según la Norma COVENIN 1976:2003, “La Estadística es la ciencia de tomar decisiones en presencia de la incertidumbre, ya que en la trayectoria de la investigación científica, constantemente existe un enfrentamiento con la incertidumbre,...” (p. 1). Asimismo, la estadística permite condensar los datos obtenidos de las observaciones realizadas, de manera que sean más fácilmente comprensibles y comparables.

Ahora bien, para el cálculo estructural se toma como resistencia de referencia del concreto, la correspondiente a los ensayos de compresión se que hacen en probetas normalizadas del material. Precisamente, para evaluar la variabilidad de los resultados de dichos ensayos se acude a una serie de parámetros que permiten cuantificar la calidad del concreto, como lo son:

- *La media.* Es la tendencia central del valor de los ensayos de los resultados involucrados.

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n X_i}{n}$$

- *La desviación Estándar.* Es un índice de la dispersión del conjunto de datos, el cual es el parámetro estadístico más representativo (independientemente del número de datos).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

- *El coeficiente de variación.* Es la relación entre la desviación estándar y el valor promedio, expresada en forma porcentual.

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



CAPITULO III

Se considera que en una obra con control extremo se tiene un coeficiente de variación que ronda alrededor del 5%, en una obra con buen control este valor es aproximadamente igual a 10%, mientras que en una obra común el parámetro oscila por el 15%.



CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de Investigación

Tomando en cuenta la naturaleza de la investigación el tipo de estudio es descriptivo. Al respecto Tamayo y Tamayo (1998) señalan la investigación descriptiva como aquella que “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos (p. 35).

Es descriptiva puesto que se estudiará la caracterización de un grupo de muestras de concreto con el fin de establecer su comportamiento, permitiendo extraer la información necesaria para dar cobertura a los objetivos propuestos, tanto para el objetivo general como para los específicos.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es una estrategia general que adopta el investigador, como forma de abordar un problema determinado que generalmente se traduce en un esquema o gráfico, que permite identificar los pasos que deberá dar para efectuar su estudio, para obtener las respuestas de las preguntas formuladas.

El diseño de la presente investigación corresponde al experimental y al de campo. Es experimental ya que por medio de la elaboración de una sucesión de



acciones denominadas ensayos, se procedió a la realización de una serie de mezclas de concreto; es de campo ya que se trabajó en el contexto donde ocurren los hechos, y de los cuales se obtendrán los datos para ser analizados.

3.3 Población y Muestra

En esta investigación se consideró que todas las obras de concreto armado por su importancia necesitan tener garantía que los resultados de la resistencia a la compresión sean validos y el primer paso o eslabón que une la fabricación del concreto y el ensayo a la compresión es la toma de muestras, por lo que todo ese concreto que se vacía o ejecuta en una obra se asumió como la población y la muestra corresponde a los 48 cilindros ensayados, donde a cada 12 de ellos le correspondía una resistencia y una trabajabilidad especifica. La evaluación de los cilindros seleccionados permite considerar que son representativos en relación a la población.

Ahora bien, en cuanto al número de mezclas y cilindros utilizados, fue necesario utilizar conceptos y parámetros estadísticos como es el caso de la relación T. Student, la cual siguiendo factores de confiabilidad, error máximo, desviación estándar, entre otros, nos arroja una cantidad representativa de números de mezclas y de números de cilindros de concreto a realizar para los respectivos ensayos.

Se partió de la realización de cuatro (4) diseños de mezclas:

- M1: Conformado por los agregados provenientes del 1er muestreo realizado.
- M2: Conformado por los agregados provenientes del 2do muestreo realizado.
- M3: Conformado por los agregados provenientes del 3er muestreo realizado.
- M4: Conformado por los agregados provenientes del 2do, 3er y 4to muestreo realizado.



CAPITULO III

Por consiguiente, para calcular el número de muestras necesarias con el fin de obtener los mejores resultados posibles, partimos de la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{t \times S}{E}\right)^2$$

Donde:

n= Número de muestras.

E= Error máximo entre el promedio estimado de la muestra y el promedio real.

t= Medida de la t de Student que relaciona los grados de libertad ($v = n-1$) con el nivel de confiabilidad.

S= Estimado previo de la desviación estándar del lote o proceso y es fijado según las normas.

Se tiene que $n= 4$, $E= 15 \text{ Kg/cm}^2$ (por Norma) y considerando para el presente trabajo un nivel de control “Bueno”, se tomó entonces un valor de desviación estándar de 17 Kg/cm^2 .



CAPITULO III

Tabla 11. Normas de Control para la Resistencia a Compresión en el Concreto.

Clase de Operación	Grado de Control para Concreto				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Pobre
Variaciones Totales. Desviación Estándar, en Kgf/cm ²					
Control de Campo	Menor de 25	25-30	35-40	40-50	Mayor de 50
Control de Laboratorio	Menor de 15	15-17	17-20	20-25	Mayor de 25
Variación entre ensayos. Coeficiente de Variación en %					
Control de Campo	Menor de 3	3-4	4-5	5-6	Mayor de 6
Control de Laboratorio	Menor de 2	2-3	3-4	4-5	Mayor de 5

Fuente: Normas ACI 214-77

Sustituyendo todos los valores en la ecuación anterior se obtiene el valor de la t de Student, $t = 1,76$



CAPITULO III

Tabla 12. Valores de la t de Student para varios niveles de Probabilidad y Fracciones Defectuosas.

Número de muestras menos uno (n-1)	Porcentaje de Ensayos en el Rango X				
	60	80	90	95	98
	Probabilidad de caer por debajo del Límite Inferior				
	20%	10%	5%	2.5%	1%
1	1,376	3,078	6,314	12, 706	31,821
2	1,061	1,886	2,92	4,303	6,956
3	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541
4	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747
5	0,92	1,476	2,015	2,571	3,356
6	0,906	1,44	1,943	2,447	3,143
7	0,896	1,415	1,895	2,356	2,998
8	0,889	1,397	1,86	2,306	2,896
9	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821
10	0,876	1,372	1,812	2,228	2,764
15	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602
20	0,86	1,325	1,725	2,086	2,528
25	0,856	1,316	1,708	2,06	2,485
30	0,854	1,31	1,697	2,042	2,457
	0,842	1,282	1,645	1,96	2,326

Fuente: George C. Canavos (1988)

Como $t = 1,76$ no se encuentra tabulado en la Tabla 12, se consideró el valor próximo superior encontrado, quedando entonces un nivel de confiabilidad de 90%, valor que se considera aceptable basado en las limitaciones propias del proyecto.



CAPITULO III

Se asume en principio el parámetro $n-1 = \infty$, pensando en un número elevado de muestras y procesos de control continuo.

De esta manera con $\alpha = 90\%$ y $(n-1) = \infty$ obtenemos un valor $t = 1,645$

$$n = \left(\frac{t \times S}{E}\right)^2 = \left(\frac{1,645 \times 17}{15}\right)^2 = 3,48 \cong 3 \text{ Muestras}$$

Ahora bien, una vez calculado el número de muestras por mezcla es preciso conocer la cantidad de probetas cilíndricas requeridas, es por eso que se analizará la siguiente expresión para realizar el estudio:

$$n = \left(\frac{t \times V}{e}\right)^2$$

Donde:

n = Número de probetas cilíndricas representativas de la muestra.

V = Estimado previo del coeficiente de variación entre los ensayos = 5% (Valor Recomendado).

e = Error máximo o diferencial entre el promedio maestro y el real = 5% (Valor Recomendado).

$$n = \left(\frac{1,645 \times 5}{5}\right)^2 = 2,71 \approx 3 \text{ cilindros}$$

Según la Norma COVENIN 3549:1999 “Tecnología del Concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos”, para una mezcla es suficiente en general, obtener tantas series de probetas como edades se desee ensayar y cada serie de probetas debe tener tres unidades y, como mínimo dos en el caso de investigaciones de laboratorio. Como en el caso del presente trabajo de investigación se desea estudiar las muestras a la edad de 28 días y tomando en cuenta la influencia del llenado de los cilindros, se estableció dividir las probetas en los siguientes casos



de estudios: compactadas y no compactadas.

Con esta salvedad se realizaron 6 cilindros por cada serie, 3 compactados y 3 no compactados, respetando el valor mínimo exigido por Norma. Aún cuando a través de fórmulas se podría trabajar con 3 cilindros por cada 3 muestras, obteniendo un total de 9 cilindros, se decidió realizar 2 muestras para cada condición de ensayo de 6 cilindros cada una, obteniendo un total de 12 cilindros; la mitad de ellos compactados y la otra mitad no compactados, para así establecer una mejor comparación entre los mismos. De esta manera se cumple con la norma sobre mezclado de concreto, que recomienda no usar la mezcladora en menos de un 65% a un 70% de su capacidad.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para recolectar la información requerida con el fin de sustentar la propuesta de esta investigación, se inicio dicho trabajo mediante la recopilación de información bibliográfica concerniente al tema en estudio, lo que sirvió como punto de partida para la selección y organización del material necesario para establecer los fundamentos teóricos.

Para el presente trabajo de investigación se consideró apropiado utilizar la técnica de la observación, la cual orienta los sentidos a la captación de la realidad que se estudia, para de esta manera estar a la expectativa frente al fenómeno, del cual se toma y se registra la información. Además se utilizó también los ensayos correspondientes a la Normativa Venezolana para el estudio de los agregados y las Normas Venezolanas pertinentes a la evaluación de propiedades de las mezclas, con el fin de estudiar el comportamiento de las mezclas y además como sustento para la realización de los ensayos pertinentes.



CAPITULO III

El instrumento de recolección de datos empleado fue el diario de campo o el guión de observación. Según lo define el autor Tamayo y Tamayo M. (2006) “una vez recopilados los datos por los instrumentos diseñados para este fin, es necesario procesarlos, es decir, elaborarlos matemáticamente, ya que la cuantificación y su tratamiento estadístico nos permitirán llegar a conclusiones...” (p. 187).

3.4.1 Selección de los Materiales

A la hora de efectuar la parte experimental de la investigación, se utilizaron materiales ampliamente conocidos con el fin de obtener resultados confiables.

A continuación se describen las características de los materiales usados:

- **Cemento:** Para todos los diseños de mezcla se utilizó cemento Pórtland Maestro tipo CPCA2 fabricado por la Corporación Socialista de Cemento S.A., comprado en establecimientos comerciales comunes como ferreterías o tiendas destinadas a ventas de materiales de construcción. Se debe destacar que para la realización de éste trabajo de investigación se utilizó dicho tipo de cemento, puesto que era el único disponible en el mercado por problemas con la industria cementera debido a la Nacionalización de la misma.

- **Agregado:** En este caso se contó con la colaboración de la empresa Inversiones La Primera C.A., la cual suministró todos los agregados, tomándose de los depósitos de la misma y trasladándolos en bolsas plásticas al Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, donde se realizaron las mezclas. El agregado grueso proviene de la Cantera Cura C.A. ubicada en el Municipio San Joaquín y el agregado fino de Materiales Salerno C.A. ubicado en el estado Cojedes.



- Agua: Se utilizó para el proceso de mezclado el agua del laboratorio de materiales y ensayos, proveniente de la red de distribución de la zona de Bárbula, la cual es considerada apta para tales fines.

3.4.2. Toma de Muestras

El muestreo se llevó a cabo por sacos, es decir, cada vez que se visitaba la obra donde se encontraba el depósito de la empresa se tomaba 8 sacos de material, 4 de arena y 4 de piedra picada, de estos se seleccionaba por cuarteo una porción representativa a la cual se le realizaban los ensayos de agregados correspondientes al diseño de mezcla para obtener las características del material.

En general fueron 4 muestreos y a cada uno de ellos se le repetían todos los ensayos para agregados, para registrar cambios que fuesen a resultar determinantes a la hora de realizar el diseño de mezclas.

Para la ejecución de las mezclas y la realización de los ensayos se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos:

- Una mezcladora de eje horizontal de 70 litros de capacidad.
- Balanza.
- Carretilla.
- Molde de Cono de Abrams.
- Cinta Métrica.
- Bolsas Plásticas.
- Barra Compactadora de Acero de 5/8" de diámetro, lisa y con punta redondeada.
- Moldes Cilíndricos de 15cm de diámetro de 30cm de altura.
- Cilindro graduado de capacidad 500ml.



CAPITULO III

- Cilindro graduado de capacidad 1000ml.
- Prensa de ensayo de Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.
- Taras.
- Tamizadora para Agregado Fino.
- Tamizadora para Agregado Grueso.
- Pala.
- Cuchara de Albañil.
- Cronómetro.
- Balón aforado de 500ml.
- Recipientes Plásticos.
- Guantes.
- Horno.

3.4.3. Ensayos de Agregados.

Todos los ensayos a los agregados se realizaron en el Laboratorio para determinar su calidad y características, de acuerdo con las especificaciones dadas en el manual “Materiales y Ensayos. Guía de Laboratorio” del Profesor Jaime Font C., y en caso de dudas se consultaron las normas relativas a los mismos. Dichos ensayos se indican a continuación:

- Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos (COVENIN 255:1998).
- Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (COVENIN 268:1998).
- Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso (COVENIN 269:1998).



- Método de ensayo para determinar por secado el contenido de humedad total y superficial en el agregado (COVENIN 1375-79).

3.4.4. Preparación de Mezclas.

Las mezclas fueron calculadas en un programa de Excel realizado por la Ing. María Rita Silva y el Ing. Francisco Soto, en el cual se aplican los conceptos de diseño de mezclas según el método del C.C.C.A.

Tales mezclas fueron calculadas para 1m^3 de concreto y ajustadas a 45lts, siendo esta la cantidad requerida para cada mezcla y por ende la cantidad de concreto a elaborar en la mezcladora, respetando la capacidad de la misma, la cual corresponde 70lts.

Para la elaboración de las mezclas fue necesario realizar una serie de pasos con el fin de que el resultado final fuese el esperado con el diseño teórico calculado. Dichos pasos se especifican a continuación:

- Se prepararon los equipos a utilizar en la realización de la mezcla, como lo son: la mezcladora (comúnmente llamada trompo), los moldes cilíndricos y el cono de Abrams. A la mezcladora, minutos antes de la preparación de la mezcla se le humedecían sus paredes con el fin de que éstas se hidrataran, para impedir que el agua destinada al diseño fuese a resultar absorbida por la misma. Con respecto a los moldes cilíndricos, estos se limpiaron rigurosamente de manera tal que la superficie interior fuera totalmente lisa, la cual posteriormente era pintada o barnizada con aceite de motor para impedir la adhesión del concreto a los mismos. De igual forma el cono de Abrams era limpiado para evitar la presencia de error en los resultados de ensayos.



CAPITULO III

- Se realizaron las pesadas de agregado grueso, agregado fino y cemento correspondiente al diseño para 45lts de concreto. Estos materiales eran almacenados y sellados en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad.
- La cantidad de agua correspondiente era medida justo antes de la elaboración de la mezcla y así lograr el asentamiento esperado con variación de más o menos 1”.
- Seguidamente se ubicaron los materiales en la mezcladora para la preparación de la mezcla. Primero se colocaba la piedra y la arena, las cuales se procedían a mezclar con parte del agua, luego se le añadía el cemento y el resto del agua, dejando mezclar por tres (3) minutos, se dejaba reposar dos (2) minutos y luego se culminaba el mezclado por un tiempo de dos (2) minutos más.
- Después del mezclado se tomaba directamente de la mezcladora una porción de concreto para hacer el ensayo de cono Abrams según las especificaciones de la Norma COVENIN 339:1994 “Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams”. En caso de no obtener el asentamiento deseado, se procedía a la corrección añadiendo agua y cemento en las proporciones necesarias para llegar al asentamiento requerido sin perder la relación a/c. Seguidamente se medía de nuevo el asentamiento, sino daba se continuaba corrigiendo y si alcanzaba el asentamiento requerido se procedía con el siguiente paso.
- Luego se llenaban los cilindros correspondientes tomando en cuenta los requerimientos de la Norma COVENIN 338:2002 “Método para elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto” para tres (3) de ellos, y en los tres (3) restantes se omitía este procedimiento normativo para realizarles un llenado continuo.
- Una vez terminada la toma de muestras, se dejaba reposar el material en los moldes por un período de 24 horas para luego retirar las probetas de ellos y colocarlos en la piscina para cumplir con el proceso de curado, el cual tenía una duración de 26 días, para seguidamente sacar las muestras 24 horas antes de ser ensayados y tomar datos de diámetros, peso y altura, para su posterior ensayo a compresión.



Este proceso se llevó a cabo tal como se indicó con anterioridad, repitiendo los mismos pasos para los 4 diseños establecidos, haciendo 2 mezclas por diseño.

Todos los resultados obtenidos de la realización de las mezclas fueron plasmados en hojas de recolección de datos para su posterior análisis.

3.5 Análisis de Datos

Una vez obtenidos todos los resultados de los ensayos se procedió a la recopilación y organización de los mismos a través de herramientas como tablas, gráficos e histogramas que permitieron visualizar la tendencia de las resistencias de los cilindros compactados, de los no compactados y de la correlación entre ambos.

Para cada muestra se representó en un diagrama de barras las resistencias arrojadas por cada probeta, para luego aplicar a dichos valores los criterios de aceptación estipulados por la Norma COVENIN 1753:2006 para determinar si el concreto cumple o no con ellos y comprobar si el material es apto para fines ingenieriles. En ese sentido, se incorporaron los resultados obtenidos, la resistencia de diseño, la resistencia de cálculo y el rango correspondiente a cada criterio en un gráfico de líneas para establecer las comparaciones entre ellas.

Luego se aplicaron parámetros estadísticos para detectar las variaciones entre sí de los resultados y así constatar el control de calidad con el que se elaboró el material y tomar decisiones en cuanto a su empleo en campo.

Con esto se concluye todo lo relacionado al capítulo tres que da pie a la interpretación de los resultados para obtener las conclusiones que dan respuesta a los objetivos planteados.



CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados a los agregados, los diseños de mezcla, los resultados parciales de cada cilindro con sus características específicas y las gráficas resultantes de la interpretación de la resistencia a la compresión arrojada en los ensayos, de las cuales se infieren las conclusiones.



4.1. Ensayos de Agregados

Se presentan los resultados de los ensayos realizados a las muestras tomadas de los agregados en forma de tabla resumen y los resultados parciales de cada ensayo están detallados en los anexos:

GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO (1er Muestreo)

Tabla 13. Resultados del Primer Muestreo (Agregado Grueso)

Tamices	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	Bandeja
% Retenido	0	17,02	41,19	32,22	5,45	4,12
% Retenido Acumulado	0	17,02	58,21	90,43	95,88	100
%Pasante	100	82,98	41,79	9,57	4,12	0

CONSTANTES FISICAS	RESULTADOS
Tamaño Máximo Nominal	1 ½"
Impurezas Orgánicas	-
Peso Unitario Suelto (Kgf/m3)	1395,83
Peso Unitario Compacto (Kgf/m3)	1629,02
Peso Especifico (gr/cm3)	2,43
Peso Especifico Aparente (gr/m3)	2,51
Absorción %	1,40
Cloruros	-
Sulfatos	-
Desgaste %	-

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

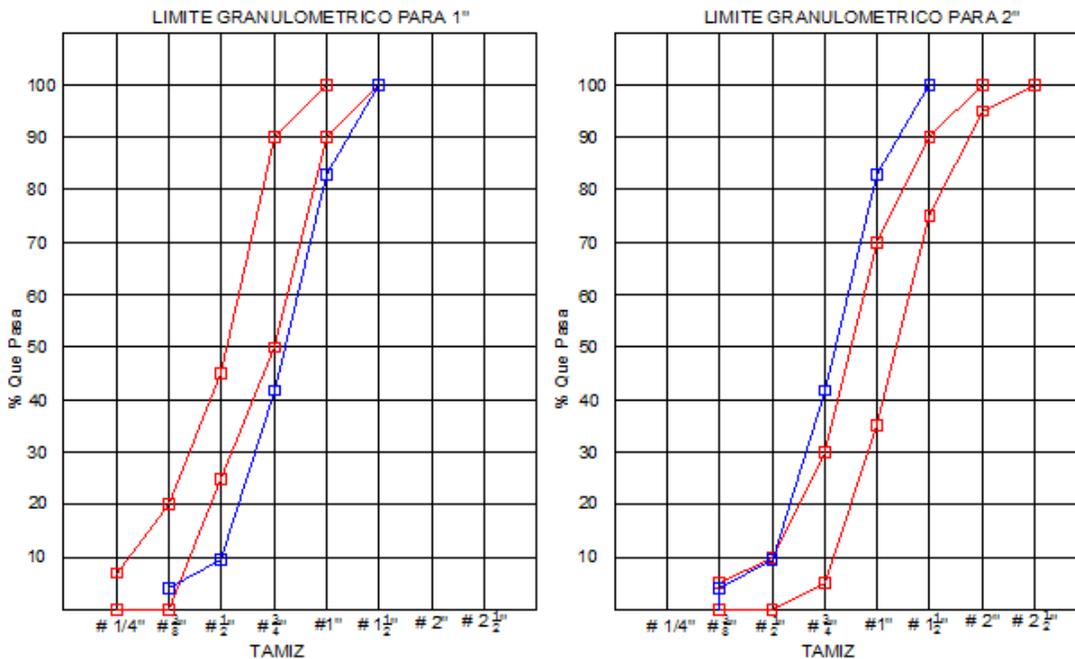


CAPITULO IV

Para el primer material ensayado se generó la incertidumbre de cuál sería el Tamaño Máximo Nominal (T.M.N) del agregado. Teóricamente, se puede decir que el tamaño máximo nominal corresponde a 1 ½”, pues es en este tamiz donde pasa más del 95% del material, sin embargo en él no queda nada retenido.

