

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL
AGREGADO GRUESO PROCEDENTE DE LA CANTERA DE
PERTIGALETE SOBRE LA DESVIACIÓN STANDARD EN DISEÑOS DE
MEZCLAS DE CONCRETO PRODUCIDAS EN LA PLANTA DE
PREMEZCLADOS SIMPCA BARCELONA”**

REALIZADO POR:

ELSI C. PINEDA G.

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

Barcelona, Diciembre de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL
AGREGADO GRUESO PROCEDENTE DE LA CANTERA DE
PERTIGALETE SOBRE LA DESVIACIÓN STANDARD EN DISEÑOS DE
MEZCLAS DE CONCRETO PRODUCIDAS EN LA PLANTA DE
PREMEZCLADOS SIMPCA BARCELONA”**

ASESORES

Ing. Civil Gerónimo Velásquez
Asesor Académico

Ing. Orlando Velásquez
Asesor Industrial

Barcelona, Diciembre de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL
AGREGADO GRUESO PROCEDENTE DE LA CANTERA DE
PERTIGALETE SOBRE LA DESVIACIÓN STANDARD EN DISEÑOS DE
MEZCLAS DE CONCRETO PRODUCIDAS EN LA PLANTA DE
PREMEZCLADOS SIMPCA BARCELONA”**

Ing. Civil Gerónimo Velásquez

Asesor Académico

Prof. Luisa Torres

Jurado Principal

Prof. Francelia Araujo

Jurado Principal

Barcelona, Diciembre de 2009

ARTÍCULO 44

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 44 DEL REGLAMENTO DE TRABAJO DE GRADO:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”.

DEDICATORIA

A mis padres Héctor Rafael Pineda y María García de Pineda, por todo el amor, cuidado, comprensión y dirección a lo largo de toda mi vida y sobre todo en los momentos más difíciles. Sus consejos y sus palabras de aliento fueron motores para culminar mi carrera.

A mi amado esposo Luis Miguel Sánchez, por ser el compañero de lucha, mi amigo incondicional, mi alentador y mi consejero.

A mis adorados hijos José Miguel y Víctor Alfonso, porque a pesar de sus cortas edades me comprendieron y apoyaron. Que cuando lean estas líneas les sirvan de ejemplo para que consigan sus propias metas.

A mis hermanos Marvy, Glenda, María Teresa, Sonia, Héctor Rafael y Héctor Andrés por su amor, su apoyo incondicional y haberme acompañado siempre.

A mis sobrinos Aquiles, Miguel, Génesis, Virginia, Jesús, Alexander, Gabriel, Sinahí, Daniela, Santiago, María y José por dar la alegría y la ternura a toda la familia haciendo un hogar feliz. ¡Dios los bendiga!

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso sea toda la gloria y toda la honra, gloria sea a Dios que me da vida, todo lo que soy te lo debo a ti mi señor y mientras respire mi alma te alabara agradecida.

A mis cuñados Aquiles, Frank, Alexander, Yony, Rafael, Oneyda y Luisa por estar presente y pendiente de todo lo que se presenta en mi vida.

A mis tíos José, Félix y Ana por su amor y su confianza.

A mis amigos y colegas, José Apolinar, Orlando, luz, Damelys, María, Héctor, Freddy, Andrés, Samuel, Elenitza, Angelay, Yolexcy, José Manuel, José Gregorio, Alessandro, Juan, María José, Glennis, Rigoberto, Omar, José, por ser mis compañeros, mis amigos, por compartir en las buenas y las malas, por algo que no tiene precio, por su amistad sincera y su confianza. GRACIAS.....

Al Sr. Dionicio Hernández, al Ing. Orlando Velásquez, al Sr. Raúl Ramos y a las personas que laboran en SIMPCA, por la colaboración, ayuda y asesoría prestada durante la ejecución de mi pasantía.

Al Prof. Gerónimo Velásquez y a todos los profesores del departamento de ingeniería civil, por su confianza, apoyo, consejos y enseñanzas.

RESUMEN

Este estudio se fundamenta principalmente en establecer un control de las desviaciones estándar de los diseños de mezclas producidos en las plantas de premezclados, siendo necesario determinar las incidencias de los agregados en la desviación estándar de la mezcla, en vista de que cada día los estándares de calidad aumentan su nivel de exigencias necesitamos saber hasta que punto y que grado de control es aplicable dependiendo de la zona y de los materiales que se dispongan según los criterios establecido en la Norma Covenin. Este trabajo nos permite una vez conocido la magnitud de los agregados, establecer una serie de correctivos de mejoras en éstos a nivel granulométricos, ya sea a través de un proceso de lavado a través de decantación mediante el uso de tamices que nos permita mejorar la degradación del agregado en busca de su optimización permitiéndonos obtener disminuciones o reducciones en costos de producción.

CONTENIDO

ARTÍCULO 44	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 El Problema.....	2
1.2 Diagnóstico Situacional	3
1.2.1 Estructura Organizativa de la Empresa	3
1.2.2 Estructura Organizativa del Laboratorio de Control de Calidad.....	5
1.2.3 Descripción de Funciones	5
1.2.3.1 Gerente de Control de Calidad.....	5
1.2.3.2 Jefe del Departamento del Control de Calidad	6
1.2.3.3 Laboratorista “A”	6
1.2.3.4 Departamento de Control de Calidad.....	7
1.2.4 Localización de la Empresa	8
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	9
1.4 Justificación e Importancia	10
1.5 Alcance y Limitaciones.....	10
1.6 Factibilidad de la Investigación	11
CAPITULO II	12

MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	12
2.1.1 Antecedentes Históricos de la Empresa.....	12
2.1.2 Antecedentes del Problema.....	13
2.1.3 Antecedentes de Investigaciones Nacionales e Internacionales sobre la influencia de las propiedades Físicas del agregado grueso.....	13
2.2 Bases Legales de la Investigación.....	14
2.3 Fundamentos Teóricos.....	16
2.3.1 Concreto.....	16
2.3.1.1 Propiedades y Características Importantes del Concreto Fresco y Endurecido.....	17
2.3.2 Componentes del Concreto.....	24
2.3.2.1 Agregados.....	24
2.3.2.2 Cemento.....	29
2.3.2.3 Aditivos.....	34
2.3.2.4 Agua.....	36
2.3.2.5 Aire.....	38
2.3.3 Puzolanas.....	39
2.3.3.1 Propiedades de las Puzolanas.....	39
2.3.4 Microsílice.....	40
2.3.4.1 Definición de la Microsílice.....	40
2.3.4.2 Funcionamiento de la Microsílice.....	41
2.3.5 Diseño de Mezclas.....	43
2.3.5.1 Relación Agua – Cemento.....	47
2.3.5.2 Relación Beta.....	48
2.3.5.3 Límites de α por Durabilidad.....	49
2.3.6 Mezclas de Prueba.....	49
2.3.6.1 Mezclas de Prueba en Obra.....	50
2.3.6.2 Mezclas de Prueba de Laboratorio.....	50

2.3.7 Consideraciones de Costo	51
2.3.8 Principios Estadísticos para la Evaluación de los Ensayos de Resistencia del Concreto	52
2.3.8.1 Principios Estadísticos	52
2.3.8.2 Aplicaciones de los Principios Estadísticos al Control de Calidad del Concreto	57
2.3.8.3 Criterios de Aceptación y Rechazo de las Mezclas de Concreto	58
2.3.8.4 Medidas de Correlación	60
CAPITULO III	62
MARCO METODOLÓGICO	62
3.1 Introducción	62
3.2 Etapas del desarrollo experimental	62
3.2.1 Selección de Materiales y Aditivos	63
3.2.2 Control de Calidad	64
3.2.3 Diseños de Mezclas de Concreto	66
3.2.4 Elaboración de Mezclas de Concreto	67
3.2.5 Ensayos Sobre el Concreto Fresco	68
3.2.6 Elaboración de Probetas Cilíndricas	69
3.2.7 Curado de Probetas	69
3.2.8 Ensayo Sobre el Concreto Endurecido	70
3.2.9 Procesamiento de Datos, Cálculos y Análisis de Resultados	70
3.3 Equipos, Materiales, Sustancias y Herramientas Utilizadas	71
CAPITULO IV	75
ANÁLISIS y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
4.1 Ensayos para la caracterización de los agregados	75
4.1.1 Presentación y Análisis de la Granulometría de los Agregados	75
4.1.2 Resultado del Ensayo Colorimétrico	103
4.1.3 Resultado de los Ensayos de Absorción y Densidad	103
4.2 Análisis Químico y Físico del Cemento Portland Gris Tipo I	104

4.3	Diseño de Mezcla Teórico	104
4.3.1	Relación Agua/Cemento	104
4.3.2	Dosificación de Agua.....	105
4.3.3	Dosificación de Cemento por m ³	106
4.4	Ensayos al Concreto Fresco	107
4.4.1	Asentamiento (SLUMP)	107
4.4.2	% Aire Atrapado	107
4.4.3	Peso Unitario del Concreto Fresco (P.U.C.)	107
4.4.4	Temperatura	107
4.5	Ensayos al Concreto Endurecido	108
4.5.1	Densidad del Concreto Endurecido.....	108
4.5.2	Resistencia a la Compresión	108
4.6	Análisis Estadísticos	111
4.7	Comparación y Análisis de Resultados entre Laboratorio y Planta	114
CAPITULO V		124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		124
5.1.	Conclusiones	124
5.2.	Recomendaciones.....	125
BIBLIOGRAFÍA		127
GLOSARIO		130
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO		134

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Desviación Estándar para el Control de Pruebas de Concreto.....	54
Tabla 2.2 Coeficiente de Variación para el Control de Pruebas de Concreto.....	55
Tabla 2.3 Relación entre Z y la Probabilidad de Ocurrencia.....	56
Tabla 2.4 Calidad de Correlación en Función del Valor de r.....	61
Tabla 3.1 Diseño de Mezcla (A/C=0,55).....	67
Tabla 4.1. Porcentaje Pasante de Arena de Güere.....	76
Tabla 4.2. Porcentaje de Pasante de Arena de Güere.....	78
Tabla 4.3. Porcentaje Pasante de Arena de Güere.....	79
Tabla 4.4. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	80
Tabla 4.5. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	81
Tabla 4.6. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	82
Tabla 4.7. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	83
Tabla 4.8. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	84
Tabla 4.9. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	85
Tabla 4.10. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	86
Tabla 4.11. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	87
Tabla 4.12. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	88
Tabla 4.13. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	90
Tabla 4.14. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	91
Tabla 4.15. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	92
Tabla 4.16. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	93
Tabla 4.17. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	94
Tabla 4.18. Porcentaje Pasante de Piedra Variante.....	95
Tabla 4.19. Porcentaje Pasante de Piedra Laboratorio.....	96
Tabla 4.20. Porcentaje Pasante de Piedra Laboratorio.....	97
Tabla 4.21. Porcentaje de Pasante de Piedra laboratorio.....	98
Tabla 4.22. Resumen Piedra Variante 1” (Pertigalete).....	101

