



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN
MUESTRAS DE CONCRETO:
(CILINDROS NORMALIZADOS VS COREDRILLS)**

**Autores:
Bazán, Miguel
García, Alberto**

Naguanagua, Noviembre de 2012



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN
EN MUESTRAS DE CONCRETO:
(CILINDROS NORMALIZADOS VS COREDRILLS)**

**Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo
para optar al título de Ingeniero Civil**

**Tutor:
Soto, Francisco**

**Autores:
Bazán, Miguel
García, Alberto**

Naguanagua, Noviembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por darme todos los medios tanto físicos como espirituales que me han permitido llegar hasta la fase final de mis estudios como Ingeniero Civil.

Agradezco a mi madre Elizabeth por haber estado en cada paso desde mi nacimiento cuidándome y educándome regalándome día a día los valores que me formaron y me permitieron estar donde hoy estoy. A mi hermano Jeremy que desde pequeño fue mi modelo a seguir y por estar conmigo en los momentos que siempre lo necesité. A mi tía Zulay por estar siempre conmigo y ser como mi segunda madre apoyándome y dándome ánimos para cumplir mi meta.

A mi novia Adriana por esos incontables días y noches de traspaso e insomnio en las cuales siempre estuvo a mi lado ayudándome y apoyándome, encargándose de darme la fuerza necesaria para llegar hasta el final. A mi compañero de tesis Alberto por haber hecho un trabajo excelente y por brindarme todo su apoyo incondicional en estos últimos meses en los cuales logramos formar un buen equipo entendiéndonos con gran eficiencia.

A mis profesores por darme todas las herramientas necesarias para la obtención de mi título. A mi tutor Francisco Soto por brindarnos todo su apoyo y Carlos Manzanares por regalarnos su tiempo y habernos ayudado en la realización de los ensayos. Por último pero no menos importante a José Lamas, Jesús Soto mis compañeros de estudio, a mis compañeros de laboratorio, al técnico de laboratorio de materiales Elías, al Técnico de laboratorio de fluidos Roper, a mis amigos y demás familiares.

Miguel A. Bazán P.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios todo poderoso, por siempre cuidarme, bendecirme y ayudarme en los momentos difíciles, por ser siempre mi guía y darme el valor y la fuerza necesaria para seguir aun cuando estaba lejos de mis familiares.

A mi Madre quien siempre me apoyó abnegadamente y me brindó todo su amor y cariño a lo largo de mis estudios.

A mi Abuela Paula por darme sus consejos y siempre estar ahí para mí.

A mi Hermano por ser siempre mi mejor amigo y mi mano derecha incondicional.

A la Universidad de Carabobo en todos sus niveles tanto los profesores como sus trabajadores y a mis compañeros de estudio quienes me acompañaron día en esta ardua tarea.

A mi tutor de Tesis Francisco Soto por brindarnos todo su apoyo.

También quisiera mencionar a Manzanares, Lamas, Elías y Roperó por su apoyo técnico. A mi compañero de tesis quien sin su aporte y colaboración este trabajo no se hubiese realizado de forma tan amena. En fin les agradezco de todo corazón a demás familiares y amigos quienes siempre estuvieron a mi lado y me ayudaron a formarme como Ingeniero Civil.

Alberto García.

COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN EN MUESTRAS DE CONCRETO: (CILINDROS NORMALIZADOS VS COREDRILLS)

Autores:
Bazán Miguel
García Alberto
Tutor:
Prof. Francisco Soto

RESUMEN

El trabajo de grado que aquí presentamos tiene por finalidad comparar y hallar la relación de dos ensayos que miden la resistencia a la compresión del concreto, como lo son el ensayo de cilindros Normalizados (COVENIN 345) y el ensayo de la extracción de núcleo en concreto endurecido con el coredrills (COVENIN 338) en mezclas de resistencias de 250 Kg/cm² y 280 Kg/cm² a los 14 y 28 días, la importancia de esta relación recae en lograr un control de calidad adecuado sobre la resistencia del concreto ya que si no es posible obtenerla mediante cilindros normalizados y se tenga que realizar el ensayo del coredrill se logre saber con certeza esta resistencia dado que siempre la resistencia por el ensayo normalizado es mayor al del coredrills, Como conclusión obtuvimos que el promedio de los ensayos de los núcleos esta en el orden del 80 % de la resistencia obtenida con los cilindros normalizados. Con esta información será más fácil conocer el valor real de la resistencia obtenida con el ensayo de coredrill.

**COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN
EN MUESTRAS DE CONCRETO:
(CILINDROS NORMALIZADOS VS COREDRILLS)**

Autores:
Bazán Miguel
García Alberto
Tutor:
Prof. Francisco Soto

Abstract

The degree work presented here is intended to find and compare the correlation of two tests the resistance quality of concrete cylindrical, as are the standard cylinder test (COVENIN 345) and the extraction test in hardened concrete core with coredrills (COVENIN 338) in mixtures of resistors 250 kg/cm² and 280 kg/cm² at 14 and 28 days, the importance of this correlation lies in achieving proper quality control of concrete strength as otherwise it can be obtained by standard cylinders and have to perform the assay coredrill know with certainty is achieved because the resistance provided by the resistance is greater than the standard test of coredrills, as the average obtained conclusion of this test cores in the order of 80% of the strength obtained with the standard cylinder. With this information will be easier to know the actual value of the resistance obtained with coredrill assay.

ÍNDICE DE TABLAS

N°		Pág.
1	Tipo de Cemento Portland y sus Características	23
2	Cuadro de Operacionalización de Variables	46
3	Técnicas e instrumentos de Recolección de datos	52
4	Resultados cilindros Rc 250 a los 14 días	70
5	Resultados coredrills Rc 250 a los 14 días	71
6	Resultados cilindros Rc 280 a los 14 días	72
7	Resultados coredrills Rc 280 a los 14 días	73
8	Resultados cilindros Rc 250 a los 28 días	74
9	Resultados coredrills Rc 250 a los 28 días	75
10	Resultados cilindros Rc 280 a los 28 días	76
11	Resultados coredrills Rc 280 a los 28 días	77
12	Resultados Estadísticos Cilindros Normalizados	78
13	Resultados Estadísticos Coredrills	78
14	Resistencia a la Compresión obtenidas de la Correlación	84
15	Granulometría del material fino	92
16	Granulometría del material grueso	94
17	Normas de Control para Resistencias a la Compresión en el Concreto	99
18	Fracciones defectivas y valores correspondientes de la variable tipificada Z	99
19	Valores de la T Student Para varios niveles de Probabilidad y Fracciones Defectuosas	100
20	Valores de Kr	101
21	Valores de Ka	101
22	Valores de C1	101
23	Valores de C2	101
24	Valores de C3	101
25	Valores de α máximo para distintas condiciones ambientales	102

INDICE DE FIGURAS

N°		Pág.
1	Maquina de Extracción de núcleos	50
2	Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 250 a los 14 días	79
3	Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 280 a los 14 días	80
4	Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 250 a los 28 días	80
5	Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 280 a los 28 días	81
6	Correlación Rc 250 a los 14 días	82
7	Correlación Rc 280 a los 14 días	82
8	Correlación Rc 250 a los 28 días	83
9	Correlación Rc 280 a los 28 días	83
10	Correlación total	85
11	Granulometría del Agregado Fino	92
12	Granulometría del Agregado Grueso	94
13	Ensayos de los Agregados Granulometría AF	104
14	Ensayos de los Agregados Granulometría AG	104
15	Ensayos de los Agregados Absorción AG	105
16	Ensayos de los Agregados Absorción AF	105
17	Ensayo del cono de Abrams	106
18	Curado de cilindros	106
19	Extracción del núcleo	107
20	Perfilado del núcleo	107
21	Ensayos de los núcleos	108

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	13
EL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema	13
Formulación del Problema	14
Objetivos de la Investigación	15
Objetivos General	15
Objetivos Específicos	15
Justificación de la Investigación	16
Delimitación de la Investigación	16
CAPITULO II	17
MARCO TEORICO	
Antecedentes de la Investigación	17
Bases Teóricas	19
Calidad del concreto	20
Método Estadístico de t-student para determinar el tamaño de la muestra.	21
Materiales componentes del concreto	23
Cemento Portland	24
Agua	25
Agregados Áridos o inertes	25
Ensayos de los agregados	26
Diseño de una mezcla de concreto	27
Método de Diseño de Mezcla del C.C.C.A. (Comité Conjunto del Concreto Armado)	28
La resistencia de diseño	29
Ley de Abrams	30
Proporción entre agregados finos y gruesos	32
Cantidad de Cemento en la mezcla	32
Aire atrapado	34
Volumen de concreto	34
Corrección por humedad	35
Ensayos de compresión	37
Factores que afectan la Resistencia a Compresión	37
Estadísticos Básicos	38
Parámetros Estadísticos	39
Teoría Muestral	39
Distribución Normal	40
Aplicación de los principios estadísticos en el Control de Calidad del Concreto.	40
Correlación de las Variables (Modelo Matemático)	41
Marco Normativo Legal	42

CAPÍTULO III	48
MARCO METODOLÓGICO	
Tipo de Investigación	48
Diseño de la investigación	49
Población y Muestra	50
Equipos a utilizar en el desarrollo de la investigación	51
Descripción de la Metodología	52
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
Análisis de datos	53
CAPITULO IV	54
DESARROLLO EXPERIMENTAL	
Proceso Estadístico Iterativo para el Cálculo del Número de Muestras de Cilindros Normalizados	54
Proceso Estadístico Iterativo para el Cálculo del Número de Cilindros Normalizados por Muestras	55
Calculo del Número de Coredrills	56
Diseño de Mezcla	57
Resistencia media	57
Ley de Abrams	58
Relación triangular	60
Contenido de agua	61
Aire atrapado en la mezcla	62
Dosificación de los agregados	62
Proporción entre agregados finos y gruesos	63
Corrección por humedad	64
Mezclado	64
corrección por asentamiento	65
Curado	68
Extracción de los Núcleos	68
Medición de los Cilindros y Núcleos	69
Ensayo a Compresión	70
Resultados de los Ensayos a Compresión	71
Análisis de los Resultados	79
CAPITULO V	87
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones	87
Recomendaciones	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS A: Ensayo de los Agregados	91
ANEXOS B: Valores Utilizados en el Diseño de Mezcla	99
ANEXOS C: Memoria Fotográfica	104

INTRODUCCIÓN

Grases (2009) En El Manual De Concreto Estructural afirma que: “Dentro del mundo de la construcción el concreto es el material más usado en el mundo (...) Donde hay actividad humana organizada, hay concreto.” (p.32)

Al estudiar las propiedades del concreto se puede decir que el mismo está compuesto de dos partes: un material pastoso moldeable que al reaccionar con el agua tiene la propiedad de endurecer en el tiempo (cemento) y otro material de origen pétreo de diferentes tamaños denominado agregado.

Grases (2009) En El Manual De Concreto Estructural destaca: “Los agregados constituyen la mayor parte de la masa de concreto (...) por lo cual resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla. Las características de los agregados deben ser aquellas que beneficien ciertas propiedades del concreto como la trabajabilidad y el desarrollo de resistencias mecánicas”. (p.61)

De los ensayos que se le pueden practicar al concreto para conocer su resistencia a la compresión, destaca el ensayo a cilindros normalizado; los cuales se fabrican en campo con el mismo concreto de la obra y están normalizados según COVENIN 338, es el más común de todos. Donde estimando la resistencia en promedio de los cilindros se asume el de la estructura, estos cilindros se fabrican y se almacenan en condiciones ideales y no contienen tantos errores humanos como lo puede contener un vaciado en obra o cualquier otro error que suelen suceder en campo.

Otra forma de obtener este parámetro pudiese ser con la extracción de núcleos directamente del elemento estructural, mediante una maquina en forma tubular con

una broca en la punta la cual perfora el concreto para extraer el núcleo, en este caso coredrill, es un método y esta normalizado según COVENIN 345.

Pero surge la necesidad de conocer la diferencia entre las resistencias de estas dos pruebas y más aun cuando las mismas son curadas bajo condiciones diferentes. Este trabajo está compuesto por cinco (5) capítulos, los cuales están estructurados de la siguiente manera:

- El capítulo I: Donde se definen el planteamiento del problema, el objetivo general y los específicos, la justificación de la investigación y los la delimitación de la investigación.
- El capítulo II: Que contiene los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, el marco normativo legal y el sistema de hipótesis y variables en los que se apoya el proyecto de investigación.
- El capítulo III: Se describe el tipo de investigación, y se explican la metodología y los procedimientos empleados para la obtención de los datos experimentales.
- El capítulo IV: Se muestra los resultados y el análisis de los mismos, así como las tablas y graficas construidas.
- El capítulo V: Se expresan las conclusiones de esta investigación y se proponen recomendaciones para futuras recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

En Venezuela desde 1922 con la aparición del petróleo en la economía del país, se experimentó un movimiento masivo de personas hacia centros industriales en búsqueda de beneficios monetarios y mayor calidad de vida.

Este crecimiento de la población en ciudades industriales como Valencia ha traído como consecuencia, la construcción de nuevas edificaciones, específicamente de concreto armado, cuya principal consideración en el diseño de estas es garantizar la vida de las personas.

En ese sentido surge la necesidad de establecer controles de calidad que garanticen la construcción de edificaciones seguras, uno de los parámetros más importante del control calidad del concreto es la resistencia a la compresión. Generalmente asumida del promedio de los ensayos de cilindros normalizados.

En algunos casos es necesario determinar la resistencia a la compresión del concreto colocado en obra con el coredrill, bien sea por que los resultados de los ensayos de los cilindros normalizados estén muy por debajo de la resistencia de diseño, o se quiera verificar la calidad de un concreto sometido a un desgaste mecánico o químico. La Norma COVENIN 345-80 (1980) señala que: “Históricamente, la resistencia obtenida con coredrill es aproximadamente el 85% de

la resistencia obtenida con los cilindros”.

Pero no siempre es así, debido a la gran cantidad de agregados nuevos en Venezuela de calidad no certificada por lo que siempre habrá un grado de incertidumbre entre las pruebas.

Todo esto genera serios problemas en el ámbito constructivo ya que si se llegase a necesitar una evaluación técnica del concreto usado en una obra; sea por razones de refacción o de seguridad, no se podrá precisar la resistencia a la compresión, lo que generaría conclusiones equívocas y se cometerán errores por tomar decisiones desafortunadas en la que estarían en riesgo vidas humanas; por lo que es necesario generar estándares de confiabilidad entre estos ensayos.

Entonces, la propuesta es determinar parámetros adecuados para La Comparación de Resistencias a la Compresión en Muestras de Concreto: (Cilindros Normalizados Vs Coredrill)”, es decir, comparar los ensayos de la norma COVENIN 345 y 338, los cuales generan una serie de incógnitas.

Formulación del Problema

- En vista de la necesidad de obtener una mezcla que nos proporcione un alto grado de confiabilidad para los ensayos, es necesario preguntarse: ¿Cuáles son las características de los materiales a emplear en el diseño de mezclas del concreto que se va a utilizar en los ensayos a compresión?
- Tanto la elaboración y el curado de los cilindros, como la extracción de los núcleos requieren una metodología precisa con la finalidad de disminuir los errores a la hora de los ensayos, por lo que es imprescindible saber: ¿Qué pasos se deben seguir para la aplicación del ensayo de la resistencia a la compresión con cilindros normalizados según Norma COVENIN 338 y para la extracción de los núcleos bajo la norma COVENIN 345?

- En este mismo orden de ideas al ensayar las muestras de concreto, nos preguntamos: ¿Que se obtendrá al realizar los ensayos con cilindros normalizados y coredrill en las mismas muestras de concreto endurecido cuya resistencia a la compresión sea teóricamente definida?
- Luego de obtener los resultados de los ensayos con el fin de conseguir una conclusión valida sobre la investigación, valdría la pena preguntarnos: ¿Qué herramientas usar para comparar los resultados obtenidos en las pruebas para establecer conclusiones?

Objetivos de la Investigación

Objetivos General

Comparar Resistencias a la Compresión en Muestras de Concreto con los Ensayos de Cilindros Normalizado y Coredrill.

Objetivos Específicos

- Definir las características de los agregados que afectan directamente la resistencia a la compresión del concreto.
- Estimar el diseño de mezcla para el ensayo.
- Aplicar la metodología del ensayo de la resistencia a la compresión con cilindros normalizados según norma COVENIN 338 y del coredrill con la norma COVENIN 345.
- Calcular resistencia a la compresión ensayos con cilindros normalizados y coredrill en las mismas muestras de concreto.
- Comparar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos aplicando diversos métodos gráficos y analíticos.