Ahora bien, en los límites de los porcentajes en peso que pasan los tamices de abertura cuadrada que aparecen en la norma COVENIN 277:2000 “CONCRETO.AGREGADOS. REQUISITOS” (Ver gráfica 02), no se contemplan límites para nuestro caso, es decir, no se contemplan límites para agregados cuyo T.M.N. sea 1 ½”, por lo que a la hora de realizar la curva granulométrica del agregado grueso no se contaba con los rangos comparativos para establecer si el material era considerado aceptable. Es por esto que se decidió hacer una comparación entre los límites granulométricos para agregados con T.M.N. de 1” y 2”, para implantar una dispersión entre nuestros valores contra dichos límites.

Gráfica N°1. Límites Granulométricos para T.M.N. de 1”y 2”.



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

Al hacerlo, se observa en ambas graficas que dos (2) puntos de la curva granulométrica del agregado se encuentran dentro de los limites pertinentes según sea el caso del T.M.N., y tres (3) por fuera del mismo. De igual forma, se puede constatar que la granulometría del material está entre los límites mínimos de la piedra No.1 y los máximos de la piedra No. 2., y es por esta condición que se decidió tomar el límite inferior de los parámetros establecidos para agregados de 1" y el límite superior para agregados de 2", quedando entonces los limites para agregados cuyo T.M.N. sea de 1 ½". Así, se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 14. Limite de los Porcentajes en Peso que pasan los tamices de Abertura Cuadrada para T.M.N. 1 ½"

Piedra Picada o Grava	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	¼"
No.1	-	-	100	100 a 90	90 a 50	45 a 15	20 a 0	7 a 0
No. ½"	-	100	100 a 90	90 a 70	50 a 30	15 a 10	5 a 0	
No. 2	100	100 a 95	90 a 75	70 a 35	30 a 50	10 a 0	5 a 0	

Modificado por: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



GRANULOMETRIA AGREGADO FINO (1er Muestreo)

Tabla 15. Resultados del 1er Muestreo (Agregado Fino).

TAMICES	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	Bandeja
% Retenido	15,09	24,14	17,10	14,69	12,07	7,44	9,46
% Retenido Acumulado	15,09	39,23	56,33	71,02	83,09	90,53	100,0
%Pasante	84,91	60,76	43,66	28,97	16,9	9,46	0

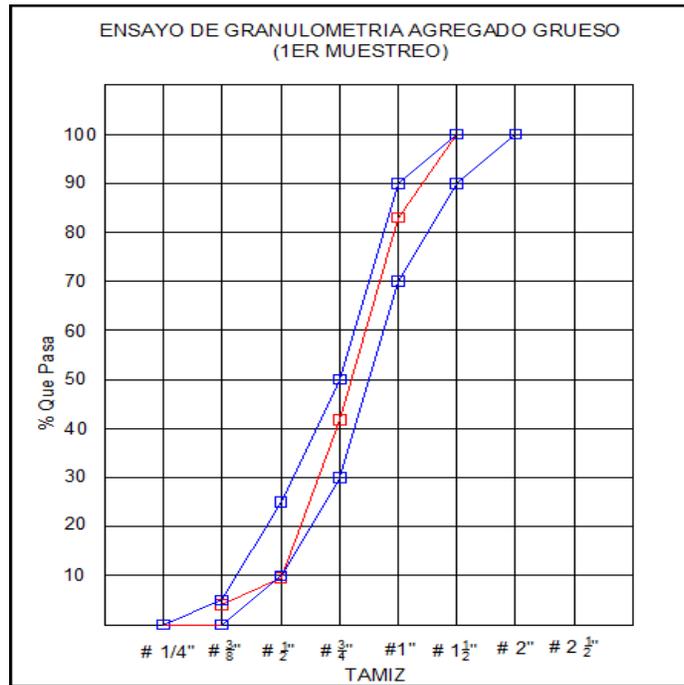
CONSTANTES FISICAS	RESULTADOS
Modulo de Finura %	3,55
Impurezas Orgánicas	-
Peso Unitario Suelto (Kgf/m3)	1586,02
Peso Unitario Compacto (Kgf/m3)	1757,81
Peso Especifico (gr/cm3)	2,43
Peso Especifico Aparente (gr/m3)	2,51
Absorción %	1,40
Cloruros	-
Sulfatos	-
Desgaste %	-

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



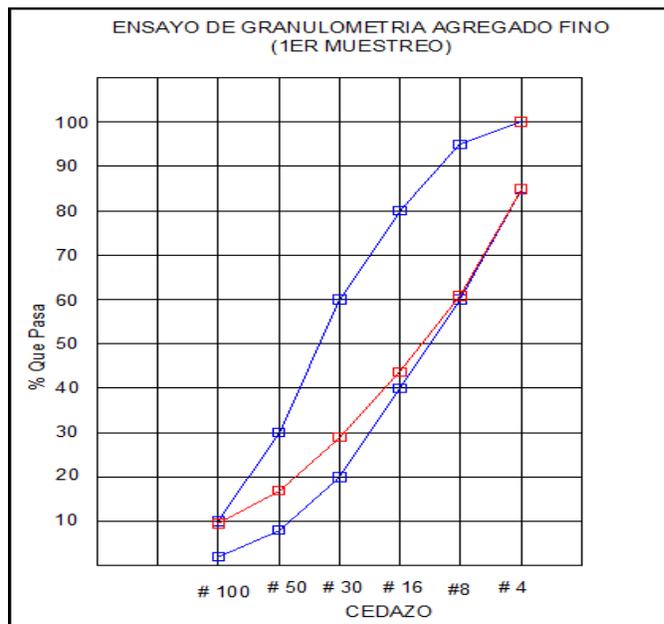
CAPITULO IV

Grafica N°2. *Ensayo de Granulometría. Agregado Grueso (1er Muestreo).*



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafica N° 3. . *Ensayo de Granulometría. Agregado Fino (1er Muestreo).*



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO (2do Muestreo)

Tabla 16. Resultados del 2do Muestreo (Agregado Grueso).

Tamices	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Bandeja
% Retenido	0	5,82	25,49	49,49	12,50	6,39
% Retenido Acumulado	0	5,82	31,31	81,11	93,61	100
%Pasante	100	94,18	68,69	18,89	6,39	0

CONSTANTES FISICAS	RESULTADOS
Tamaño Máximo Nominal	1"
Impurezas Orgánicas	-
Peso Unitario Suelto (Kgf/m3)	1404,42
Peso Unitario Compacto (Kgf/m3)	1588,63
Peso Especifico (gr/cm3)	2,62
Peso Especifico Aparente (gr/m3)	2,69
Absorción %	1,01
Cloruros	-
Sulfatos	-
Desgaste %	-

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



GRANULOMETRIA AGREGADO FINO (2do Muestreo)

Tabla 17. Resultados del 2do Muestreo (Agregado Fino).

TAMICES	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Bandeja
% Retenido	12,25	18,27	14,26	24,70	4,82	15,26	10,44
% Retenido Acumulado	12,25	30,52	44,78	69,48	74,30	89,56	100,0
%Pasante	87,75	69,48	55,22	30,52	25,70	10,44	0

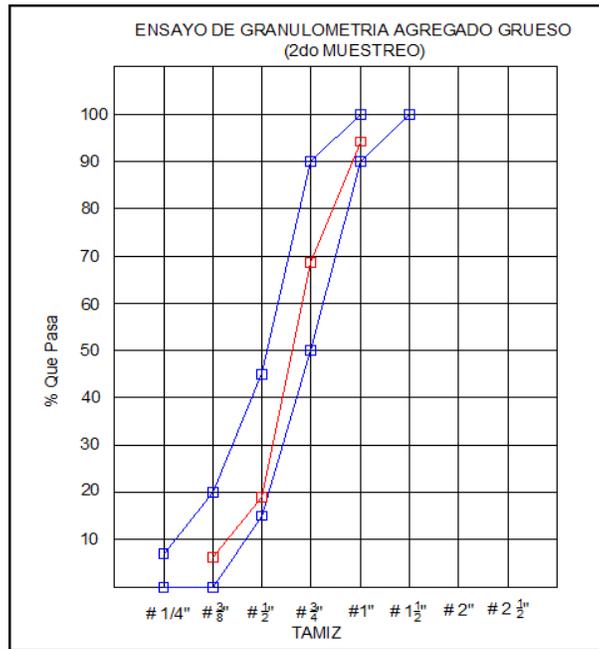
CONSTANTES FISICAS	RESULTADOS
Modulo de Finura %	3,21
Impurezas Orgánicas	-
Peso Unitario Suelto (Kgf/m3)	1548,39
Peso Unitario Compacto (Kgf/m3)	1805,62
Peso Especifico (gr/cm3)	2,62
Peso Especifico Aparente (gr/m3)	2,69
Absorción %	1,01
Cloruros	-
Sulfatos	-
Desgaste %	-

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



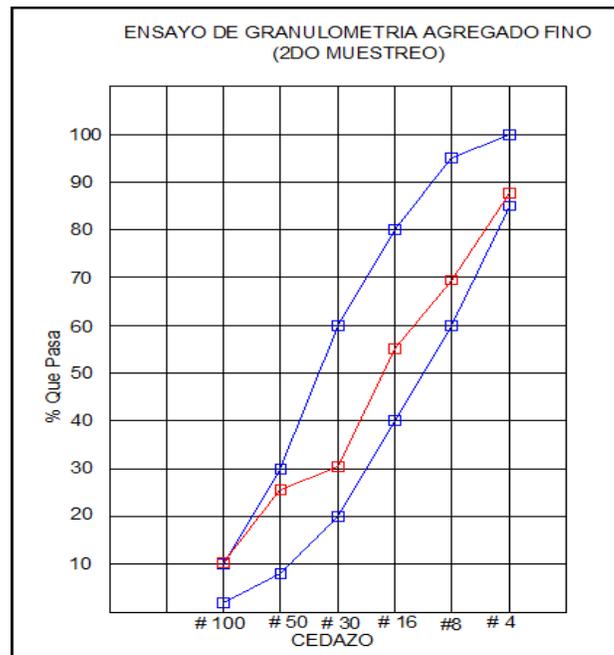
CAPITULO IV

Grafica N° 4. *Ensayo de Granulometría. Agregado Grueso (2do Muestreo).*



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafica N° 5. *Ensayo de Granulometría. Agregado Fino (2do Muestreo).*



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO (3er Muestreo)

Tabla 18. Resultados del 3er Muestreo (Agregado Grueso).

Tamices	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Bandeja
% Retenido	0	3,74	20,02	39,25	16,05	20,95
% Retenido Acumulado	0	3,74	23,75	63,00	79,05	100
% Pasante	100	96,26	76,25	37,00	20,95	0

CONSTANTES FISICAS	RESULTADOS
Tamaño Máximo Nominal	1"
Impurezas Orgánicas	-
Peso Unitario Suelto (Kgf/m ³)	1400,89
Peso Unitario Compacto (Kgf/m ³)	1634,89
Peso Especifico (gr/cm ³)	2,52
Peso Especifico Aparente (gr/m ³)	2,57
Absorción %	0,81
Cloruros	-
Sulfatos	-
Desgaste %	-

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



GRANULOMETRIA AGREGADO FINO (3er Muestreo)

Tabla 19. Resultados del 3er Muestreo (Agregado Fino).

TAMICES	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Bandeja
% Retenido	17,65	16,63	12,17	23,53	5,07	15,42	9,53
% Retenido Acumulado	17,65	34,28	46,45	69,98	75,05	90,47	100,0
%Pasante	82,35	65,72	53,55	30,02	24,95	9,53	0

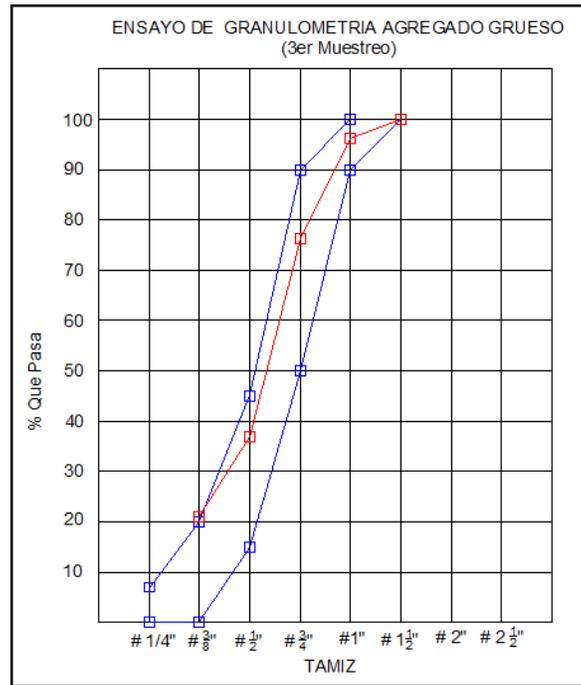
CONSTANTES FISICAS	RESULTADOS
Modulo de Finura %	3,34
Impurezas Orgánicas	-
Peso Unitario Suelto (Kgf/m3)	1544,03
Peso Unitario Compacto (Kgf/m3)	1795,87
Peso Especifico (gr/cm3)	2,52
Peso Especifico Aparente (gr/m3)	2,57
Absorción %	0,81
Cloruros	-
Sulfatos	-
Desgaste %	-

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



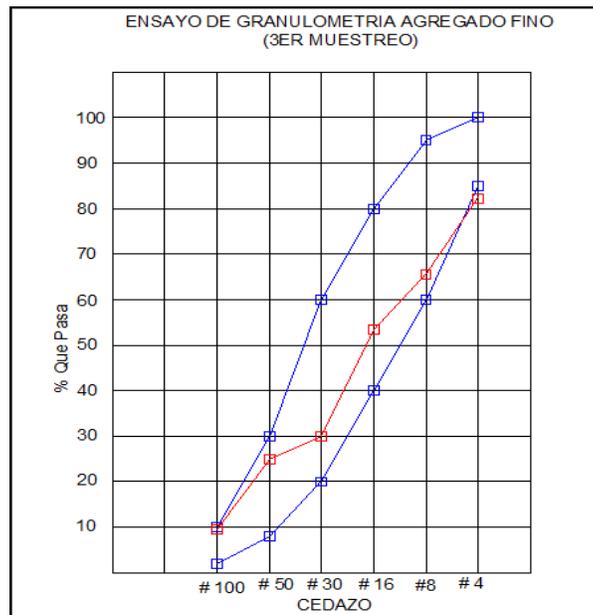
CAPITULO IV

Grafica N° 6. Ensayo de Granulometría. Agregado Grueso (3er Muestreo).



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafica N° 7. Ensayo de Granulometría. Agregado Fino (3er Muestreo).



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



GRANULOMETRIA AGREGADO GRUESO (4to Muestreo)

Tabla 20. Resultados del 4to Muestreo (Agregado Grueso).

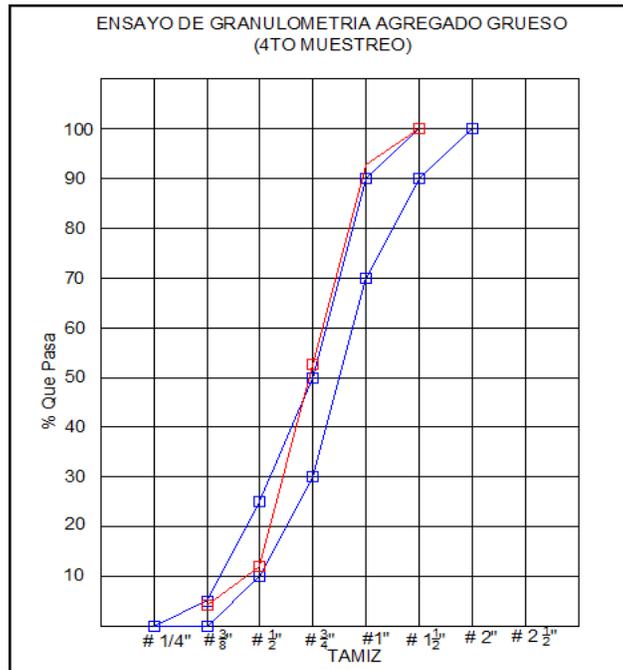
Tamices	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Bandeja
% Retenido	0	7,23	40,09	40,61	7,76	4,30
% Retenido Acumulado	0	7,23	47,32	87,94	95,70	100
%Pasante	100	92,77	52,68	12,06	4,30	0

CONSTANTES FISICAS	RESULTADOS
Tamaño Máximo Nominal	1 1/2"
Impurezas Orgánicas	-
Peso Unitario Suelto (Kgf/m3)	1423,67
Peso Unitario Compacto (Kgf/m3)	1637,31
Peso Especifico (gr/cm3)	2,66
Peso Especifico Aparente (gr/m3)	2,70
Absorción %	1,11
Cloruros	-
Sulfatos	-
Desgaste %	-

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



Grafica N° 8. Ensayo de Granulometría. Agregado Grueso (4to Muestreo).



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

4.2. Diseño de Mezclas

Como se mencionó anteriormente, el diseño de mezcla se llevó a cabo a través de un programa de computación basado en Excel, en el cual introduciendo ciertos parámetros como la Resistencia de cálculo, el asentamiento esperado y el Peso específico de la Arena y la Piedra a utilizar, entre otros, es capaz de calcular la dosificación que se ha de requerir para realizar la mezcla.

A continuación se presenta un esquema del diseño de mezcla para la obtención de resultados de acuerdo al programa utilizado:



CAPITULO IV

Resistencia de Cálculo, Desviación Estandar y Fracción Defectiva
Datos suministrados al Programa

Tabla para la toma del Coeficiente de Control (V) en caso de no tener la Desviación E standar

RESISTENCIA DE DISEÑO		TABLA VII-1 COEF. VARIACION PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL (V) %					
Clase de Operación		EXCELENTE	BUENO		REGULAR	POBRE	
R cal control	250 NORMAL						
FD	20,00%						
Z	0,842						
σ	70						
V	5,00%						
R dis	308,94						
		< 10	10	15	15	20	
		<= 5	5	7	7	10	
		<= 4	4	5	5	6	
		<= 3	3	4	4	5	

Resistencia de Diseño, Cálculo arrojado por el Programa

Relación Agua/Cemento obtenida a través de las especificaciones de la Figura 07

RELACION AGUA/CEMENTO (A/C)				POR CONDICIONES DE SERVICIO Y AMBIENTE		A/C
		POR GRAFICO	POR CONDICION			
R _{70 DIAS}		A/C	0			
R _{28 DIAS}	308,94	A/C	0,496			
R _{90 DIAS}		A/C	0			
				ATMOSFERA COMUN LITORAL	0,75	
				ALTA HMEIDAD	0,65	
				BAJO AGUA NO CORROSIVA	0,60	
				AMBIENTE DE MAR	0,55	
				SUELOS SELETINOSOS	0,40	
				AMBIENTE INDUSTRIAL	S/CASO	
				ELEMENTOS DELGADOS	0,50	
				CONCRETO EN MASA	0,70	
				DESgaste	0,45	

Tabla para verificar la relación a/c en función de las condiciones de trabajo



CAPITULO IV

Parámetros para la corrección de la relación a/c en función del T.M.N. y el tipo de agregado

AGREGADOS	
T.M (in)	1
Dimencion minima de pieza a vaciar	NO CUMPLE
separacion entre barras	NO CUMPLE

AGUA/CEMENTO CORREGIDO	
A/C _{7DIAS}	0
A/C _{28DIAS}	0,496
A/C _{90DIAS}	0

TABLA VII-2				
T.M	1/2" a 1"	1 1/2"	2"	2 1/2"
kr	1,00	0,91	0,82	0,74

TABLA VII-3	VALORES DE Ka		
	P.P	CANTO TRITURADO	CANTO RODADO
A. NATURAL	1,00	0,97	0,91
A.	1,14	1,10	0,93

Relación a/c corregida

β y Trabajabilidad, Datos introducidos en el programa

Tabla de valores guía para la Trabajabilidad

PROPORCIONES DE MEZCLADO DE AGREGADO	
β	0,3691

TRABAJABILIDAD	
T (in)	6

CONTENIDO DE CEMENTO	
C _{7DIAS}	#DIV/0!
C _{28DIAS}	450,858
C _{90DIAS}	#DIV/0!