Tabla 4.23. Absorción y Densidad de los agregados	103
Tabla 4.24. Análisis Químico del Cemento	104
Tabla 4.25. Peso Específico de los Agregados.....	105
Tabla 4.26. Diseño de Mezcla: M250N5	106
Tabla 4.27. Densidad del concreto Endurecido.....	108
Tabla 4.28. Resistencias Promedios a la Compresión $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$. A/C=0,55. 109	
Tabla 4.29. Desarrollo del Crecimiento de la Resistencia a la Compresión en las Mezclas de Concreto(A/C=0,55)	110
Tabla 4.30. Parámetros Estadísticos para el Control de Calidad.	111
Tabla 4.31: Diferencia (Kg/cm ²) y Variación (%) de las Mezclas. Diseño 250 N (A/C = 0,55) con 12% de Microsílice	112
Tabla 4.32: Diseño de Mezcla para Laboratorio y Planta.....	113
Tabla 4.33: Comparación de Resultados Laboratorio Vs. Planta	115
Tabla 4.34: Comparación de los Resultados Mezcla Prueba Laboratorio Vs. Mezcla Prueba Laboratorio Variante.	118
Tabla 4.35: Comparación de Resultados Mezcla Prueba Laboratorio Vs. Mezcla Planta.....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Localización Geográfica de la Empresa (SIMPCA).....	8
Figura 4.1. Especificaciones Granulométricas de la Arena de Güere.....	77
Figura 4.2. Especificaciones Granulométricas de la Arena de Güere.....	78
Figura 4.3. Especificaciones Granulométricas de la Arena de Güere.....	80
Figura 4.4. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	81
Figura 4.5. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	82
Figura 4.6. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	83
Figura 4.7. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	84
Figura 4.8. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	85
Figura 4.9. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	86
Figura 4.10. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	87
Figura 4.11. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	88
Figura 4.12. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	90
Figura 4.13. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	91
Figura 4.14. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	92

Figura 4.15. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	93
Figura 4.16. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	94
Figura 4.17. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	95
Figura 4.18. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)	96
Figura 4.19. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Laboratorio 1” (Pertigalete)	97
Figura 4.20. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Laboratorio 1” (Pertigalete)	98
Figura 4.21. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Laboratorio 1” (Pertigalete)	99
Figura 4.22. Resumen Piedra Variante 1” (Pertigalete)	102
Figura 4.23 Curva de crecimiento de resistencia a la compresión	110
Figura 4.24: Media Aritmética. Resistencias Promedios 28 Días	112
Figura 4.25: Diferencia (Kg/cm ²) y Variación (%) de las Mezclas. Diseño 250 N (A/C = 0,55) con 12% de Microsílice	113
Figura 4.26: Resultados de MPLAB Vs. MP del Diseño de Mezcla 250 N con 12% de Microsílice.	117
Figura 4.27: Resultados de Mezcla Prueba Laboratorio Vs. Mezcla Prueba Variante del Diseño 250 N con 12% de Microsílice.	120

INTRODUCCIÓN

Los agregados (arena y piedra) representan alrededor del 80% en peso de los componentes del concreto y conforman prácticamente el cuerpo de la masa de éste; sus propiedades resistentes son trasladadas directamente al concreto; así como también cualquier otra característica que denote baja calidad de los mismos, repercutiendo desfavorablemente en las prestaciones de los concretos.

De las consideraciones anteriores, se desprende la importancia que tiene el cuidado y la verificación de la calidad del agregado que se utiliza en las mezclas, partiendo del interés y la necesidad del fabricante de hacer siempre un concreto homogéneo, resistente, duradero y económico, que cubra las expectativas del uso para lo cual fue diseñado. El tipo y el volumen del agregado influyen en las propiedades de la mezcla fresca, del concreto endurecido y en el costo del mismo. El requisito esencial de un agregado para concreto, es que permanezca estable dentro del concreto y en cada entorno particular durante la vida de diseño del mismo.

El control de calidad es el instrumento con el que tratamos de disminuir la variabilidad de todas y cada una de las facetas del concreto. Entendemos hoy por control de calidad no sólo el plan correctivo de medidas, comparaciones y enmiendas, sino los planes globales organizativos que tienen que ver con el material, con los procedimientos, con la empresa y con las condiciones generales. El propósito de la investigación es que mediante un control de calidad se permitirá determinar por medio de un análisis estadístico la Desviación Standard tanto en laboratorio, como en planta, limitando los factores para agregado grueso solamente.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 El Problema

El concreto es un material heterogéneo cuya calidad depende de numerosas variables. Se debe a las características de cada uno de los materiales componentes por lo que está formado; de las proporciones en que son mezclado, transporte, colocación y curado. Todo ello da lugar a que, aun para una misma clase y tipo de concreto, se pueda presentar alguna variabilidad en sus propiedades. Además que los métodos de que se dispone para determinar las propiedades del concreto, son también, en general poco precisos; se producen variaciones tanto en la preparación de las probetas como en sus ensayos. En la calidad del concreto debemos incluir, por lo tanto, dos aspectos: el concepto de nivel o valor promedio y el de dispersión o variabilidad.

Desde hace mucho tiempo surge la preocupación por las variaciones que presentan los resultados de los ensayos del concreto, los cuales pueden tener dos orígenes, uno son las variaciones reales de calidad que tiene el material y el otro son las variaciones aparentes provenientes de la imprecisión intrínseca de los ensayos (procedimiento, personal, equipos, medio ambiente, etc). Cuando los ensayos no se hacen de forma adecuada, siguiendo detenidamente sus métodos, las variaciones que producen son las de una magnitud bastante menor que las producidas por las reales alteraciones del concreto. Por el contrario cuando los ensayos se hacen en forma inadecuada o descuidada, en algunas de sus partes, las variaciones que se producen pueden llegar a superar ampliamente a las debidas al material, que así quedarán enmascaradas. Los ensayos mal hechos pueden indicar grandes niveles de calidad y variabilidad del

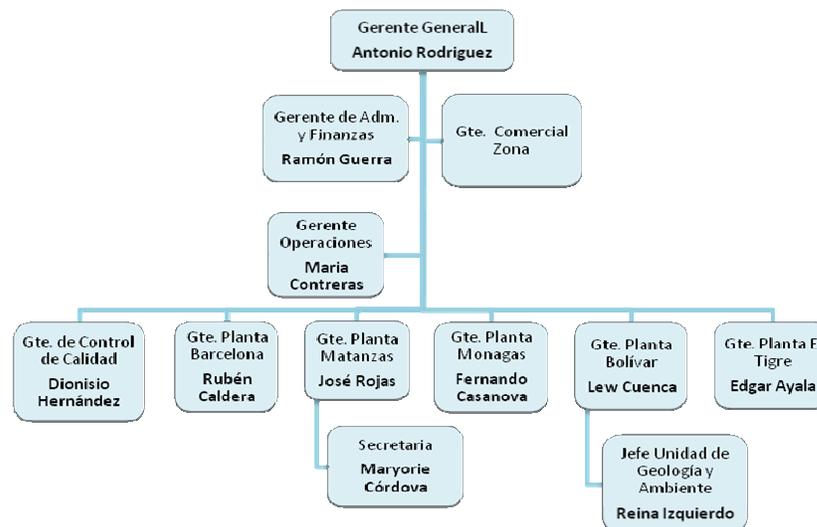
concreto que, en realidad, no existen basados en esos resultados, es inoperante cualquier plan de control.

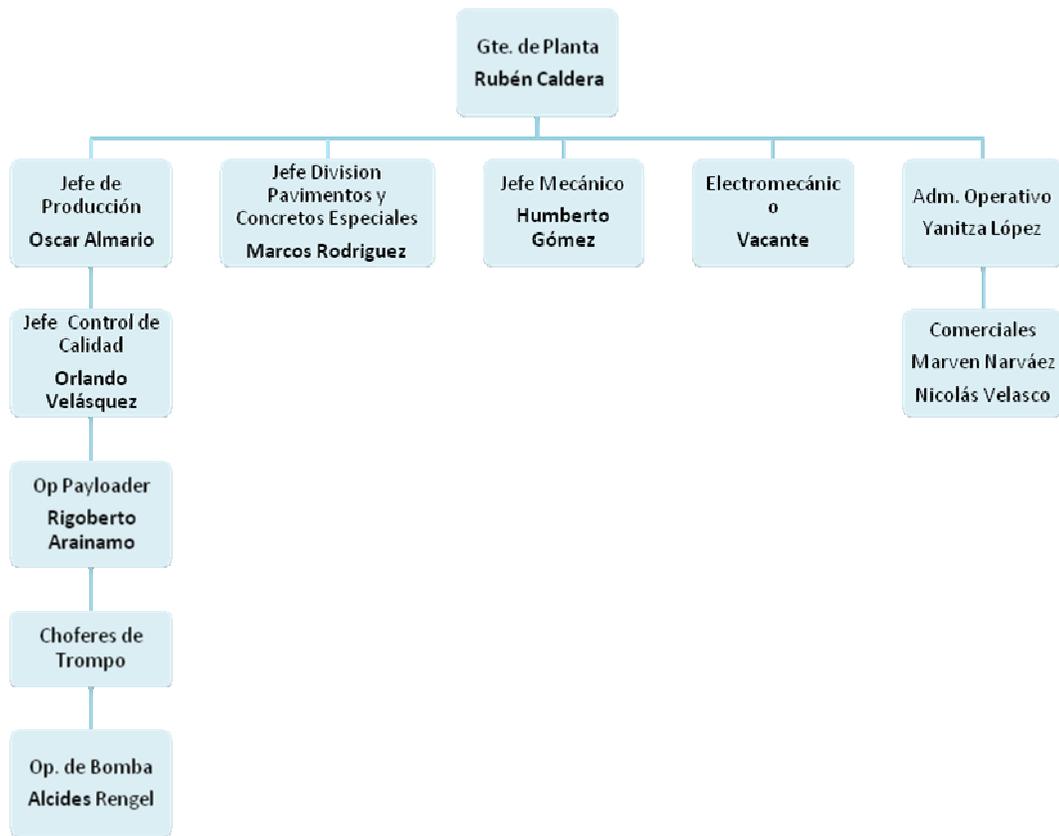
Debido a múltiples factores de variabilidad en la calidad del concreto, nos encontramos en la necesidad de realizar esta investigación, la cual nos permitirá determinar esencialmente por medio de un análisis estadístico minucioso la Desviación Standard tanto en el laboratorio como en planta, limitando los factores para agregado grueso solamente.

1.2 Diagnóstico Situacional

1.2.1 Estructura Organizativa de la Empresa

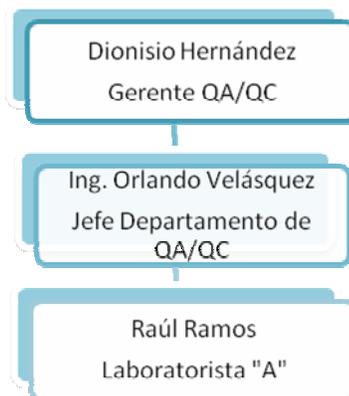
Cuadro 1.1. Organigrama General de SIMPCA



Cuadro 1.2 Organigrama de SIMPCA Planta – Barcelona

1.2.2 Estructura Organizativa del Laboratorio de Control de Calidad

**Cuadro 1.3. Organigrama del Laboratorio de Control de Calidad SIMPCA
Planta – Barcelona**



1.2.3 Descripción de Funciones

1.2.3.1 Gerente de Control de Calidad

- 1) Requerir que se lleven a cabo las pruebas e inspecciones que están determinadas en el plan de producción del concreto, autorizando la asignación de los recursos necesarios.
- 2) Constatar que se aplique correctamente la implantación de los procedimientos en cada una de las áreas de producción.

1.2.3.2 Jefe del Departamento del Control de Calidad

- 1) El jefe del Departamento de Control de Calidad y/o Jefe de Área, será el responsable de la calidad de los trabajos ejecutados y estará en coordinación con el coordinador de control de calidad, para efectuar de manera programada las pruebas y ensayos solicitados en las especificaciones contractuales y de diseño, a fin de tomar las acciones preventivas-correctivas que aseguren la calidad especificadas para los trabajos y procesos de cada proyecto.
- 2) Justificará cualquier corrección, ajuste y/o modificación que a su juicio requiera este procedimiento, siempre y cuando, no afecten las especificaciones contractuales y del diseño.
- 3) Brindará el apoyo necesario en cada uno de sus frentes de trabajo, a fin de que el personal del laboratorio de control pueda realizar sus actividades, pruebas y ensayos solicitados.