Justificación de la Investigación

Según el tipo de concreto y las condiciones bajo a las que se encuentre afectada la muestra, con este trabajo se podrá determinar el grado de relación de resistencia a la compresión de los cilindros normalizados vs coredrill, muy útil cuando la resistencias de los cilindros no den los resultados esperados y se necesita conocer la calidad del concreto ya vaciado en obra. Reduciendo notablemente los errores de estimación y generando conclusiones acertadas sobre el objeto en estudio.

Cabe destacar que el siguiente trabajo de investigación podrá ser usado tanto a nivel académico, ya que el método de coredrill para calcular la resistencia a la compresión del concreto no es impartida en ninguna cátedra de Ingeniería Civil de la Universidad de Carabobo; como a nivel profesional al momento de una pugna jurídica en la cual se esté comprobando la calidad de un concreto.

Delimitación de la Investigación

En la investigación hay que destacar que estos resultados dados son para un diseño de mezcla con características específicas; una resistencia a la compresión a los 28 días de (250 y 280) kg/cm², donde no se tomaron en cuenta ningún tipo de aditivos, las muestras se generaron en el laboratorios de materiales y ensayos de la Universidad de Carabobo, tomando como consideración que los cilindros normalizados fueron curados mientras que la muestra a ser evaluada con el coredrill fue dejada a la intemperie, las pruebas y resultados se tomaron con un período de muestreo a los 14 y 28 días con muestras escogidas aleatoriamente, además que los núcleos fueron extraídos en forma vertical con una broca de 2” y se considero una altura del doble del diámetro.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes de la Investigación

García, Cesar. (2007). “Estudio comparativo mediante las resistencias alcanzadas mediante ensayos a la compresión de cilindros normalizados y los obtenidos en obras a través de ensayos de extracción de núcleos. Carabobo: Universidad de Carabobo.” Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo con el fin de obtener el título de Ingeniero Civil. Este trabajo buscaba encontrar la relación directa de la resistencia a la compresión mediante los ensayos de cilindros normalizados y de coredrills, ensayando concreto de resistencia cilíndrica a los 28 días de 210 Kg/cm² y 250 Kg/cm², con muestras ensayadas en el laboratorio de materiales de la Universidad de Carabobo, en la Facultad de Ingeniería arrojando como conclusiones que la relación aproximada en condiciones ideales de humedad es aproximadamente el 83% y en otros casos como vaciados a la intemperie dio 79%, investigación del cual se extrajo todas las consideraciones, recomendaciones y metodología a usar. Cabe destacar que las diferencias de nuestro trabajo de investigación con este antecedente se encuentran básicamente en el alcance y delimitación de objeto de estudio.

Miranda, Lilia. (2006). “Evaluación de la Variabilidad del Concreto en función de las cantidades utilizadas en el diseño de mezcla. Carabobo: Universidad de Carabobo”. Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para optar al título de Ingeniero Civil. Este trabajo tuvo como finalidad

evaluar la variabilidad del concreto en función de las cantidades de materiales utilizadas y diseñar una mezcla con la cual se permita reducir la desviación estándar de las resistencias obtenidas. Se realizaron pruebas en todos los agregados del concreto, las muestras fueron calculadas según el promedio de las cantidades utilizadas por la empresa, variando dichas cantidades según los límites normativos. Las primeras conclusiones obtenidas fueron que las desviaciones de las resistencias obtenidas no fueron elevadas y la causa principal que produjo un aumento de las resistencias fue la variación del agua. De este trabajo se obtuvo información detallada de los ensayos preliminares a los materiales y el diseño de mezclas.

Martínez. S. Yasemin. (2005). “Comparación Gráfica de la resistencia del concreto obtenido del ensayo de compresión estándar y del rebote esclerométrico para probetas curadas en el laboratorio y probetas dejadas a la intemperie. Carabobo: Universidad de Carabobo”. Trabajo Especial de Grado presentado en la Universidad de Carabobo para obtener el título de Ingeniero Civil. Este trabajo tuvo como finalidad estudiar la comparación, a través de una gráfica, entre la resistencia del concreto obtenida del ensayo a compresión estándar y del rebote esclerométrico. Se emplearon los ensayos de compresión estándar y el ensayo de dureza esclerométrico para la obtención de los resultados experimentales, para luego construir las curvas comparativas entre las variables estudiadas. Este estudio fue aplicado a la producción de planta de un concreto a base de canto rodado triturado, arena fina, cemento tipo I, aditivo RHEOBUILD 56l y agua. Obteniendo las gráficas; que fueron realizadas para resistencias de diseño 210 y 250 Kg/cm². Las cuales sirven para afirmar que el esclerómetro es un instrumento auxiliar calibrado para ensayos normalizados. Esta tesis sirvió de guía para la realización de la correlación entre los cilindros normalizados y los coredrills.

Bases Teóricas

El concreto es un material durable y resistente, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados.

La mezcla de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de cierto tiempo se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

(...) Durante el imperio romano se desarrolló una especie de concreto utilizando un aglomerante que llamaban "cementum". El concreto tal como se conoce actualmente tuvo sus inicios en la segunda mitad del siglo XVIII, con las investigaciones sobre cales de John Smeatom y Joseph L. Vicat. A principios del siglo XIX se desarrolló el cemento Portland y a comienzos del siglo XX se estudian y establecen la mayor parte de las relaciones que gobiernan el comportamiento del material (...) Los romanos usaron con gran éxito cementos punzolánicos, que son una mezcla de cal y materiales volcánicos que reaccionaron entre sí y con el agua dando paso a productos en cierto modo parecidos a los componentes hidratados de los cementos actuales. Un ejemplo impresionante de obras basadas en estos componentes es el Panteón de Roma (27 a. a) (...) Las diferencias fundamentales entre los concretos primitivos y los actuales provienen del tipo de aglomerante. Inicialmente se usaron yeso o cal (...) Las características del yeso y de la cal aérea (que endurece por reacción con el anhídrido carbónico de la atmosfera) difieren de las que tienen los actuales aglomerantes, los cuales han permitido el empleo masivo del concreto. (Grases, 2009, p. 31, 32)

Lo económico de la mezcla se debe a que las materias primas que se utilizan son normalmente abundantes en la naturaleza, razón por la cual tiene ventaja competitiva ante otros materiales de construcción.

Grases (2009) En El Manual De Concreto Estructural destaca:
El cemento conocido en Venezuela hasta la época de Guzmán Blanco (1869), se emplea por primera vez en Caracas en la pavimentación de la Plaza Bolívar (...) La Industria cementera en Venezuela comienza con la fundación en 1907 de la planta La Vega, en Caracas, la cual inicio su producción en 1909; para el año 2003, la capacidad instalada de producción nacional es de alrededor 27000 toneladas/ día.(p.33)

Calidad del concreto

El concreto es uno de los materiales más heterogéneos que existe, y depende por esto de una gran cantidad de variables, entre las que podemos citar la calidad de sus componentes, la proporción y forma de mezclado de estos, además de los métodos de transporte, colocación y curado. Si a esto se le suma que los métodos disponibles para determinar sus propiedades, son también, en general poco precisos, es lógico que fuera imposible lograr dos mezclas exactamente iguales aun cuando sean realizadas con los mismos materiales y forma de dosificación y mezclado.

Esto lleva a pensar en la realización de mezclas que cumplan ciertos requisitos y se mantengan en rangos de variabilidad, dentro de los cuales es posible lograr una buena calidad en el concreto.

Las medidas tendientes a reducir el número de variables no controlables y por lo tanto a uniformizar la calidad del concreto, se establecen a través del Control de Calidad, tanto de los materiales componentes como del concreto mismo. De esta forma, mientras más riguroso sea este control, mas uniforme e invariable, dentro del nivel esperado, se mantendrá el material producido; sin embargo y debido a la naturaleza misma del concreto, existe un nivel o limite por debajo del cual la variabilidad del proceso de fabricación no puede disminuirse y por lo tanto debe ser considerada y aceptada a la hora de evaluar al material.

La forma más eficiente para considerar y manejar la variabilidad en la producción de concreto, es mediante procedimientos estadísticos.

Método Estadístico de t-student para determinar el tamaño de la muestra.

En lo sucesivo se hará referencia a las consideraciones para determinar las variables antes mencionadas, sin hacer hincapié, en la explicación teórica de los conceptos utilizados, salvo en los casos que sea necesario.

Las curvas que se van a determinar, están amparadas en la variación de la resistencia, en función de la relación a/c a través de la conocida ley de Abrams que analíticamente tiene la siguiente ecuación:

$$R = \frac{M}{N^\alpha} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad (2.1)$$

Donde M y N son los parámetros a determinar para los agregados seleccionados.

Esta ecuación puede ser transformada a través de la aplicación de logaritmos a la forma:

$$\log R = \log M - \alpha \times \log N \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad (2.2)$$

La cual graficada en papel semi-logaritmico tiene la forma de una línea recta; puede pensarse entonces, que con dos puntos sería suficiente para establecer la recta, pero este sería el caso en que estos fueran fijos. Cuando los puntos determinados pueden variar con cada ejecución, como es este caso, es necesario tener un número mayor que defina la configuración de la recta dentro de un margen de variabilidad previamente establecido.

Además cada uno de estos puntos debe ser lo suficientemente confiables en sí mismos como para darle validez a la recta que ellos definen.

Por otro lado hay que hacer notar que mientras más grande sea el número de

puntos. Mayor probabilidad existe de concentrar los valores alrededor de la media, reduciendo de esta manera la dispersión del grupo de datos encontrados, pero con el inconveniente de la realización de un gran número de cilindros y mezclas. Se puede ver entonces que se hace necesario encontrar una cantidad de cilindros que hiciera muy confiables los puntos obtenidos (además de ser ejecutable) y un número de puntos que le diera validez a la recta que definen.

Para el logro de lo anteriormente expuesto se fijaron algunas de las variables involucradas, con la finalidad de obtener el tamaño de la muestra.

Se considera necesario aclarar los siguientes parámetros utilizados:

E = Error máximo o diferencia entre el promedio estimado de la muestra y el promedio real, Resultante de ensayar (por los mismos métodos) todos los elementos del universo.

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

e = Máximo error o diferencia entre el promedio muestral y el real (en %).

v = Estimado previa del coeficiente de variación del proceso (en %).

n = Tamaño de la muestra requerida.

α = Nivel de probabilidad (confiabilidad).

t = Parámetro de la t-student que depende del número de grados de libertad (n-1) y un nivel de probabilidad dado (α)

Fracción Defectuosa: Es la fracción del número total de valores observados que caen fuera de un límite específico.

Para el cálculo del número de mezclas se aplicará:

$$n = \left[\frac{t \cdot s}{E} \right]^2 \quad (2.3)$$

De igual forma se calculará el número de cilindros por mezcla con:

$$n = \left[\frac{txV}{e} \right]^2 \quad (2.4)$$

Materiales componentes del concreto

La fabricación del concreto es un proceso que implica la mezcla de varios componentes (agregados, cemento y agua) en forma racional; la calidad del producto final será consecuencia directa de:

1. Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, endurecida.
2. La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio.
3. La afinidad de la pasta cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

En el primer aspecto debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, el empleo de una relación agua/cemento conveniente, con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la pasta cementante para lo que se requiere.

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.

La compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la pasta cementante con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

A continuación se describen cada uno de los componentes del concreto:

Cemento Portland: Es el componente activo del concreto y como tal influye en todas las características de este material. Constituye entre un 10 a 20 % del peso del concreto. Se produce haciendo que combinen químicamente unas materia primas de carácter ácido: sílice y alúmina principalmente (arcilla), con otras de carácter básico: primordialmente cal (caliza).

En la norma venezolana COVENIN 28-2003 (Cemento Portland. Especificaciones) y la norteamericana ASTM C150, se consideran cinco tipos de cemento Portland, tal como se presenta en la tabla 1:

Tabla N°1
Tipo de Cemento Portland y sus Características

Tipo	Característica	Límites de la composición Usual			
		Promedio %			
		C3S	C2S	C3A	C4FA
I	Uso general	44-55	25-30	8-15	5-10
II	Resistencia a los sulfatos y bajo calor de hidratación	40-50	25-35	8	10-15
III	Altas resistencias iniciales	50-63	15-20	3-15	8-12
IV	Muy bajo calor de hidratación	25-35	140-50	<7	10-15
V	Muy alta resistencia a los sulfatos	34-42	38-48	<5	10

Fuente: Manual del Concreto Estructural

1. ***Cemento Portland tipo I***: Para usos generales, es el que más se emplea para fines estructurales.
2. ***Cemento Portland tipo II***: Se emplea cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un moderado calor de hidratación.
3. ***Cemento Portland tipo III***: De alta resistencia inicial, es recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. El concreto de cemento tipo III desarrolla una resistencia a los 7 días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o Tipo II.
4. ***Cemento Portland tipo IV***: De bajo calor de hidratación, se ha desarrollado para usarse en concreto masivo.
5. ***Cemento Portland tipo V***: Resistente a los sulfatos se especifica cuando hay una exposición intensa a los sulfatos.

Agua: para que el proceso de hidratación del cemento se lleve a cabo es necesario que la pasta contenga una adecuada cantidad de agua de calidad aceptable. El agua para el concreto debe ser limpia y suave, no debe contener cloruros y sulfatos en cantidades perjudiciales. Tampoco debe tener grandes porcentajes de aceites, ácidos, álcalis, materia orgánica.

Agregados Áridos o inertes: En las mezclas de concreto hidráulico convencional, los agregados suelen representar entre 60 y 80 por ciento aproximadamente del volumen absoluto de todos los componentes, de ahí la notable influencia que las características y propiedades de los agregados ejercen en las del correspondiente concreto.

Ensayos de los agregados

Estos se realizaron de acuerdo con las especificaciones dadas en el manual "Ensayos de laboratorio y especificaciones" editado por el Comité Conjunto del Concreto Armado (C.C.C.A.) y las normas COVENIN en lo referente a ensayos de agregados para la elaboración de mezclas.

Los ensayos realizados se indican a continuación:

- COVENIN 255:1998 Agregados. Determinación de la Composición Granulométrica.
- COVENIN 256-1977 Método de Ensayo para la Determinación cualitativa de Impurezas Orgánicas en Arenas para Concreto (Ensayo Colorimétrico).
- COVENIN 257-1978 Método de Ensayo para la determinar el Contenido de Arcillas y Partículas Desmenuzables en Agregados.
- COVENIN 258-1977 Método de Ensayo para la Determinación por Lavado del Contenido de Materiales Más Finos que el Cedazo 200 en Agregados Minerales.
- COVENIN 259-1977 Método de Ensayo para la Determinación por Suspensión de Partículas Menores de 20 Micras en Agregados Finos.
- COVENIN 263-1978 Método de Ensayo para la Determinar el Peso Unitario del Agregado.
- COVENIN 268-1998 Método de Ensayo para la Determinación de la Densidad y Absorción AF.
- COVENIN 269-1998 Método de Ensayo para la Determinación de la Densidad y Absorción AG.

Diseño de una mezcla de concreto

Uno de los aspectos más importantes en la preparación de concreto de buena calidad, es la determinación de las proporciones en peso (o volumen) de los componentes que forman, procedimiento este se conoce como el Diseño de Mezclas.

Por Diseño de Mezcla se entiende un procedimiento lógico, sustentado en bases teóricas y gran cantidad de ensayos en el laboratorio o en el campo, que garantizan unas cantidades de componentes económicas y suficientes para obtener un concreto con las características esperadas.

El diseño de mezcla también es considerado como parte del control de calidad, independientemente de cuál método se use, siempre y cuando este sea razonado y adaptable a las características presentes.

En la actualidad existen infinidad de métodos de dosificación de mezclas, presentados por Instituciones y profesionales de la ingeniería, que los han desarrollado y actualizado a través del tiempo con sus propias experiencias.

En este orden de ideas se encontró que los métodos más usados son:

- 1.- El Método A.C.I. (American Concrete Institute).
- 2.- El método del C.C.C.A. (Comité Conjunto del Concreto Armado).

De estos se selecciono el del C.C.C.A.