TIPO DE CONSTRUCCION	ASENTAMIENTO(in)	
	MAX	MIN
PEDESTALES Y MUROS ARMADOS	3	11/2
FUNDACIONES	3	1
LOSAS, VIGAS Y COLUMNAS	4	2
PAVIMENTOS	3	2
CONCRETOS BOMB EADOS	6	3

Contenido de Cemento calculado por el programa en función de la figura 08



CAPITULO IV

Parámetros para la corrección del contenido de cemento en función del T.M.N. y el tipo de agregado

CORRECCION

C1	1
C2	1

CEMENTO CORREGIDO

C CORREG _{7DÍAS}	#DIV/O!
C	450,958
CORREG _{28DÍAS}	
C	#DIV/O!

AGUA CORREGIDA

A CORREG _{7DÍAS}	#DIV/O!
A	223,588
A	#DIV/O!

T.M.	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"
C1	0,80	0,82	0,85	0,88	0,93	1,00	1,05	1,14	1,20	1,33

TABLA VII-8	VALORES DE C2		
	P.P	CANTO TRITURADO	CANTO RODADO
A. NATURAL	1,00	1,03	0,90
A. TRITURADA	1,28	1,23	0,96

Cálculo del contenido de cemento y la cantidad de agua corregida

Cálculo de la cantidad de Aire Atrapado

Peso Especifico de la Arena y de Piedra introducidos en el programa

CONDICION DE VOLUMEN

AIRE ATRAPADO
A/C grafico
 $P_{28DÍAS} = 6,087$
 $a/\gamma_a + 0,29^*c + A/\gamma_A + P_i/\gamma_{P_i} + 10^*P = 1000$

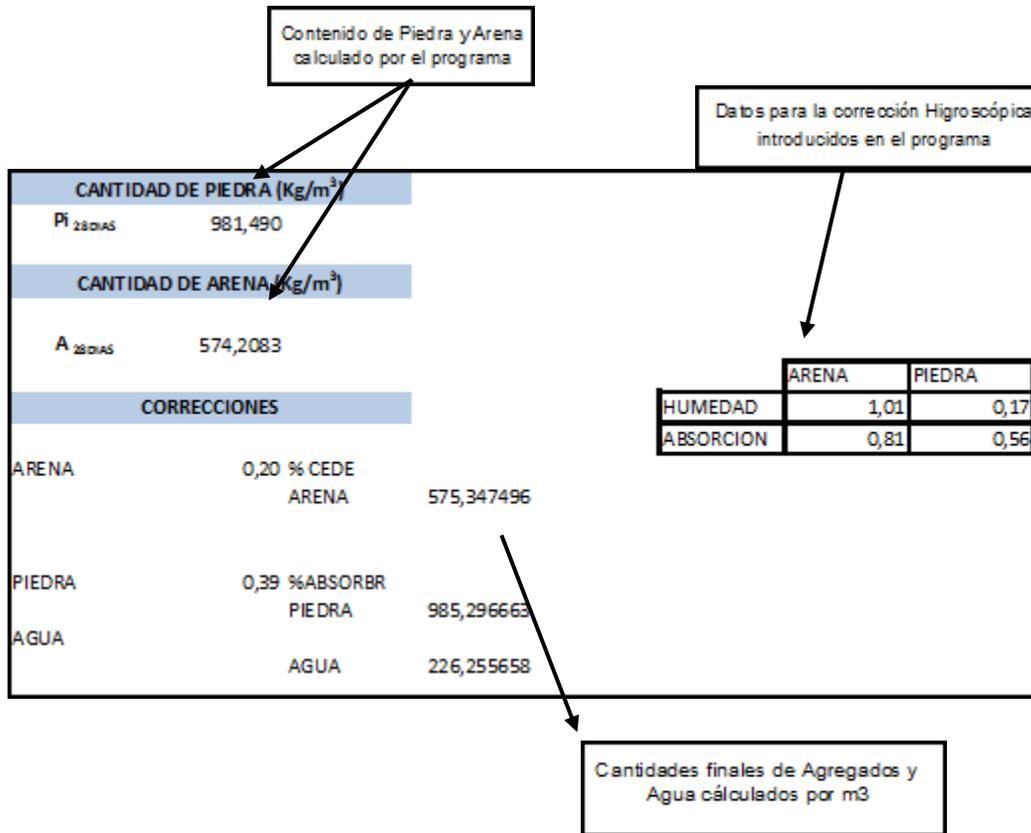
$A/(A+P_i) = \beta$

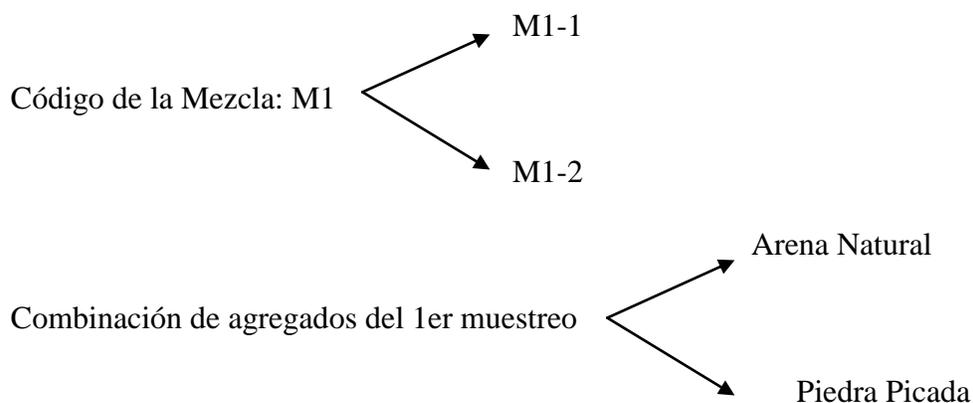
CANTIDAD DE AGUA (Kg/m³)
 $a_{28DÍAS} = 223,588$
 $\gamma = 1$

CANTIDAD DE CEMENTO (Kg/m³)
 $C_{CORREG_{28DÍAS}} = 450,958$
 $\gamma_A = 2,52$
 $\gamma_{P_i} = 2,75$
 $\beta = 0,3691$



CAPITULO IV



**DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS***Tabla 21. Datos del Diseño de Mezcla*

Datos Constantes del Diseño	
Resistencia de Calculo(Kg/cm ²)	210
Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	269
Tamaño Máximo Nominal	1 ½"
β	44,24%
C ₁	0,93
C ₂	1
γ_{arena} (Kg/dm ³)	2,32
γ_{piedra} (Kg/dm ³)	2,63
Relación a/c	0,61
Asentamiento	6"
% Abs. Arena	1,01
% Abs. Piedra	5,88
% Humedad Arena	0,45
% Humedad Piedra	0,38

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla 22. *Proporción de Mezclas de M1*

Material	Peso por m ³	Corrección Higroscópica (Kg/m ³)	Peso por m ³ Corregidos
Piedra	886	46	932
Arena	703	4	707
Cemento	405	-	405
Agua	206	42	248

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 23. *Dosificación para 45lts de M1-1*

Material	Peso (Kg)	Asentamiento (Pulg)	Corrección por Asentamiento	
			Material Añadido (Kg)	Nuevo Asentamiento
Piedra	40	6 ½"	-	-
Arena	30		-	
Cemento	17		-	
Agua	11		-	

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 24. *Dosificación para 45lts de M1-2*

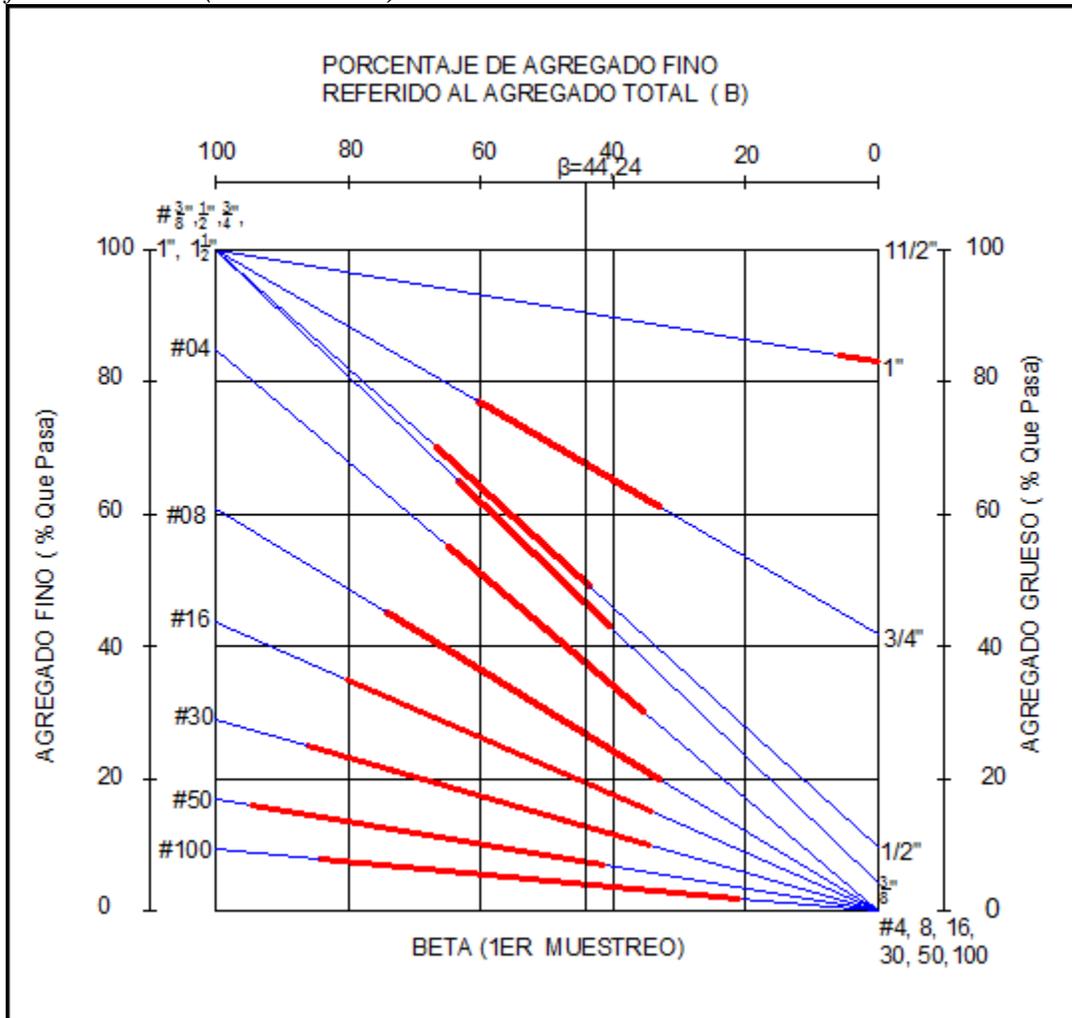
Material	Peso (Kg)	Asentamiento (Pulg)	Corrección por Asentamiento	
			Material Añadido (Kg)	Nuevo Asentamiento
Piedra	40	4 ¾"	-	5 ½"
Arena	30		-	
Cemento	17		1,64	
Agua	11		1	

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

Grafica N° 9. Beta (1er Muestreo)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

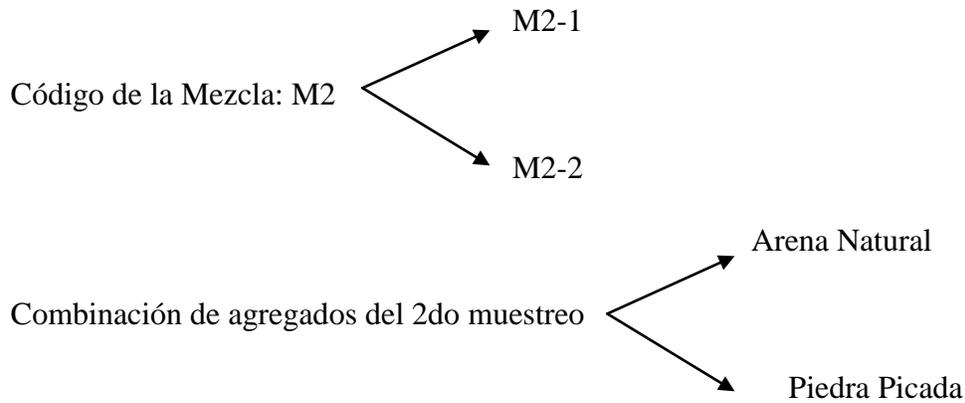


Tabla 25. Datos del Diseño de Mezcla

Datos Constantes del Diseño	
Resistencia de Calculo (Kg/cm ²)	210
Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	269
Tamaño Máximo Nominal	1"
β	44,62%
C ₁	1
C ₂	1
γ_{arena} (Kg/dm ³)	2,62
γ_{piedra} (Kg/dm ³)	2,74
Relación a/c	0,57
Asentamiento	4"
% Abs. Arena	1,01
% Abs. Piedra	0,74
% Humedad Arena	0,91
% Humedad Piedra	0,28

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla 26. Proporción de Mezclas de M2

Material	Peso por m ³	Corrección Higroscópica (Kg/m ³)	Peso por m ³ Corregidos
Piedra	959	4	963
Arena	772	1	773
Cemento	361	-	361
Agua	202	4	206

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 27. Dosificación para 45lts de M2-1

Material	Peso (Kg)	Asentamiento (Pulg)	Corrección por Asentamiento	
			Material Añadido (Kg)	Nuevo Asentamiento
Piedra	41	3"	-	3 ¾"
Arena	33		-	
Cemento	15		2	
Agua	9		½	

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 28. Dosificación para 45lts de M2-2

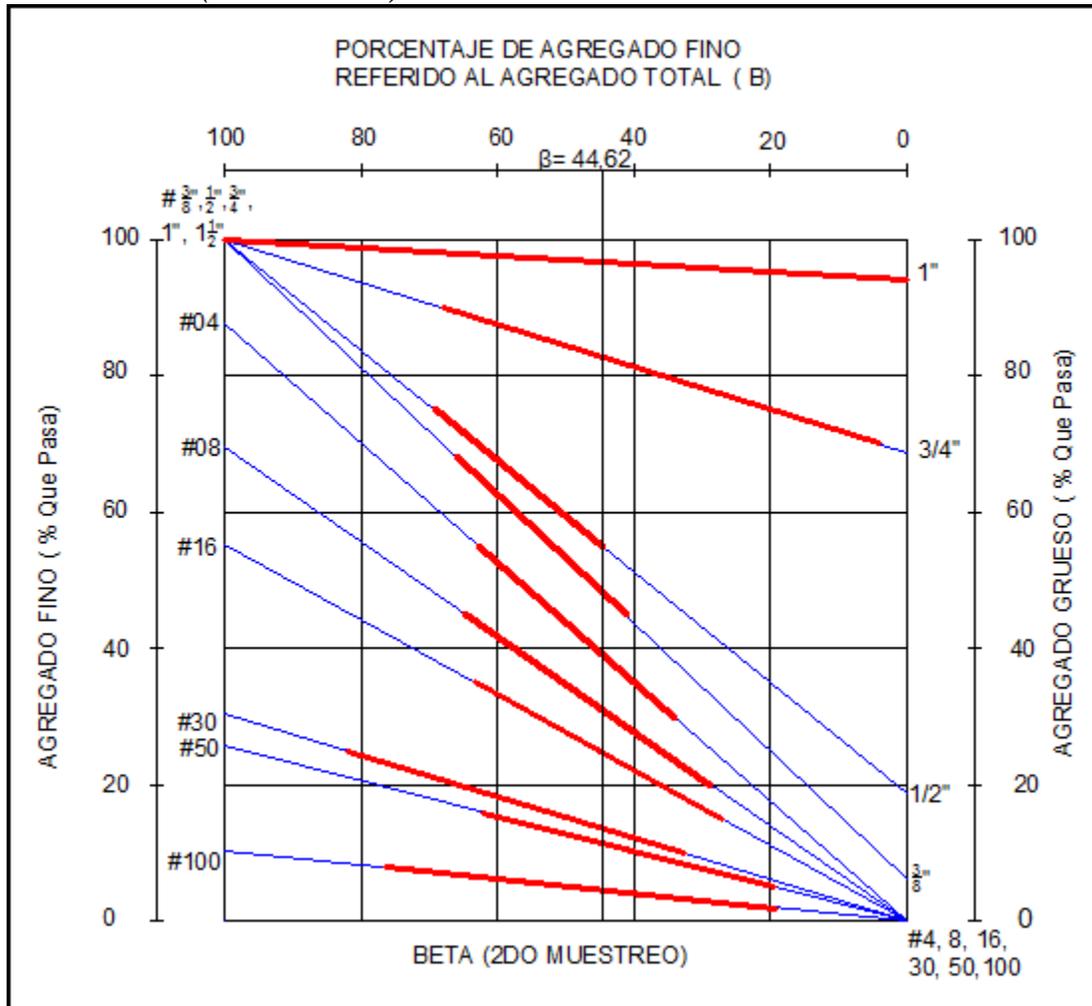
Material	Peso (Kg)	Asentamiento (Pulg)	Corrección por Asentamiento	
			Material Añadido (Kg)	Nuevo Asentamiento
Piedra	41	3"	-	4 ½"
Arena	33		-	
Cemento	15		3,5	
Agua	9		2	

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

Grafica N°10. Beta (2do Muestreo)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

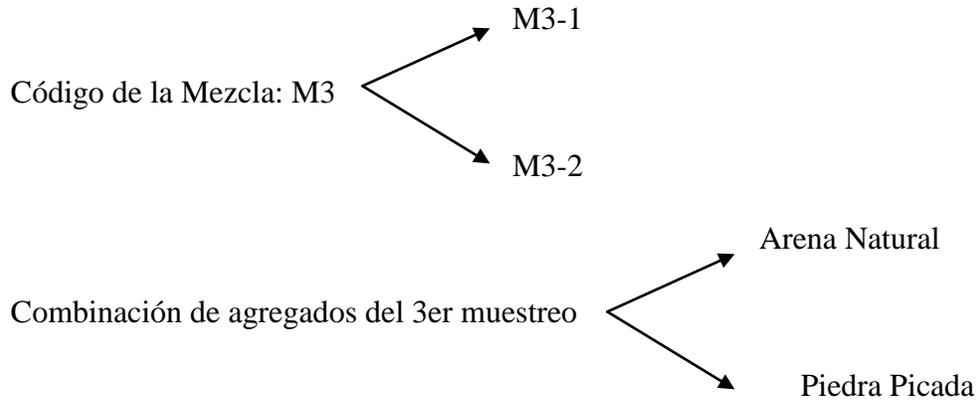


Tabla 29. Datos del Diseño de Mezcla

Datos Constantes del Diseño	
Resistencia de Calculo (Kg/cm ²)	250
Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	309
Tamaño Máximo Nominal	1"
β	36,91%
C ₁	1
C ₂	1
γ_{arena} (Kg/dm ³)	2,52
γ_{piedra} (Kg/dm ³)	2,75
Relación a/c	0,50
Asentamiento	6"
% Abs. Arena	0,81
% Abs. Piedra	0,56
% Humedad Arena	1,01
% Humedad Piedra	0,17

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla 30. Proporción de Mezclas de M3

Material	Peso por m ³	Corrección Higroscópica (Kg/m ³)	Peso por m ³ Corregidos
Piedra	982	4	986
Arena	574	1	575
Cemento	451	-	361
Agua	224	2	226

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 31. Dosificación para 45lts de M3-1

Material	Peso (Kg)	Asentamiento (Pulg)	Corrección por Asentamiento	
			Material Añadido (Kg)	Nuevo Asentamiento
Piedra	42	2 ¼"	-	6 ¼"
Arena	24		-	
Cemento	19		3	
Agua	10		1,5	

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 32. Dosificación para 45lts de M3-2