1.2.3.3 Laboratorista “A”

- 1) Realizar y/o supervisar que las pruebas e inspecciones propias asignadas, se lleven a cabo adecuadamente, tanto en el laboratorio como en el campo, ejecutándolas de acuerdo a las normas establecidas.
- 2) Llevar a cabo el muestreo y pruebas físicas de los materiales y agregados que se requieran para la producción del concreto.
- 3) Realizar muestreo y ejecución de pruebas establecidas para determinar las propiedades en el concreto fresco.
- 4) Efectuar ajustes y correcciones de mezclas, de concreto.
- 5) Extraer, preparar y realizar ensayos de núcleos de concreto.

- 6) Ejecutar las preparaciones y pruebas de resistencias en especímenes de concreto endurecido.
- 7) Controlar y revisar los reportes de muestreo del personal a su cargo.
- 8) Adiestrar a los laboratoristas “B” y a los auxiliares de laboratorio.

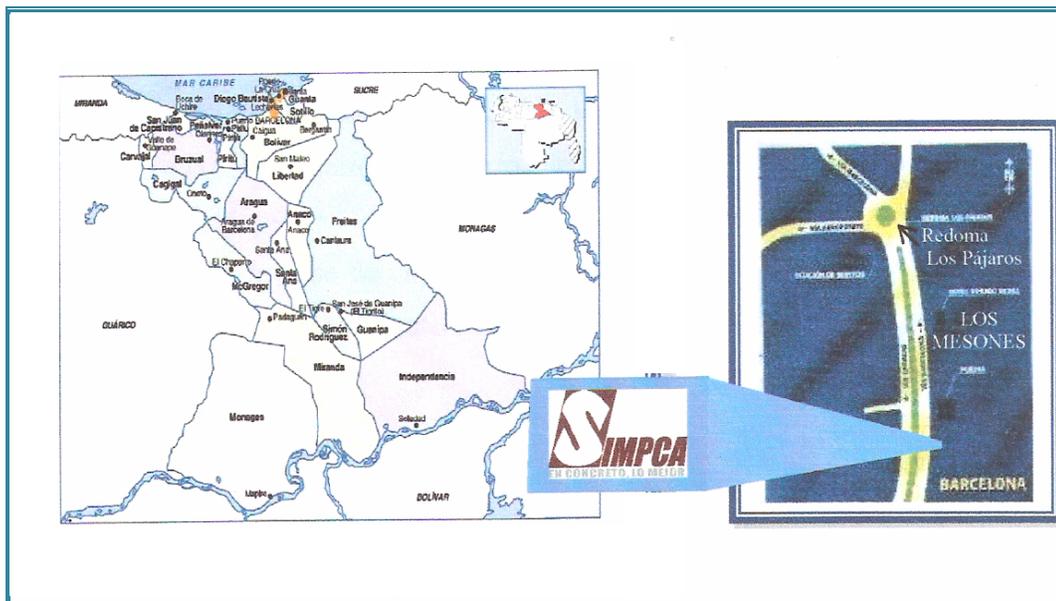
1.2.3.4 Departamento de Control de Calidad

Para la optimización del producto terminado, SIMPCA cuenta con un departamento central de control de calidad, investigación y desarrollo, donde se evalúa cada componente que integra el diseño de la mezcla, a fin de asegurar que los materiales pétreos, agua, agregados gruesos y finos, aditivos, cementos, mezcla de concreto fresco y ensayos al concreto endurecido utilizados, y procedimientos que requieran evidenciar alguna normalización, cumplan con las especificaciones contractuales o las particulares establecidas por el área de diseño o normas ASTM y COVENIN.

1.2.4 Localización de la Empresa

SIMPCA, Planta – Barcelona, se encuentra ubicada en la Av. Principal Los Mesones, Municipio Bolívar, de la ciudad de Barcelona, capital del Estado Anzoátegui y zona Nor. Oriental de Venezuela.

Figura. 1.1 Localización Geográfica de la Empresa (SIMPCA)



1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- ❖ Estudiar la influencia de la variación de las propiedades físicas del agregado grueso procedente de la Cantera de Pertigalete sobre la Desviación Standard en Diseño de Mezclas de concreto producidas en la Planta de Premezclados Simpca Barcelona.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ❖ Realizar los ensayos de control de calidad para los agregados tanto en laboratorio como en planta.
- ❖ Elaborar los Diseños de mezclas en laboratorio y planta para un concreto de resistencia de 250 kg/cm² para evaluar a los 7 y 28 días respectivamente.
- ❖ Preparar 15 mezclas prueba en laboratorio con agregado grueso seleccionado, 15 mezclas variantes en laboratorio con agregado grueso variante y 15 mezclas en planta con todos los componentes variantes.
- ❖ Elaborar probetas cilíndricas de concretos y curado.
- ❖ Ejecutar los ensayos de resistencia a la compresión.
- ❖ Comparar las propiedades físicas del concreto con respecto a las variaciones del agregado grueso en cada uno de los diseños.
- ❖ Calcular sobre la base de los resultados obtenidos, las desviaciones estándar en los distintos diseños de mezclas.

1.4 Justificación e Importancia

Justificación

Por medio de este trabajo de investigación se busca disminuir las variaciones reales del agregado grueso, mejorando así la calidad del mismo reduciendo los costos de producción de los diseños de mezclas de concreto.

Importancia

La importancia en la disminución de las variaciones reales del agregado grueso consiste en que una vez conocido su magnitud, establecer una serie de correctivos de mejoras en estos agregados a nivel granulométrico optimizando su calidad, permitiéndonos obtener disminuciones o reducciones en costos de producción de los diseños de mezclas.

1.5 Alcance y Limitaciones

Alcance

La presente investigación va dirigida al campo de las obras civiles, especialmente a la producción de concreto, en vista de que cada día los estándares de calidad aumentan su nivel de exigencias para el control de las desviaciones estándar en los diseños de mezclas producidos en plantas de premezclados, siendo necesario determinar la incidencia de las variaciones de los agregados en la desviación estándar. Para determinar hasta qué grado de control se puede establecer o aplicar dependiendo de la zona y de los materiales que se disponga de la misma según los criterios establecidos en la Norma Covenin 1976.2003.

Limitaciones

Dado lo extenso de este tipo de estudio se analizarán únicamente la variación granulométrica del agregado grueso procedente de la Cantera de Pertigalete y tomando en cuenta su porcentaje pasante del tamiz No. 200; para ello se elaborarán 3 diseños de mezclas patrones de concreto a las cuales se le aplicarán los ensayos de resistencia a la compresión, que representa el valor más significativo de la variación general del concreto; tales diseños se realizarán 2 en laboratorio y 1 en planta, tomándose un máximo de 15 mezclas por cada diseño de los cuales 2 probetas por cada condición de ensayo a evaluar a los 7 días y otros 28 días respectivamente, a los cuales se le aplicarán sus correspondientes análisis estadísticos. Lo que nos daría un total de 45 mezclas y 180 cilindros a ensayar. Cumpliendo así con la Norma que establece como mínimo 30 ensayos por mezcla para obtener resultados representativos.

1.6 Factibilidad de la Investigación

La presente investigación nos permitirá una vez conocido las características de los agregados, establecer una serie de correctivos los cuales pueden ser aplicados a cualquier agregado grueso independientemente de donde venga, para mejorar su granulometría ya sea a través de un proceso de lavado o de decantación mediante el uso de tamices los cuales mejoran la gradación del agregado en busca de su optimización obteniéndose disminuciones en los costos de producción de un estimado de 2,2 % en los diseños de mezclas en las plantas de concreto premezclado.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Históricos de la Empresa

Lo que en un comienzo surgiera como un Taller de Maquinarias Pesadas, denominada “Servicios Industriales de Maquinarias Pesadas, C.A.” (S.I.M.P.C.A.), operando en la ciudad de Guayana paso a ser una empresa de concreto premezclado en la zona industrial de Chirica, en el mes de Marzo de 1966. El consorcio Morgado adquiere en la zona Industrial de Matanza para los años de 1969 unos terrenos, en los cuales se producirían la elaboración y venta de concreto Premezclado.

Gracias al desarrollo industrial y al crecimiento potencial de la región, el aporte de **SIMPCA** en el mercado se ha incrementado significativamente como consecuencia de su gran producto, alcanzando así prestigio y uno de los primeros lugares de las empresas de su ramo. La planta de Matanzas pasó a ser la sede principal de la empresa atendiendo a importantes requerimientos tanto en el sector público como en el privado.

Actualmente cuenta con cuarenta (40) años sin interrupciones laborales, convirtiéndose en el eje principal del desarrollo de la construcción en la zona sur-oriental del país participando significativamente en los desarrollos más importantes de la región. Contando con extraordinarias y sofisticadas plantas en ciudades

principales en gran parte del oriente de Venezuela como el Tigre, Ciudad Bolívar, San Félix, Puerto Ordaz, Maturín y Barcelona.

2.1.2 Antecedentes del Problema.

No se localizaron trabajos de investigación del estudio de la influencia de las propiedades físicas del agregado grueso sobre la desviación estándar en diseños de mezclas de concreto, sin embargo si se obtuvieron resultados de sustitutos de agregados finos y gruesos en diseños de mezclas.

2.1.3 Antecedentes de Investigaciones Nacionales e Internacionales sobre la influencia de las propiedades Físicas del agregado grueso.

En el año 2005, Rodríguez, N. presentó un trabajo en la U.D.O. Anzoátegui, en donde se plantea la factibilidad de sustituir un porcentaje de arena por polvillo residual proveniente de la trituración del agregado grueso (dolomita) en las canteras de Pertigalete, en mezclas de concreto premezclado de resistencias 180, 210, y 250 kg/cm².

En ese mismo año, Moreno, P y Pino, P. desarrollaron un diseño de una mezcla de concreto en la U.D.O. Anzoátegui, donde utilizaron “pellas de acero” como sustituto de agregado grueso. Haciendo una minuciosa descripción del proceso enfocando su análisis e interpretación de una manera práctica a fin de despertar la inquietud sobre el tema.

Anteriormente para el año de 1993 en la U.D.O Anzoátegui, Rosas, R Y Urbáez, F. presentaron un trabajo donde describen cómo puede influir el agregado fino en la

resistencia y trabajabilidad en mezclas de concreto, haciendo referencia a las formas adecuadas para escoger y calificar un buen agregado fino.

Por último en el año de 1989 en la U.D.O. Anzoátegui, Gimeno, M. y Plagia, R. midieron los efectos de la discontinuidad en la granulometría del agregado fino sobre la calidad del concreto. Indicando los métodos correctivos y las recomendaciones necesarias.

2.2 Bases Legales de la Investigación.

Las especificaciones o criterios relacionados a la interpretación, verificación y ajustes de los ensayos y resultados en las mezclas de concreto, están basadas en las Normas Venezolanas COVENIN “Comisión Venezolana de Normas Industriales”, ASTM “American Society for Testing and Materials” y ACI “American Concrete Institute”.

- ❖ ACI -211-91: Diseños de Mezclas de concreto.
- ❖ ACI -214/704-1976: Control de Calidad del concreto.
- ❖ ACI -234-96: Guía para el humo de sílice en el concreto N° 14-18.
- ❖ ACI-304: Medición, mezclado, transporte y colocación de concreto.
- ❖ ACI-308: Curado del concreto.
- ❖ ASTM C33-277: Agregado para concreto.
- ❖ ASTM D-75: Muestreo de agregados.
- ❖ ASTM C94-633: Concreto Premezclado.
- ❖ ASTM C-150/C-618: Cemento Portland.
- ❖ SATM C356: Aditivos químicos para concretos.
- ❖ ASTM C511: Gabinetes, cuarto y tanques de almacenamiento para curado de especímenes de concreto.