Método de Diseño de Mezcla del C.C.C.A. (Comité Conjunto del Concreto Armado)

Este método es descrito por los especialistas Joaquín Porrero, Carlos Ramos, José Grases Y Gilberto Velazco, en el Manual del Concreto Estructural, conforme a la norma COVENIN 1753:2003 “Proyecto y Diseño de Obras en Concreto Estructural”.

Validez y alcance:

Las relaciones básicas en que se basa el método se han inferido esencialmente por vías experimentales y deben entenderse como conducta promedio de fenómenos físicos de carácter probabilístico. Por este motivo, su empleo constituye fundamentalmente una guía para poder alcanzar más fácilmente combinaciones óptimas; esta optimización es solo posible por tanteos y ajustes en mezclas experimentales sucesivas, debidamente controladas.

Este método proporciona una secuencia lógica, a seguir, para dosificar mezclas, y aun cuando esté referido a un tipo de materiales puede ser relacionado con otros a través de factores de correlación.

El método está limitado a materiales debidamente ensayados que llenen los requisitos de aceptación establecidos en las normas COVENIN 268:1998, COVENIN 270:1998, COVENIN 277:2000.

Los agregados deberán ser naturales o procedentes de la trituración de estos, de granulometría conocida, con tamaños máximos entre ½” y 2”, cemento Portland y trabajabilidad medida en el cono de Abrams entre 1” y 7”.

El diseño debe enfocarse para lograr:

- a. Los niveles de resistencia a compresión exigidos para soportar las sobrecargas previstas.

- b. La trabajabilidad y colocación en obra con el menor asentamiento posible.
- c. El empleo de mayor tamaño máximo disponible, siempre que satisfaga las limitaciones inherentes a la dimensión del elemento vaciado.
- d. La durabilidad adecuada para resistir las condiciones ambientales.

Además es una práctica recomendada tratar de vaciar el concreto con el menor contenido de agua que garantice una trabajabilidad adecuada, pues de este modo se mejoran su resistencia, durabilidad, estabilidad ante agentes agresores externos y otras propiedades favorables.

La resistencia de diseño

El primer paso es conocer la resistencia de cálculo, para obtener así la resistencia a usar en el diseño de la mezcla.

La resistencia de diseño es también función de la desviación estándar y la fracción defectuosa permisible, y puede expresarse a través de la relación:

$$\bar{R} = R_{cal} + Z\sigma \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad (2.5)$$

Donde:

\bar{R} = Resistencia de Diseño

Z = Parámetro de la distribución normal de probabilidades que depende de la Fracción defectuosa permisible

σ = Desviación Estándar

Rcal = Resistencia de cálculo.

La fracción defectuosa puede ser fijada a través de las Normas COVENIN 1976:2003 o estipulada por el proyectista siempre y cuando no esté al margen de la norma mencionada.

Los valores de Z obtenidos a través de estas consideraciones corresponden a un número muy grande de ensayos (más de 30) en la distribución Normal. (Ver Tabla N°18 Anexo)

Cuando el número de probetas a ensayar sea más reducido, se recomienda usar la distribución t-student (Ver tabla N° 19 Anexo), que depende del tamaño de la muestra y se relaciona con la resistencia de diseño a través de la misma relación, que puede expresarse como:

$$\bar{R} = \frac{R_{cal}}{1-tV} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad (2.6)$$

Donde:

\bar{R} = Resistencia de diseño

Rcal = Resistencia de calculo

T = Parámetro de la t-student (función de la fracción defectuosa).

V = Valor del coeficiente de variación estimado (σ/\bar{R})

En cuanto al valor mismo de σ , puede considerarse dentro de un cierto rango aproximadamente independiente de la resistencia media del concreto, y es función del grado de control o cuidado que se tenga en la elaboración del concreto. (Ver tabla N° 17 Anexo).

Ley de Abrams:

Esta ley establece la correspondencia entre la resistencia del concreto y la relación agua/cemento (α). Una forma de expresarla es mediante la EC 2.1:

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

Despejando (alfa) en la formula anterior:

$$\alpha = \frac{\ln M}{\ln N} - \frac{\ln R}{\ln N} \quad (2.7)$$

De un amplio conjunto de ensayos, hechos sobre mezclas con agregado grueso triturado, de 25,4mm de tamaño máximo, arena natural (ambos agregados en la condición de saturados con superficie seca) y cemento portland tipo I, se obtienen buenos ajustes con las siguientes expresiones:

$$\overline{R}_{28} = \frac{902.5}{8.69^\alpha} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad \alpha = 3.147 - 0.4625 \ln \overline{R}_{28} \quad (2.7a)$$

$$\overline{R}_7 = \frac{861.3}{13.1^\alpha} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad \alpha = 2.627 - 0.3887 \ln \overline{R}_7 \quad (2.7b)$$

Los subíndices de las resistencias indican la edad del ensayo en días y la resistencia media es la de compresión, determinada en probeta cilíndrica de 15 x 30 cm., expresada en Kg. /cm².

En la selección de la relación α pueden ser más importantes que la resistencia de diseño, otras características resistentes. (En la tabla N° 25 del Anexo B se resumen algunos valores guía de interés).

Una vez seleccionada la relación α , es necesario corregirla de acuerdo a las consideraciones de tamaño máximo y tipo de agregado.

Los parámetros por los que se debe multiplicar la relación α están dados en las

(Tablas 20 y 21 Anexo B) para variación de Tamaño máximo (Kr) y tipo de agregado (Ka).

Proporción entre agregados finos y gruesos:

La mezcla está constituida por la combinación de un determinado agregado fino con un determinado agregado grueso, cada uno de ellos con su respectiva granulometría conocida previamente y, en algunos casos, subdivididos en fracciones.

Dentro de la mezcla actúa el agregado combinado, es decir el formado por el conjunto de todas las fracciones que se hayan empleado, incluyendo desde la partícula más gruesa del agregado, hasta la más fina de la arena. Para que ese agregado combinado produzca mezclas de calidad y economía, su granulometría debe estar comprendida entre ciertos límites, que la práctica ha demostrado como recomendables, constituyendo «zonas granulométricas», aconsejables de acuerdo a los diferentes tamaños máximos correspondientes.

Cantidad de Cemento en la mezcla:

Utilizando la relación triangular que no es más que una asociación que relaciona la trabajabilidad (T), medida como asentamiento en el Cono de Abrams, y que se puede considerar como la propiedad de mayor representatividad del concreto en estado fresco, con dos parámetros clave del diseño de mezclas, como son la relación agua/cemento (α), y la dosis de cemento (C).

Se expresa como sigue:

$$C = K \cdot \alpha^m \cdot T^m \left(\frac{Kg}{m^3} \right) \quad (2.8)$$

En donde K, m, n son constantes que dependen de las características de los materiales componentes de la mezcla, y de las condiciones en la que se elabora.

Para los mismos materiales, señalados anteriormente, es decir, agregado grueso triturado de 25,4 mm de tamaño máximo, arena natural (ambos en condiciones de saturado con superficie seca), y cemento portland tipo I, se obtienen buenos ajustes con:

$$C = 117.2 \alpha^{-1.3} T^{0.16} \quad (2.8a)$$

Donde c es la cantidad de cemento en Kg. /m³, es la relación agua-cemento, T es asentamiento expresado en cm.

Con el fin de ajustar los valores a las condiciones de cada caso, se señala la corrección de la dosis de cemento con los factores C1, C2 y C3.

C1.... Toma en cuenta los cambios en el tamaño máximo del agregado.

C2.... Toma en consideración la curva de granulometría, expresada en función de $\beta = \frac{A}{A+G}$. Dada la pequeña variación de este coeficiente esta corrección puede omitirse en la mayoría de los casos sin restar mucha precisión.

C3.... Considera los distintos tipos de agregados.

Los valores de estos coeficientes se presentan en el anexo.

La dosis de cemento requerida será entonces, el producto del valor obtenido a partir de la formula, multiplicado por los factores de corrección C1, C2 y C3. (Ver Tablas N° 22, 23 y 25 Anexo B).

Aire atrapado:

Aún con una adecuada compactación del concreto, por vibración, en la mezcla siempre queda una pequeña cantidad de aire, y que se denomina “aire atrapado”, simbolizado por V_p . En la masa puede haber presencia de otro tipo de aire, de origen y funciones diferentes, y se denomina “aire incorporado”.

El aire atrapado depende de diversas variables y su cálculo preciso no es posible. Pero basta una buena aproximación, ya que su proporción siempre es pequeña, y su influencia en el volumen absoluto de la mezcla no es decisiva.

A los efectos prácticos, la siguiente fórmula es suficientemente precisa:

$$V_p = \frac{C}{TM} \left(\frac{l}{m^3} \right) \quad (2.9)$$

Donde C la dosis de cemento en Kg/m³; V_p es Volumen de aire atrapado, TM tamaño máximo del agregado en mm.

Volumen de Concreto:

Además se sabe que el volumen de la pasta de cemento es algo menor que la suma de los volúmenes de cemento y del agua. Esta influencia se puede cuantificar efectuando una reducción en el volumen de cemento, para lo cual su peso por metro cúbico no es multiplicado por $(1/\gamma_c)$ (para cemento Portland normal γ_c es igual y $1/\gamma_c = 0.317$), sino por un factor constante e igual a 0.3.

Ecuación de Volumen de concreto: La condición de volumen se puede expresar de un modo general, de la siguiente manera:

$$\frac{a}{\gamma_a} + C \cdot 0.3 + \frac{A}{\gamma_A} + \sum \left(\frac{G_i}{\gamma_{G_i}} \right) + V_p = 1000 \quad (2.10)$$

Donde:

a = Peso de agua por metro cúbico de mezcla.

γ_a = Peso específico del agua (1 Kg/dm³)

C = Peso del cemento por metro cúbico de mezcla

$C \times 0.3$ = Volumen final del cemento incluida la corrección correspondiente a la Reducción del volumen de la pasta

A = Peso de la Arena por m³ de mezcla.

γ_A = Peso específico de la arena empleada SSSA.

$\frac{A}{\gamma_A}$ = Volumen absoluto de los agregados finos SSSA.

γ_{AG} = Peso Especifico del Agregado grueso, sea piedra picada o canto rodado.

$\sum \left(\frac{G_i}{\gamma_{G_i}} \right)$ = Volumen absoluto de los agregados gruesos. Cuando se esté empleando

para la mezcla un solo agregado grueso esta sumatoria queda reducida a $\frac{G}{\gamma_G}$.

V_p = volumen de aire atrapado en 1/m³.

Corrección por humedad

Hay que tener en cuenta que estos pesos corresponden a agregados en la condición de saturado con superficie seca, pero que los mismos pueden estar con un contenido de humedad diferente del que corresponde a esa condición; en este caso habrá que hacer correcciones de los pesos de los materiales, para que se mantengan las proporciones referidas a saturados con superficie seca: si están más secos, tomaran parte del agua de mezclado (que habrá que aumentar) y habrá que pesar menos agregados. Si están más húmedos habrá que hacer lo contrario.

Esta corrección puede estimarse de la manera siguiente:

Debe determinarse por el ensayo correspondiente la absorción de agua desde seco (cero humedad) hasta saturado con superficie seca (Ab):

Absorción de la arena: Ab_A

Absorción de la piedra: Ab_G

De igual forma se debe determinar la humedad de los materiales en el momento de la preparación de la mezcla (de húmedo a seco):

Humedad de la arena: H_A

Humedad de la piedra: H_G

De esta manera la arena para llegar a la condición de saturada con superficie seca cederá o tomara agua:

$$\frac{(H_A - Ab_A)}{(100 + Ab_A)} \times A = \text{Arena corregida} = FA \quad (2.11)$$

Se deberá por lo tanto pesar:

$$\text{Arena total} = A + FA \quad (2.12)$$

El agregado grueso cederá o absorberá agua:

$$\frac{(H_G - Ab_G)}{(100 + Ab_G)} \times G = \text{Piedra corregida} = GA \quad (2.13)$$

Se deberá por lo tanto pesar:

$$\text{Piedra total} = P + FG \quad (2.14)$$

El agua total será:

$$Agua\ total = a - FA - FG \quad (2.15)$$

Al hacer este tipo de cálculo debe recordarse que tanto la absorción como la humedad, están siempre referidas como porcentaje, a 100 partes de material seco.

Ensayos de compresión

Los procedimientos de los ensayos se describirán en el marco normativo sin, embargo se mencionan a continuación algunas medias a tomar en cuenta en dichos ensayos.

Factores que afectan la Resistencia a Compresión.

1. La relación agua/cemento es el factor principal que influye en la resistencia a compresión del concreto. Cambios no controlados en la humedad y absorción de los agregados, así como cambios en condiciones ambientales donde se hace la mezcla, principalmente la temperatura alteran la trabajabilidad; se deben compensar estos cambios modificando el diseño (dosis de cemento) y no alterar la proporción α .
2. Deficiencias en el mezclado debidas al mal funcionamiento o manejo de la mezcladora.
3. Técnicas inadecuadas de llenado y compactación de los moldes en las que no se contemplen estrictamente los requisitos normativos, incluidas las características de la barra compactadora.
4. Mala ejecución del ensayo en sí mismo por mal centrado e inclinación de la

probeta en la prensa de ensayo, aplicación de la carga a una velocidad inadecuada.

Estadísticos Básicos

Definiciones

- **Población y Muestra**

La población es el conjunto sobre el cual se desea realizar una investigación, puede ser finita o infinita, ya sea que se pueda contar o no el número de elementos.

Las muestras son el conjunto de elementos que se extraen de la población, pueden probabilísticas o no probabilísticas, según que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionado o no.

- **Variable**

La variable es una identidad que cambia, por ejemplo, la velocidad es una variable asociada con todo cuerpo en movimiento, cada cuerpo tiene una velocidad cuyo valor puede ser distinto.

- **Promedio**

Se utiliza la media aritmética del conjunto de los resultados involucrados como tendencia central del valor de los ensayos.

- **Ensayo**

Es el acto de someter a un espécimen o un material a un análisis que permita conocer sus propiedades.

- **Exactitud**

Es la confiabilidad de una medida cuando se compara con otros resultados.

- **Precisión**

Es la regularidad con que se repite el resultado de la medición que se ha efectuado.

- **Incertidumbre**

Es el valor que el instrumento de medición no es capaz de apreciar pues su escala no lo permite, además es la duda o desconfianza que se puede presentar acerca de un determinado resultado por determinados factores.

Parámetros Estadísticos:

- **Media o Promedio Aritmético**

El promedio aritmético de una serie de datos es un valor tal, que si a cada termino se le da un valor, resulta una suma igual a la de los valores términos de la serie dada.

- **Desviación Estándar**

La desviación estándar se define a un índice de la dispersión del conjunto de datos, el cual es el parámetro estadístico más representativo al respecto. Si los datos de la serie son iguales entre sí, no habrá dispersión entre ellos y la desviación estándar entre ellos será igual a cero. Las muestras extraídas de una población serán más homogéneas en tanto la desviación típica sea menor.

Teoría Muestral

La teoría del muestreo se refiere al estudio que se hace a las relaciones existentes entre la población y las muestras extraídas de esta. El estudio de las muestras permite hacer estimaciones de características desconocidas de la población.

Las características obtenidas de las muestras se denominan estadísticas y las de la población se denominan parámetros.

Mediante la teoría muestral se puede determinar si las diferencias que se pueden observar entre las características de las diferentes muestras, se deben a cuestiones del azar o son reales o verdaderamente significativas,

Distribución Normal

La resistencia a la compresión del concreto y muchas propiedades de los materiales no se distribuyen estrictamente como la curva normal, sin embargo las diferencias con esta son despreciables por lo pequeñas que son y se compensan con las ventajas que ofrece este tipo de distribución.

Este tipo de distribución se representa en un gráfico donde el eje de las abscisas representa los valores de las magnitudes y el eje de las ordenadas los valores de las frecuencias con que se producen dichas magnitudes.

La curva normal es simétrica, sus dos mitades se unen en el valor medio (μ). Los puntos de inflexión se encuentran sumándole o restándole la desviación estándar al valor medio.

La probabilidad de ocurrencia está representada por el área bajo la curva. El área entre límites de magnitud representa la probabilidad de que ocurran valores entre esos límites.

Aplicación de los principios estadísticos en el Control de Calidad del Concreto.

Para asegurar la seguridad estructural pareciera conveniente que ninguna parte del concreto tuviera resistencias menores a un valor dado, sin embargo los principios

estadísticos indican que no es posible establecer como resistencia para el ensayo normativo u valor mínimo.