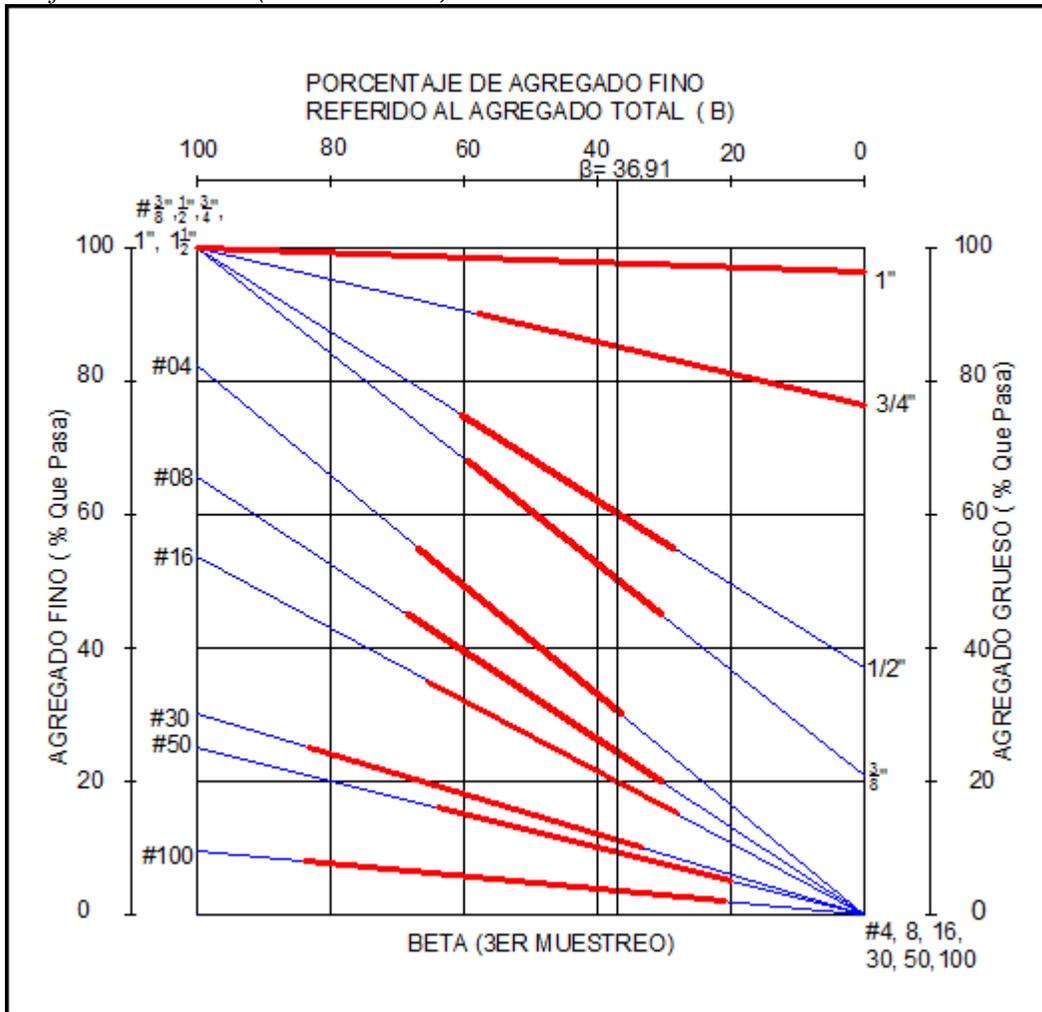
Material	Peso (Kg)	Asentamiento (Pulg)	Corrección por Asentamiento	
			Material Añadido (Kg)	Nuevo Asentamiento
Piedra	42	2 ½"	-	5 ¾"
Arena	24		-	
Cemento	19		4	
Agua	10		2	

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

Grafica N°11. Beta (3er Muestreo)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

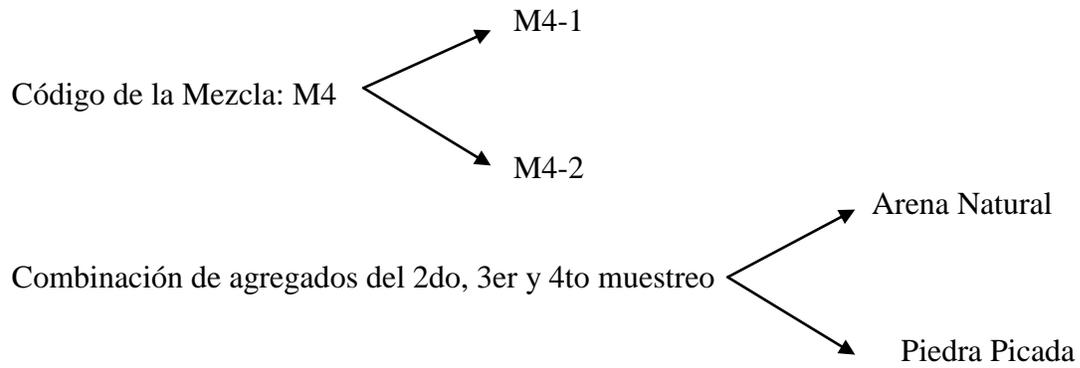


Tabla 33. Datos del Diseño de Mezcla de M4

Datos Constantes del Diseño	
Resistencia de Calculo (Kg/cm ²)	250
Resistencia de Diseño (Kg/cm ²)	309
Asentamiento	4"

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS

Mezcla: M4-1 (combinación de agregados del 2do y 3er muestreo)

$\beta = 36,91\%$	$\gamma_{\text{arena}} (\text{Kg}/\text{dm}^3) = 2,52$	$\gamma_{\text{piedra}} (\text{Kg}/\text{dm}^3) = 2,75$
$a/c = 0,50$	% Abs. Arena = 1,01	% Abs. Piedra = 0,56
% Hum. Arena = 0,91	% Hum. Piedra = 0,17	T.M.N: 1''
$C_1 = 1$	$C_2 = 1$	

Tabla 34. Proporción de Mezcla de M4-1

Material	Peso por m ³	Corrección Higroscópica (Kg/m ³)	Peso por m ³ Corregidos
Piedra	1025	4	1029
Arena	600	-	600
Cemento	423	-	361
Agua	210	3	213

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 35. Dosificación para 45lts de M4-1

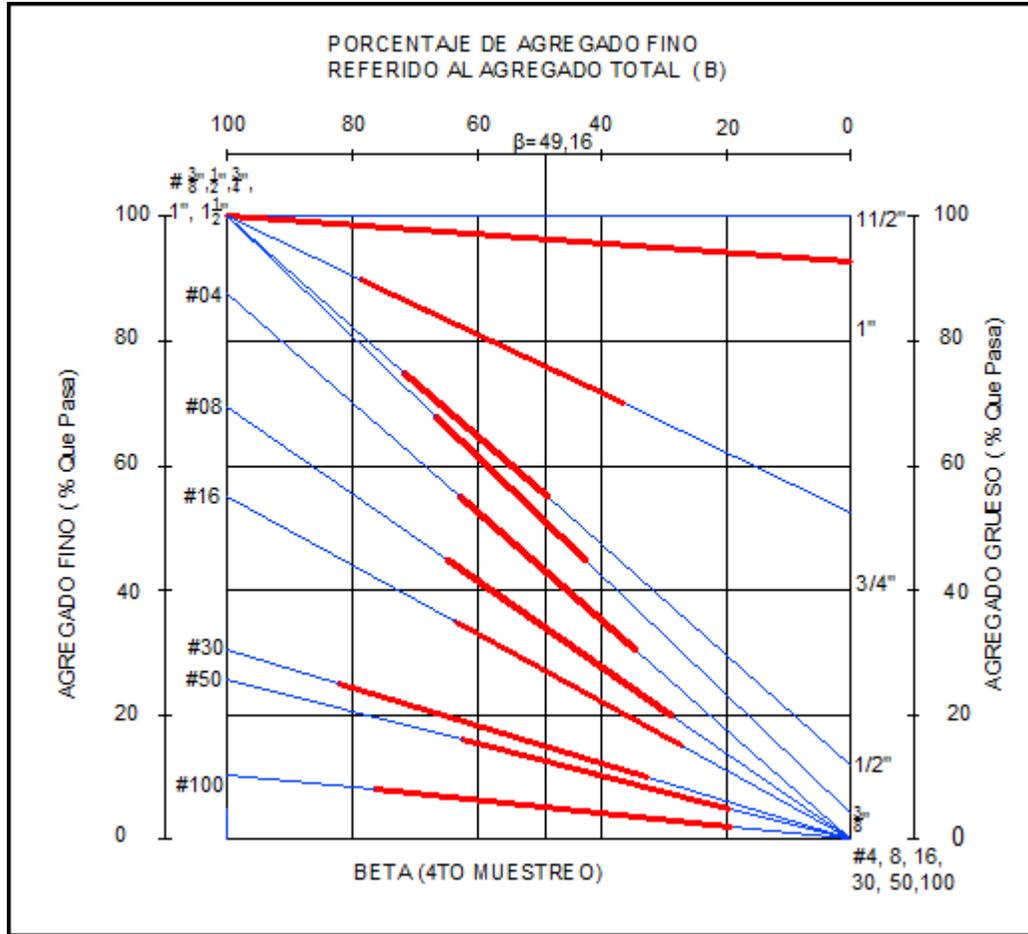
Material	Peso (Kg)	Asentamiento (Pulg)	Corrección por Asentamiento	
			Material Añadido (Kg)	Nuevo Asentamiento
Piedra	38	1 ½''	-	4 ½''
Arena	22		-	
Cemento	16		3	
Agua	8		1,5	

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

Grafica N° 12. Beta (4to Muestreo)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



4.3 Ensayos a Compresión

Mezcla M1-1

Tabla 38. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,2	14,8	14,9	12,314	30935	28	179
1'	29,8	14,9	14,8	12,319	26490	28	153
2	30,2	15,1	14,8	12,102	30070	28	171
2'	30,0	14,7	14,8	12,379	30425	28	178
3	30,0	14,6	15,5	12,595	29690	28	167
3'	29	14,7	15	12,331	26150	28	151

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Mezcla M1-2

Tabla 39. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,5	14,8	14,9	12,747	32880	28	190
1'	30,4	14,8	14,9	12,288	23115	28	134
2	29,8	14,7	15,6	12,737	34820	28	193
2'	30,0	15,0	14,8	12,437	27960	28	160
3	29,9	15,0	14,8	12,456	28525	28	164
3'	29,8	14,9	14,8	12,200	26175	28	151

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

n: Cilindro Compactado

n': Cilindro no Compactado



Mezcla M2-1

Tabla 40. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,3	15,0	14,7	12,474	38815	28	224
1'	29,9	14,8	15,7	12,029	23210	28	127
2	30,2	15,0	14,9	12,339	40835	28	233
2'	30,5	15,0	15,0	11,142	18625	28	105
3	30,4	15,0	14,9	12,428	39115	28	223
3'	30,2	14,9	14,8	11,036	21035	28	122

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Mezcla M2-2

Tabla 41. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,3	15,0	14,9	12,539	38690	28	220
1'	30,3	15,0	14,9	12,080	24110	28	137
2	30,3	15,0	14,9	12,441	40775	28	232
2'	30,4	15,0	14,9	11,997	23880	28	136
3	30,1	15,1	14,8	12,416	41985	28	239
3'	30,3	14,8	15,0	11,995	25410	28	146

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

n: Cilindro Compactado

n': Cilindro no Compactado



Mezcla M3-1

Tabla 42. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,2	14,8	14,9	12,653	38910	28	225
1'	30,4	14,9	15,0	11,505	19740	28	113
2	30,3	14,7	14,9	12,707	39735	28	231
2'	30,3	14,8	14,9	11,152	12385	28	72
3	30,2	14,8	14,9	12,642	44365	28	256
3'	29,9	15,6	14,8	10,815	15205	28	84

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Mezcla M3-2

Tabla 43. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,2	15,0	14,8	12,409	41925	28	240
1'	30,2	14,9	14,8	11,626	23640	28	137
2	30,2	15,0	14,7	12,472	41600	28	240
2'	30,3	15,0	14,8	11,358	16095	28	92
3	30,2	14,9	14,8	12,485	43925	28	254
3'	30,3	15,0	14,8	11,458	27270	28	156

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

n: Cilindro Compactado

n': Cilindro no Compactado



Mezcla M4-1

Tabla 44. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,3	14,9	14,8	12,674	40325	28	233
1'	30,1	15,0	15,2	11,638	15505	28	87
2	30,4	14,9	14,7	12,781	42205	28	245
2'	30,1	14,8	15,1	11,261	16555	28	94
3	30,3	14,7	15,9	13,056	47640	28	259
3'	30,1	15,0	14,8	11,480	14405	28	83

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Mezcla M4-2

Tabla 45. Resultado de los Ensayos a Compresión

Número Cilindro	Altura (cm)	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Peso (Kg)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad del Ensayo	Resistencia (Kg/cm ²)
1	30,6	15	14,8	12,384	41910	28	240
1'	30,4	14,8	14,9	10,394	18155	28	105
2	30,4	14,9	14,9	12,366	43815	28	251
2'	30,3	15,0	14,8	9,934	12105	28	69
3	30	15,4	14,7	12,539	46040	28	259
3'	30,4	14,9	14,9	11,216	15730	28	90

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

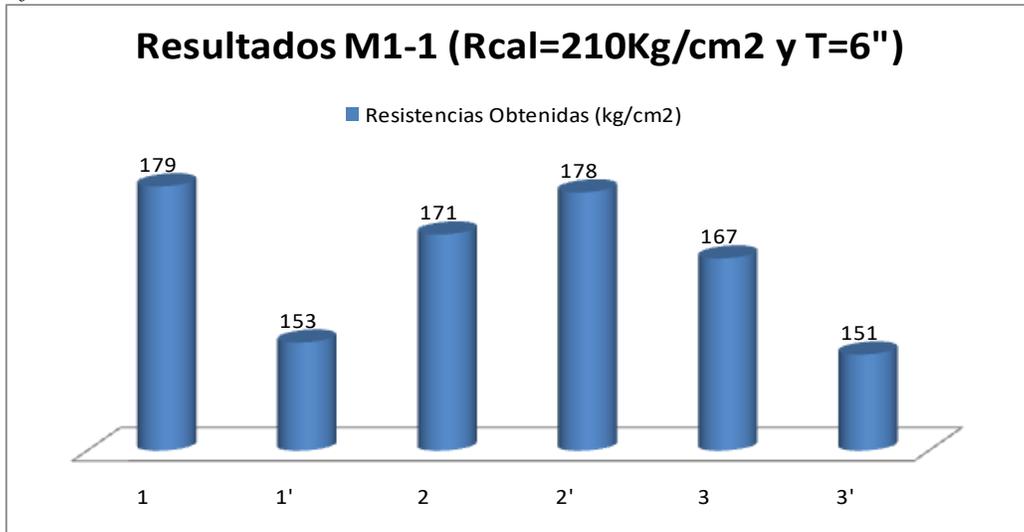
n: Cilindro Compactado

n': Cilindro no Compactado



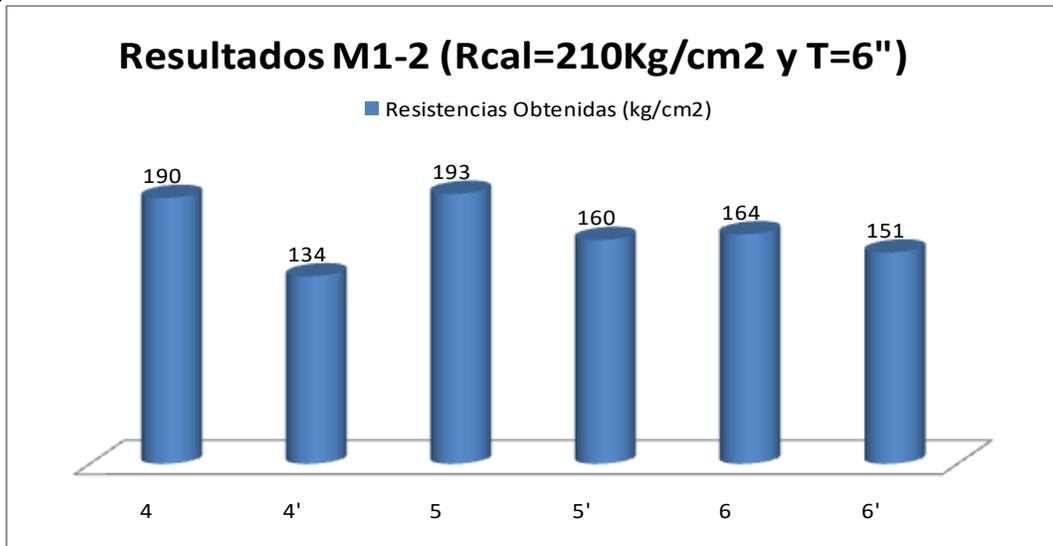
RESULTADOS PARA M1

Grafico N° 13. Resultados de la muestra M1-1



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N° 14. Resultados de la muestra M1-2



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

n: Cilindros Compactados

n': Cilindros No Compactados



Criterios de Aceptación según Norma COVENIN 1753: 2006

Primer Criterio:

$$R_i \geq R_{cal} - 35 \longrightarrow R_i \geq 210 - 35 \longrightarrow R_i \geq 175$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_{I'} = (R_1 + R_2)/2 \longrightarrow R_{I'} = 175 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{II'} = (R_3 + R_4)/2 \longrightarrow R_{II'} = 179 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{III'} = (R_5 + R_6)/2 \longrightarrow R_{III'} = 179 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_{I''} = (R_{1'} + R_{2'})/2 \longrightarrow R_{I''} = 166 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{II''} = (R_{3'} + R_{4'})/2 \longrightarrow R_{II''} = 143 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{III''} = (R_{5'} + R_{6'})/2 \longrightarrow R_{III''} = 156 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

Segundo Criterio:

$$R_{prom} = (R_i + R_j + R_k)/3 \geq R_{cal} \longrightarrow R_{prom} = (R_i + R_j + R_k)/3 \geq 210$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_{prom A} = (R_1 + R_2 + R_3)/3 \longrightarrow R_{prom A} = 172 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom B} = (R_2 + R_3 + R_4)/3 \longrightarrow R_{prom B} = 176 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom C} = (R_3 + R_4 + R_5)/3 \longrightarrow R_{prom C} = 183 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom D} = (R_4 + R_5 + R_6)/3 \longrightarrow R_{prom D} = 182 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_{prom A'} = (R_{1'} + R_{2'} + R_{3'})/3 \longrightarrow R_{prom A'} = 172 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom B'} = (R_{2'} + R_{3'} + R_{4'})/3 \longrightarrow R_{prom B'} = 176 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

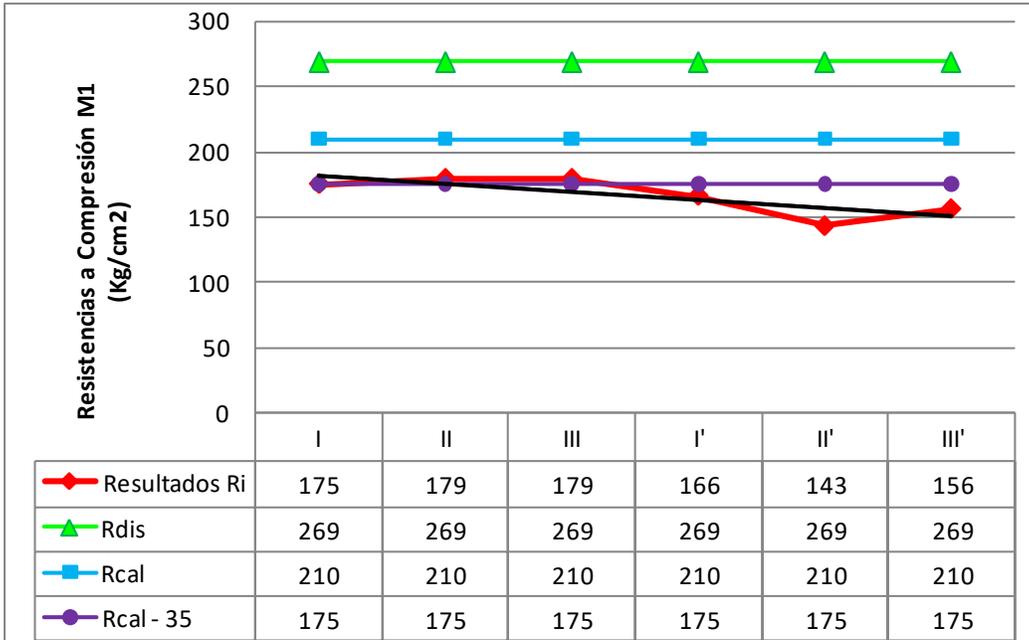
$$R_{prom C'} = (R_{3'} + R_{4'} + R_{5'})/3 \longrightarrow R_{prom C'} = 183 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom D'} = (R_{4'} + R_{5'} + R_{6'})/3 \longrightarrow R_{prom D'} = 182 \longrightarrow \text{No Cumple}$$



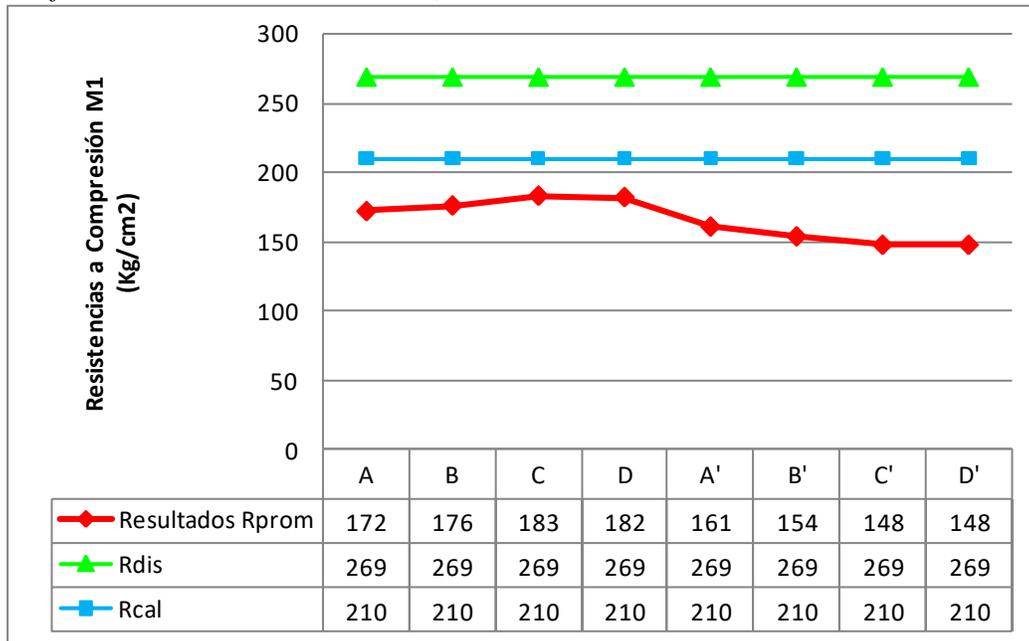
CAPITULO IV

Grafico N°15. Resultados de MI (Basados en el 1er Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N° 16. Resultados de MI (Basados en el 2do Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