- ❖ ASTM C1017: Aditivos químicos para la producción de concretos fluidos.
- ❖ COVENIN 255-77: Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos.
- ❖ COVENIN 263-78: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- ❖ COVENIN 268-78: Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- ❖ COVENIN 269-78: Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.
- ❖ COVENIN 277-92: Agregados para concretos especificaciones.
- ❖ COVENIN 338:1994: Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concretos.
- ❖ COVENIN 339:1994: Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams.
- ❖ COVENIN 344-92: Toma de muestras de concreto fresco.
- ❖ COVENIN 352-79: Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración.
- ❖ COVENIN 354-79: Método para mezclado de concreto en laboratorio.
- ❖ COVENIN 356:1994: Aditivos químicos utilizados en el concreto.
- ❖ COVENIN 633-92: Concreto premezclado. Especificaciones.
- ❖ COVENIN 1976:1999: Concreto. Evaluación y métodos de ensayo.
- ❖ COVENIN 2385-86: Agua de mezclado para concreto y morteros. Especificaciones.

2.3 Fundamentos Teóricos.

2.3.1 Concreto

En la antigüedad se tienen vestigios en el uso del concreto data de la época romana, cuando se utilizó cierta argamasa como material de pega (mortero), y cuando también se empleó una mezcla de agregados y agua para fabricar partes estructurales de obras que estuvieron trabajando fundamentalmente a compresión, ya que no constaban con ningún refuerzo que pudiera absorber las tracciones.

No obstante, la evidencia de la versatilidad y ventaja del concreto tuvo su origen después de la reconstrucción mundial de la posguerra. Desde ese momento pasa a ser el material estructural más empleado en escala mundial, especialmente ayudado por la necesidad de la masificación de las obras, y el desarrollo de la prefabricación. El panorama actual de las aplicaciones del concreto, en todos sus diversos tipos de especies (liviano, nuclear, criogénico, subterráneo, submarino, entre otros), es tan amplio que difícilmente se puede suponer llevar a cabo una obra importante sin la participación del material. (Salas, R. 1985)

El concreto es un material que se puede considerar constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos, es decir, agregados finos y gruesos (arena y piedra triturada) que quedan englobados en esa pasta para formar una masa semejante a una roca. A su vez, la pasta está compuesta por agua y un producto aglomerante, que es cemento.

“La calidad de un concreto dado va a depender de la calidad de sus componentes, de la calidad de su diseño de mezcla y de su posterior manejo, de

los cuidados de su uso y mantenimiento, y del grado de satisfacción de los requerimientos del caso”. (Porrero, J. Salas, R., Grases, C y Velazco, G. 1996)

2.3.1.1 Propiedades y Características Importantes del Concreto Fresco y Endurecido.

El concreto tiene un uso extenso como material de construcción debido a sus muchas características favorables, Una de las más importantes es una alta relación resistencia-costo en muchas aplicaciones. Otra es que el concreto, mientras esta plástico, puede colocarse con facilidad dentro de formas o cimbras a temperaturas normales para producir casi cualquier forma. Además, el concreto tiene una alta resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Las características del concreto pueden variarse en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque este débil en otras. Por ejemplo, el concreto para una estructura de un edificio debe poseer alta resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable, hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña. (Merritt. J., 1995)

Concreto Fresco.

❖ Reología.

Bajo este término se agrupan el conjunto de características de la mezcla fresca que posibilitan su manejo y posterior compactación. Desde el punto de vista físico, estas características dependen de la densidad y de la tixotropía en cada

momento del tiempo. En la práctica se define la Reología del concreto basándose en las tres características siguientes: Fluidez o Trabajabilidad, Consolidación, Estabilidad a la Segregación.

❖ Mezclado.

Para asegurarse que los componentes básicos del concreto estén combinados en una mezcla homogénea se requiere de esfuerzo y cuidado. La secuencia de carga de los ingredientes en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado. Sin embargo, se puede variar esa secuencia y aún así producir concreto de calidad. Las diferentes secuencias requieren ajustes en el tiempo de adicionamiento de agua, en el número total de revoluciones del tambor de la mezcladora y en la velocidad de revolución. Otros factores importantes en el mezclado son los tamaños de la revoltura en relación al tamaño del tambor de la mezcladora, el tiempo transcurrido entre la dosificación y en mezclado, el diseño, la configuración y el estado del tambor mezclador y las paletas. Las mezcladoras aprobadas, con operación y mantenimiento correctos, aseguran un intercambio de materiales de extremo a extremo por medio de una acción de rolado, plegado y amasado de la revoltura sobre sí misma a medida que se mezcla el concreto. (Kosmatka, S. y Panarese, W. 1992)

❖ Trabajabilidad.

Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. Aunque ella resulta difícil de evaluar, en esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. Una característica de la

trabajabilidad que los ingenieros tratan a menudo de medir, es la consistencia o fluidez. El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar ni sangrar excesivamente.

El asentamiento es consecuencia del efecto combinado de la vibración y de la gravedad. En Venezuela tradicionalmente, se emplea como sinónimo los términos trabajabilidad y asentamiento, siendo en realidad dos cosas distintas. El asentamiento corresponde a la expresión de un resultado (Prueba del Cono de Abrams), que permite medir la condición plástica del material, a la cual se le conoce como trabajabilidad. (Kosmatka, S. y Panarese, W. 1992)

❖ Hidratación, tiempo de fraguado, endurecimiento.

La propiedad de la pasta de concreto se produce a través de la reacción química entre el cemento y el agua, conocida como hidratación. Cuando el concreto fragua, su volumen bruto permanece casi inalterado. El concreto endurecido contiene poros llenos de agua y de aire, mismos que no tienen resistencia alguna. La resistencia está en la parte sólida de la pasta, en su mayoría en el hidrato de silicato de calcio y en la fase cristalina.

Entre menos poroso sea la pasta de cemento, mucho más resistente es el concreto. Por lo tanto, cuando se mezcle el concreto no se debe usar una cantidad mayor de agua que la absolutamente necesaria para fabricar un concreto plástico y trabajable. La relación mínima agua/cemento (en peso) para la hidratación total es aproximadamente de 0,22 a 0,25 (Kosmatka, S. y Panarese, W., 1992)

Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua, porque la velocidad determina el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser lo suficientemente lenta para que conceda tiempo al

transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluyen la finura de molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento de mezclado.

Algún tiempo después que el concreto ha sido colocado y compactado, entra en una etapa de endurecimiento primario. Esta fase en un concreto sin aditivo se presenta entre la tercera y la sexta hora después de su elaboración, dependiendo del tipo y cuantía de cemento, de la relación a/c, de la temperatura del sitio y de los materiales. Esta primera etapa se conoce como fraguado inicial y es de interés el conocerlo ya que determina el momento hasta el cual el concreto puede ser revibrado sin alterar su compacidad y resistencia final. El fraguado final se presenta entre la cuarta y la octava hora normalmente y marca el inicio del desarrollo de resistencia, la cual se generará a través del tiempo. (Sika.2000)

❖ Temperatura.

La temperatura del sitio donde se elabora el concreto, así como la temperatura de los materiales, modifican los requerimientos del agua. Si elaboramos concreto a 20 °C y luego se repite la misma mezcla a 30 °C, se notará una disminución de la manejabilidad de la mezcla elaborada a mayor temperatura, es decir, se obtendrá un asentamiento menor. Igual sucederá si la temperatura de los materiales (cemento, agregados y agua) es mayor.

La temperatura (materiales y ambiente) modifica también el tiempo de manejabilidad ya que la mezcla perderá más rápidamente el asentamiento inicial, es

decir, su consistencia se volverá más seca más pronto si la temperatura es mayor, creándose un problema de colocación. (Sika. 2000)

Concreto Endurecido.

❖ Curado del concreto.

Aunque en las mezclas normales de concreto se incorpora más que suficiente agua para la hidratación, el secado del concreto después del fraguado inicial puede demorar o impedir la hidratación completa. El curado incluye todas las operaciones que mejoran la hidratación después que se ha fraguado el concreto. Si se efectúa en forma correcta por un periodo suficientemente largo, el curado produce un concreto más fuerte e impermeable. Los métodos pueden clasificarse como mantenimiento de un ambiente húmedo con la adición de agua, sellado del agua dentro del concreto y los que apresuran la hidratación. (Merritt, F. 1992)

❖ Velocidad de secado del concreto.

El concreto ni endurece ni se cura con el secado. El concreto (o de manera precisa, el cemento en el contenido) requiere de humedad para hidratarse y endurecer. El secado del concreto únicamente está relacionado con la hidratación y el endurecimiento de manera indirecta. Al secarse el concreto, deja de ganar resistencia, el hecho que este seco, no es indicación que haya experimentado la suficiente hidratación para lograr las propiedades físicas deseadas.

El conocimiento de la velocidad de secado es útil para comprender las propiedades o la condición física del concreto. El concreto recién colocado tiene agua abundante, pero a medida que el secado progresa desde la superficie hacia el interior, el aumento

de la resistencia continuará a profundidad solo cuando la humedad relativa en ese punto se mantenga por encima del 80%.

❖ Resistencia.

Es una propiedad del concreto que casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general, se determina por la resistencia final de una probeta en compresión; pero, en ocasiones por la capacidad de flexión o de tensión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

La resistencia puede aumentarse disminuyendo la proporción agua - cemento, utilizando agregados para mayor resistencia, graduando los agregados para producir menor porcentajes de huecos en el concreto, curando el concreto en húmedo después que ha fraguado, añadiendo una puzolana como ceniza ligera, vibrando el concreto. (Merritt, F. 1992)

❖ Estabilidad volumétrica.

El concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen debido a las variaciones en la temperatura, en la humedad y a los esfuerzos aplicados. En el concreto endurecido los cambios de volumen por temperatura son casi los mismos que para el acero.

El concreto que se mantiene continuamente húmedo se dilatará ligeramente. Cuando se permite que se seque, el concreto se contrae o retrae. La contracción por secado aumenta ligeramente con los incrementos del contenido de agua. La magnitud de la contracción también depende de otros factores, como las cantidades del agregado empleado, las propiedades de agregado, tamaño y forma de la masa de

concreto, temperatura y humedad relativa del medio ambiente, método de curado, grado de hidratación. Cuando el concreto se somete a esfuerzos, se deforma elásticamente. Los esfuerzos sostenidos resultan en una deformación adicional llamada fluencia. La velocidad de la fluencia (deformación por unidad de tiempo) disminuye con el tiempo.

❖ Permeabilidad y hermeticidad.

El concreto empleado en estructuras que retengan agua o que estén expuestas a mal tiempo o a otras condiciones de exposición severa debe ser virtualmente impermeable y hermético. La hermeticidad se refiere a menudo como la capacidad del concreto de refrenar o retener el agua sin escapes visuales. La permeabilidad se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquidos, gas, iones, etc.). Generalmente las mismas propiedades que convierten al concreto menos permeable también lo vuelven, más herméticos.

La permeabilidad total del concreto al agua es una función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría de los agregados, y de la proporción relativa de pasta con respecto al agregado. La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del concreto a la restauración, al ataque de sulfatos y otros productos químicos y a la penetración del ión cloruro. La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. Aquí la permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del concreto la permeabilidad de la pasta depende de la relación agua- cemento y del grado de hidratación del cemento o duración del curado húmedo.