Se emplea como resistencia de referencia una que es bastante menor que la media, a la que se lo denomina resistencia característica de cálculo estructural y se simboliza como F_c , y se establece en base a las posibilidades técnicas para fabricar concreto y en base a los requerimientos estructurales. Se acepta que una determinada fracción del concreto (cuantil) quede bajo esa resistencia, el cuantil es establecido mediante acuerdos y se representa en las normas como una exigencia o referencia.

Debido a que el concreto tendrá una calidad inferior a la prevista puede resultar peligrosa para la seguridad de la estructura, tanto la resistencia característica como el cuantil debe mantenerse iguales a sí mismos tanto en el cálculo estructural como en el diseño de la mezcla.

Correlación de las Variables (Modelo Matemático)

Por definición la covarianza se define como:

$$S_{X,Y} = \frac{\sum(X-\bar{X}) \cdot (Y-\bar{Y})}{n} \quad (2.15)$$

Donde:

$S_{X,Y}$ = Covarianza

X = Valor del Ensayo X_i

\bar{X} = Valor medio del ensayos Y

Y = Valor del Ensayo Y_i

\bar{Y} = Valor medio del ensayos Y

La covarianza, requiere ser llevada a una escala relativa, que permita emitir un juicio sobre la relación entre las variables.

La formulación de este coeficiente es llamada “Momento Producto de Pearson” y se expresa como:

$$R = \frac{S_{X,Y}}{S_X^2 S_Y^2} \quad (2.16)$$

Donde:

R= coeficiente de correlación (-1 < R < 1)

$S_{X,Y}$ = Covarianza

$S_X^2 S_Y^2$ = *Media Geométrica de las Varianzas.*

Marco Normativo Legal

Norma Venezolana COVENIN 338-2002 (Segunda Revisión) de Fecha 30 de Octubre de 2002, Vigente, Denominada: Concreto, Método para la Elaboración, Curado Y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto.

De la Maquinaria

3.1 Utilizada en los ensayos de compresión, siempre que su capacidad sea suficiente para producir la rotura de la probeta y se pueda regular la velocidad de carga, de modo que se alcance la velocidad requerida para el ensayo. Debe estar provista de dos platos de acero cuya dureza Rockwell C no sea inferior a 60 (HRC). Uno de estos platos, preferiblemente el que se apoya sobre la base superior de la probeta debe ir montado sobre una rótula esférica. Las superficies de los platos cuando éstos estén nuevos, no deben presentar desigualdades superiores a 0,025 mm sin que dichas desigualdades puedan exceder después, una vez usada la máquina, de 0,06 mm. El centro de la superficie esférica de la rótula, debe coincidir con el del plato correspondiente y tendrá su articulación proyectada de tal forma, que permita a éste girar ligeramente e inclinarse ángulos pequeños en cualquier dirección. El diámetro mínimo del plato debe ser 15% mayor que el diámetro del cilindro.

Del Procedimiento

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

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

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

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

5.2.2 El concreto se vacía en los moldes, en dos capas, si se va a compactar por el método de vibrado y en tres si se va a compactar por el método de la barra, asegurándose al mínimo la segregación del material dentro del molde, utilizando la barra para tal fin.

Nota 3: Los moldes deben estar en la sombra y cuidarse de la evaporación.

5.2.3 El método de compactación se debe seleccionar en base al asentamiento, a menos que el mismo se establezca especialmente en las especificaciones bajo las cuales se ejecuta el trabajo. Los métodos son: con barra y vibrado. Si el asentamiento es inferior a 25 mm (1 pulgada) debe usarse el método de vibrado, si el asentamiento está entre 25 mm (1 pulgada) a 75 mm (3 pulgadas) se puede usar cualquiera de los dos métodos, siendo preferible el método usado en la obra y si es mayor de 75 mm (3 pulgadas) debe usarse el método de la barra.

5.2.3.1 Compactación con barra

El concreto se coloca en el molde en tres capas de igual volumen aproximadamente. Cada capa debe compactarse con el número de golpes que se indica en la tabla 1, para lo cual se utiliza la barra compactadora. Los golpes deben distribuirse uniformemente en toda la sección transversal del molde. La capa del fondo debe compactarse en toda su profundidad.

Cuando se compacta la capa inmediata superior, la barra debe penetrar aproximadamente de 20 a 30 mm en la capa inmediatamente inferior. Si al retirar la barra quedan huecos en el cilindro, éstos se deben cerrar golpeando suavemente las paredes del molde.

Diámetro nominal del cilindro (mm) =50

Número de golpes = 25

5.2.3.3 Enrase

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

5.2.4 Curado de los cilindros

5.2.4.1 Una vez elaboradas las probetas deben protegerse de la pérdida de agua por evaporación cubriéndolas adecuadamente con un material impermeable y a menos que se especifiquen otras condiciones debe almacenarse a una temperatura ambiente a la sombra (véase nota 4). Los moldes deben mantenerse en una superficie horizontal rígida libre de vibraciones y otras perturbaciones.

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

- a) Directamente bajo agua saturada de cal (véase nota 5).
- b) Arena limpia y saturada constantemente de agua.
- c) Cámara húmeda, con una humedad relativa entre 90 y 100%.

NOTA 4: En el caso de que se desee reproducir las condiciones de curado en obra, las probetas deberán permanecer constantemente a la sombra, controlando periódicamente su temperatura, el ambiente y la temperatura de curado deben ser anotadas por ser datos indispensables para la interpretación de los resultados.

NOTA 5: El agua debe ser potable, limpia, exenta de materiales extraños y mantenerse en el rango de temperatura de (23 ± 3) °C. La renovación del agua depende del número de probetas que se están curando como promedio, se recomienda renovarla, cada 15 días.

5.3 Método de ensayo

5.3.1.1 Las caras de compresión deben ser rematadas de tal forma que se logre el paralelismo entre las caras del cilindro. Las superficies de compresión deben ser visiblemente planas, sin grumos, ralladuras o defectos visibles.

5.3.1.2 Para el momento del ensayo el remate debe tener una resistencia superior a la del concreto que se va a ensayar, (véase nota 6); pudiéndose emplear cualquier material capaz de proporcionar en el momento del ensayo, la resistencia y la adherencia necesaria. El espesor de la capa de remate debe estar entre 2 y 3% de la dimensión lateral (cara de la probeta).

NOTA ó: Uno de los materiales más usados para el remate de las caras de los cilindros, es el mortero de azufre, el cual debe tener una resistencia mínima de 350 kgf/cm² a las dos horas y ensayado en cubos de 50 x 50 mm.

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

t = EDAD PREVISTA PARA EL ENSAYO

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

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

5.3.2.1 Los cilindros se colocan en la máquina de ensayo, se centran cuidadosamente y se comprimen. Tanto las superficies rematadas de los cilindros y los platos de la máquina deben estar exentos de polvo, grasa y de cualquier otro material extraño.

5.3.2.2 En el caso de las máquinas de tipo mecánico el desplazamiento del cabezal debe ser aproximadamente de 1,3 mm. Por minuto; en las máquinas operadas hidráulicamente se aplicará una presión a una tasa constante dentro del rango de 1,4 kg/cm²/seg a 3,5 kg/cm²/seg. Durante la aplicación de la primera mitad de la presión, se permite incrementar dicha tasa.

Norma venezolana COVENIN 345-1980 de Fecha 9 de Diciembre de 1980, Vigente, Denominada: Método para la Extracción Y Ensayo de Probetas Cilíndricas y Viguetas de Concreto Endurecido.

De Las Probetas Para Ensayos De Resistencias

4.1 Las muestras de concreto endurecido usadas para la preparación de probetas de ensayo de resistencia no deben ser tomadas hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para permitir la extracción de la muestra sin perturbar la adherencia entre el mortero y el agregado grueso. El concreto debe tener una edad de por lo menos 14 días antes de extraer las probetas. No se deben usar muestras que presenten defectos o que hayan sido dañadas en el proceso de extracción. No deben usarse probetas que contienen refuerzos embutidos, para determinar la resistencia a la tracción indirecta y la resistencia a la flexión si el refuerzo está embutido en la parte de la probeta sometida a tracción.

4.1.1.1 Una probeta tomada perpendicularmente a una superficie horizontal se localiza siempre que sea posible en tal forma que su eje coincida con la

dirección de colocación del concreto y alejado de juntas y orillas, Una probeta tomada perpendicularmente a una superficie vertical a una superficie inclinada y deba extraerse, cuando sea posible de un punto cercano al centro de la masa y alejado de juntas y; abrirlas.

4.1.1.2 Probetas de ensayo. El diámetro de las probetas para determinar la resistencia a la compresión debe ser de por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. El largo de la probeta con su recubrimiento, debe ser lo más cercano posible al doble de su diámetro. Una probeta que tenga una altura máxima menor del 95% de su diámetro antes del recubrimiento o una altura menor de su diámetro después del recubrimiento no debe ser ensayada

4.1.1.3 Preparación de los extremos. Los extremos de las probetas extraídas que han de ensayarse a la compresión deben ser esencialmente lisos, perpendiculares al eje longitudinal y de un diámetro igual al del cuerpo de la probeta. Si es necesario sierra o corte los extremos de las probetas hasta alcanzar los siguientes requisitos:

4.1.1.3.1 Las protuberancias, si las hay no deben extenderse más de 1 mm por encima de las superficies externas.

4.1.1.3.2 Las superficies extremas no deben alejarse de la perpendicularidad con el eje longitudinal en más de 5°

4.1.1.3.3 Los diámetros de los extremos no deben diferir en más de 2,5 mm del diámetro promedio de la probeta.

4.1.1.4 Remate. Antes de realizar el ensayo de compresión, se debe recubrir los extremos de las probetas de acuerdo con lo descrito en la Norma COVENIN 338.

Del Procedimiento

5.1.1 Mediciones antes del ensayo. Se debe medir la longitud de las probetas rematadas con aproximación de 1,0mm. Se determina su diámetro medio, promediando dos diámetros aproximadamente perpendiculares entre si y a la mitad de altura de la probeta. Se miden los diámetros de las probetas con aproximación de 1.0mm.

5.1.2 Ensayo. Se realiza de acuerdo con lo especificado en la Norma COVENIN 338.

5.1.3 Cálculos. Se determina la resistencia a la compresión de cada probeta usando la sección transversal calculada en base al diámetro promedio de la probeta. Si la relación entre la longitud y el diámetro de la probeta es apreciablemente menor que dos, se toma en cuenta la relación de longitud a diámetro, multiplicando la resistencia a la compresión por el factor de corrección correspondiente.

Sistema de Hipótesis y Variables

Hipótesis de trabajo: La relación entre los cilindros normalizados y los coredrills debe ser tal que:

- La resistencia promedio de los núcleos ensayados debe ser mayor al 85 % de la resistencia promedio de los cilindro normalizados.
- Ninguno de los núcleos debe tener una resistencia menor al 75% de la resistencia de los cilindros normalizados.

Hipótesis nula: Que alguno de los ítems de la hipótesis de trabajo no se cumpla.

Tabla 2.

Cuadro de Operacionalización de Variables.

Variable	Dimensiones	Sub-dimensionales	Criterio	Indicadores
<u>Independiente</u> Resistencia a la Compresión	Peso Por área que resiste a compresión	Resistencia a la Compresión Fc' 250 Kg/cm ²		Fc' a los 14 días Fc' a los 28 días
		Resistencia a la Compresión Fc' 280 Kg/cm ²		Fc' a los 14 días. Fc' a los 28 días
<u>Dependientes</u> Relación del valor de la resistencia de los ensayos.	Peso Por área que resiste a compresión	Ensayo COVENIN 338 - 2002	Evaluación de la Resistencia a la Compresión cilindro normalizados	Fc' a los 14 días Fc' a los 28 días
		Ensayo COVENIN 345 - 1980	Evaluación de la Resistencia a la Compresión de Coredrills	Fc' a los 14 días Fc' a los 28 días

Nota. Bazán y García (2012)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo a esto, Tamayo (1999) plantea que “la metodología constituye la medula del plan, se refiere a la descripción de unidades de análisis o de investigación, las técnicas de recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis” (p.114)

Tipo de Investigación

El presente trabajo califica como Investigación Descriptiva, ya que la obtención de los resultados, depende de la descripción de los fenómenos físicos que intervienen en una serie de ensayos de laboratorios, los cuales se encuentran normalizados.

Según Méndez (2001), define la investigación como : “el estudio que identifica las características del universo de investigación, señala formas de conducta y actitudes del universo investigado, establece comportamientos concretos, descubre y comprueba la asociación entre variables de investigación” (p. 126).

Para la realización de este estudio, es necesario el empleo de una serie de pasos que guíen al investigador por el mejor camino, entonces indicará bajo que modalidad se realizará el estudio, de qué tipo de investigación se trata, y cuáles son los pasos que se seguirán para completarla, en el cual se incluirán instrumentos que permitan al lector disponer de una información más precisa y clara.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental de campo, tal y como señala:

Kerlinger (1979, p.116). "La investigación experimental es cualquier investigación en la que resulta posible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones".

Esta técnica es la más adaptada a la presente investigación ya que consiste en la realización de tareas definidas en un tiempo determinado a fin de ejecutar una serie de pruebas y ensayos que permitan recolectar los datos necesarios para el procesamiento y el logro de los objetivos.

Para la realización de estos ensayos se requiere de un estudio previo de los componentes del concreto, diseño de mezcla y un estudio de la confiabilidad de los equipos, que nos permita aislar la variables (como por ejemplo: la resistencia a la compresión del concreto, tipo de ensayo y condiciones de curado) para su posterior análisis, el cual nos va a permitir resolver alguna necesidad o problema en un contexto determinado.

Del aspecto anterior, cobra importancia la relación entre el grado de varianza de los ensayos a medida que se incrementa de la resistencia a la compresión del concreto.

Las pruebas y ensayos serán llevadas a cabo en el laboratorio dotados de los equipos necesarios.

Población y Muestra

Uno de los puntos más importantes de toda investigación de tipo experimental consiste en establecer un número de muestras que sea representativo del tema en estudio, para el logro de este objetivo se aplicara el Método Estadístico de t-student, en ese sentido se le asigno valores específicos a los parámetros estadísticos; además se comparo estos resultados con limites normativos.

A continuación se presentan el número de cilindros por tipo de ensayo:

1. 40 cilindros de resistencia de diseño 250 kg/cm^2 , curados en el laboratorio.
Para ensayarlos la mitad a los 14 días y el resto a los 28 días.
2. 40 cilindros de resistencia de diseño 280 kg/cm^2 , curados en el laboratorio.
Para ensayarlos la mitad a los 14 días y el resto a los 28 días.
3. 20 cilindros de resistencia de diseño 250 kg/cm^2 , colocados en intemperie.
Para extraer los núcleos y ensayarlos la mitad a los 14 días y el resto a los 28 días.
4. 20 cilindros de resistencia de diseño 280 kg/cm^2 , colocados en intemperie.
Para extraer los núcleos y ensayarlos la mitad a los 14 días y el resto a los 28 días.

Nota: Los agregados para la elaboración de los cilindros provienen de la compra de un metro cúbico de piedra picada y un metro cúbico de arena lavada en la ferretería Distribuidora De Michele, ubicada en la avenida Bolívar de Naguanagua al lado de la estación de servicio.

Equipos a utilizar en el desarrollo de la investigación

- Máquina de extracción de núcleos CORE DRILL:
Marca: KOR-IT
Modelo: Santa Clara Calif. K-100 Heavy-Duty
Electric/Hydraulic/Pneumatic
Core Drill Machines.



Figura 1. **Maquina de Extracción de núcleos.** Nota. Datos Tomados del sitio webconstructioncomplete.com

- Cinta métrica.
- Maquina de ensayo de compresión universal Marca Forney
Modelo: FT2I, Capacidad de 120.000 Kg.
- Cuchara de muestreo y cuchara de albañilería.
- Moldes metálicos cilíndricos de 15 x 30 cm.
- Barra compactadora de acero lisa de 5/8" de diámetro
- Martillo de goma can un peso normalizado entre 400-600 gr.
- Trompo Mezclador.