ANALISIS ESTADÍSTICO

Tabla 46. Resultados de los cilindros compactados de M1

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm ²)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1	179	164	[156-164)	0
2	171	167	[156-172)	3
3	167	171	[172-180)	1
4	190	179	[180-188)	0
5	193	190	[188-196)	2
6	164	193	[196-204)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

$$R_{media} = \sum R_i / n = 177$$

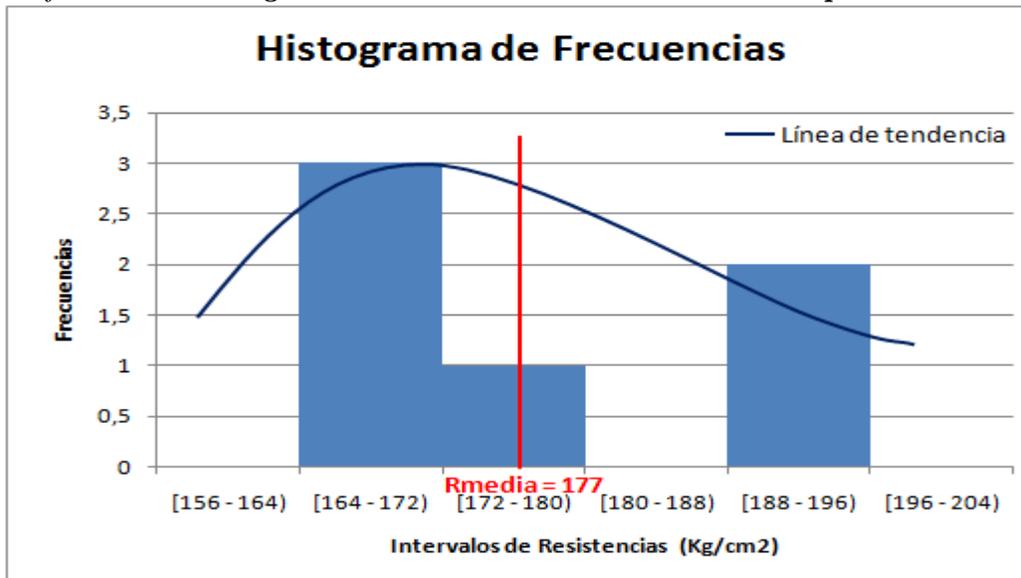
Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 12,11$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 6,83$$

Gráfico N° 17. Histograma de Frecuencias de los cilindros compactados de M1



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



Tabla 47. Resultados de los cilindros no compactados de M1

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm2)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1'	153	134	[122-134)	0
2'	178	151	[134-146)	1
3'	151	151	[146-158)	3
4'	134	153	[158-170)	1
5'	160	160	[170-182)	1
6'	151	178	[182-194)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

$$R_{media} = \sum R_i / n = 155$$

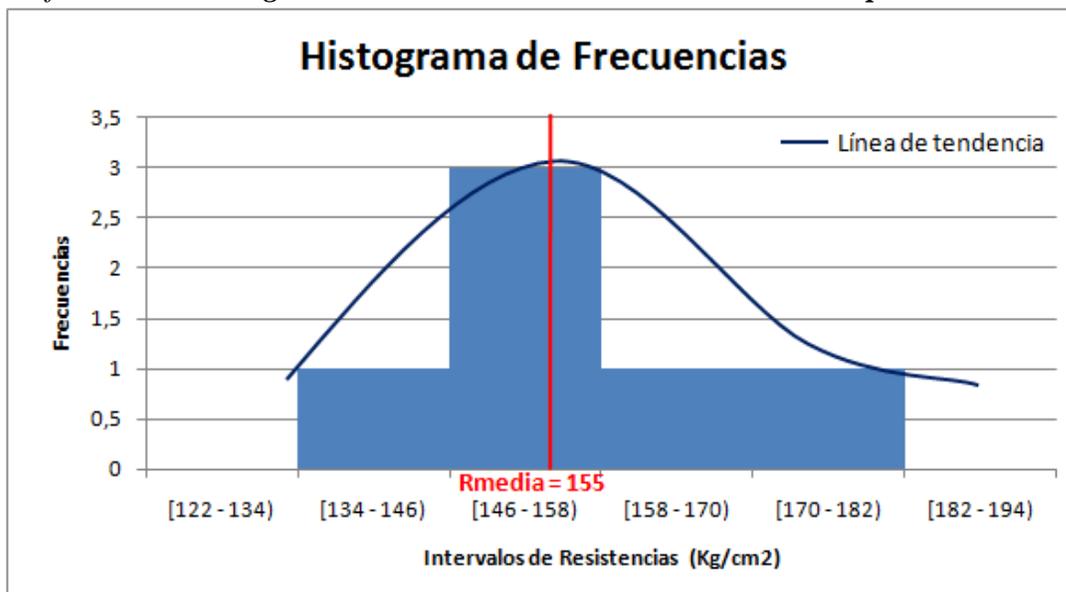
Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 14,35$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 9,29$$

Grafico N° 18. Histograma de Frecuencias de los cilindros no compactados de M1



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



Tabla 48. Resultados de la proporción n'/n de M1

Resultados			
n/n'	Resistencia (Kg/cm ²)	En Intervalos	Frecuencia
1'/1= 0,85	0,71	[0,61-0,70]	0
2'/2= 1,04	0,83	[0,70-0,79]	1
3'/3= 0,90	0,85	[0,79-0,88]	2
4'/4= 0,71	0,9	[0,88-0,97]	2
5'/5= 0,83	0,92	[0,97-1,06]	1
6'/6= 0,92	1,04	[1,06-1,15]	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

Desviación Estándar

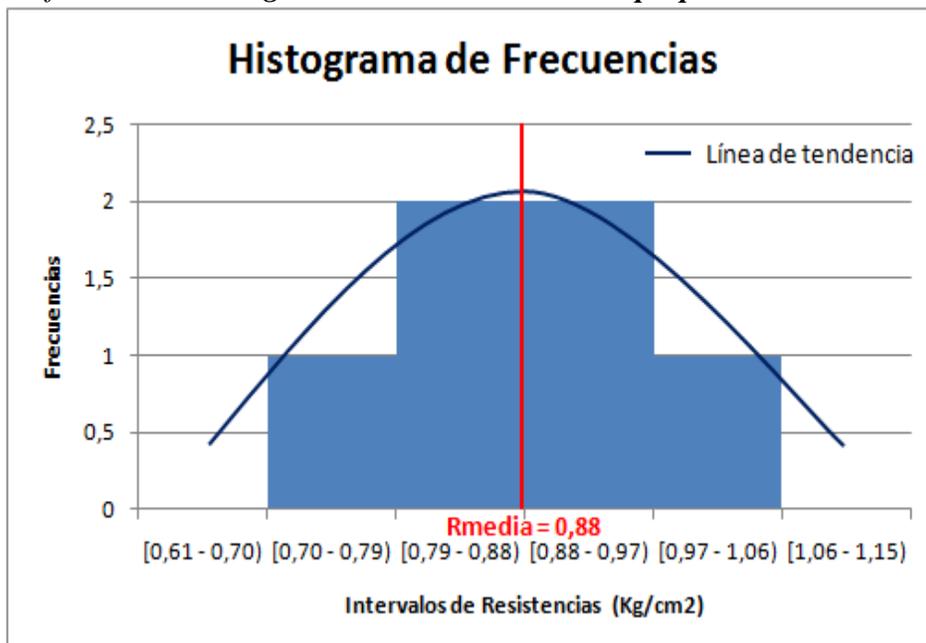
$$R_{media} = \sum R_i / n = 0,88$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 0,11$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 12,69$$

Grafico N° 19. Histograma de Frecuencias de la proporción n'/n de M1



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

En las graficas correspondientes a los resultados de la mezcla M1, se pudo observar que la resistencia a la compresión de los cilindros compactados, fueron más altas que los cilindros que se sometieron a un llenado continuo. Excepto en un solo caso (cilindros 2 y 2' de la mezcla M1-1) donde lo expuesto anteriormente se invierte. Esto se atribuye a una mala toma de la muestra puesto que el peso de los cilindros compactados debe ser mayor a los cilindros no compactados y en este caso no se cumple (Ver tabla N° 34).

En el grafico N° 15 se puede apreciar que los cilindros no alcanzaron la resistencia de cálculo y, por supuesto, tampoco la resistencia de diseño. Sin embargo, en el caso de los cilindros compactados al menos se cumplió con el primer criterio. Así mismo, la línea tendencia demuestra que los valores van decayendo en las probetas no compactadas.

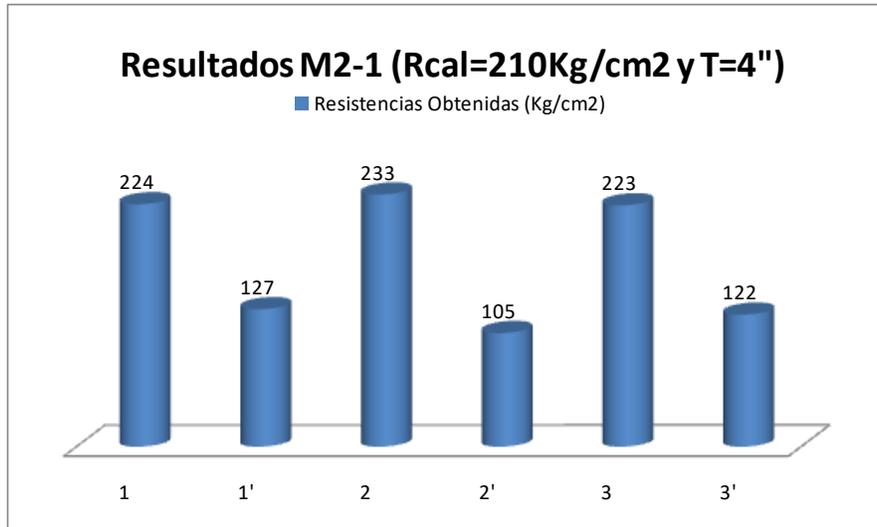
En el grafico N° 16 se observa que ningún resultado satisface al segundo criterio.

En los gráficos N° 17 y N° 18 se observan histogramas con distribuciones de intervalos asimétricas con respecto al valor medio; mientras que el histograma correspondiente al grafico N° 19 se observa una distribución acampanada y simétrica respecto al valor medio (forma típica de una “distribución normal”).



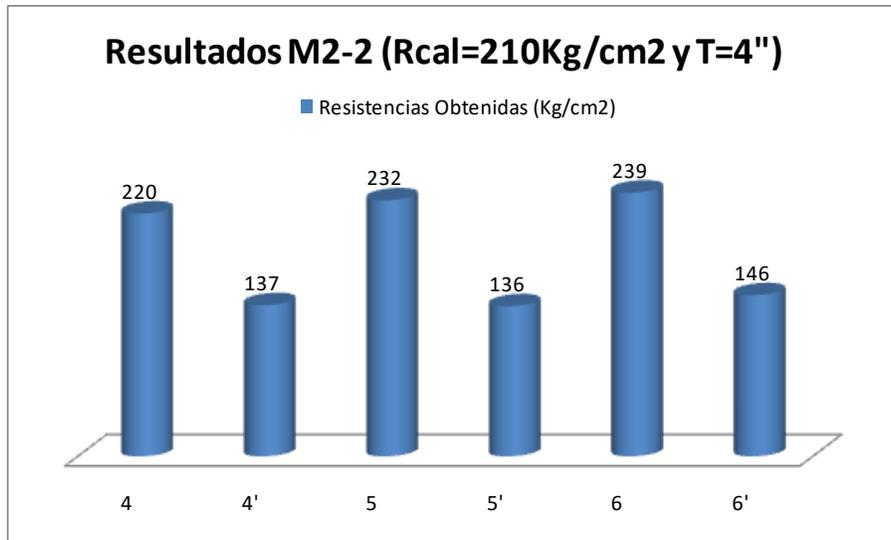
RESULTADOS PARA M2

Grafico N°20. Resultados de la muestra M2-1



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N° 21. Resultados de la muestra M2-2



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

n: Cilindros Compactados

n': Cilindros No Compactados

**Criterios de Aceptación según Norma COVENIN 1753: 2006**Primer Criterio:

$$R_i \geq R_{cal} - 35 \longrightarrow R_i \geq 210 - 35 \longrightarrow R_i \geq 175$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_I = (R_1 + R_2)/2 \longrightarrow R_I = 229 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{II} = (R_3 + R_4)/2 \longrightarrow R_I = 222 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{III} = (R_5 + R_6)/2 \longrightarrow R_I = 236 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_I' = (R_{1'} + R_{2'})/2 \longrightarrow R_I' = 116 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{II}' = (R_{3'} + R_{4'})/2 \longrightarrow R_I' = 130 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{III}' = (R_{5'} + R_{6'})/2 \longrightarrow R_I' = 141 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

Segundo Criterio:

$$R_{prom} = (R_i + R_j + R_k)/3 \geq R_{cal}$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_{prom A} = (R_1 + R_2 + R_3)/3 \longrightarrow R_{prom A} = 227 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom B} = (R_2 + R_3 + R_4)/3 \longrightarrow R_{prom B} = 225 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom C} = (R_3 + R_4 + R_5)/3 \longrightarrow R_{prom C} = 225 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom D} = (R_4 + R_5 + R_6)/3 \longrightarrow R_{prom D} = 230 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_{prom A}' = (R_{1'} + R_{2'} + R_{3'})/3 \longrightarrow R_{prom A}' = 118 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom B}' = (R_{2'} + R_{3'} + R_{4'})/3 \longrightarrow R_{prom B}' = 121 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

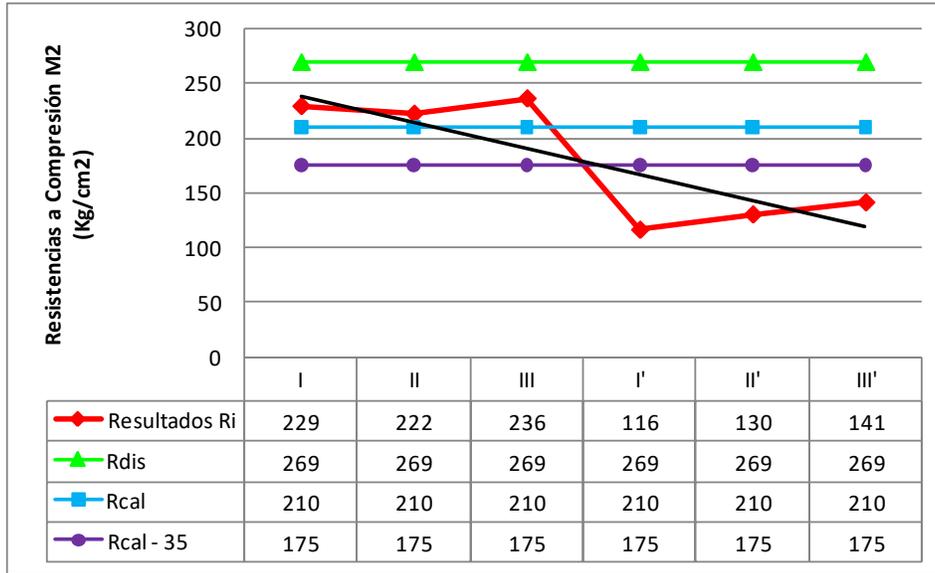
$$R_{prom C}' = (R_{3'} + R_{4'} + R_{5'})/3 \longrightarrow R_{prom C}' = 132 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom D}' = (R_{4'} + R_{5'} + R_{6'})/3 \longrightarrow R_{prom D}' = 140 \longrightarrow \text{No Cumple}$$



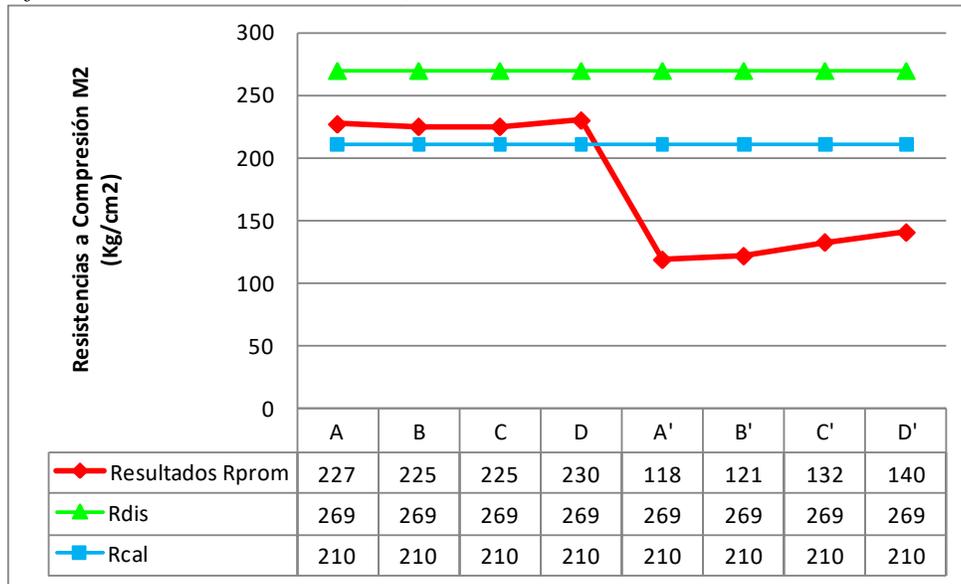
CAPITULO IV

Grafico N° 22. Resultados de M2 (Basados en el 1er Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N°23. Resultados de M2 (Basados en el 2do Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



ANALISIS ESTADÍSTICO

Tabla 49. Resultados de los cilindros compactados de M2

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm ²)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1	224	220	[215-220)	0
2	233	223	[220-225)	3
3	223	224	[225-230)	0
4	220	232	[230-235)	2
5	232	233	[235-240)	1
6	239	239	[240-245)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

$$R_{media} = \sum R_i / n = 299$$

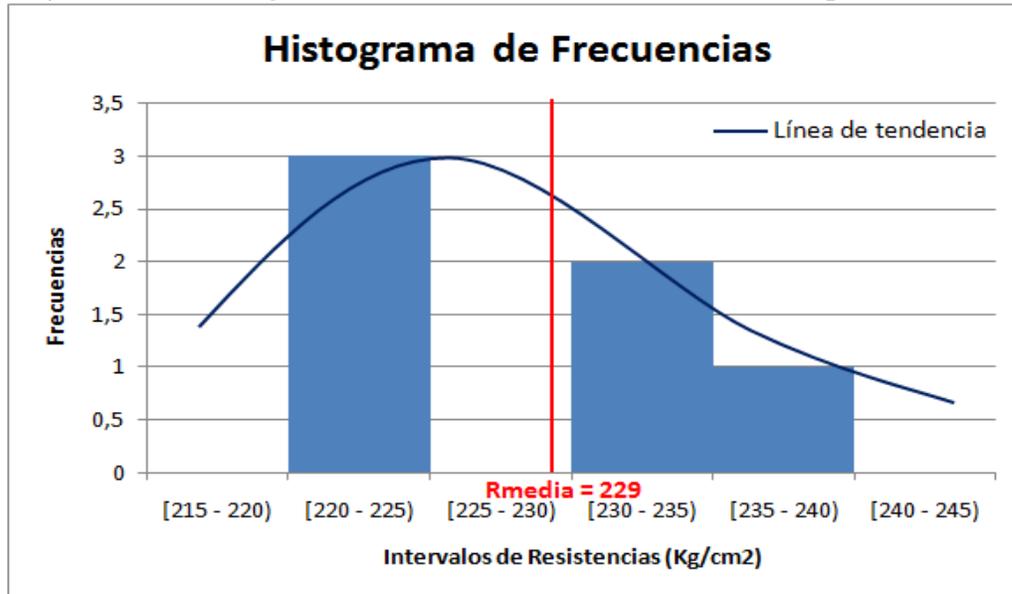
Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 7,29$$

Coeficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 3,19$$

Grafico N° 24. Histograma de Frecuencias de los cilindros compactados de M2



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

**Tabla 50. Resultados de los cilindros no compactados de M2**

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm2)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1'	127	105	[94-105)	0
2'	105	122	[105-116)	1
3'	122	127	[116-127)	1
4'	137	136	[127-138)	3
5'	136	137	[138-149)	1
6'	146	146	[149-160)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

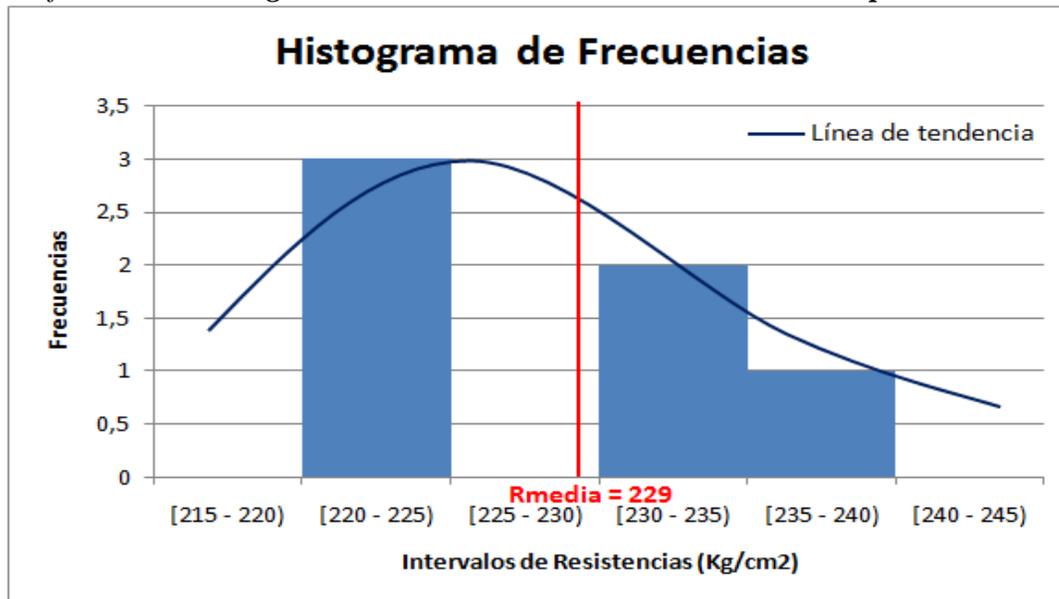
$$R_{media} = \sum R_i / n = 129$$

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 14,36$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 11,15$$

Grafico N° 25. Histograma de Frecuencias de los cilindros no compactados de M2

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 51. Resultados de la proporción n'/n de M2

Resultados			
n/n'	Resistencia (Kg/cm ²)	En Intervalos	Frecuencia
1'/1= 0,57	0,45	[0,40-0,45)	0
2'/2= 0,45	0,55	[0,45-0,50)	1
3'/3= 0,55	0,57	[0,50-0,55)	1
4'/4= 0,62	0,59	[0,55-0,60)	2
5'/5= 0,59	0,61	[0,60-0,65)	2
6'/6= 0,61	0,62	[0,65-0,70)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

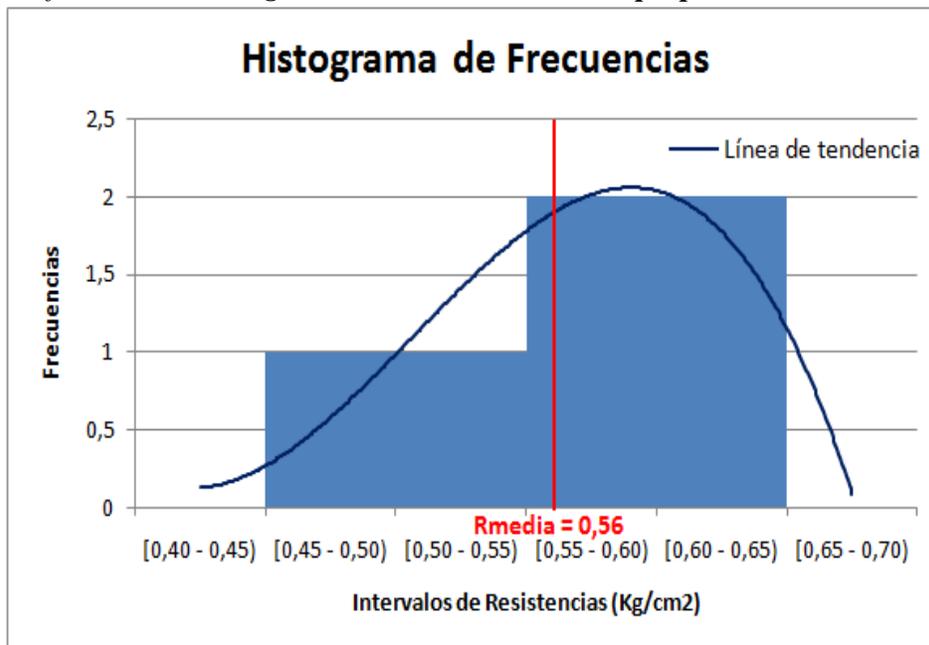
$$R_{media} = \sum R_i / n = 0,56$$

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 0,06$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 11,01$$

Grafico N° 26. Histograma de Frecuencias de la proporción n'/n de M2

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

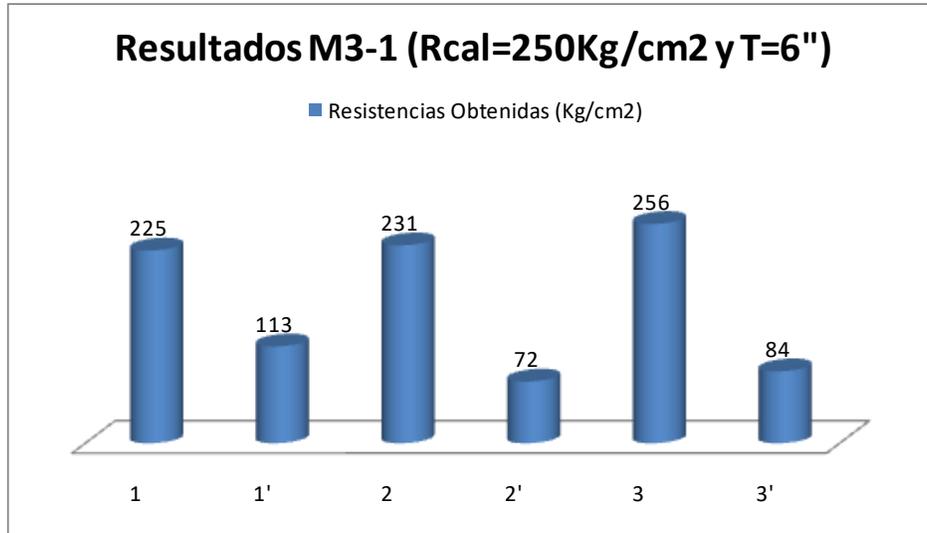
En el grafico N°22 se observa que los cilindros compactados cumplieron con el primer criterio además de alcanzar la resistencia de cálculo especificada mas no superaron la resistencia de diseño; mientras que los cilindros no compactados ni siquiera llegaron a satisfacer el criterio mencionado. Ocurre exactamente en el grafico N° 23 pero esta vez haciendo referencia al segundo criterio. En el primer caso, la línea que demuestra la tendencia de los resultados decae al avanzar entre los Normativos hasta los no normativos.

En el grafico N° 24 se observa un histograma con ausencia de valores en uno de los intervalos, además de la asimetría con respecto al valor medio. Similarmente en los gráficos N° 25 y 26 donde hay valores agrupados más de un lado que del otro de la resistencia media.



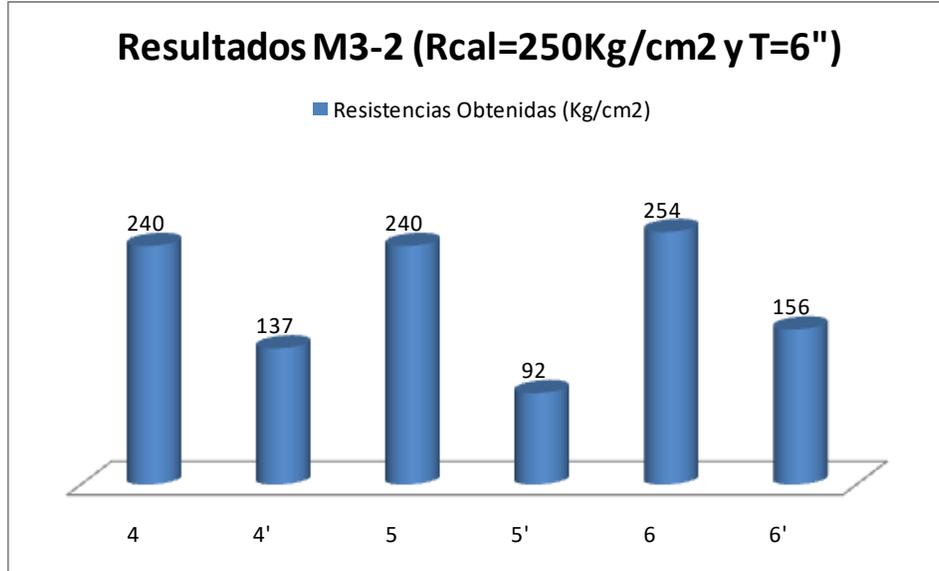
RESULTADOS PARA M3

Grafico N°27. Resultados de la muestra M3-1



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N° 28. Resultados de la muestra M3-2



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

n: Cilindros Compactados

n': Cilindros No Compactados

**Criterios de Aceptación según Norma COVENIN 1753: 2006**Primer Criterio:

$$R_i \geq R_{cal} - 35 \longrightarrow R_i \geq 250 - 35 \longrightarrow R_i \geq 215$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_{I'} = (R_1 + R_2)/2 \longrightarrow R_{I'} = 228 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{II'} = (R_3 + R_4)/2 \longrightarrow R_{II'} = 248 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{III'} = (R_5 + R_6)/2 \longrightarrow R_{III'} = 247 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_{I''} = (R_1' + R_2')/2 \longrightarrow R_{I''} = 93 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{II''} = (R_3' + R_4')/2 \longrightarrow R_{II''} = 111 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{III''} = (R_5' + R_6')/2 \longrightarrow R_{III''} = 124 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

Segundo Criterio:

$$R_{prom} = (R_i + R_j + R_k)/3 \geq R_{cal}$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_{prom A} = (R_1 + R_2 + R_3)/3 \longrightarrow R_{prom A} = 237 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom B} = (R_2 + R_3 + R_4)/3 \longrightarrow R_{prom B} = 242 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom C} = (R_3 + R_4 + R_5)/3 \longrightarrow R_{prom C} = 245 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom D} = (R_4 + R_5 + R_6)/3 \longrightarrow R_{prom D} = 245 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_{prom A''} = (R_1' + R_2' + R_3')/3 \longrightarrow R_{prom A''} = 90 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom B''} = (R_2' + R_3' + R_4')/3 \longrightarrow R_{prom B''} = 98 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

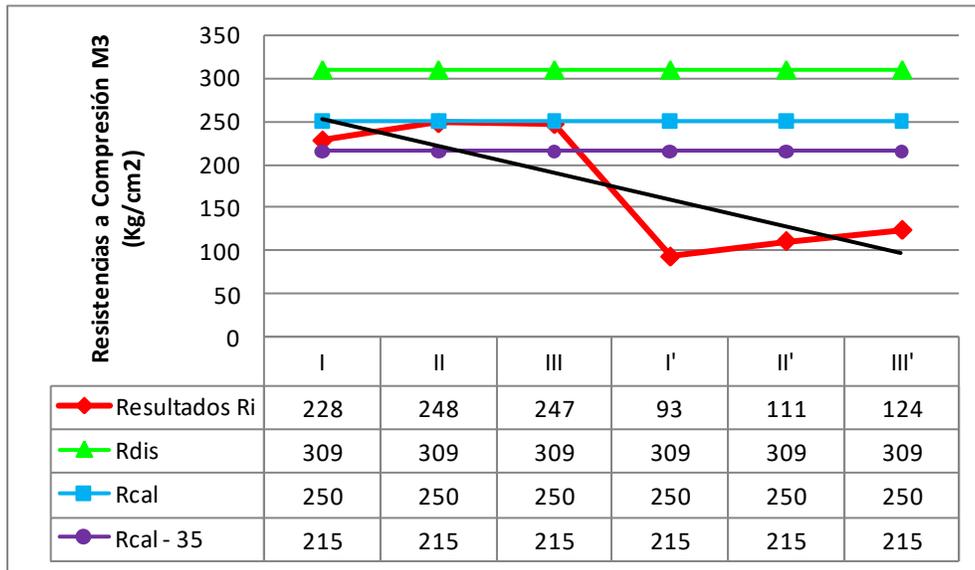
$$R_{prom C''} = (R_3' + R_4' + R_5')/3 \longrightarrow R_{prom C''} = 104 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom D''} = (R_4' + R_5' + R_6')/3 \longrightarrow R_{prom D''} = 128 \longrightarrow \text{No Cumple}$$



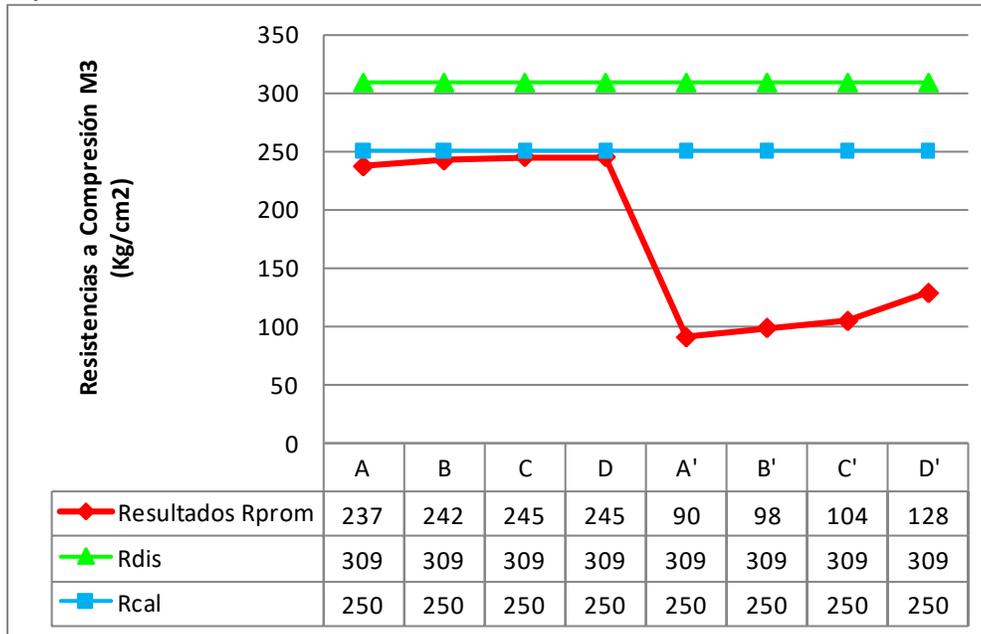
CAPITULO IV

Grafico N° 29. Resultados de M3 (Basados en el 1er Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N° 30. Resultados de M3 (Basados en el 2do Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



ANALISIS ESTADÍSTICO

Tabla 52. Resultados de los cilindros compactados de M3

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm ²)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1	225	225	[217-225]	0
2	231	231	[225-233]	2
3	256	240	[233-241]	2
4	240	240	[241-249]	0
5	240	254	[249-257]	2
6	254	256	[257-265]	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

$$R_{media} = \sum R_i / n = 241$$

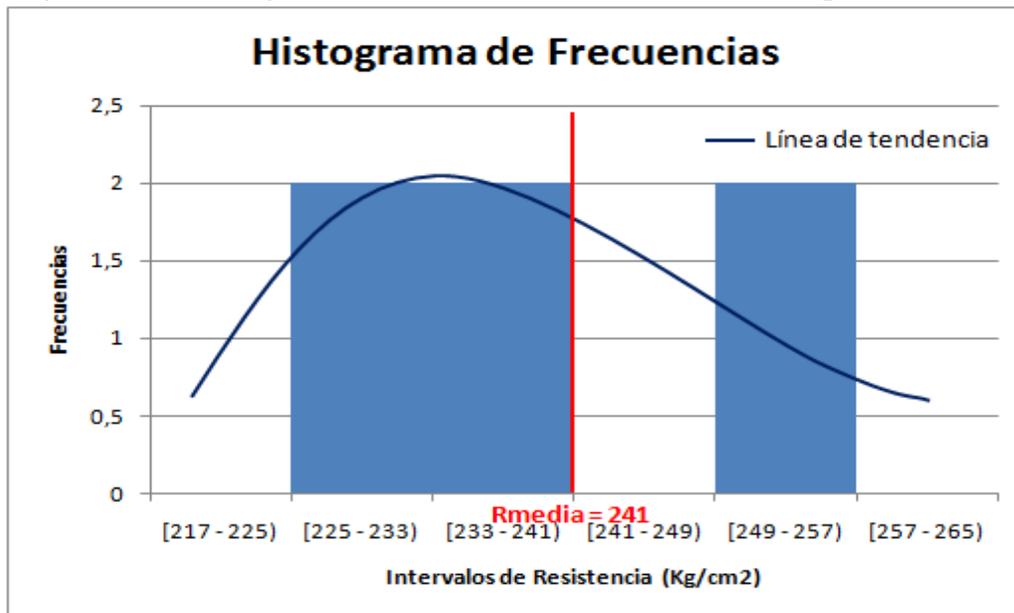
Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 12,26$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 5,09$$

Grafico N° 31. Histograma de Frecuencias de los cilindros compactados de M3



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

**Tabla 53. Resultados de los cilindros no compactados de M3**

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm ²)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1'	113	72	[50-72)	0
2'	72	84	[72-94)	3
3'	84	92	[94-116)	1
4'	137	113	[116-138)	1
5'	92	137	[138-160)	1
6'	156	156	[160-182)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

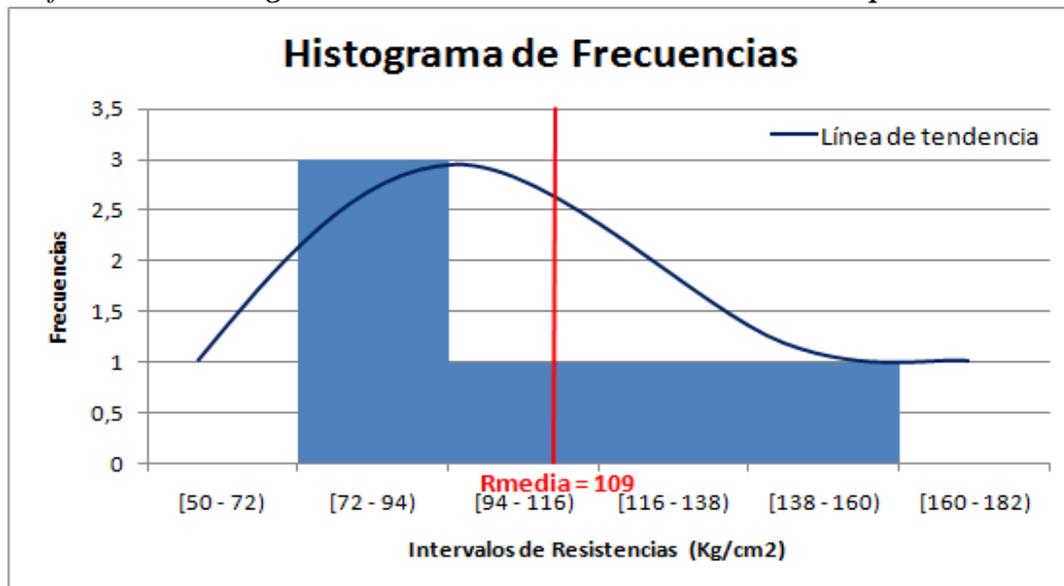
$$R_{media} = \sum R_i / n = 109$$

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 32,53$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 29,85$$

Gráfico N° 32. Histograma de Frecuencias de los cilindros no compactados de M3

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 54. Resultados de la proporción n'/n de M3

Resultados			
n/n'	Resistencia (Kg/cm ²)	En Intervalos	Frecuencia
1'/1= 0,50	0,31	[0,23-0,31)	0
2'/2= 0,31	0,33	[0,31-0,39)	3
3'/3= 0,33	0,38	[0,39-0,47)	0
4'/4= 0,57	0,5	[0,47-0,55)	1
5'/5= 0,38	0,57	[0,55-0,63)	2
6'/6= 0,61	0,61	[0,63-0,71)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