2.3.2 Componentes del Concreto

Todos los componentes del concreto han sido objetos de estudios y experimentos, para poder determinar sus propiedades y así establecer ciertas normas de acuerdo a esas experiencias. En base a ello se puede catalogar y

describir a los cinco elementos más críticos en todas las mezclas de concreto que se puedan realizar.

2.3.2.1 Agregados

Los agregados también denominados áridos o inertes, son fragmentos o granos pétreos cuyas finalidades especiales son abaratar la mezcla y dotarlas de ciertas características favorables, entre las cuales se destaca la disminución de la retracción plástica. Constituyen la mayor parte de la masa del concreto, ya que alcanzan a representar entre el 70 y el 85% de su peso, razón por la cual las características de los inertes resultan tan importantes para la calidad de la mezcla final.

Tipos de Agregados

Los agregados están compuestos por dos fracciones de granulares, una formada por las partículas más finas del conjunto, y la otra por los granos gruesos, que pueden ser trazos de rocas trituradas a los tamaños convenientes, o granos naturales redondeados por el arrastre de las aguas. Los agregados gruesos de buena calidad pueden obtenerse de cualquier tipo de roca consistente.

- I. Agregado grueso (grava, piedra picada triturada o escoria de alto horno)
- II. Agregado fino (arena natural o fabricada)

Debido a que el agregado constituye la parte mayor de la mezcla, entre más agregado posea, resultará un concreto más económico, con la observación de que la mezcla sea de una razonable manejabilidad para el trabajo específico en el que se utilice. (Nawy, E., 1995)

Características y Propiedades Principales de los Agregados

❖ Granulometría

Se define por granulometría la composición del material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica se mide de forma indirecta haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices o cedazos de diferentes aberturas calibradas según (Norma COVENIN N° 254), que son ordenados de mayor a menor abertura.

La granulometría se puede expresar de varias formas: retenidos parciales en cada tamiz o cedazo, expresado en peso o porcentaje, o retenidos acumulados, o pasantes, principalmente en porcentaje. La expresión más usual y conveniente es la que expresa el pasante total por cada cedazo como porcentaje en peso.

❖ Modulo de finura

Es un parámetro que indica que tan fino o grueso es el conjunto de partículas de un agregado. Este se obtiene sumando los porcentajes de los retenidos acumulados sobre los cedazos de la serie normativa y dividiendo la suma entre cien. Este valor puede servir, en cierto modo, como representativo de la finura de la arena.

❖ Tamaño máximo

Se denomina tamaño máximo de un agregado al tamaño de sus partículas más gruesas, medido como abertura de un tamiz que deje pasar al menos el 95% del material combinado. Cabe destacar que los tamaños máximos muy grandes, además de producir segregación en el concreto, son desfavorables ante la fractura. Desde el punto de vista técnico, su relación con las características de la mezcla es decisiva para la calidad y economía de ésta.

❖ Humedad

La humedad se considera como la diferencia entre el material húmedo y el mismo secado al horno. Suele expresarse como porcentaje en peso, referido al material seco. Esta humedad se encuentra en los agregados de dos maneras diferentes: Una es rellenado los poros y los microporos internos, y la otra es como una película envolvente, más o menos gruesa.

❖ Peso Específico

Es una propiedad física de los agregados y está definida como la relación entre el peso y el volumen del sólido de una masa de agregado, sin contar los espacios vacíos que quedan entre grano y grano.

❖ Peso Unitario de los Agregados

Es una propiedad que indica el grado de acomodamiento de las partículas, así mientras mayor sea éste, menor será el volumen de vacíos entre ellas. Se clasifica en:

Peso unitario suelto.- Se usa para diseños en volumen donde se supone que el agregado se medirá sin compactación. El material se deja caer libremente dentro de un recipiente.

Peso unitario compacto.- Análogo al suelto, pero el material no se deja caer libremente al recipiente sino que se compacta en forma similar a como se hace con el concreto.

❖ Resistencia de los Agregados

La resistencia de los granos de agregados es también decisiva para la resistencia del concreto fabricado con ellos. La resistencia más crítica es la del agregado grueso. Para medirla se acude al ensayo de desgaste que produce la máquina conocida como de Los Ángeles (COVENIN 266). La norma suele permitir un límite de desgaste menor al 50 por ciento.

Los agregados son las partes del concreto que constituyen lo grueso del producto terminado. Abarcan del 60 al 80% del volumen del concreto, y tiene que estar graduado de tal forma que la masa total del concreto actúe como una combinación relativamente sólida, homogénea y densa, con los tamaños más pequeños actuando como un relleno inerte de los vacíos que existen entre las partículas más grandes.

Características de los Agregados que Afectan las Propiedades del Concreto

Como se sabe, los agregados en el concreto están conformados por una fracción de finos, representada por la arena y otra de gruesos que son las piedras.

Las cantidades a dosificar están definidas por el tipo de concreto que se requiere elaborar. El tipo y volumen del agregado influye en las propiedades del concreto, en las proporciones de la mezcla y en los costos.

Una característica de los agregados que afecta las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido es, entre otros, su grado de limpieza en términos de contenido fino (arcilla o limos), que influye sobre la demanda de agua de amasado de la mezcla, afectando la durabilidad y resistencia del concreto. También repercute en la disminución del grado de adhesión del agregado con la pasta de cemento.

Otra característica es el tamaño y forma de la partícula, que influye sobre la trabajabilidad y resistencia de los concretos. La forma de los agregados juega un papel importante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto. Aquellas varían desde la redondeada o rodados, que proceden de ríos o costas en las que por rozamiento se eliminan los salientes de la piedra; angulares que presentan ángulos o aristas, las cuales proceden de los procesos de trituración; planas o laminares donde predominan dos dimensiones sobre la otra; y aciculares, en las que predomina una dimensión sobre las otras, dando lugar a partículas en forma de agujas.

Los agregados redondeados permiten obtener concretos más trabajables y más resistentes cuantos más esféricos sean. Los agregados provenientes de la trituración originan concretos menos trabajables, aunque el efecto será tanto menor, cuando su forma se aproxime a poliedros de mayor número de caras.

Estos, cuando tienen buena forma, dan lugar a concretos con altas resistencias a flexotracción, esto puede ser por efecto a la mayor superficie específica y por ende mayor adherencia con la pasta, que presenta estos agregados con respecto a los cantos rodados.

Los agregados laminares y aciculares originan concretos de peor calidad puestos que estas formas no sólo influyen en las resistencias, sino que además, como ocurre con los agregados laminares, tienden a orientarse en un plano, acumulándose debajo de ellos agua y aire, lo que repercute desfavorablemente en la durabilidad de los concretos.

El tamaño de los agregados, definido por su perfil granulométrico, tiene gran importancia en el concreto, poniéndose de manifiesto en la influencia sobre su docilidad o trabajabilidad y por lo tanto, en la dosificación de cemento y de agua. También la condición granulométrica afecta la segregación y exudación de la mezcla, influyendo sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido a través de su participación en las resistencias, estabilidad de volumen y durabilidad. El perfil granulométrico de una composición de agregado grueso y fino, debe ser tal, que el material tenga el área superficial y la cantidad de huecos intersticiales más reducidos posible, de modo que necesite la menor cantidad de agua y cemento para obtener la deseada trabajabilidad, resistencia y otras propiedades en el concreto.

2.3.2.2 Cemento

En el sentido general de la palabra, el cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto. Esta definición comprende una gran variedad de materiales cementantes.

Para efectos de construcción, el significado del término cemento se restringe a materiales utilizados con piedras, arena, ladrillos, bloque de construcción, etc. Los principales componentes de este tipo de cemento (portland) son compuestos de cal, de modo en construcción e ingeniería civil se trabaja con cementos calcáreos. Los

cementos que se utilizan en la fabricación del concreto tienen la propiedad de fraguar y endurecer bajo o sumergido en agua, en virtud de que experimentan una reacción química con ésta y, por lo tanto, se denominan cementos hidráulicos. (Neville, A. 1999)

Aportes de sus Principales Componentes y Características al Concreto

El cemento está constituido principalmente por componentes mineralógicos como los silicatos y aluminatos cálcicos y otros componentes secundarios como la cal libre, el óxido de magnesio, los álcalis y el trióxido de azufre, que junto a otras características influyen de una u otra forma en sus prestaciones.

❖ Silicato Tricálcico o Alita (C₃S)

Este componente que se puede considerar como principal o decisivo del cemento, contribuye a general altas resistencias iniciales. Prácticamente en una semana desarrolla el 80% de sus resistencias y después presenta una elevación lenta de las mismas. El calor de hidratación que libera en su reacción con el agua es elevado (120 Calorías/gramo).

❖ Silicato Bicálcico o Belita (C₂S)

Su contribución es baja en las resistencias de los primeros días, pero luego las va desarrollando progresivamente hasta alcanzar al (C₃S). Desarrolla calor de hidratación de 60 calorías/gramo.

❖ Aluminato Tricálcico (C₃A)

Este componente por sí solo contribuye muy poco a las resistencias del cemento. Sin embargo en presencia del Silicato Tricálcico, desarrolla resistencias iniciales buenas. Actúa como catalizador de la reacción de los silicatos en el proceso de generación de resistencias y endurecimiento del concreto. Su hidratación es muy rápida al tener contacto con el agua, desarrollando una cantidad de calor de 207 Calorías/gramos. Para retrasar su actividad se utiliza el yeso, que actúa como regulador del fraguado.

❖ Ferrito Aluminato Tetracálcico (C_4AF)

Prácticamente no contribuye a las resistencias del cemento. Su hidratación es rápida pero menor que la del (C_3A). Genera un desprendimiento de calor de 100 calorías/gramo. El hierro que está en la composición del C_4AF , tiene gran importancia como fundente en el proceso de cocción del clínker de cemento y es el responsable del color gris verdoso que poseen los cementos Pórtland.

❖ Componentes secundarios

Se encuentran en muy baja proporción en el cemento y sus efectos son más bien negativos, cuando las cantidades presentes superan las normas establecidas. Pueden generar expansión con riesgos de rotura de los elementos de concreto, como es el caso de la cal libre, el óxido de magnesio y trióxido de azufre; y pueden causar eflorescencias, aumentar la retracción y el fraguado de morteros y concretos como es el caso de los álcalis.

El grado de finura con el que se logre moler el cemento es bien importante para sus prestaciones al concreto en la medida que un cemento más fino genere mayor

superficie de contacto y por ende reacciona más rápidamente, aumentando las resistencias tempranas.

Tipos de Cemento Pórtland

Los cementos pórtland, por lo general, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades sean normalizados sobre la base de la especificación ASTM de normas para el cemento pórtland (C150). Los tipos se distinguen según los requisitos tanto químicos como físicos.

Tipo I.- Cemento para usos generales, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para los otros cuatro tipos de cemento.

Tipo II.- Cementos modificados para usos generales y se emplean cuando se prevé una exposición moderada al ataque por sulfatos o cuando se requiere un moderado calor de hidratación. El cemento tipo II adquiere resistencia con más lentitud que el tipo I; pero al final de cuenta alcanza la misma resistencia.

Tipo III.- Cemento de alta resistencia inicial, recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en 7 días, igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento Tipo I o Tipo II. Esta alta resistencia inicial se logra al aumentar el contenido de C_3S y de C_4A en el cemento y al moler más fino. Las especificaciones no exigen un mínimo de finura: pero se advierte un límite práctico cuando las partículas son tan pequeñas, que una cantidad muy pequeña de humedad prehidratará el cemento durante el almacenamiento y manejo. Dado que el cemento tipo III tiene un gran desprendimiento de calor, no se debe usar en colocados masivos.