Descripción de la Metodología

1. Ensayo de los agregados utilizados.
2. Diseño de mezclas de concreto para la fabricación de las probetas cilíndricas normalizadas (Método de Porrero Ramos y Grases). Se fijaron dos resistencias de diseño a estudiar igual a 250 kg/m² y 280 kg/m², y un grado bueno de control, trabajabilidad igual a 12.5 cm.
3. Mezclado, elaboración, fraguado, desencofrado y curado de los cilindros normalizados según COVENIN 338. Según lo discriminado en “la población y muestras”.
4. Extracción de núcleos de concreto a partir de las probetas cilíndricas normalizadas (con su respectivo perfilamiento).
5. Ensayos de las probetas cilíndricas normalizadas de concreto, así como ensayo de los núcleos de concreto.
6. Una vez concluidos los ensayos, con los resultados correspondientes a la resistencia a compresión obtenida para cada tipo de mezcla y para cada tipo de condición, se procedió a su estudio de la correlación entre los cilindros normalizados y los Coredrills.

Nota: En cada paso de la metodología se cumplió con lo indicado en las normas COVENIN que regulan cada actividad en particular.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3.

Cuadro de Técnicas e instrumentos de Recolección de datos.

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Observación directa	Lista de cotejo
	Memoria fotográfica

Nota. Bazán y García (2012)

Análisis de datos

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos, estos se presentaran en sus respectivas tablas y gráficos, se efectuara un análisis grafico para estimar la correlación de los dos ensayos.

CAPITULO IV

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Proceso Estadístico Iterativo para el Cálculo del Número de Muestras de Cilindros Normalizados:

Usando la EC N° 2.3:

$$n = \left[\frac{t \times S}{E} \right]^2$$

Es importante destacar la procedencia de cada uno de los datos necesarios:

1. En el caso de la desviación estándar S_e , ésta depende del grado de control del concreto, lo cual se especifica en el diseño de mezcla en éste caso se consideró un grado de control bueno el cual establece según la norma COVENIN 1763 un valor de S de 35 Kg/cm².
2. Para el valor de E se establece un valor de 15 kg/cm², el cual se considera razonable ya que para el rango de resistencias comerciales usuales (180-300) Kg/cm² este representa valores de error entre 4% y 5%.
3. Asumiendo un número infinito de muestras $(n - 1) = \infty$ y una fracción defectuosa del 10%, se obtiene el valor de t Student ($t = 1.282$).

Sustituyendo:

$$n = \left[\frac{1.282 \times 35}{15} \right]^2 = 8.95 \approx 9$$

Para $(n-1) = (9-1) = 8$ y una $FD = 10\%$ se obtuvo un $t = 1.397$

$$n = \left[\frac{1.397 \times 35}{15} \right]^2 = 10.63 \approx 11$$

Para $(n-1) = (11-1) = 10$ y una $FD = 10\%$ se obtuvo un $t = 1.372$

$$n = \left[\frac{1.372 \times 35}{15} \right]^2 = 10.25 \approx 10$$

Para $(n-1) = (10-1) = 9$ y una $FD = 10\%$ se obtuvo un $t = 1.383$

$$n = \left[\frac{1.383 \times 35}{15} \right]^2 = 10.42 \approx 10$$

Se toma un número de 10 grupos de muestras para la investigación.

Proceso Estadístico Iterativo para el Cálculo del Número de Cilindros Normalizados por Muestras:

Usando la EC N° 2.4:

$$n = \left[\frac{t \times V}{e} \right]^2$$

Cuyo valor de parámetros se indica a continuación:

1. Para un control de campo “Bueno” le corresponde un coeficiente de Variación entre ensayos $V = 5\%$.
2. Se trabajo con un $e = 10\%$.

3. El parámetro t es igual a 1.282. indicado anteriormente.

Sustituyendo:

$$n = \left[\frac{1.282 \times 5}{10} \right]^2 = 0.41 \approx 1$$

Para $(n-1) = (1-1) = 0$ y una FD = 10% se obtuvo un $t = 3.078$

$$n = \left[\frac{3.078 \times 5}{10} \right]^2 = 2.36 \approx 2$$

Para $(n-1) = (2-1) = 1$ y una FD = 10% se obtuvo un $t = 3.078$

$$n = \left[\frac{3.078 \times 5}{10} \right]^2 = 2.36 \approx 2$$

Se tomara una muestra de 2 cilindros, es decir 10 muestras de 2 cilindros C/U. lo cual coincide con lo siguiente.

Grases (2009) En el Manual De Concreto Estructural menciona que el muestreo para cilindros normalizados debe ser:

“(…) por cada muestra combinada o de ensayo se debe elaborar dos cilindros por cada condición de ensayo”. (p.334)

Calculo del Número de Coredrills

El procedimiento es relativamente lento y costoso, por lo que en la planificación de la investigación, se debe procurar tomar el menor número posible de núcleos. A

demás el concreto debe tener una edad de por lo menos 14 días antes de extraer las probetas.

En este aspecto la norma COVENÍN 1753 es muy clara e indica que se deben extraer 3 núcleos por zona dudosa, adaptando este concepto a la investigación, se establecerá como número total de núcleos a extraer aquel que permita correlacionar de manera lógica los resultados de ensayar los núcleos extraídos con los resultantes del ensayo de los cilindros normalizados.

Se toma un número de 10 núcleos por resistencia el cual coincide con el número de muestras de la investigación.

Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla empleado está basado en la metodología expuesta en el “Manual del Concreto Estructural” conforme a las normas COVENIN 1753-03 de Porrero, Ramos, Grases y Velazco. Las variables fundamentales consideradas por el método son: dosis de cemento, trabajabilidad, relación agua/cemento y resistencia.

Resistencia media

Para la resistencia de diseño la obtenemos usando la ecuación N° 2.5:

$$\bar{R} = R_{cal} + Z\sigma$$

Cuyo valor de parámetros se indica a continuación:

1. Para la realización de este trabajo se decidió tomar 250 Kg/cm² y 280Kg/cm² como resistencia de cálculo.

2. Z depende de la fracción defectuosa, Para una fracción defectuosa del 10%, tenemos que $Z= 1,282$.
3. La desviación estándar según el control de campo, en este caso es $\sigma = 35\text{Kg/cm}^2$ (grado de control bueno), debido a que:

Grases (2009) En el Manual De Concreto Estructural (p.338) destaca las características para un control bueno:

- Se toma algún lote de agregado y se le determina el índice granulométrico, se le fijan los límites de aceptación.
- Se controla la humedad de los agregados.
- Se dosifica en peso con sistemas automáticos.
- El asentamiento con el cono se mide sistemáticamente y se rechazan las mezclas que no estén dentro de los límites establecidos.
- No se permite añadir agua posteriormente al mezclado.

Sustituyendo:

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm^2

$$\bar{R} = 250 + 1,282 \times 35 = 294.87$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm^2

$$\bar{R} = 280 + 1,282 \times 35 = 324.87$$

Ley de Abrams

Esta ley establece la correspondencia entre la resistencia del concreto y la relación agua cemento (α) en peso y esta presentada por la ecuación N° 2.7a:

$$\alpha = 3.147 - 0.4625 \ln \bar{R}_{28}$$

Sustituyendo:

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm²

$$R_{28} = 294.87$$

$$\alpha = 3.147 - 0.4625 \ln 294.87 = 0.52$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm²

$$R_{28} = 324.87$$

$$\alpha = 3.147 - 0.4625 \ln 324.87 = 0.47$$

El valor de α debe ser ajustado con factores de corrección que dependen del tipo de agregado y tamaño máximo (Tablas 20 y 21 Anexo B).

$$\alpha_c = \alpha \times K_r \times K_a \quad (4.1)$$

Donde:

1. Para un tamaño máximo de agregado de 1", obtenemos un $K_r = 1$
2. según tipo de agregado (Piedra Picada y arena natural), se tiene un $K_a = 1$

Sustituyendo:

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm²

$$\alpha_c = 0.52 \times 1 \times 1 = 0.52$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm²

$$\alpha_c = 0.47 \times 1 \times 1 = 0.47$$

Relación triangular

Esta relación asocia la trabajabilidad (T) determinada mediante el cono de Abrams, con dos parámetros importantes en el diseño de mezcla como lo son las dosis de cemento “C” y la relación agua cemento “α” a través de la ecuación N° 2.8a:

$$C = 117.2 \alpha_c^{-1.3} T^{0.16}$$

El valor de la trabajabilidad fue prefijado en 12,5 cm conocidos los valores de α y T, la dosis de cemento calculada es:

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm²

$$C = 117.2 \alpha 0.52^{-1.3} 12.5^{0.16} = 412.81$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm²

$$C = 117.2 \alpha 0.47^{-1.3} 12.5^{0.16} = 465.21$$

Análogamente que en la relación agua cemento, el cemento debe ser ajustado por factores de corrección. La dosis de cemento requerida será entonces, el producto del valor obtenido a partir de la formula, multiplicado por los factores de corrección C1, C2 y C3. (Ver Tablas N° 22, 23 y 24 Anexo B).

$$C_c = C \times C_1 \times C_3 \quad (4.2)$$

Donde:

1. Para un tamaño máximo de agregado de 1", obtenemos un $C1 = 1$
2. según tipo de agregado (Piedra Picada y arena natural), se tiene un $C3=1$

Entonces:

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm²

$$C_c = C \times 1 \times 1 = 412.81$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm²

$$C_c = C \times 1 \times 1 = 465.21$$

Contenido de agua

Para garantizar la relación agua/cemento establecida, el volumen del agua se obtiene a través de la formula:

$$a = C_c \times \alpha_c \tag{4.3}$$

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm²

$$a = 412.81 \times 0.52 = 213.58$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm²

$$a = 465.20 \times 0.47 = 219.83$$

Aire atrapado en la mezcla

Debido a la compactación del concreto, siempre queda volumen de aire atrapado, el cual se puede estimar sobre la base del tamaño máximo del agregado y el contenido de cemento en la mezcla, según la EC N° 2.9:

$$V_p = \frac{C_c}{TM}$$

Donde:

El Tamaño máximo del agregado expresado en mm es igual a 25.4.

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm²

$$V_p = \frac{412.81}{25.4} = 16.25$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm²

$$V_p = \frac{465.21}{25.4} = 18.31$$

Dosificación de los agregados

La condición de volumen para un metro cúbico de muestra se define mediante la EC N° 2.10:

$$a + C_c 0.3 + \frac{A}{\gamma_A} + \frac{G}{\gamma_G} + V_p = 1000$$

Proporción entre agregados finos y gruesos

La relación β es el cociente entre la arena y el agregado total expresado generalmente en porcentaje y definido por:

$$\beta = \frac{A}{A+G} \quad (4.4)$$

Donde:

A = arena expresados en Kg /m³

P = piedra expresados en Kg /m³

El valor de β empleado en esta investigación es de 0,48. Valor que cumple con los límites granulométricos recomendados por la Norma COVENIN 255 según el tamaño máximo del agregado.

Sustituyendo la EC 4.4 en la 2.10 nos queda:

$$A = \frac{1000 - a - 0.3C_c - V_p}{\frac{1}{\gamma_A} + \frac{1-\beta}{\beta \times \gamma_p}} \quad (4.5)$$

$$P = \frac{1000 - a - 0.3C_c - V_p}{\frac{1}{\gamma_p} + \frac{\beta}{(1-\beta) \times \gamma_A}} \quad (4.6)$$

Con:

$\gamma_A=2.02$ y $\gamma_p=2.7$

Para una resistencia calculada de 250 Kg/Cm²

$$A = 721.12$$

$$P = 781.21$$

Para una resistencia calculada de 280 Kg/Cm²

$$A = 694.30$$

$$P = 752.15$$

Corrección por humedad

Usando las Ecuaciones N° 2.11, 2.12, 2.13, 1.14 y 2.15 para cada mezcla, expresando los resultados para un volumen de 6 cilindros (37 litros) y un 10% de desperdicio (41 litros).

Mezclado

Teniendo en cuenta la capacidad de la mezcladora se trató que los materiales se combinaran lo más uniforme posible. Para ello se agregaron primero la piedra y la mitad de la dosificación del agua, luego la arena, el cemento y por último lo que restaba de agua, la cual se fue agregando poco a poco para así garantizar que la misma se mezclara correctamente con los otros componentes y a su vez garantizar, que el asentamiento fuese el requerido.

La ejecución del mezclado se realizó de acuerdo a lo descrito en el método referente al mezclado del concreto en el laboratorio COVENIN 354:2001, el cual recomienda, mezclar los materiales durante tres (3) minutos, seguidos de tres minutos de reposo, tiempo que se aprovecha para realizar el ensayo del cono de Abrams según lo establecido en la norma COVENIN 339:1994, para verificar, el asentamiento requerido y si es necesario un ajuste final en la cantidad de agua y, finalmente, dos (2) minutos de mezclado mas.

Corrección por asentamiento

La tolerancia permitida para el asentamiento fue de más o menos 1", lo que dio un rango de aceptación por asentamiento de 4 a 6 pulgadas en caso de ser este mayor que 6" se desecho la mezcla y en caso de ser menor que 4" se aplicó la corrección siguiente:

En el aparte 5.3.9.1 de ajuste de mezcla del código A.C.I. se recomienda añadir 2 Kg/m³ de agua para cada centímetro de diferencia del asentamiento esperado.

Se siguió esta estimación en las mezclas de ajuste notando su gran validez en la mayoría de los casos, aun cuando a medida que avanzaba el proyecto los ajustes se realizaban de acuerdo al aspecto de la mezcla.

A continuación se presenta la dosificación del día 05/09/12 para ejemplificar el proceso de diseño de mezcla.

Diseño de Mezcla

Datos

Mezcla N°:	250.14.10	Humedad A:	1.40	Humedad A:	1.05
Día:	05/09/2012	Absorción A:	2.45	Absorción A:	1.60
a/c:	0.52				

Proporciones de Mezcla por m ³			
Material	P/m ³ SSSA	Corrección por humedad	P/m ³ corregidos
Cemento	412.81	-	412.81
Agua	213.58	11.62	225.20
Arena	721.12	-7.39	713.73
Piedra	781.21	-4.23	776.98

Proporciones de Mezcla para 41 L				
Material	peso (Kg)	Asentamiento	Corrección por asentamiento	nuevo Asentamiento
Cemento	16.80	3.50	1.40	4.50
Agua	9.17		0.72	
Arena	29.05		-	
Piedra	31.62		-	

Bazán - García

REALIZADO POR:

Soto, Francisco

APROBADO POR:

Diseño de Mezcla

Datos

Mezcla N°:	280.14.10	Humedad A:	1.30	Humedad A:	1.05
Día:	05/09/2012	Absorción A:	2.45	Absorción A:	1.60
a/c:	0.47				

Proporciones de Mezcla por m ³			
Material	P/m ³ SSSA	Corrección por humedad	P/m ³ corregidos
Cemento	465.21	-	465.21
Agua	219.84	11.87	231.70
Arena	694.30	-7.79	686.50
Piedra	752.15	-4.07	748.08

Proporciones de Mezcla para 41 L				
Material	peso (Kg)	Asentamiento	Corrección por asentamiento	nuevo Asentamiento
Cemento	18.93	4	0.00	-
Agua	9.43		0.00	
Arena	27.94		-	
Piedra	30.45		-	

Bazán - García

REALIZADO POR:

Soto, Francisco

APROBADO POR:

Curado

El proceso de curado se realizó retirando de las muestras, los moldes cilíndricos. Luego las mismas fueron llevadas hasta un tanque de curado con el fin de protegerlas de las pérdidas de agua por efecto de la temperatura Según COVENIN 338:2002, donde permanecieron hasta el momento de ser ensayadas. Los cilindros a los cuales se le van a extraer los núcleos fueron dejados a la intemperie.

Extracción de los Núcleos

- Inicialmente se debe tener a la mano la máquina que permite realizar la extracción. Es importante mencionar que las máquinas de extracción de núcleos pueden trabajar con combustible o electricidad, en nuestro caso se hizo uso de un taladro eléctrico.
- Luego de chequear la máquina es necesario ubicar la broca a utilizar, en nuestro caso se utilizó una broca (mecha de forma tubular) de diámetro 2”.
- Una vez acoplada la broca a la máquina, se debe realizar las conexiones respectivas de agua y electricidad.
- En la máquina también es posible divisar un interruptor, además de una palanca que permite dejar bajar la broca gradualmente hasta la superficie dicha palanca posee su seguro para fijarla cuando se desee dejar la palanca en una sola posición.
- Se procedió a ubicarnos en la posición correcta para iniciar la extracción, la cual consiste en ubicar ambos pies sobre la base para evitar que se levante al

perforar, además de tomar la palanca para bajar la broca e iniciar el proceso de extracción.