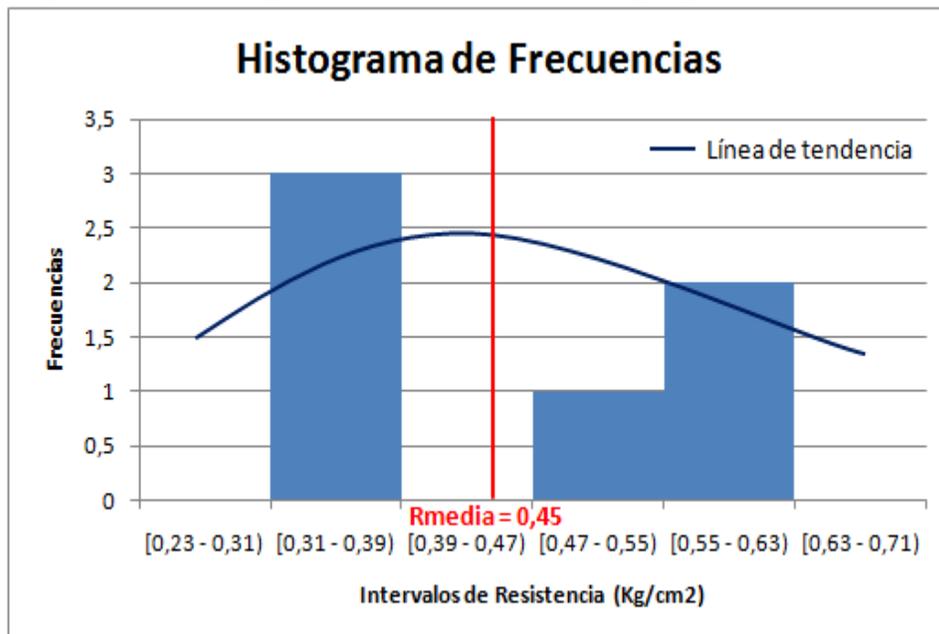
$$R_{media} = \sum R_i / n = 0,45$$

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 0,13$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 28,47$$

Gráfico N° 33. Histograma de Frecuencias de la proporción n'/n de M3

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



CAPITULO IV

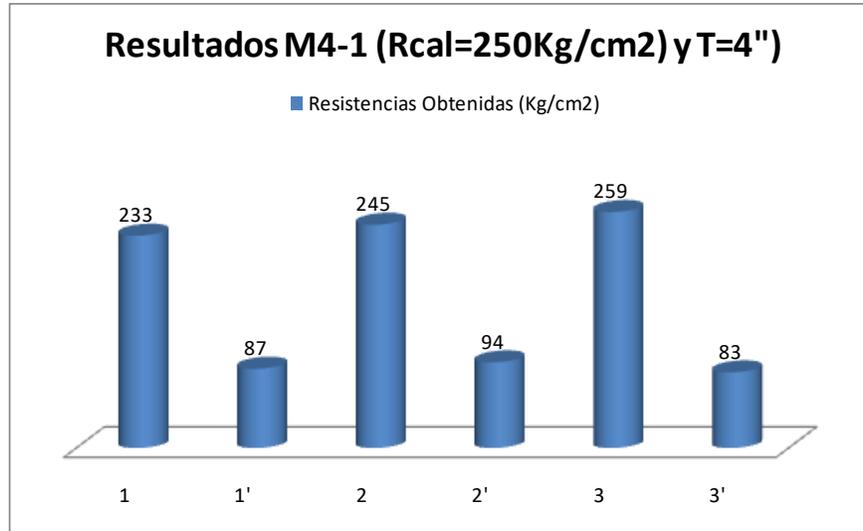
En el grafico N°29 se observó en el caso de los cilindros compactados, que éstos cumplieron con el criterio referido pero que por un margen muy corto no alcanzaron la resistencia de cálculo. En el caso de los cilindros no compactados no se cumplió con dicho criterio. En cuanto al grafico N° 30, se presentó lo mismo que en el grafico N° 29. La línea tendencia refleja una decadencia en los valores de resistencia.

Los histogramas correspondientes a los gráficos N° 31 y N° 33 reflejan ausencia de valores en uno de sus intervalos, y al igual que el histograma del grafico N° 32 no existe simetría en cuanto al valor promedio de resistencias.



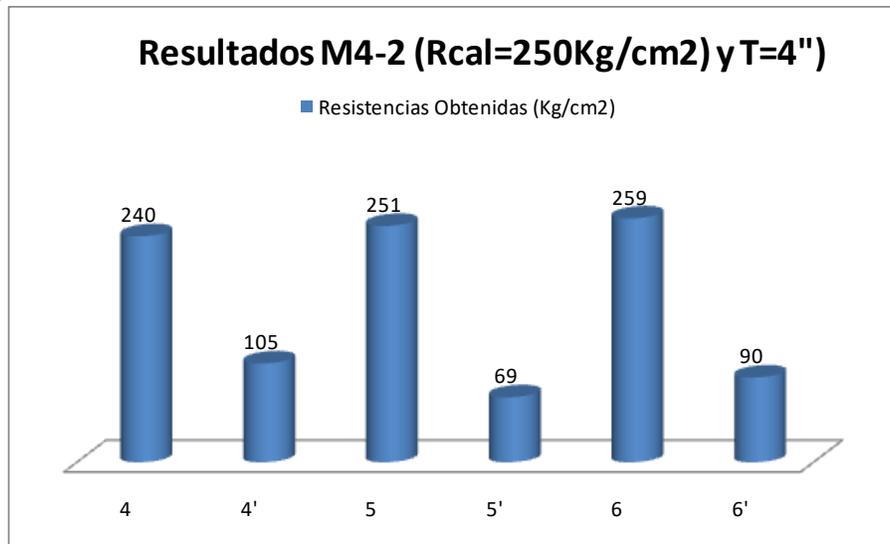
RESULTADOS DE M4

Grafico N° 34. Resultados de la muestra M4-1



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N°35. Resultados de la muestra M4-2



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Donde:

n: Cilindros Compactados

n': Cilindros No Compactados

**Criterios de Aceptación según Norma COVENIN 1753: 2006**Primer Criterio:

$$R_i \geq R_{cal} - 35 \longrightarrow R_i \geq 250 - 35 \longrightarrow R_i \geq 215$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_{I'} = (R_1 + R_2)/2 \longrightarrow R_{I'} = 239 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{II'} = (R_3 + R_4)/2 \longrightarrow R_{II'} = 250 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{III'} = (R_5 + R_6)/2 \longrightarrow R_{III'} = 255 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_{I''} = (R_1' + R_2')/2 \longrightarrow R_{I''} = 91 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{II''} = (R_3' + R_4')/2 \longrightarrow R_{II''} = 94 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{III''} = (R_5' + R_6')/2 \longrightarrow R_{III''} = 80 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

Segundo Criterio:

$$R_{prom} = (R_i + R_j + R_k)/3 \geq R_{cal}$$

Aplicación en los Cilindros Compactados

$$R_{prom A} = (R_1 + R_2 + R_3)/3 \longrightarrow R_{prom A} = 246 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom B} = (R_2 + R_3 + R_4)/3 \longrightarrow R_{prom B} = 248 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom C} = (R_3 + R_4 + R_5)/3 \longrightarrow R_{prom C} = 250 \longrightarrow \text{Cumple}$$

$$R_{prom D} = (R_4 + R_5 + R_6)/3 \longrightarrow R_{prom D} = 250 \longrightarrow \text{Cumple}$$

Aplicación en los Cilindros No Compactados

$$R_{prom A''} = (R_1' + R_2' + R_3')/3 \longrightarrow R_{prom A''} = 88 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom B''} = (R_2' + R_3' + R_4')/3 \longrightarrow R_{prom B''} = 94 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

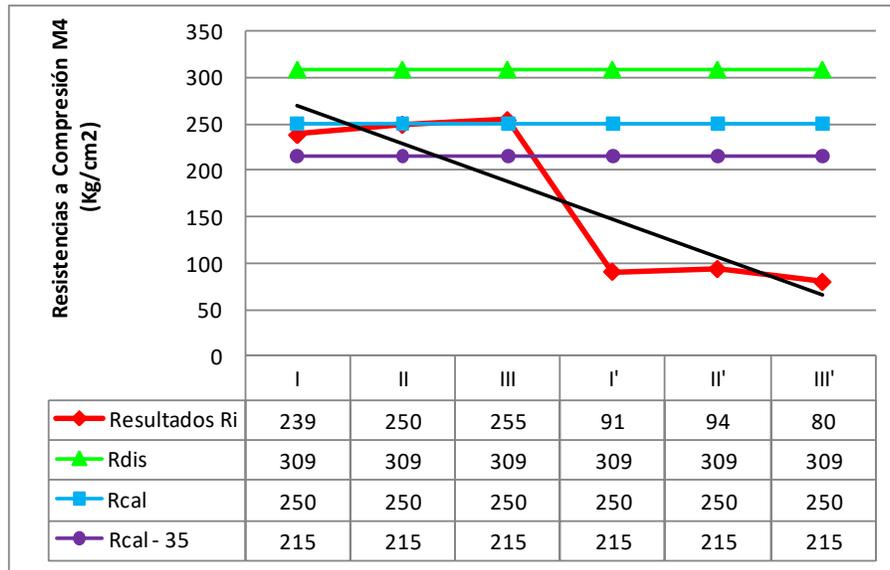
$$R_{prom C''} = (R_3' + R_4' + R_5')/3 \longrightarrow R_{prom C''} = 86 \longrightarrow \text{No Cumple}$$

$$R_{prom D''} = (R_4' + R_5' + R_6')/3 \longrightarrow R_{prom D''} = 88 \longrightarrow \text{No Cumple}$$



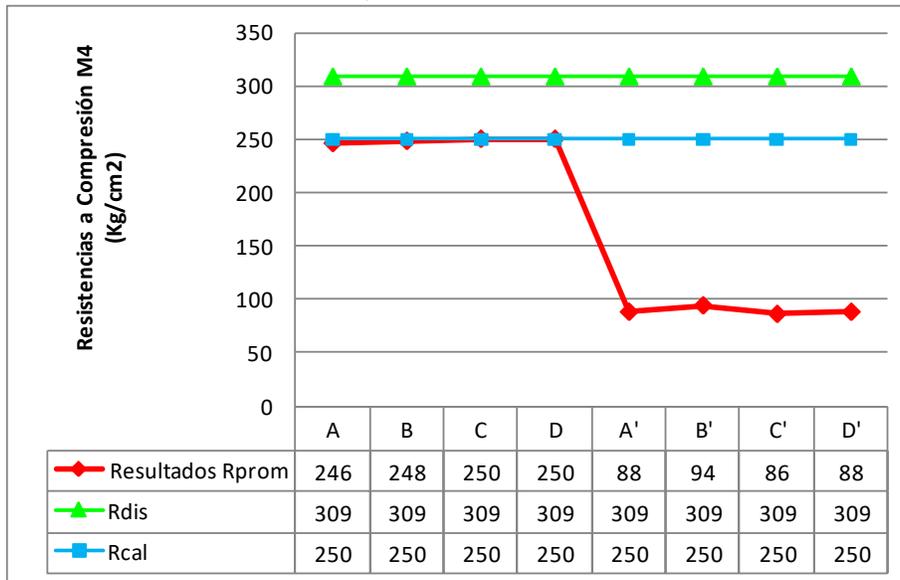
CAPITULO IV

Grafico N°36. Resultados de M4 (Basados en el 1er Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Grafico N°37. Resultados de M4 (Basados en el 2do Criterio COVENIN 1753:2006)



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



ANALISIS ESTADÍSTICO

Tabla 55. Resultados de los cilindros compactados de M4

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm ²)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1	233	233	[226-233]	0
2	245	240	[233-240]	1
3	259	245	[240-247]	2
4	240	251	[247-254]	1
5	251	259	[254-261]	2
6	259	259	[261-268]	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

$$R_{media} = \sum R_i / n = 248$$

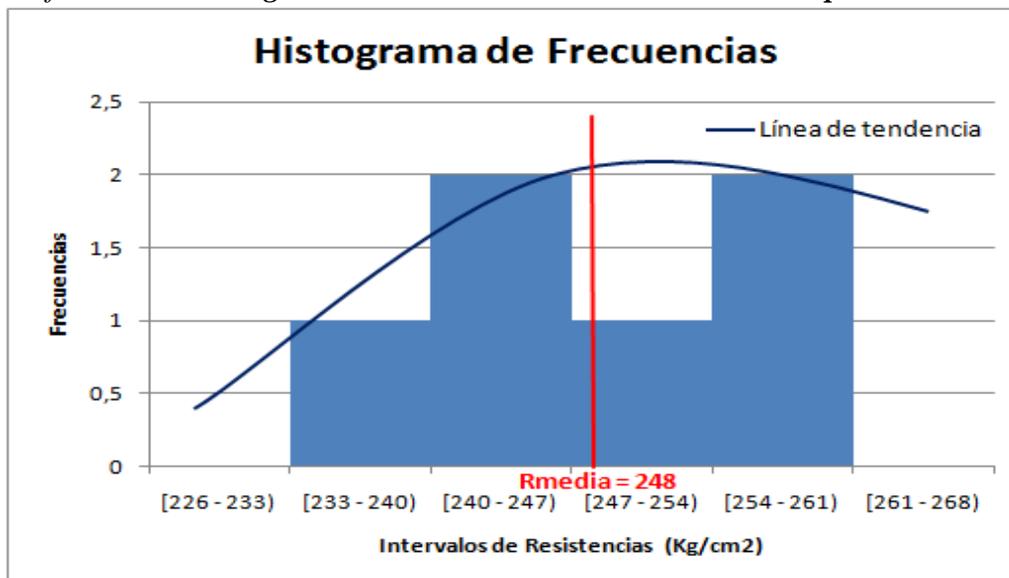
Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 10,48$$

Coeficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 4,23$$

Grafico N° 38. Histograma de Frecuencias de los cilindros compactados de M4



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



Tabla 56. Resultados de los cilindros no compactados de M4

Resultados				
n	Resistencia (Kg/cm2)	En orden Creciente	En Intervalos	Frecuencia
1'	87	69	[59-69)	0
2'	94	83	[69-79)	1
3'	83	87	[79-89)	2
4'	105	90	[89-99)	2
5'	69	94	[99-109)	1
6'	90	105	[109-119)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

Desviación Estándar

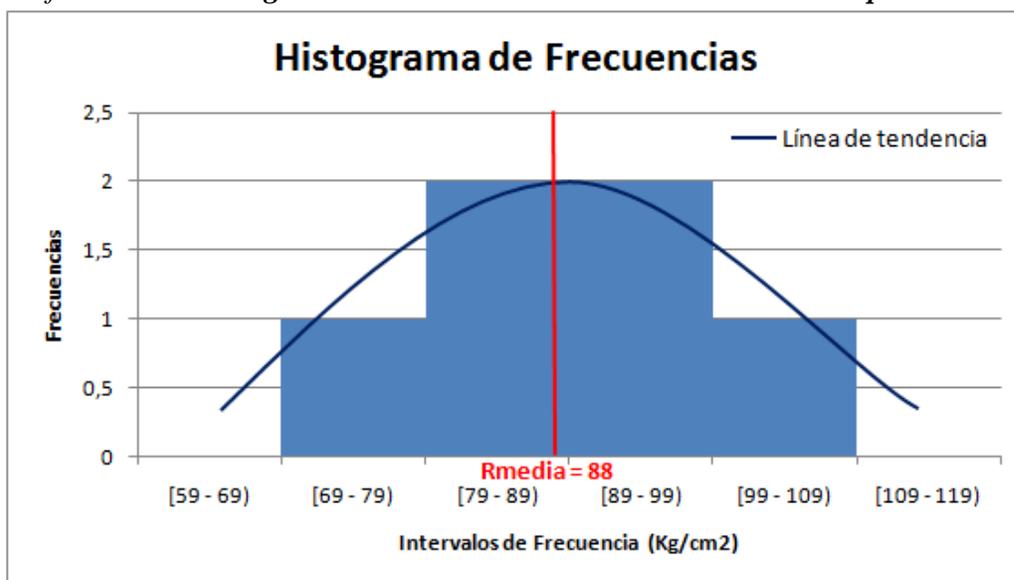
$$R_{media} = \sum R_i / n = 88$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 11,97$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 13,60$$

Grafico N° 39. Histograma de Frecuencias de los cilindros no compactados de M4



Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Tabla 57. Resultados de la proporción n'/n de M4

Resultados			
n/n'	Resistencia (Kg/cm ²)	En Intervalos	Frecuencia
1'/1= 0,37	0,27	[0,20-0,25)	0
2'/2= 0,38	0,32	[0,25-0,30)	1
3'/3= 0,32	0,35	[0,30-0,35)	1
4'/4= 0,44	0,37	[0,35-0,40)	3
5'/5= 0,27	0,38	[0,40-0,45)	1
6'/6= 0,35	0,44	[0,45-0,50)	0

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Promedio de Resistencias

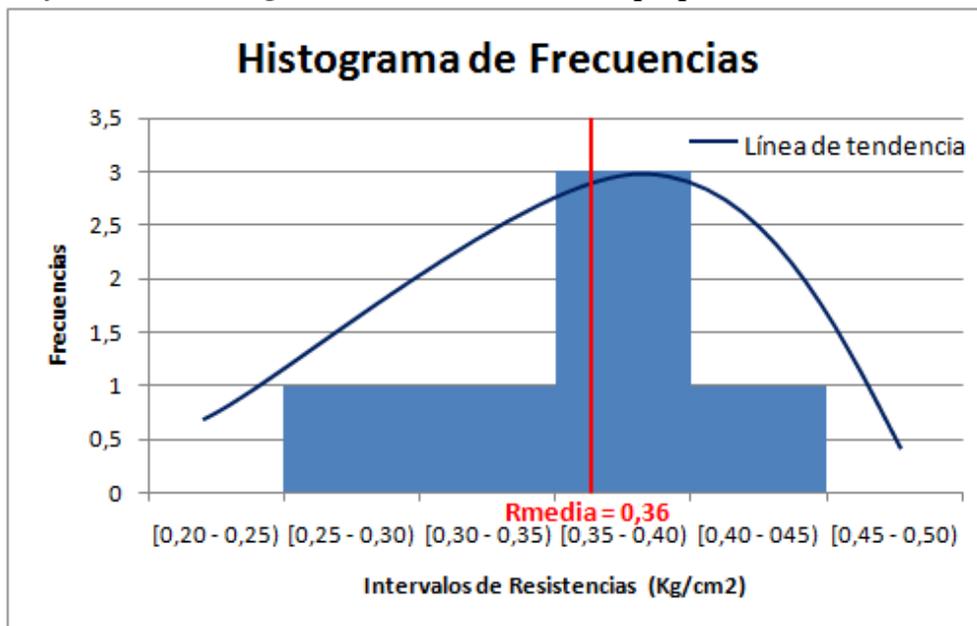
$$R_{media} = \sum R_i / n = 0,36$$

Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (R_i - R_{media})^2 / (n - 1)} = 0,06$$

Coefficiente de Variación

$$V = (\sigma / R_{media}) * 100 = 15,69$$

Grafico N° 40. Histograma de Frecuencias de la proporción n'/n de M4

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



En el grafico N° 36 se contempla que solo una de las probetas densificadas no alcanzó la resistencia de cálculo. Las probetas no densificadas ni siquiera llegaron a satisfacer el primer criterio. La línea tendencia se comporta igual que en los casos anteriores.

En el grafico N°37 se contempla que la mitad de las probetas cumplieron al ras el segundo criterio, mientras que la otra mitad no lo hizo por muy poca diferencia. En el caso de las probetas no compactadas, los resultados estuvieron muy por debajo de la resistencia de cálculo.

En los gráficos N° 38 y N° 40 se contempla una distribución no uniforme de los valores con respecto al valor central; mientras que el grafico N° 39 casi se generó una distribución normal.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se deben seleccionar los materiales componentes del concreto obedeciendo a una serie de requisitos que permitan reducir la probabilidad de que las muestras no arrojen los resultados esperados.
- Se debe ser cuidadoso al realizar el cálculo del diseño de mezclas, pues cada parámetro tiene una influencia importante en el mismo, de manera que se puedan obtener las dosificaciones adecuadas para el concreto que se quiere proyectar.
- En cuanto a los cilindros que fueron compactados en cada una de las mezclas, se determinó que todos ellos cumplieron el primer criterio de aceptación de la norma COVENIN 1753:2006 (ningún resultado individual, promedio de al menos dos cilindros, está por debajo de $f'c$ en mas de 35Kg/cm^2), por lo que se puede inferir que el proceso de elaboración y curado de estas muestras le confiere al material una cierta confiabilidad en cuanto a su capacidad estructural.
- Por otra parte los cilindros que no fueron compactados en cada una de las muestras no se cumplió con dicho criterio, de hecho las resistencias se alejaron en más de un 40% por debajo de la resistencia nominal de cálculo; resaltando así la importancia de la densificación de la masa del concreto.



En lo que al segundo criterio respecta (el promedio de cualquier conjunto de tres ensayos consecutivos iguala o excede el valor f'_c especificado), en cuanto a los cilindros compactados, sólo la mezcla M2 cumplió lo establecido en él, mientras que las mezclas M3 y M4 casi lo cumplen en su totalidad y la mezcla M1 estuvo por debajo del mismo. En ese sentido, en ningún caso se alcanzó la resistencia de diseño correspondiente.