Tipo IV.- Cemento de bajo calor de hidratación. Se ha desarrollado para usarse en concreto masivo. Si se utiliza cemento tipo I en colocados masivos que

no pueden perder calor por hidratación, el cemento libera suficiente calor durante la hidratación aumentando la temperatura del concreto. Esto causa un aumento relativamente grande de las dimensiones mientras el concreto está todavía en estado plástico; posteriormente, su enfriamiento diferencial después de endurecer ocasiona que se produzcan grietas por contracción. El bajo calor de hidratación en el cemento tipo IV se logra limitando los componentes que más influyen en la formación de calor por hidratación, o sea, C_3S y de C_4A . Dado que estos compuestos también aportan la resistencia inicial de la mezcla de cemento, al limitarlos se tiene una mezcla que gana resistencia con lentitud.

Tipo V.- Cemento resistente a los sulfatos se especifica cuando hay exposición intensa a los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con altos contenido de álcalis y en estructuras expuestas al agua de mar. La resistencia al sulfato del cemento tipo V se logra minimizando el contenido de C_4A , pues este concreto es el más susceptible al ataque por sulfatos.

2.3.2.3 Aditivos

Definición

Se llama aditivos aquellos productos que se incorporan al concreto fresco con el objeto de mejorar algunas de sus características como (facilitar su puesta en obra, regular su proceso de fraguado y endurecimiento, etc.) por su importancia creciente, han sido denominados el cuarto componente del concreto. Pero el comportamiento exacto de un concreto con aditivos deberá ser cuidadosamente verificado antes de usarlo.

Se puede suponer una definición un poco más amplia que cubije el significado actual del término aditivo: “Sustancia química, dosificada por debajo del 5% del peso del cemento, diferente de los agregados, el cemento, el agua y las fibras de refuerzo, que se agrega a la mezcla de concreto o mortero durante su elaboración o directamente, con el fin de modificar una o varias de sus propiedades físicas, de tal manera que el material se adapte mejor a las características de la obra o a las necesidades del constructor”. (Sika. 2000)

Clasificación de los Aditivos

Los aditivos químicos utilizados en el concreto se clasifican según las propiedades que se le desee modificar. De acuerdo a la norma venezolana COVENIN 356-94, se agrupan en:

Tipo A / Reductores de Agua.- Son aquellos aditivos que reducen al menos un 5% la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, incrementando su resistencia.

Tipo B / Retardadores.- Son aquellos aditivos que retardan el fraguado del concreto.

Tipo C / Aceleradores.- Son aquellos aditivos que aceleran el fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial del concreto.

Tipo D / Reductores de Agua y Retardadores.- Son aquellos aditivos que reducen al menos el 5% la cantidad de agua de mezclado requerido para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, que retardan el fraguado e incrementan su resistencia.

Tipo E / Reductores de Agua y Aceleradores.- Son aquellos aditivos que reducen al menos el 5% la cantidad de agua de mezclado requerido para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, acelerando el fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial y final del mismo.

Tipo F / Reductores de Agua de Alto Rango.- Son aquellos aditivos que reducen al menos el 15% de agua de mezclado requerido, para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, incrementando su resistencia.

Tipo G / Reductores de Agua de Alto Rango y Retardadores.- Son aquellos aditivos que reducen al menos 15% de agua de mezclado requerido, para producir un concreto de una consistencia igual a la mezcla de referencia, retardando el fraguado e incrementando su resistencia.

Tipo H / Reductores de Alto Rango y Aceleradores.- Son aquellos aditivos que reducen al menos 15% de agua de mezclado requerido, para producir un concreto de

una consistencia igual a la mezcla de referencia, acelerando el desarrollo de la resistencia inicial y final del mismo.

2.3.2.4 Agua

El agua es otro elemento importante en la elaboración del concreto, empleándose en su amasado y curado, así como en el lavado de los agregados. El agua que se añade junto a distintos materiales al elaborar el concreto, tiene las siguientes misiones: 1) Por medio del cual el cemento desarrolla sus propiedades aglutinantes, experimentando reacciones químicas y dándole a la vez las características principales de hidratación, fraguado y endurecimiento; 2) Actuar como lubricante, haciendo posible que la masa fresca sea trabajable y 3) Crear espacios en la pasta para los productos resultantes de la hidratación del cemento.

Para la completa hidratación de una cantidad dada de cemento es necesaria, químicamente, una cantidad de agua aproximadamente igual al 25% del peso del cemento. El agua es importante por cuanto una porción de ella se combina químicamente y forma parte activa del conjunto mecánico- resistente del mismo, la parte del agua que no se combina, es responsable de la aparición de una red más o menos capilar, que por modelar en parte la estructura interna del concreto, es también responsable de la aparición de una red más o menos capilar, que por modelar en parte la estructura interna del concreto, es también responsable de la resistencia del producto final, por lo cual, se tendrá especial cuidado en todo lo referente al agua, para evitar posibles errores o malas interpretaciones de los resultados de la investigación (Salazar, R. y Salas, R. 1975)

Para que el agua sea apta para el amasado del concreto, debe estar limpia y encontrarse libre de impureza por encima de determinados límites, de forma que no

se produzcan alteraciones en la hidratación de cemento, retrasos en su fraguado y endurecimiento, reducciones en sus resistencias, ni riesgos para su durabilidad. El hecho de que el agua tenga aspecto limpio no ofrece seguridad suficiente sobre su pureza.

Las aguas potables son idóneas para la preparación del concreto, con excepción de determinadas aguas minerales. Pueden utilizarse algunas aguas no potables cuya cantidad de sólidos disueltos sea menor de 2000 ppm. En general, las aguas que son inodoras, incoloras e insípidas y que no forman espumas o gases cuando se agitan, pueden utilizarse en la elaboración del concreto.

Se consideran como aguas dañinas para el concreto las que contienen azúcares, materia orgánica, aceites, sulfatos, ácido húmico, sales alcalinas, gas carbónico, así como productos procedentes de residuos industriales. Determinadas impurezas, tales como los cloruros, pueden actuar originando eflorescencia en las superficies del concreto endurecido o provocando la corrosión de las armaduras del concreto armado.

Agua de Diseño

Es aquella que se combina con el cemento para formar la pasta. Sus funciones principales son hidratar al cemento y proporcionar fluidez a la mezcla lubricando a los agregados de manera que se obtenga la trabajabilidad deseada.

Agua Evaporable

Es el agua restante que se encuentra en la pasta, pero que no se encuentra libre en su totalidad.

Agua de Hidratación o no Evaporable

Es aquella parte del agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida del gel de cemento.

Agua de Curado

Constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento durante su fase de endurecimiento.

2.3.2.5 Aire

Cuando enumeramos los componentes básicos del concreto: arena, grava y agua, normalmente olvidamos mencionar el aire; esto se debe a que su contenido, en un concreto normal, no supera, generalmente, el 2% del volumen de la mezcla. Sin embargo, como es casi de conocimiento general entre las personas dedicadas

al concreto, del incremento intencional del contenido de aire, mediante el uso de aditivos incorporados de aire, se derivan para el concreto, ventajas indiscutibles en lo que se refiere a sus propiedades en estado fresco y endurecido (Sika. 2000)

Tipos de Aire en el Concreto

- ❖ Aire que llena los poros no saturados (o los no saturables) no ejerce ninguna acción específica en el concreto.
- ❖ El aire atrapado durante el proceso de mezclado y el que proviene de una colocación y compactación deficientes no traen ningún beneficio al concreto, por el contrario, disminuyen la resistencia del material, reducen las secciones

efectivas de los elementos y dan mal aspecto al concreto a la vista. Este aire que lleva normalmente el concreto oscila entre 1-1.15% (10-15 litros por m³ de concreto).

- ❖ Aire ocluido (aire incorporado) intencionalmente con aditivos. Finísimas burbujas de aire (diám. 10-200 μ m), estables y uniformemente distribuidas en la matriz de cemento, en la proporción de 3-6% (30-60 litros/m³) tienen estos efectos: en el concreto fresco, aumentan la trabajabilidad y cohesión y reducen la exudación y la densidad. En el concreto endurecido, aumentan la resistencia a hielo-deshielo (durabilidad) y aguas agresivas (reducción de la absorción), reducen la resistencia (3% por cada % de aire), excepto en concreto pobre. Es importante controlar el contenido de aire en concreto fresco. (Geymayr, G. 1985)

2.3.3 Puzolanas

Son aquellas sustancias silíceas que, reducidas a polvo y amasadas con cal, forman aglomerantes hidráulicos. La palabra puzolana se deriva del nombre de un pueblo de Italia, "Pozzuoli". Se tiene información de que los antiguos romanos combinaron piedra de cal con ceniza volcánica produciendo morteros para unir grandes piedras.

2.3.3.1 Propiedades de las Puzolanas

- ❖ No está todavía aclarada la química de las puzolanas, admitiéndose que la reacción de la cal con la puzolana produce una disminución de hidróxido cálcico, no siendo atacada por los sulfatos, al formarse silicatos y aluminatos cálcicos hidratados que dejan gel de sílice y alúmina.

- ❖ Estas mezclas tienen la suficiente estabilidad química para las aguas sulfatadas, pero sus resistencias son bajas.
- ❖ El tiempo de fraguado de las mezclas puzolánicas es variable: como valor medio empieza antes de las cincuenta horas y termina antes de las cien horas.
- ❖ Es activado por la acción de la temperatura.
- ❖ Para aumentar estas resistencias se hacen mezclas de puzolanas y cemento pórtland.

2.3.4 Microsílice

El concreto es un material constituido por una mezcla homogénea de agregado grueso y fino, cemento pórtland, aire, agua y aditivos químicos. Es un material temporalmente plástico que puede colocarse o moldearse y, más tarde, se convierte en una masa sólida por reacción química. El usuario del concreto desea resistencia adecuada, facilidad de colocación y durabilidad, al mismo costo. El proyectista de concreto puede variar las proporciones de los cinco componentes dentro de límites amplios, para lograr esos objetivos. Las variantes principales son

la relación agua-cemento, la proporción cemento-agregados, tamaño del agregado grueso, proporción entre agregado fino y grueso, tipo de cemento y uso de otros aditivos y que en ciertas ocasiones se le añade aditivos sólidos o minerales muy divididos, como la microsíllice, para mejorarle alguna de sus propiedades. (Merritt, F. 1992)

2.3.4.1 Definición de la Microsílice

La microsíllice o humo de sílice, es una puzolana artificial que se obtiene como un subproducto de la fabricación del silicio metálico y sus aleaciones, sobre todo los

ferrosilicios. Se forma a partir del cuarzo (SiO_2), por carbón en hornos de arco eléctrico. Parte del cuarzo reducido se evapora como SiO y se oxida a SiO_2 , al entrar en contacto con el oxígeno de una zona fría del horno. Este SiO_2 se condensa en finas partículas esféricas microscópicas como dióxido de silicio amorfo con un tamaño promedio de grano de 0,15 micras y con un tamaño de partículas 100 veces más finas que las del cemento y se recolectan de los gases que se escapan de los hornos. El contenido de óxido de sílice del humo recolectado varía entre 72% y 98%. (Hernández, D. 1994)

2.3.4.2 Funcionamiento de la Microsílice

La impermeabilidad se incrementa dramáticamente, porque el humo de sílice reduce el número y el tamaño capilar que normalmente permitirían a los contaminantes infiltrarse en el concreto. Así que el concreto modificado con microsílice no sólo es más fuerte, dura mucho más tiempo que un concreto sin ella (hasta 2,2 veces), porque es más resistente a ambientes agresivos. Además, como un relleno y puzolana (sustancias silíceas que, reducidas a polvo y amasadas con cal, forman aglomerantes hidráulicos), las acciones duales de la microsílice en el concreto son evidentes a lo largo del proceso de hidratación del cemento.