- Se procedió a encender las máquina, simultáneamente con ayuda de la palanca la dejamos bajar la broca para que inicie la perforación.
- Haciendo uso de la palanca se mantiene el proceso de perforación evitando dejar debajo de manera continua la broca para evitar daños, se realiza un movimiento de sube y baja hasta que se logra extraer el núcleo.
- Seguidamente los núcleos fueron perfilados con la ayuda de la sierra.

Medición de los Cilindros y Núcleos

El día que son realizados los ensayos a compresión de las probetas, estas son sometidos a procedimientos de medición en el cual se determina el diámetro y la altura de las mismas, siendo el diámetro del cálculo el promedio de los diámetros ortogonales.

Todo este procedimiento se efectúa antes de realizar el ensayo a compresión a cada una de las probetas, ya que estas medidas varían generalmente.

Ensayo a Compresión

El procedimiento para la realización del ensayo consiste en colocar las probetas en la máquina tratando que el mismo quede centrado con respecto al pistón que comprime a la probeta. Al accionar la máquina, el pistón comienza a avanzar y se comienza a registrar la carga aplicada a la probeta de concreto y se detiene cuando esta falla.

La resistencia a la compresión de cada probeta viene dada como el cociente entre la carga máxima y el área de la sección media del mismo y, se calcula por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P}{A} \quad (4.7)$$

Donde:

R: Resistencia a la compresión en Kg/cm²

P: Carga máxima aplicada en Kg.

A: Área de la probeta en cm².

Resultados de los Ensayos

Tabla N° 4

Resultados cilindros Rc 250 a los 14 días

RC: 250 Kg/cm ² Cilindros Normalizados			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
14	1	195.33	196.13
		196.92	
	2	187.02	193.58
		200.14	
	3	194.33	194.37
		194.42	
	4	188.04	188.35
		188.67	
	5	180.55	185.46
		190.38	
	6	191.54	192.25
		192.97	
	7	185.51	186.87
		188.24	
	8	197.61	197.83
		198.06	
	9	196.33	193.96
		191.59	
	10	185.39	186.35
		187.31	

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 5*Resultados coredrills Rc 250 a los 14 días*

RC: 250 Kg/cm ² Coredrills			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
14	1	151.26	151.26
	2	129.23	129.23
	3	127.59	127.59
	4	127.59	127.59
	5	123.64	123.64
	6	128.24	128.24
	7	123.64	123.64
	8	143.37	143.37
	9	130.22	130.22
	10	124.96	124.96

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 6*Resultados cilindros Rc 280 a los 14 días*

RC: 280 Kg/cm ² Cilindros Normalizados			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
14	1	216.52	210.77
		205.02	
	2	196.56	208.35
		220.13	
	3	209.38	209.09
		208.81	
	4	200.76	195.73
		190.70	
	5	196.36	200.89
		205.42	
	6	203.25	204.93
		206.60	
	7	204.82	202.98
		201.14	
	8	205.94	204.18
		202.42	
	9	208.25	208.60
		208.95	
	10	199.91	203.54
		207.17	

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 7*Resultados coredrills Rc 280 a los 14 días*

RC: 280 Kg/cm ² Coredrills			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
14	1	161.13	161.13
	2	176.91	176.91
	3	157.84	157.84
	4	144.69	144.69
	5	147.97	147.97
	6	157.84	157.84
	7	154.55	154.55
	8	158.50	158.50
	9	159.15	159.15
	10	156.52	156.52

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 8*Resultados cilindros Rc 250 a los 28 días*

RC: 250 Kg/cm ² Cilindros Normalizados			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
28	1	250.18	246.67
		243.16	
	2	242.76	243.61
		244.46	
	3	245.65	241.74
		237.83	
	4	235.37	238.22
		241.07	
	5	225.43	231.27
		237.10	
	6	236.54	234.89
		233.25	
	7	237.38	238.98
		240.57	
	8	237.73	237.93
		238.12	
	9	240.17	242.17
		244.17	
	10	239.09	240.61
		242.13	

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 9*Resultados coredrills Rc 250 a los 28 días*

RC: 250 Kg/cm ² Coredrills			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
28	1	192.70	192.70
	2	190.72	190.72
	3	186.78	186.78
	4	189.41	189.41
	5	177.57	177.57
	6	185.46	185.46
	7	193.35	193.35
	8	191.38	191.38
	9	191.38	191.38
	10	187.43	187.43

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 10*Resultados cilindros Rc 280 a los 28 días*

RC: 280 Kg/cm ² Cilindros Normalizados			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
28	1	278.09	270.64
		263.19	
	2	270.15	273.62
		277.08	
	3	260.59	256.43
		252.27	
	4	257.36	253.21
		249.05	
	5	246.32	249.04
		251.77	
	6	259.94	261.91
		263.87	
	7	257.59	256.42
		255.25	
	8	257.71	259.99
		262.26	
	9	260.33	259.47
		258.61	
	10	264.52	264.38
		264.24	

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 11*Resultados coredrills Rc 280 a los 28 días*

RC: 280 Kg/cm ² Coredrills			
Edad de Ensayo (Días)	Punto	Esfuerzo (kg/cm ²) Probeta	Esfuerzo (kg/cm ²) Punto
28	1	219.00	219.00
	2	220.32	220.32
	3	213.74	213.74
	4	217.03	217.03
	5	205.19	205.19
	6	215.71	215.71
	7	209.14	209.14
	8	216.37	216.37
	9	218.34	218.34
	10	221.63	221.63

Nota. Bazán y García (2012)

Análisis de los Resultados

No se rechaza ninguna mezcla debido a que los resultados un error menor de 35 Kg/cm² según los criterios de aceptación de la norma COVENIN 1753-2006, por eso se mantiene el numero de muestras de 10.

Tabla N° 12

Resultados Estadísticos Cilindros Normalizados

Rc	Edad	Media (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	Variación (%)
250.00	14.00	191.52	4.41	2.30
	28.00	239.61	4.41	1.84
280.00	14.00	204.91	4.52	2.21
	28.00	260.51	7.53	2.89

Nota. Bazán y García (2012)

Tabla N° 13

Resultados Estadísticos Coredrills

Rc	Edad	Media (kg/cm ²)	Desviación Estándar (kg/cm ²)	Variación (%)
250.00	14.00	130.97	9.09	6.94
	28.00	188.62	4.67	2.48
280.00	14.00	157.51	8.55	5.43
	28.00	215.65	5.10	2.36

Nota. Bazán y García (2012)

El promedio de las desviaciones estándar de las tablas N° 12 y N° 13 cumple con los valores usuales especificadas por las normas COVENIN 1976-2003: evaluación y métodos de ensayo en su artículo 7.4.1 tabla N° 6, para el cálculo de la confianza se toma el valor más crítico de desviación que es 9.09 Kg/cm², el cual expresa un % de variación de 7%. Se despeja el valor t (Ec 2.), $t = \frac{\sqrt{10} \times 15}{9.09} = 5.22$. Esto da una confianza para este trabajo de 98%.

A continuación se presentan las graficas comparativas de resistencia a la compresión Vs punto, para cada Resistencia de Cálculo, Edad y Tipo de Ensayo.

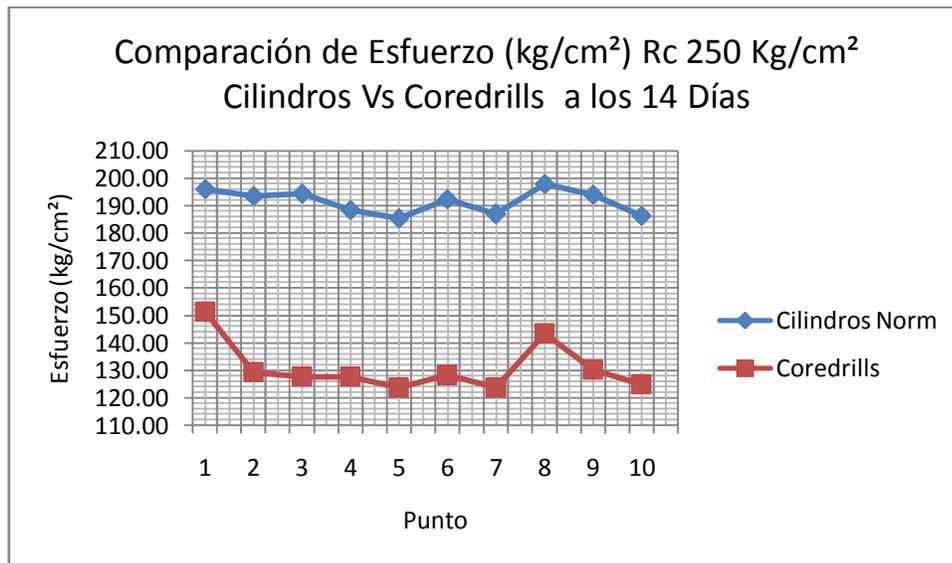


Figura 2. *Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 250 a los 14 días.*
 Nota. Bazán y García (2012)

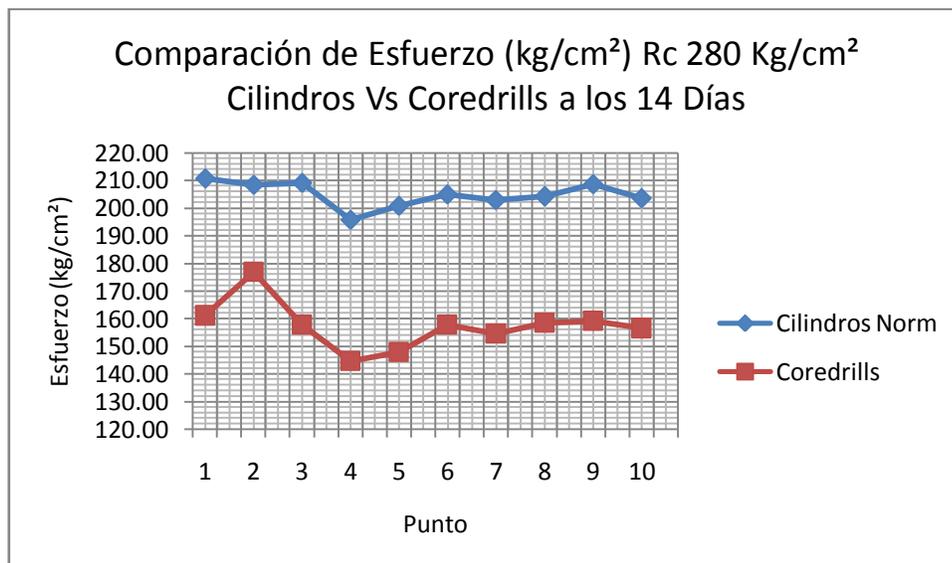


Figura 3. *Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 280 a los 14 días.*
 Nota. Bazán y García (2012)

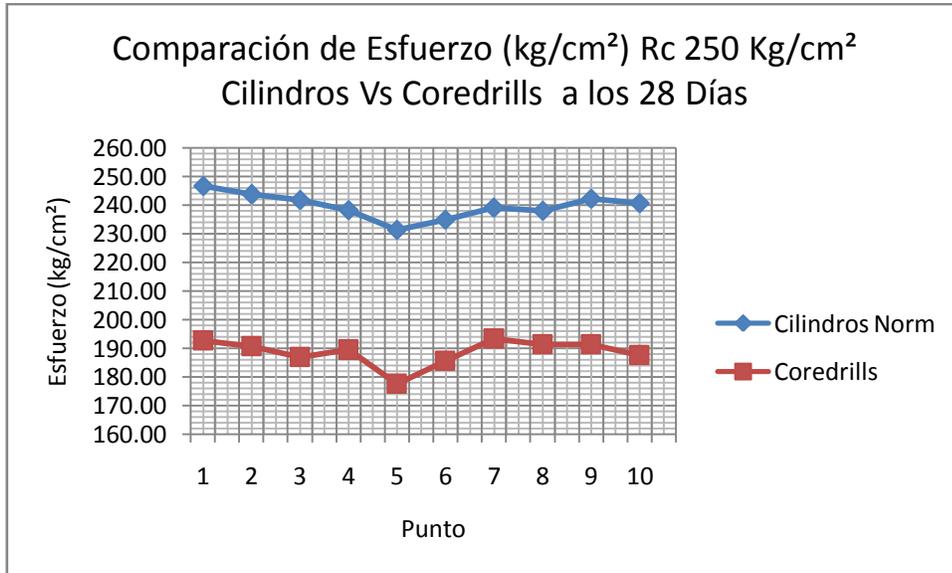


Figura 4. *Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 250 a los 28 días.*
Nota. Bazán y García (2012)

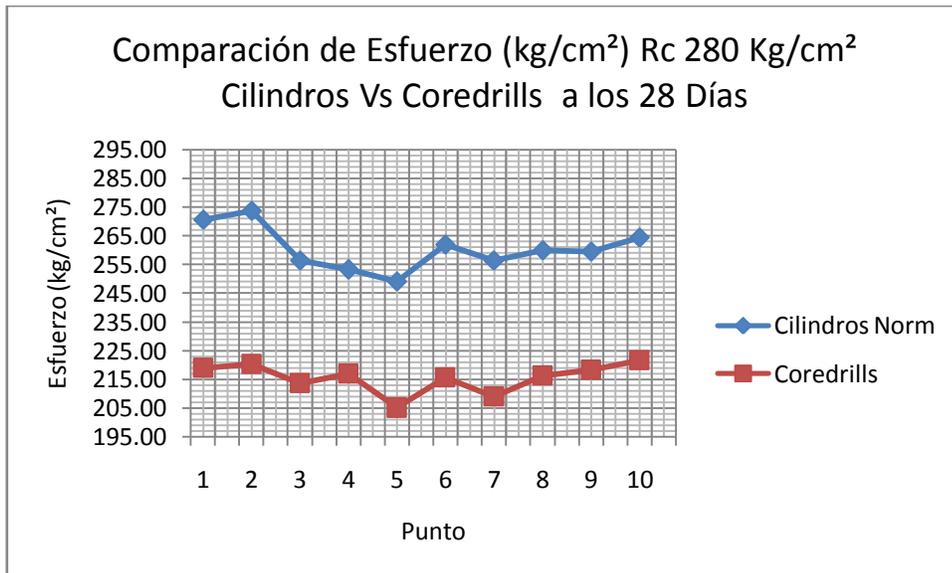


Figura 5. *Comparación de Esfuerzo de cada punto Rc 280 a los 28 días.*
Nota. Bazán y García (2012)

Seguidamente, se muestra las correlaciones de resistencia a la compresión de los Cilindros Normalizados contra los Coredrills, para cada Resistencia de Cálculo y Edad correspondiente.

Para cada correlacion se obtiene la línea de tendencia lineal que mas se ajusta entre las variables, es decir que arroje un coeficiente de correlación ($1 < R < 1$), indicando que mientras mas cercano este el coeficiente R de los extremos, mejor sera la correlación entre los valores graficados. Esto se realizó mediante la aplicación “Análisis de Datos” de Excell, donde ademas se obtuvieron el coeficiente de determinación, el coeficiente de correlación y la ecuación de la línea tendencia.