Esto podría atribuirse al hecho de que para la realización de las mezclas se utilizó cemento tipo II, el cual, a diferencia de los tipos I y III, alcanza su resistencia óptima en un tiempo mayor.

Otra causa podría ser la calibración imprecisa de los equipos utilizados en los procesos previos a la preparación de las muestras; aunque como éstos no son de última tecnología se tuvo cuidado al manejarlos para obtener valores lo más exactos posibles. Además, el Laboratorio de Materiales y Ensayos está en constante funcionamiento, prestando sus servicios no sólo a la población estudiantil, sino a empresas externas a la Universidad, por lo que el continuo uso de los equipos que allí se encuentran puede ocasionar que éstos realicen mediciones inexactas.

En cuanto a los cilindros no compactados, los resultados obviaron aun más el segundo criterio; el coeficiente de variación promedio de éstos indicó un control regular, poniendo de manifiesto la disminución de la calidad del concreto cuando las probetas no son densificadas.



- Tanto en las muestras compactadas como en las no compactadas de todas las mezclas se pudo apreciar, a través de los histogramas de frecuencias, que hubo una marcada dispersión de los datos en cuanto al valor promedio de resistencias respectivo; a excepción de las probetas no densificadas de la mezcla M4, donde se presentó una dispersión casi uniforme. Sin embargo, no se puede hacer una aseveración estricta en cuanto a la tendencia general de los resultados ya que la cantidad de datos es insuficiente para ello.

- Asimismo se determinó una indudable dispersión de los resultados en cuanto al valor medio de resistencias en cada una de las relaciones de los cilindros compactados contra los no compactados, con un coeficiente de variación que indica un control regular en las mezclas.

Tampoco se puede etiquetar la tendencia de los resultados por lo expuesto anteriormente. Pero lo más importante es que con las proporciones calculadas, y para los experimentos aquí realizados, se concluyó que, en promedio, si no se compactan los cilindros la resistencia a la compresión del concreto disminuye alrededor de un 50% en comparación con los cilindros que si fueron llenados como lo indica la Norma COVENIN 338-2002.



5.2 Recomendaciones

- Utilizar agregados de buena calidad y cuya procedencia sea conocida y confiable.
- Calibrar constantemente los equipos a utilizar en la fase previa de la realización de los ensayos, así como hacerle un mantenimiento más seguido a los mismos.
- Respetar los procedimientos establecidos en las Normas, guías o libros referentes al control de calidad del concreto para disminuir el margen de error en los resultados de las resistencias a compresión de los cilindros ensayados.
- Realizar un trabajo similar en el que se plantee el mismo objetivo general pero se aumente considerablemente el número de muestras y, adicionalmente, se trabaje con otras resistencias y trabajabilidades del concreto, para obtener resultados más representativos. De esta forma se podrían obtener desviaciones estadísticas de las muestras llenadas normativamente, con respecto a las muestras no llenadas normativamente más precisas.



BIBLIOGRAFIA

- FONT, J. (2005). “Materiales y Ensayos”. Guía de Clases. Universidad de Carabobo.
- FLORES, S. Y NOVARA, P. (1987), “Influencia de la forma de probetas en la resistencia del concreto a compresión” Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Carabobo.
- HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. (1994). “Metodología de la Investigación”. Cuarta Edición. Editorial Mc. Graw Hill/ Interamericana Editores, S.A. México.
- MENDOZA, G. “Materiales y Ensayos. Guía 1, 2 y 3”. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil.
- MORA, M. Y NAZAR J. (2010). “Determinar la variación de la resistencia a compresión de diseños de mezcla con distintos valores de β ”. Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Carabobo.
- PORRERO, J.; RAMOS, C.; GRASES, J., VELASCO, G. (2009). “Manual del Concreto Estructural” (Tercera Edición). Ediciones Sidetur. Caracas, Venezuela.
- SÁNCHEZ, C. Y SILVA, L. (2006): “Evaluación de Metodología de Diseño de Mezclas de Concreto”. Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Carabobo.
- SHUM, L. Y GÓMEZ, J. (2005), “Evaluación del curado de concreto en obra”. Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Carabobo.



[Type the document title]

[Type the document title]

TAMAYO TAMAYO, M. (1998). “El Proceso de la Investigación Científica”. (Segunda Edición). Grupo Noriega Editores. México.



[Type the document title]

[Type the document title]

<<http://es.scribd.com/doc/26908312/Ficha-Tecnica-del-control-de-calidad-del-concreto>>

<<http://www.arqhys.com/agregado-concret0.html>>

<<http://www.arqhys.com/construccion/concreto-granulometria.html>>



NORMAS CONSULTADAS

COVENIN 273: 1998. Concreto, Mortero y Componentes. Terminología.

COVENIN 268: 1998. Agregado Fino. Determinación de la Densidad y la Absorción.

COVENINI 269: 1998. Agregado Grueso. Determinación de la Densidad y la Absorción.

COVENIN 28:2003. Cemento Portland. 7ma Revisión.

COVENIN 339:2003. Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams.

COVENIN 1976: 2003. Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayos.

COVENIN 337: 1978. Definiciones y Terminologías relativas a Concreto.

COVENIN 338:2002. Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto. 2da Revisión.

COVENIN 1753:2006. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. 1era Revisión.

COVENIN 277:2000. Concreto. Agregados. Requisitos. 3era Revisión.



[Type the document title]

[Type the document title]

COVENIN 255:1998. Agregados. Determinación de la Composición Granulométrica. 1era Revisión.



ANEXOS

COVENIN 1375:79. Método de Ensayo para Determinar por Secado, el Contenido de Humedad Total y Superficial en el Agregado.

ACI 214-77. Practica Recomendable para la Evaluación de los Resultados de las Pruebas de Resistencia del Concreto. Editorial Limusa (IMCYC).



ANEXOS

ANEXOS

Ensayo a los agregados

Agregados del 1er Muestreo

- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (C.C.C.A Ag.2)

Agregado Fino:

Agregado Fino									
Cedazo Nro.	Peso Cedazo (gramos)	Abertura (mm)	Peso Cedazo + Retenido (gramos)	Peso Retenido (gramos)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Limites de Porcentaje Pasante	Cumple
#4	568	4,76	643	75	15,09	15,09	84,91	85-100	NO*
#8	556	2,38	676	120	24,14	39,24	60,76	60-95	SI
#16	503	1,19	588	85	17,10	56,34	43,66	40-80	SI
#30	382	0,595	455	73	14,69	71,03	28,97	20-60	SI
#50	342	0,297	402	60	12,07	83,10	16,90	"8-30	SI
#100	471	0,149	508	37	7,44	90,54	9,46	"2-10	SI
Band	415	-	462	47	9,46	100,00	0,00	-	-
			Total	497	100,00				
			Modulo de Finura	3,55					

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Agregado Grueso									
Cedazo Nro.	Peso Cedazo (gramos)	Abertura (mm)	Peso Cedazo + Retenido (gramos)	Peso Retenido (gramos)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Limites de % de Pasante 1/2"	Cumple
1 1/2"	-	38,1	-	0	0	0	100	100- 90	SI
1"	4168	25,4	5851	1683	17,02	17,02	82,98	90 - 70	SI
3/4"	4526	19,05	8598	4072	41,19	58,21	41,79	50 - 30	SI
1/2"	4254	12,7	7440	3186	32,22	90,43	9,57	15-10'	SI
3/8"	4159	9,52	4698	539	5,45	95,88	4,12	5- 0	SI
Band.	3157	-	3564	407	4,12	100,00	0,00	-	



ANEXOS

Total	9887	100
-------	------	-----

Agregado Grueso:

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



ANEXOS

• METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (C.C.C.A. Ag. 15)

Datos:

Peso de la Muestra (W)= 500gs

Peso del Picnómetro + Agua (W₂)= 673grs.

Peso del Picnómetro+ Agua+ Arena (W₃)= 960 grs.

Peso de la Arena Saturada con Superficie Seca (W₄)= 500grs.

Peso Arena Seca (W₁)= 495grs

$$\text{Peso Especifico Aparente } (G_a) = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_1} \quad G_a = 2,38$$

$$\text{Peso Especifico } (G) = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_4} \quad G = 2,32$$

$$\text{Peso Especifico Saturado con Superficie Seca } (G_s) = \frac{W_4}{W_2 - W_3 + W_4} \quad G_s = 2,35$$

$$\% \text{ Absorción } (\%A) = \frac{W_4 - W_1}{W_1} \quad \%A = 1,01$$



ANEXOS

- METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (COVENIN 269- ASTM C127- C.C.C.A. Ag. 15)

Datos:

Peso del Agregado en Aire (W_1)= 5Kg

Peso Agregado Saturado con superficie Seca (W_2)= 5,151Kg.

Peso en el Agua de la Muestra Saturada (W_3)= 3,25 Kg.

Peso de la Muestra Seca (W_4)= 4,865Kg.

Volumen del Agua (V)= 0,00167 m³

Densidad del Agua (γ)= 1000 Kg/m³

$$\text{Peso Especifico Aparente } (G_a) = \frac{W_1}{W_1 - W_3} \quad G_a = 2,68$$

$$\text{Peso Especifico } (G) = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad G = 2,63$$

$$\text{Peso Especifico Saturado con Superficie Seca } (G_s) = \frac{W_2}{W_2 - W_3} \quad G_s = 2,71$$

$$\% \text{ Absorción } (\%A) = \frac{V \cdot \gamma}{W_1} \quad \%A = 5,88$$



- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR POR SECADO EL CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO.

Agregado Fino:

$$H = \frac{100 * (W_o - W_s)}{W_s}$$

Donde:

H= Contenido de Humedad de la Muestra en Porcentaje

W_o =Peso de la Muestra Original en Gramos

W_s= Peso de la Muestra Seca en Gramos

W_o= 2000grs.

W_s= 1991grs

$$H= 0,45\%$$

Agregado Grueso:

W_o= 6000grs.

W_s= 5977grs

$$H= 0,38\%$$



ANEXOS

Agregados del 2do Muestreo

- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino:

Agregado Fino									
Cedazo Nro.	Peso Cedazo (gramos)	Abertura (mm)	Peso Cedazo + Retenido (gramos)	Peso Retenido (gramos)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Limites de Porcentaje Pasante	Cumple
#4	568	4,76	629	61	12,25	12,25	87,75	85-100	SI
#8	556	2,38	647	91	18,27	30,52	69,48	60-95	SI
#16	503	1,19	574	71	14,26	44,78	55,22	40-80	SI
#30	504	0,595	627	123	24,70	69,48	30,52	20-60	SI
#50	491	0,297	515	24	4,82	74,30	25,70	"8-30	SI
#100	471	0,149	547	76	15,26	89,56	10,44	"2-10	SI
Band	420	-	472	52	10,44	100,00	0,00	-	-
Total				498	100,00	320,88			
Modulo de Finura				3,21					

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Agregado Grueso:

Agregado Grueso									
Cedazo Nro.	Peso Cedazo (gramos)	Abertura (mm)	Peso Cedazo + Retenido (gramos)	Peso Retenido (gramos)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Limites de % de Pasante 1"	Cumple
1 1/2"	-	38,1	-	0	0	0	100	100	SI
1"	4168	25,4	4749	581	5,82	5,82	94,18	100 - 90	SI
3/4"	4526	19,05	7071	2545	25,49	31,31	68,69	90 - 50	SI
1/2"	4254	12,7	9225	4971	49,79	81,11	18,89	45 - 15	SI
3/8"	4159	9,52	5407	1248	12,50	93,61	6,39	20' - 0	SI
Band.	3157	-	3795	638	6,39	100,00	0,00	7' - 0	-
Total				9983	100				

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011).



ANEXOS

• METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (C.C.C.A. Ag. 15)

Datos:

Peso de la Muestra (W)= 500gs

Peso del Picnómetro + Agua (W₂)= 672grs.

Peso del Picnómetro+ Agua+ Arena (W₃)= 983 grs.

Peso de la Arena Saturada con Superficie Seca (W₄)= 500grs.

Peso Arena Seca (W₁)= 495grs

$$\text{Peso Especifico Aparente } (G_a) = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_1} \quad G_a = 2,69$$

$$\text{Peso Especifico } (G) = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_4} \quad G = 2,62$$

$$\text{Peso Especifico Saturado con Superficie Seca } (G_s) = \frac{W_4}{W_2 - W_3 + W_4} \quad G_s = 2,65$$

$$\% \text{ Absorción } (\%A) = \frac{W_4 - W_1}{W_1} \quad \%A = 1,01$$



ANEXOS

- METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (COVENIN 269- ASTM C127- C.C.C.A. Ag. 15)

Datos:

Peso del Agregado en Aire (W_1)= 5Kg

Peso Agregado Saturado con superficie Seca (W_2)= 5,027Kg.

Peso en el Agua de la Muestra Saturada (W_3)= 3,20 Kg.

Peso de la Muestra Seca (W_4)= 4,990Kg.

Volumen del Agua (V)= 0,00177 m³

Densidad del Agua (γ)= 1000 Kg/m³

$$\text{Peso Especifico Aparente } (G_a) = \frac{W_1}{W_1 - W_3} \quad G_a = 2,78$$

$$\text{Peso Especifico } (G) = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad G = 2,74$$

$$\text{Peso Especifico Saturado con Superficie Seca } (G_s) = \frac{W_2}{W_2 - W_3} \quad G_s = 2,75$$

$$\% \text{ Absorción } (\%A) = \frac{V \cdot \gamma}{W_1} \quad \%A = 0,74$$



ANEXOS

- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR POR SECADO EL CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO.

Agregado Fino:

$$H = \frac{100 * (W_o - W_s)}{W_s}$$

Donde:

H= Contenido de Humedad de la Muestra en Porcentaje

W_o =Peso de la Muestra Original en Gramos

W_s= Peso de la Muestra Seca en Gramos

W_o= 1000grs.

W_s= 991grs

$$H= 0,91\%$$

Agregado Grueso:

W_o= 6000grs.

W_s= 5983grs

$$H= 0,28\%$$



ANEXOS

Agregados del 3er Muestreo

- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino:

Agregado Fino									
Cedazo Nro.	Peso Cedazo (gramos)	Abertura (mm)	Peso Cedazo + Retenido (gramos)	Peso Retenido (gramos)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Limites de Porcentaje Pasante	Cumple
#4	568	4,76	655	87	17,65	17,65	82,35	85-100	NO
#8	556	2,38	638	82	16,63	34,28	65,72	60-95	SI
#16	503	1,19	563	60	12,17	46,45	53,55	40-80	SI
#30	504	0,595	620	116	23,53	69,98	30,02	20-60	SI
#50	491	0,297	516	25	5,07	75,05	24,95	"8-30	SI
#100	471	0,149	547	76	15,42	90,47	9,53	"2-10	SI
Band	419	-	466	47	9,53	100,00	0,00	-	-
				Total	493	100,00			
				Modulo de Finura	3,34				

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

Agregado Grueso:

Agregado Grueso									
Cedazo Nro.	Peso Cedazo (gramos)	Abertura (mm)	Peso Cedazo + Retenido (gramos)	Peso Retenido (gramos)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Limites de % de Pasante 1"	Cumple
1 1/2"	-	38,1	-	0	0	0	100	100	SI
1"	4164	25,4	4537	373	3,74	3,74	96,26	90-100	SI
3/4"	4522	19,05	6520	1998	20,02	23,75	76,25	50-90	SI
1/2"	4252	12,7	8170	3918	39,25	63,00	37,00	15-45	SI
3/8"	4156	9,52	5758	1602	16,05	79,05	20,95	0-20	no*
Band.	3149	-	5240	2091	20,95	100,00	0,00	0	-
				Total	9982	100			

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)



ANEXOS

• METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (C.C.C.A. Ag. 15)

Datos:

Peso de la Muestra (W)= 500gs

Peso del Picnómetro + Agua (W₂)= 679grs.

Peso del Picnómetro+ Agua+ Arena (W₃)= 982 grs.

Peso de la Arena Saturada con Superficie Seca (W₄)= 500grs.

Peso Arena Seca (W₁)= 496grs

$$\text{Peso Especifico Aparente } (G_a) = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_1} \quad G_a = 2,57$$

$$\text{Peso Especifico } (G) = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_4} \quad G = 2,52$$

$$\text{Peso Especifico Saturado con Superficie Seca } (G_s) = \frac{W_4}{W_2 - W_3 + W_4} \quad G_s = 2,54$$

$$\% \text{ Absorción } (\%A) = \frac{W_4 - W_1}{W_1} \quad \%A = 0,81$$



- METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (COVENIN 269- ASTM C127- C.C.C.A. Ag. 15)

Datos:

Peso del Agregado en Aire (W_1)= 5Kg

Peso Agregado Saturado con superficie Seca (W_2)= 5,070Kg.

Peso en el Agua de la Muestra Saturada (W_3)= 3,250 Kg.

Peso de la Muestra Seca (W_4)= 5,042Kg.

Volumen del Agua (V)= 0,00167 m³

Densidad del Agua (γ)= 1000 Kg/m³

$$\text{Peso Especifico Aparente } (G_a) = \frac{W_1}{W_1 - W_3} \quad G_a = 2,86$$

$$\text{Peso Especifico } (G) = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad G = 2,75$$

$$\text{Peso Especifico Saturado con Superficie Seca } (G_s) = \frac{W_2}{W_2 - W_3} \quad G_s = 2,79$$

$$\% \text{ Absorción } (\%A) = \frac{V \cdot \gamma}{W_1} \quad \%A = 0,56$$



ANEXOS

- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR POR SECADO EL CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO.

Agregado Fino:

$$H = \frac{100 * (W_o - W_s)}{W_s}$$

Donde:

H= Contenido de Humedad de la Muestra en Porcentaje

W_o =Peso de la Muestra Original en Gramos

W_s= Peso de la Muestra Seca en Gramos

W_o= 1000grs.

W_s= 990grs

$$H= 1,01\%$$

Agregado Grueso:

W_o= 6000grs.

W_s= 5990grs

$$H= 0,17\%$$



ANEXOS

Agregados del 4to Muestreo

- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA DE LOS AGREGADOS

Agregado Grueso									
Cedazo Nro.	Peso Cedazo (gramos)	Abertura (mm)	Peso Cedazo + Retenido (gramos)	Peso Retenido (gramos)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante	Limites de % de Pasante 1/2"	Cumple
1 1/2"	-	38,1	-	0	0	0	100	100-90	SI
1"	4164	25,4	4887	723	7,23	7,23	92,77	90-70	NO
3/4"	4522	19,05	8530	4008	40,09	47,32	52,68	50-30	NO*
1/2"	4252	12,7	8312	4060	40,61	87,94	12,06	15-10*	SI
3/8"	4156	9,52	4932	776	7,76	95,70	4,30	5-0	SI
Band.	3149	-	3579	430	4,30	100,00	0,00	0	-
Total				9997	100,00				

Fuente: Sandoval F. Lisbeth, Villarroel C. Aura (2011)

- METODO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (COVENIN 269- ASTM C127- C.C.C.A. Ag. 15)

Datos:

Peso del Agregado en Aire (W_1)= 5Kg

Peso Agregado Saturado con superficie Seca (W_2)= 5,024Kg.

Peso en el Agua de la Muestra Saturada (W_3)= 3,146 Kg.

Peso de la Muestra Seca (W_4)= 4,969Kg.

Volumen del Agua (V)= 0,00185 m³

Densidad del Agua (γ)= 1000 Kg/m³

$$\text{Peso Especifico Aparente } (G_a) = \frac{W_1}{W_1 - W_3}$$

$$G_a = 2,70$$



ANEXOS

$$\text{Peso Especifico (G)} = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad G = 2,66$$

$$\text{Peso Especifico Saturado con Superficie Seca (G}_s) = \frac{W_2}{W_2 - W_3} \quad G_s = 2,68$$

$$\% \text{ Absorción (\% A)} = \frac{V * \gamma}{W_1} \quad \% A = 1,11$$

- METODO DEL ENSAYO PARA DETERMINAR POR SECADO EL CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO.

Agregado Grueso:

$$H = \frac{100 * (W_o - W_s)}{W_s}$$

Donde:

H= Contenido de Humedad de la Muestra en Porcentaje

W_o =Peso de la Muestra Original en Gramos

W_s = Peso de la Muestra Seca en Gramos

W_o = 6000grs.

W_s = 5995grs

H = 0,08%

Registro Fotográfico



ANEXOS



Tamizadora para Agregado Fino.



Tamizadora para Agregado Grueso.



Equipo de Cuarteo para Agregado Fino.



Equipo de Cuarteo para Agregado Grueso.



ANEXOS



Mezcladora de Eje Horizontal (Trompo).



Agregados y Cemento pesados justo antes de ser mezclados en el Trompo.



ANEXOS



Cilindros listos para ser ensayados.



Cilindros en Proceso de Curado.



ANEXOS



Cilindro siendo ensayado en la Maquina de Compresión Axial



Cilindro No compactado siendo ensayado en la Maquina de Compresión Axial



Estado de dos (2) Cilindros “No compactados” de T= 4”