En Noruega, donde la microsílice se empezó a ofrecer comercialmente en la década de los setenta, se descubrió que 1 kilogramo de microsílice puede remplazar de 1 a 4 kilogramos del cemento pórtland. Esto es posible debido a que las resistencias obtenidas con el concreto dosificado con humo de sílice son mucho mayores que las especificadas para un concreto normal; por lo cual, con un diseño de mezcla de menor resistencia pero con un porcentaje de microsílice por peso de cemento, es posible obtener la resistencia esperada inicialmente.

Los primeros usos de microsílíce se dieron en aplicaciones de este tipo, con el propósito de reducir el costo del concreto, el calor de hidratación y cambios volumétricos (contracción) con factores de cemento altos. Para este fin, se desarrolló un sistema de especificación basada en la definición de un factor de equivalencia de cemento o “**Factor K**”, el cual describe la proporción permitida de sustitución de cemento por microsílíce. El principio de sustitución se hace operativo a través del coeficiente **k**, que “transforma” una determinada cantidad de adición **d** en otra equivalente de cemento, **k x d**, de modo que esta cantidad de cemento equivalente se comporta como tal en la consecución de los niveles de resistencia y durabilidad requeridos en el concreto (Flores, F. Prisby, R. 1994). Los factores **k** más comunes son 2:1 ó 3:1.

Boersseth, en su reporte del uso de la microsílíce en la presa Forrevass, concluye que la relación entre resistencia a la compresión y la proporción $\alpha = a/c$ normalmente observada para concretos convencionales, es válida para concretos con microsílíce cuando se emplea la relación:

$$\alpha = \frac{a}{(c + k \cdot M_s)}$$

Ec. 2.1 Relación Agua-Cemento para Concretos con Microsílíce

En vez de $\alpha = a / c$, donde:

a = masa de agua

c = masa de cemento

k = factor de equivalencia de cemento

M_s = masa de microsílíce

Por lo tanto, el factor **k** define la cantidad de cemento que puede ser sustituida por microsílice para obtener la misma resistencia. El valor **k** es aproximadamente 3, para resistencias a la compresión a 28 días de un concreto con 300 kg de cemento por m³, curado a una humedad relativa del 100% y a 20 °C. Varios estudios indican que el factor **k** aumenta con la edad del concreto y disminuye con la relación agua/cemento y con el contenido de cemento. El factor **k** también decrece cuando la humedad de curado es menor del 100%. (Hernández, D. 1994)

2.3.5 Diseño de Mezclas

Dentro de las diferentes etapas que requiere el concreto para su fabricación, los aspectos relativos al diseño teórico de la mezcla, lo que suelen denominar “dosificación”, son temas de gran importancia por su influencia en la calidad final del producto. Siempre se ha considerado y afirmado que todas y cada una de las etapas de fabricación del concreto son importantes y deben ser atendidas mediante los correspondientes controles y comprobaciones. Se mantiene que las de mayor trascendencia son las correspondientes a la selección o aceptación de los componentes (piedra, arena, cemento, agua y los posibles aditivos que se usan ocasionalmente) y de éste dependerá el correspondiente diseño teórico de la mezcla. Por medio de una sana selección de los componentes del concreto, se garantiza el empleo de materiales idóneos que cumplan con las características deseables para sus diversas funciones en la mezcla. De esta forma se proporciona un primer y esencial paso hacia la garantía de la calidad del concreto que fabricamos con esos componentes.

Mediante el diseño teórico de las proporciones en que intervengan cada uno de los componentes, se certifica el comportamiento de la mezcla, en la manera con las particularidades que se pueda concernir a cada caso. El diseño de la mezcla será el

necesario, en cada circunstancia, para proporcionar el asentamiento deseado, la densidad requerida, la resistencia exigida, o cualquier otra propiedad o combinación de características que se consideren convenientes. Las etapas siguientes en el proceso de fabricación del concreto (ajuste práctico de la dosificación, mezclado transporte, colocación, compactación y curado) no tratan sino de mantener en perfectas condiciones las características o propiedades de las mezclas obtenidas a través del proceso del cálculo. Con el diseño se pretende evitar la trituration de los agregados, la pérdida de la masa, la segregación, la falta de adherencia y compacidad, la pérdida de agua superficial, entre otros.

Un método de diseño es un proceso con ordenación lógica mediante el cual cuantificamos, por peso o volumen, los componentes que intervienen en la mezcla. El método cualquiera que sea, requiere el conocimiento previo de las características ya mencionadas de los componentes, con cuyos datos y el uso de cálculos, fórmulas, tablas, gráficos o ábacos, llega a obtener las cantidades de piedra, arena, cemento y agua que se requieren para fabricar un concreto que satisfaga las demandas exigidas por ejemplo resistencia, trabajabilidad, y economía precisa para cada caso particular.

Desde este punto de vista existen, factores de semejanzas entre los diferentes métodos que se emplean para el cálculo de las dosificaciones:

- ❖ Requieren una definición previa de las características y comportamiento del concreto al que se aspira obtener.
- ❖ Exigen el conocimiento de algunas propiedades de los componentes.
- ❖ Ofrecen un procedimiento metodológico para combinar todos los datos anteriores y llegar a fórmulas cuantitativas que estipulen las proporciones de mezcla y las cantidades de cada componente.

- ❖ Terminan con el cálculo de ajuste a la fórmula teórica, en función de algunas características de los materiales y de las experiencias medidas en las mezclas de ensayo.

Hoy en día no hay un método preferencial. Cada uno posee sus características propias y ofrece ventajas en ciertos casos sobre otros posibles métodos. Hay unos que resultan de aplicación bastante rápida, en virtud de la abundancia de tablas, gráficos y ábacos, evitando lentos procesos de cálculo y operaciones. Otros requieren mayor laboriosidad en las determinaciones numéricas, pero suele haber una compensación final en la etapa de los ajustes prácticos. Los métodos de aplicación rápida son por lo general, más complejos en estos ajustes, mientras que los otros puede que necesiten menores correcciones finales.

Como ya se ha mencionado, los componentes de una mezcla se deben seleccionar para producir un concreto de las características deseadas para las condiciones de servicio y con trabajabilidad adecuada al mismo costo. Para economía, la cantidad de cemento se debe mantener al mínimo. En general, este objetivo se facilita con la selección del agregado del tamaño máximo consecuente con los requisitos de la obra y buena graduación, para tener pequeño volumen de huecos. Cuanto menor sea este volumen, menos pasta de cemento se necesitará para llenar los huecos.

Por razones de economía, la proporción agua-cemento debe ser lo más grande posible para producir un concreto con la resistencia a la compresión, durabilidad e impermeabilidad deseada y sin contracción excesiva. El agua agregada a una mezcla muy tiesa mejora la trabajabilidad, pero un exceso de agua tiene efectos perjudiciales.

Debido al gran número de variables, suele ser aconsejable proporcionar o dosificar las mezclas de concreto con la preparación y prueba de lotes experimentales. Se empieza con la selección de la proporción agua-cemento. Después, se preparan

varias mezclas de prueba, con proporciones variables de agregados a fin de obtener la trabajabilidad deseada con el mínimo de cemento. Los agregados utilizados en las mezclas de prueba deben tener el mismo contenido de humedad que los agregados que se utilizaran en la obra. La cantidad de agua utilizada debe incluir el agua absorbida por los agregados secos o se debe reducir según la cantidad de agua libre en los agregados mojados. Las mezclas, si es posible, se deben hacer con máquina para obtener resultados muy aproximados a los que se obtendrían en el sitio de la obra. Se deben hacer observaciones del revenimiento de la mezcla y de la apariencia del concreto. Además, se deben efectuar pruebas para evaluar la resistencia a la compresión y otras características anheladas. Después de haber seleccionado una mezcla, pueden ser necesarios algunos cambios después de experimentarlas en la obra.

Los datos de entrada, constituyen las informaciones básicas, a partir de los cuales, y siguiendo el procedimiento que señale el método, puede llegarse a la dosificación de la mezcla deseada. Algunas de esas variables son comunes a todos los métodos, ya que son consideradas fundamentalmente, las otras pueden ser distintas y eso es lo que establece diferencia entre los métodos de diseño.

Las variables básicas son:

- ❖ Lugar de la obra y/o condiciones ambientales.
- ❖ Tipo de obra, o parte de la estructura.
- ❖ Tipo de agregado y tipo de cemento.
- ❖ Resistencia de diseño o algún dato relacionado.

El lugar (región o ciudad) de la obra, o las condiciones ambientales (costa, zona árida, etc.) indican necesidad o no de establecer ciertas condiciones especiales para dotar al concreto de elementos particulares de defensa.

El tipo de obra o parte de la estructura permite una valiosa orientación acerca del asentamiento recomendado y hasta el tamaño máximo del agregado más conveniente, en función de la geometría de la selección, de la separación de los refuerzos metálicos, entre otros.

El tipo de agregado se refiere a si son productos procesados, es decir, obtenidos industrialmente, como la piedra picada, o si provienen directamente de la naturaleza, sin tratamiento mecánico. El tipo de cemento se selecciona de acuerdo a las condiciones ambientales a la cual va estar expuesta la obra, si se trata de obras normales y sin condiciones severas.

Se debe conocer la resistencia para la cual se debe preparar el concreto. Esta es la llamada “Resistencia de Diseño” y que no es otra que la resistencia media esperada para el material. Ese valor se representa como f'_c .

Esta resistencia de diseño, debe estar por encima de la resistencia considerada por el calculista, denominada resistencia de cálculo o característica, como medida de seguridad.

2.3.5.1 Relación Agua – Cemento

El cociente entre el peso del agua de mezclado (a), y el peso del cemento empleado (c), se conoce como “Relación Agua/Cemento (α), es decir:

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

Ec. 2.2 Relación Agua-Cemento

La relación agua-cemento del concreto es, por lo general, el parámetro fundamental e indicativo de la resistencia a la compresión a los 28 días de edad. La resistencia del concreto y la relación agua/cemento son inversamente proporcionales. Esta relación es importante también en la durabilidad del concreto, donde observaciones de campo e investigaciones en el laboratorio, demuestran que bajo la acción de ciertos tipos de ambientes agresivos es necesario mantener la relación agua/cemento por bajo de ciertos límites a fin de impedir el deterioro progresivo del concreto.

2.3.5.2 Relación Beta

Cuando se trata de los agregados, finos y gruesos, la relación de combinación entre ellos se expresa como el cociente entero entre el fino y el agregado total, sumando el grueso y el fino. Se simboliza como beta y se expresa en tanto por uno, o en tanto por ciento.

$$\beta = [A/ A+G] * 100$$

Ec. 2.3 Relación Beta

Siendo A y G los pesos de la arena y del agregado grueso respectivamente. La selección de Beta " β " está relacionada con el tipo de concreto y de las características de la obra, granulometría, forma, textura de los agregados, etc. Un

Beta hacia el lado de los finos, es decir, un valor alto produce concretos poco propensos a la segregación, apropiados para bombeos y donde se considere difícil su colocación en sitio, pero de mayor costo por la dosis de cemento que van a necesitar.

2.3.5.3 Límites de α por Durabilidad

Generalmente el valor Alfa máximo requerido por la resistencia mecánica es menor que el α máximo recomendable por condiciones de durabilidad. Pero no siempre es así, especialmente cuando se diseñan mezclas para localidades de ambientes agresivos. En esos casos debe prevalecer el requisito de durabilidad trabajando con el valor Alfa más bajo, lo cual va a dotar a la mezcla de resistencia mecánica más altas de las necesarias por motivo estructural. Esto sucede muy frecuentemente cuando diseñamos mezclas para obras en las regiones costeras.