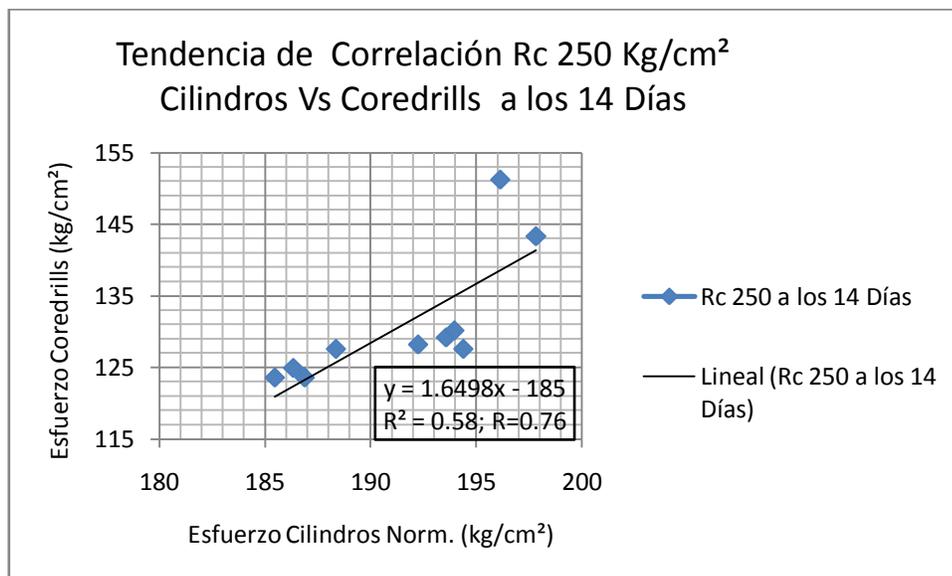


Figura 6. **Correlación Rc 250 a los 14 días.** Nota. Bazán y García (2012)

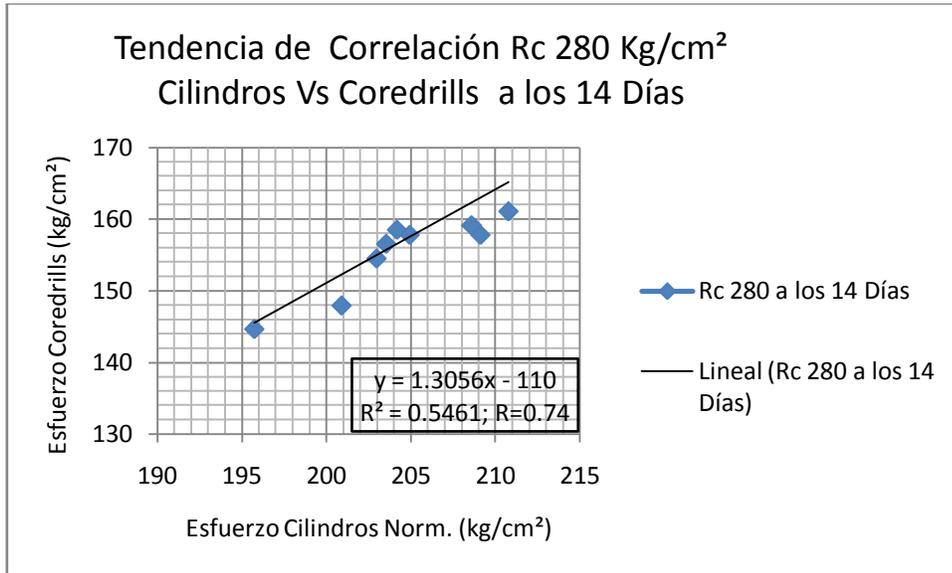


Figura 7. **Correlación Rc 280 a los 14 días.**Nota. Bazán y García (2012)

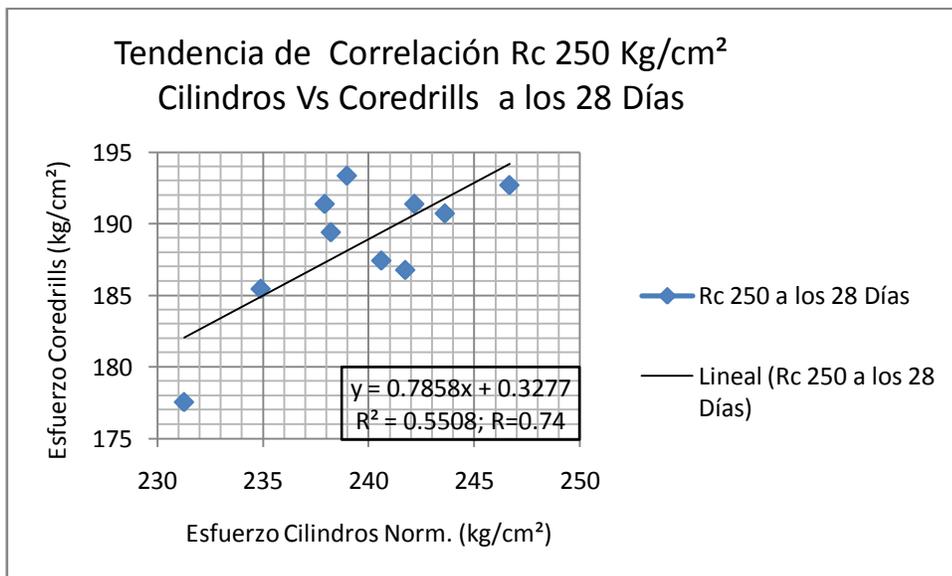


Figura 8. **Correlación Rc 250 a los 28 días.**Nota. Bazán y García (2012)

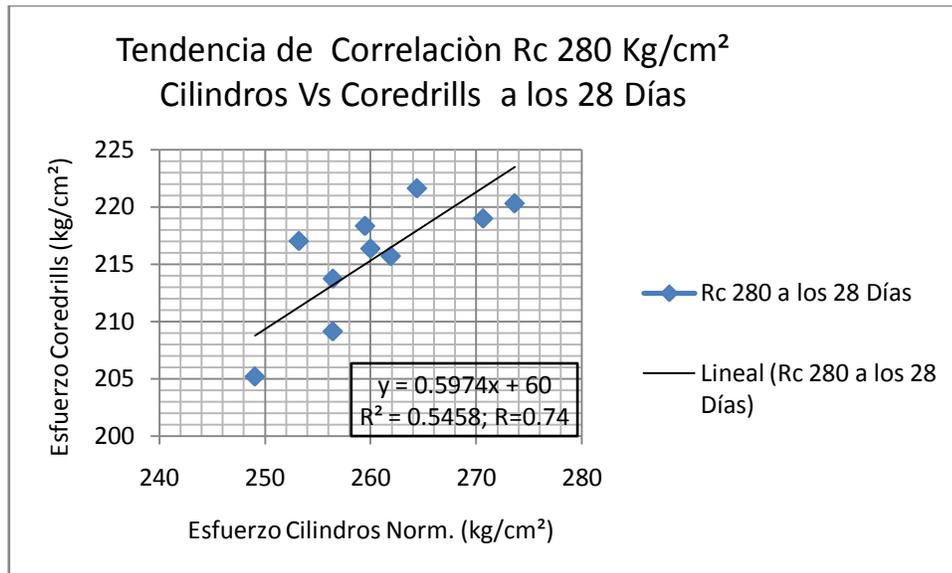


Figura 9. **Correlación Rc 280 a los 28 días.** Nota. Bazán y García (2012)

Según las especificaciones descritas en la norma 3549-1999 en su artículo 10 establece un coeficiente de correlación aceptable de 0.7. Los coeficientes de correlación calculados para cada edad y resistencia están alrededor de 0.75 por lo que representa una alta precisión de la relación entre las variables, además nos indica que la relación es directa, lo que quiere decir que a medida que aumenta la resistencia con los cilindros normalizados también se incrementa la resistencia obtenida por coredrill.

Una vez determinadas las ecuaciones de las líneas de tendencia, se efectúa el cálculo de las resistencias de correlación y el % de relación de relación.

Tabla N° 14*Resistencia a la Compresión obtenidas de la Correlación*

14 días RC 250			14 días RC 280		
Esfuerzo asumido (X) Cilindro Norm. (kg/cm ²)	Esfuerzo correl. (Y) coredrills (kg/cm ²)	% de relación	Esfuerzo asumido (X) Cilindro Norm. (kg/cm ²)	Esfuerzo correl. (Y) coredrills (kg/cm ²)	% de relación
185.00	128.54	69.48	195.00	144.59	74.15
190.00	137.01	72.11	200.00	151.12	75.56
195.00	145.49	74.61	205.00	157.65	76.90
200.00	153.96	76.98	210.00	164.18	78.18
Promedio:		73.29	Promedio:		76.20
28 días RC 250			28 días RC 280		
Esfuerzo asumido (X) Cilindro Norm. (kg/cm ²)	Esfuerzo correl. (Y) coredrills (kg/cm ²)	% de relación	Esfuerzo asumido (X) Cilindro Norm. (kg/cm ²)	Esfuerzo correl. (Y) coredrills (kg/cm ²)	% de relación
230.00	181.06	78.72	255.00	212.34	83.27
235.00	184.99	78.72	260.00	215.32	82.82
240.00	188.92	78.72	265.00	218.31	82.38
245.00	192.85	78.71	270.00	221.30	81.96
Promedio:		78.72	Promedio:		82.61

Nota. Bazán y García (2012)

Se obtuvieron para un nivel de confianza de trabajo de 98 % los siguientes valores de relación:

- Para 14 días y un Rc de 250 Kg/cm² se obtuvo un porcentaje de relación de 73.29%.
- Para 14 días y un Rc de 280 Kg/cm² se obtuvo un porcentaje de relación de 76.20%.
- Para 28 días y un Rc de 250 Kg/cm² se obtuvo un porcentaje de relación de 78.72%.
- Para 28 días y un Rc de 280 Kg/cm² se obtuvo un porcentaje de relación de 82.61%.

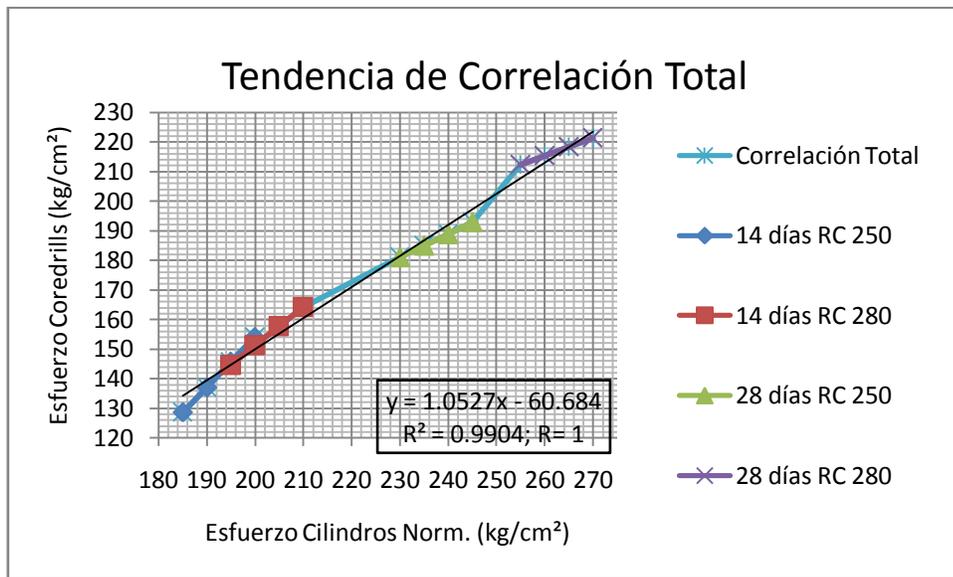


Figura 10. **Correlación Total**. Nota. Bazán y García (2012)

La figura 10 es la representación gráfica de los valores obtenidos para cada resistencia y cada edad de la tabla N° 14, muy útil para obtener de manera grafica la relación de resistencias de los dos ensayos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo a la metodología utilizada se logró determinar la relación entre la resistencia a compresión de elementos de concreto en condiciones normales y la resistencia a compresión de coredrills sometidos a la intemperie, con un nivel de confiabilidad de 98%; la hipótesis aceptada es la nula, es decir, a los 28 días cada uno de los esfuerzos de los núcleos dan por encima del 75% de los Cilindros Normalizado, mientras que la relación del valor promedio esta alrededor del 80%. Hay que resaltar que a la edad de 14 días estos valores disminuyen a un 75% y 70% respectivamente. A continuación se desarrollan los ítems más importantes obtenidos de la investigación

- Al evaluar los resultados indicados en el capítulo IV, se cumplió con parámetros estadísticos preestablecidos (Desviación estándar, Coeficiente de Variación, error). Se obtuvo un control en el concreto excelente, dando una confiabilidad de trabajo de 98%.
- Las gráficas de tendencias dan como resultado un coeficiente de relación R superiores a 0.7 en cada una de ellas lo que nos indica un alto grado de precisión de la relación entre las dos variables; dicha relación obtenida es directa, lo que significa que a medida que aumenta la resistencia obtenida con el coredrill también lo hace la obtenida con el ensayo de cilindro normalizado.

- Estas gráficas de tendencias representan una herramienta a la hora de evaluar la calidad del concreto en obra con un coredrill, proporcionando valores de resistencia estimados que serán interpretados a juicio de cada usuario.
- Con la gráfica de tendencia de correlación total se puede extrapolar la relación de los ensayos a otras resistencias, ya que su coeficiente R es óptimo.

Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación del coredrill al control de calidad del concreto colocado en obra después de 14 días de curado, ya que este es un método que afecta la capacidad resistente de la estructura.
- Se sugiere estudiar la variación de la resistencia cilíndrica normalizada con el coredrill colocado horizontalmente.
- Estudiar la posibilidad de enseñanza de métodos de control de concreto en obra como el “coredrills”, así como las probabilidades y estadística aplicadas en la Ingeniería Civil en la Universidad de Carabobo.

BIBLIOGRAFÍA

García, Cesar. (2007). **Estudio comparativo mediante las resistencias alcanzadas mediante ensayos a la compresión de cilindros normalizados y los obtenidos en obras a través de ensayos de extracción de núcleos.** Trabajo de Grado no publicado presentado a la Universidad de Carabobo.

Miranda, Lilia. (2006). **Evaluación de la Variabilidad del Concreto en función de las cantidades utilizadas en el diseño de mezcla.** Trabajo de Grado no publicado presentado a la Universidad de Carabobo.

Martínez, M. y Sevilla, Y. (2005). **Comparación Gráfica de la Resistencia del Concreto Obtenido del Ensayo de Compresión Estándar y de Rebote Esclerométrico para Probetas curadas en el Laboratorio y Probetas dejadas a la Interperie.** Trabajo de Grado no publicado presentado a la Universidad de Carabobo.

Soto, F y Coli,j (1985)**Diseño de mezclas utilizando Agregados de la región central.**Trabajo de Grado presentado a la Universidad de Carabobo.

Porrero J., Salas R., Ramos C., Grases j., Velasco G. (2009). **Manual del Concreto Estructural,** conforme con la norma COVENIN 1753-03. Ediciones Sidetur. Caracas.

Grases José y Gutiérrez Arnaldo. **Normas y Especificaciones para el Análisis, Diseño y Ejecución de Obras Civiles.** (2004).Tomo I. Estructuras. Caracas. Venezuela.

MENDOZA, G. **Guía de Materiales y Ensayos**. Universidad de Carabobo Facultad de Ingeniería. Valencia.

MARTINEZ, Marino. **Notas sobre Control y Evaluación Estadística de la Resistencia del Concreto**. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Valencia, Abril 1984.

Anexo A: Ensayos de los Agregados



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LAB DE MATERIALES Y ENSAYOS



ENSAYO AG 01 ANALISIS
 n° _____

Determinación de la Composición Granulométrica
 del Agregado fino y Grueso

Nombre del Cliente: Tesis cilindros normalizados vs core-drill
 Fecha del Ensayo: 22/05/2012
 Procedencia: Dist. De Michele
 Tipo de agregado: Agregado Fino
 Peso Inicial: 500 gr

TAMIZ	PESO RETENIDO gr	% Retenido	% ACUM Retenido	% QUE PASA		
3"	0.00	0.00	0.00		TAM. MAX=	N/A
2"	0.00	0.00	0.00			
1 1/2"	0.00	0.00	0.00			
1"	0.00	0.00	0.00			
3/4"	0.00	0.00	0.00			
1/2"	0.00	0.00	0.00			
3/8"	0.00	0.00	0.00		MF=	4.74
1/4"	0.00	0.00	0.00			
Nº 4	98.29	19.67	19.67	80.33		
Nº 8	118.92	23.79	43.46	56.54		Bazán - García
Nº 16	79.95	16.00	59.45	40.55	REALIZADO POR:	
Nº 30	89.02	17.81	77.26	22.74		
Nº 50	29.50	5.90	83.17	16.83		Soto, Francisco
Nº 100	37.05	7.41	90.58	9.42	APROBADO POR:	
P 100	47.09	9.42	100.00	0.00		
PESO TOTAL	499.82		473.58			

Tabla N° 15

Granulometría del material Fino

Abertura nominal mm	Cedazo	Límites superior	Muestra	Límites inferior
4.76	#4	100	80.33	85
2.38	#8	95	56.54	60
1.19	#16	80	40.55	40
0.595	#30	60	22.74	20
0.207	#50	30	16.83	8
0.149	#100	10	9.42	2
0.074	#200	5	0.00	0

Nota. Bazán y García (2012)

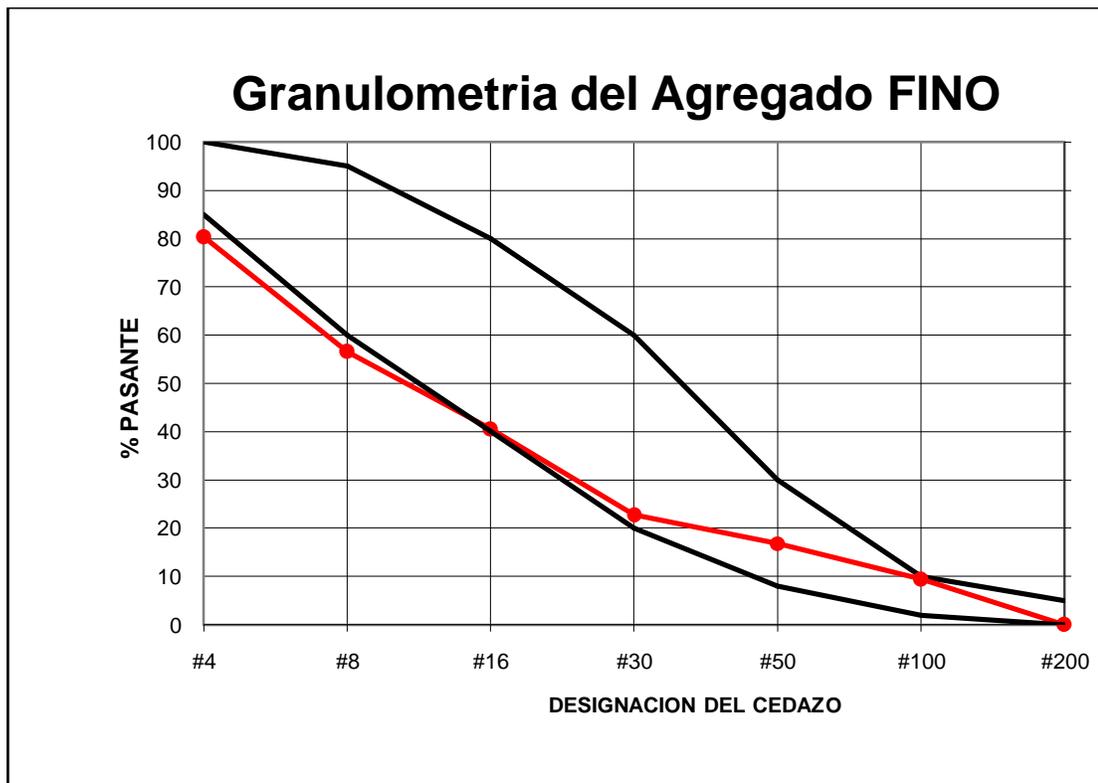


Figura 11. *Granulometría del Agregado Fino.* Nota. Bazán y García (2012)



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LAB DE MATERIALES Y ENSAYOS



ENSAYO AG 01 ANALISIS
 n° 01

Determinación de la Composición Granulométrica
 del Agregado fino y Grueso

Nombre del Cliente: Tesis cilindros normalizados vs core-drill
 Fecha del Ensayo: 22/05/2012
 Procedencia: Dist. De Michele
 Tipo de agregado: Agregado Grueso
 Peso Inicial: 10 Kg

TAMIZ	PESO RETENIDO gr	% Retenido	% ACUM Retenido	% QUE PASA		
3"	0.00	0.00	0.00	100.00	TAM. MAX=	1
2"	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	466.78	4.76	4.76	95.24		
3/4"	2681.20	27.33	32.08	67.92		
1/2"	3200.32	32.62	64.70	35.30		
3/8"	1511.96	15.41	80.11	19.89	MF=	N/A
BANDEJA	1951.20	19.89	100.00	0.00		
N° 4			100.00	0.00		
N° 8			100.00	0.00		Bazán - García
N° 16			100.00	0.00	REALIZADO POR:	
N° 30			100.00	0.00		
N° 50			100.00	0.00		Soto, Francisco
N° 100			100.00	0.00	APROBADO POR:	
P 100			100.00	0.00		
PESO TOTAL	9811.46		981.66			

Tabla N° 16

Granulometría del material Grueso

o	Abertura nominal mm	Cedazo	Límites inferior	Muestra	Límites superior
4281	38.1	1 1/2"	100	100.00	100
4100	25.4	1"	90	95.24	100
4500	19.05	3/4"	50	67.92	90
4200	12.7	1/2"	15	35.30	45
4100	9.52	3/8"	0	19.89	20
3100	0	bandeja			

Nota. Bazán y García (2012)

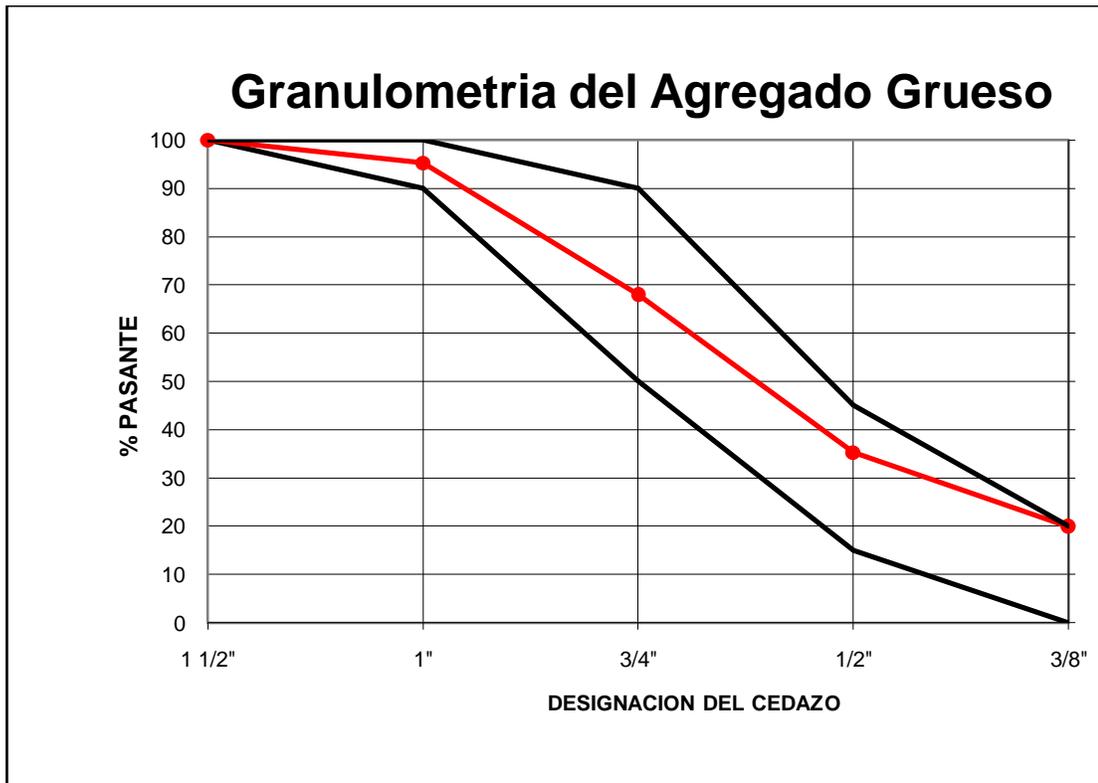
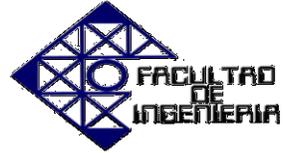


Figura 12. *Granulometría del Agregado Grueso. Nota. Bazán y García (2012)*



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LAB DE MATERIALES Y ENSAYOS



ENSAYO AG 01 ANALISIS
 n° 01

Calculo de β

TAMIZ	% QUE PASA AF	PENDIENTE	% QUE PASA AG	PENDIENTE	Límites superior	Límites inferior	β
1"			95.24	0.04757498	100.00	90.00	47.99
3/4"			67.92	0.32084725	90.00	70.00	
1/2"			35.30	0.64702909	75.00	55.00	
3/8"			19.89	0.80113051	68.00	45.00	
1/4"			0.00	1	60.00	35.00	
Nº 4	80.33	0.80334921			55.00	30.00	
Nº 8	56.54	0.56542355			45.00	20.00	
Nº 16	40.55	0.40546597			35.00	15.00	
Nº 30	22.74	0.22736185			25.00	10.00	
Nº 50	16.83	0.1683406			16.00	5.00	
Nº 100	9.42	0.09421392			8.00	1.00	



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LAB DE MATERIALES Y ENSAYOS



ENSAYO AG 08 ANALISIS
 nº 08

Determinación del Peso Unitario
 del Agregado

Nombre del Cliente: Tesis cilindros normalizados vs core-drill
 Fecha del Ensayo: 23/05/2012
 Procedencia: Dist. De Michele
 Tipo de agregado: Arena Lavada

Peso del Recipiente: w0= 3.680 Kg
 Volumen del Recipiente: v0= 4.850 lts
 Peso del Recipiente con muestra: w1= 11.635 Kg
 Peso Neto de la Recipiente muestra: w2= 7.955 Kg

$$PU = \frac{w2 \times 1000}{v0} = \frac{7955}{4.850} = 1640.20619 \text{ Kg/m}^3$$

Peso Unitario: Compacto

Bazán - García
 REALIZADO POR:

Soto, Francisco
 APROBADO POR:



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LAB DE MATERIALES Y ENSAYOS



ENSAYO AG 09 ANALISIS
 n° _____

DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO Y
 ABSORCION DEL AGREGADO FINO

Nombre del Cliente: Tesis cilindros normalizados vs core-drill
 Fecha del Ensayo: 24/05/2012
 Procedencia: Dist. De Michele
 Tipo de agregado: Arena Lavada

PESO EN AIRE DE LA MUESTRA SSS: W_0 : 500 gr.
 PESO DEL PICNOMETRO LLENO DE AGUA HASTA 500 C.C. W_1 : 640 gr.
 PESO DEL PICNOMETRO CON LA MUESTRA Y EL AGUA HASTA 500 C.C. W_2 : 892 gr.
 PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO: W_3 : 488 gr.

$$P.E.E.E. = \frac{W_0}{w_1 + W_0 - w_2} = \frac{500}{640 + 500 - 892} = 2.02 \text{ Kg/dm}^3$$

$$adsorcion = \left[\frac{W_0 - W_3}{W_3} \right] \times 100 = \frac{500 - 488}{488} \times 100 = 2.45901639 \%$$

Bazán - García
 REALIZADO POR:

Soto, Francisco
 APROBADO POR:

Anexo B: Valores Utilizados en el Diseño de Mezcla.

Tabla N° 17*Normas de Control para Resistencias a la Compresión en el Concreto*

Clase de Operación	Grado de Control para el Concreto				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Pobre
Variaciones Totales. Desviación Estándar, en Kg/cm ²					
Control de campo	< 25	25 a 35	35 a 40	40 a 50	>50
Control de Laboratorio	< 15	15 a 17	17 a 20	20 a 25	>25
Variaciones entre Ensayos. Coeficiente de Variación, en Porcentaje					
Control de campo	<3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	>6
Control de Laboratorio	<2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	>5

Fuente: Normas ACI 124-77

Tabla N° 18*Fraciones defectivas y valores correspondientes de la variable tipificada Z*

Fracción defectuosa %	Z
20	0,842
16	1,000
10	1,282
9 (1)	1,341
5	1,645

“(1) Este valor es empleado en la norma COVENIN 1753 sección 5.4.2.1, vinculados a criterios de confiabilidad del diseño de miembros de concreto reforzados, establecidos en el capítulo 9 de la citada norma. La selección de un cuantil mayor puede conducir a disminuciones importantes de la seguridad global de la estructura y consecuentemente, a la responsabilidad profesional de quien aprobase la modificación. Cuantiles menores conducirán a concretos más costosos”

Fuente: Manual del Concreto Estructural

Tabla N° 19*Valores de la T Student Para varios niveles de Probabilidad y Fracciones Defectuosas*

Numero de muestras menos uno (n-1)	Porcentaje de ensayos en el rango X				
	60%	80%	90%	95%	98%
	Probabilidad de caer bajo el límite inferior (FD)				
	20%	10%	5%	2.50%	1%
1	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821
2	1.601	1.886	2.92	4.303	6.965
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	3.365
6	0.906	1.44	1.943	2.447	3.143
7	0.896	1.415	1.895	2.365	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	0.879	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
α	0.842	1.282	1.645	1.96	2.326

Nota. Datos Tomados de Libro de Notas sobre el Control y Evaluación Estadística de la Resistencia del Concreto (1984)

Tabla N° 20*Valores de Kr (*)*

Tamaño Máximo	De 1"	1 1/2"	2 1/2"	2"
Kr	1.00	0.91	0.74	0.82

Tabla N° 21*Valores de Ka (*)*

F \ G	Piedra Picada	Canto Triturado	Canto Rodado
Arena Na tural	1.00	0.97	0.91
Arena Triturada	1.14	1.10	0.93

Tabla N° 22*Valores de C1 (*)*

Tamaños Máx.	2"	1 ½"	1"	¾"	½"
C1	0.87	0.93	1.00	1.05	1.12

Tabla N° 23*Valores de C2 (*)*

Relación A/A+G		0.50	0.45	0.40
C2	T ≤ 4"	1.03	1.00	0.97
	T > 4"	1.02	1.00	0.98

Tabla N° 24*Valores de C3 (*)*

F \ G	Piedra Picada	Canto Triturado	Canto Rodado
Arena Na tural	1.00	1.23	0.96
Arena Triturada	1.08	1.03	0.90

(*)Fuente: Mendoza, Guillermo. Materiales y Ensayos

Tabla N° 25*Valores de α máximo para distintas condiciones ambientales*

Condiciones de Servicio ó Ambientales		a/c Máximo	Contenido de Cemento mínimo Kg/m ³
Protección contra deterioro del Concreto y/o corrosión de las armaduras.	Atm Común	0,75	270
	Litoral	0,60	270
	Alta Humedad Bajo Agua no corrosiva	0,55	270
	Ambiente de mar	0,40(1)	350
	Sumergido en el mar		
	Suelos Selenitosos		
Ambientes Industriales	según el caso		
Impermeabilidad	Elementos delgados	0,50	-
	Concreto en Masa	0,70	-
Desgaste (2)		0,45	350

Fuente: Manual del Concreto Estructural

Anexo C: Memoria fotográfica



Figura 13. *Ensayo de los agregados Granulometría AF.*
Nota. Bazán y García (2012)



Figura 14. *Ensayo de los agregados Granulometría .AG.*
.Nota. Bazán y García (2012)



Figura 15. *Ensayo de los agregados Absorción .AG.*
.Nota. Bazán y García (2012)

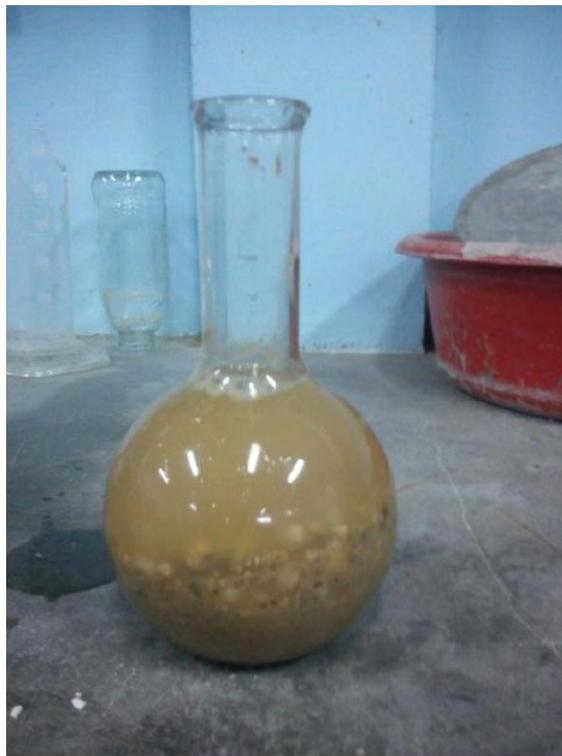


Figura 16. *Ensayo de los agregados Absorción .AF.*
.Nota. Bazán y García (2012)



Figura 17. *Ensayo del cono de Abrams.* Nota. Bazán y García (2012)



Figura 18. *Curado de cilindros.* Nota. Bazán y García (2012)



Figura 20. *Extracción del núcleo.* Nota. Bazán y García (2012)



Figura 21. *Perfilado del núcleo.* Nota. Bazán y García (2012)



Figura 22. *Ensayos de los núcleos.* Nota. Bazán y García (2012)



Figura 23. *Ensayos de los cilindros Normalizados*
. Nota. Bazán y García (2012)