Se debe tener en cuenta que, si bien α es un valor clave en el comportamiento del concreto, no es en sí mismo, una garantía para que el material resultante sea resistente y duradero. Factores tales como homogeneidad del concreto, su buena colocación de los refuerzos, etc. Son requisitos indispensables para la obtención de un buen concreto, adicionalmente a los detalles del diseño.

2.3.6 Mezclas de Prueba

Algunas características importantes de los materiales componentes del concreto no son determinadas con suficiente precisión mediante los ensayos usuales. Tal como

sucede con algunos aspectos de calidad intrínseca de los agregados, como forma, rugosidad, resistencia, etc., y con la actividad o efectividad del cemento y de los aditivos en las condiciones específicas del caso.

Estas características de los materiales componentes no son fáciles de precisar, tan sólo pueden ser tomadas en cuenta estimativamente en el diseño de la mezcla. Para determinar de manera más directa su influencia sobre la calidad del concreto, debemos acudir a lo que conocemos como mezcla de prueba (COVENIN 1976-1999).

2.3.6.1 Mezclas de Prueba en Obra

Si no se dispone de antecedentes sobre el comportamiento de los materiales en las mezclas y la preparación de éstas, se inicia directamente en la obra, las primeras mezclas se deben considerar como mezclas de prueba y con ellas se podrán ir haciendo los ajustes para lograr los concretos deseados (COVENIN 1976-1999)

2.3.6.2 Mezclas de Prueba de Laboratorio

Las potencialidades de los materiales componentes pueden ser averiguadas mediante mezclas hechas en el laboratorio. Así se puede comprobar la calidad media que es posible obtener, pero no sirven para averiguar la dispersión probable en obra. Las mezclas de prueba de laboratorio tienen ventajas de proporcionar datos muy precisos, ya que son hechas con controles de calidad rigurosos. Sin este alto grado de control pierden interés.

La información que proporcionan las mezclas de prueba de laboratorio es solo aplicable a los materiales con las que han sido elaborados, por lo cual esos materiales

empleados deben provenir de muestras verdaderamente representativas del material de la obra. (COVENIN 1976-1999)

2.3.7 Consideraciones de Costo

El costo de hacer concreto, igual que cualquier otro tipo de actividad de construcción, se compone del costo de los materiales, del equipo y de la mano de obra. La variación en el costo del material surge del hecho de que el cemento es varias veces más caro que el agregado, de manera que, al seleccionar las proporciones de la mezcla, es deseable evitar un alto contenido de cemento. El uso de las mezclas comparativamente económicas confiere también ventajas técnicas considerables, no sólo en el caso del concreto masivo donde la evolución de calor de hidratación excesivo puede causar agrietamiento, sino también en el concreto estructural donde, una mezcla rica puede conducir a alta contracción y agrietamiento. Por lo tanto, es claro que no es conveniente equivocarse a favor de las mezclas ricas, aun si se ignora el aspecto del costo. Con relación a esto, habrá que recordar que los diferentes materiales cementantes varían en costos por unidad de masa, siendo, con excepción del humo de sílice, más barato que el cemento Pórtland. Su influencia sobre las diferentes propiedades del concreto también varía. (Neville, A. 1999)

En la estimación del costo del concreto, es esencial considerar también la variabilidad de su resistencia porque es la resistencia “mínima”, o característica la que especifica el proyectista de la estructura, y es en realidad el criterio de aceptación del concreto, mientras que el costo real del concreto está relacionado con los materiales que producen cierta resistencia media. Esto se relaciona muy estrechamente con el problema del control de calidad.

2.3.8 Principios Estadísticos para la Evaluación de los Ensayos de Resistencia del Concreto

El procedimiento de uso más frecuente para evaluar la calidad del concreto es la resistencia a la compresión medida en muestras representativas, vaciadas en probetas cilíndricas y ensayadas a la edad de 28 días. Cuan más numerosos son los resultados de los ensayos de los que se disponga, con mayor precisión se podrá conocer la calidad de un concreto determinado y serán más específicas la correcciones que deban realizarse.

Los procedimientos estadísticos se basan en el supuesto de que los ensayos hayan sido hechos sobre muestras representativas y tomadas al azar. Estos principios estadísticos se basan en la Norma venezolana COVENIN 1976-1999 “Evaluación de los ensayos de resistencia del concreto”.

2.3.8.1 Principios Estadísticos

Parámetros Estadísticos

Se usan dos tipos de parámetros estadísticos fundamentales: uno que se refiere a la tendencia central y otro a la dispersión del conjunto de datos que se analizan.

❖ Media Aritmética o Promedio de la Muestra (\bar{X})

Como tendencia central del valor de los ensayos se utiliza la media aritmética del conjunto de los resultados involucrados.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n}$$

Ec. 2.4 Media Aritmética



Desviación Típica o Estándar (S)

Es el índice estadístico más representativo de la dispersión o variabilidad de los datos (independientemente del número de datos). Dos formulas para su cálculo son las siguientes:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Ec. 2.5 Desviación Típica o Estándar

Tabla 2.1 Desviación Estándar para el Control de Pruebas de Concreto

Variación en la pruebas					
Clase de operación	Coeficientes de Variación para Diferentes Normas de Control (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy Buena	Buena	Aceptable	Pobre
Prueba de control en el campo	<25	25-35	35-40	40-50	>50
Mezcla de Prueba de Laboratorio	<15	15-17	17-20	20-25	>25

Fuente: Chalhoub, E., U.D.O. 2005.

❖ Coeficiente de Variación (V)

Es la relación entre la desviación típica y el valor promedio o media, expresada en forma porcentual.

$$V = (S / \bar{X}) * 100$$

Ec. 2.6 Coeficiente de Variación

En el ámbito de laboratorio, con un control muy estricto, se logran coeficientes globales de hasta 4%. El comité A.C.I. 241 ha agrupado en una tabla los coeficientes de variación que cabe esperar en obras a diferentes grados de control; Éstos se fundamentan en la experiencia de un gran número de proyectos y sirven de guía en la evaluación del control del concreto.

Tabla 2.2 Coeficiente de Variación para el Control de Pruebas de Concreto

Variación en la pruebas					
Clase de operación	Coeficientes de Variación para Diferentes Normas de Control (%)				
	Excelente	Muy Buena	Buena	Aceptable	Pobre
Prueba de control en el campo	<3	3-4	4-5	5-6	>6
Mezcla de Prueba de Laboratorio	<2	2-3	3-4	4-5	>5

Fuente: Chalhoub, E., U.D.O. 2005.

Parámetros del Universo

Tanto la media \bar{X} , como la desviación estándar S , que se manejan, son obtenidos con los parámetros muestrales que se denominan “estadísticos”. A los parámetros verdaderos teóricos, para simbolizarlos se usan letras griegas μ (miu) para la media y σ (sigma) para la desviación estándar

Probabilidad de Ocurrencia

En la siguiente tabla se dan las relaciones entre la variable Z y la probabilidad de ocurrencia de los valores menores que el límite representado por esta variable. (COVENIN 1976-1999)

Tabla 2.3 Relación entre Z y la Probabilidad de Ocurrencia

Z	Probabilidad de ocurrencia	Z	Probabilidad de ocurrencia	Z	Probabilidad de ocurrencia
-3.25	0.0006	.1,60	0.0548	-4.265	0.00001
-3.2	7	-1.55	0.0606	-3.719	0.0001
-3.15	0.0008	-1.5	0.0668	-3.09	0.001
-3.1	0.001	-1.45	0.0735	-2.676	0.005
-3.05	0.0011	-1.4	0.0808	-2.326	0.01
-3	13	-1.35	0.0885	-2.054	2000
-2.95	0.0016	-1.3	0.0968	-1.96	0.025
-2.9	19	-1.25	0.1056	-1.881	0.03
-2.85	0.0022	1.2	0.1151	-1.751	0.04
-2.8	0.0026	-1.15	0.1251	-1.645	0.05
-2.75	0.003	-1.1	0.1357	-1.555	0.06
-2.7	0.0035	-1.05	0.1469	-1.476	0.07
-2.65	0.004	-1	0.1537	-1.405	0.08
-2.6	0.0047	-0.95	0.1711	-1.341	0.09
-2.55	0.0054	-0.9	0.1841	-1.282	0.1
-2.5	0.0062	-0.85	0.1977	-1.036	0.15
-2.45	0.0071	-0.8	0.2119	-0.8242	0.2
-2.4	0.0082	-0.75	0.2266	-0.674	0.25
.2,35	0.0094	-0.7	0.242	-.0,5240	0.3
-2.3	0.0107	-0.65	0.2578	-0.385	0.35
-2.25	0.0122	-0.6	0.2743	-0.253	0.4
-2.2	0.0139	-0.55	0.2912	-0.126	0.45
-2.15	0.0158	-0.5	0.3085	0	0.5
-2.1	0.0179	-0.45	0.3264		
-2.05	0.0202	-0.4	0.3446		
-2	0.0228	-0.35	0.3632		
-1.95	0.0266	-0.3	0.3281		
-1.9	0.0287	-0.25	0.4013		
-1.85	0.0322	-0.2	0.4207		
-1.8	0.0359	-0.15	0.4404		
-1.75	0,040I	-0.1	0.4602		
-1.70	0.0446	-0.05	0.4801		
-1.65	0.0495	0	0.5		

Fuente: Chalhoub, E., U.D.O. 2005.

2.3.8.2 Aplicaciones de los Principios Estadísticos al Control de Calidad del Concreto

Para el cálculo estructural se toma como resistencia de referencia del concreto la correspondiente a los ensayos de compresión que se realizan en probetas normalizadas. Lo que se emplea como resistencia característica o de Cálculo Estructural y que se simboliza como R_c o f^c . Esta es una resistencia bajo la cual se acepta que quede una determinada fracción del concreto, la cual se designa como Fracción Defectuosa o fráctil, es decir, el porcentaje de resultados de ensayos a compresión inferiores a la resistencia nominal de cálculo, referidos a la totalidad de los ensayos realizados.

La resistencia característica se establece de acuerdo a las posibilidades técnicas para fabricar concreto y basándose en los requerimientos estructurales. La fracción defectuosa es establecida mediante acuerdos y se representa en las normas como una exigencia o referencia fija. La resistencia característica y la fracción defectuosa deben mantenerse iguales a sí mismas tanto en el cálculo estructural, como en el diseño de mezcla y en las exigencias para el control del concreto. El concreto podría tener una calidad inferior a la prevista y por lo tanto resultaría peligroso para la seguridad de la estructura, cuando no cumpla con los requisitos de resistencia característica y fracción defectuosa en que se basa.

Por el contrario en un concreto que cumpla con los requisitos resulta prácticamente imposible el que pueda producir resistencias lo suficientemente bajas para poner en peligro la estructura, ya que las ramas de las curvas de distribución se acercan al eje de las abscisas de manera asintótica. En otras palabras, el valor medio de la resistencia del concreto F_{cr} , deberá exceder a la resistencia nominal de cálculo o característico f^c en una cantidad por lo menos menor o igual a $(Z\sigma)$.

Mayoración de Resistencias

Es necesario mayorar el valor de la resistencia nominal de cálculo en una magnitud que va a depender del valor de la fracción defectuosa seleccionada y del grado de dispersión de resultados, según lo especificado, a fin de obtener el valor de resistencia media a ser usada en el diseño de mezcla. Aplicando los principios estadísticos, el límite X_i representa a la resistencia característica (f^c); X a la resistencia media y Z , como índice de la fracción defectuosa, quedando la siguiente expresión:

$$F_{cr} = f^c + Z * \sigma$$

Ec. 2.7 Resistencia Media Requerida por el Diseño de Mezcla

Permite calcular la resistencia media requerida por el diseño de mezcla (F_{cr}). Esta resistencia será mayor cuanto menor sea el grado de control. El valor Z es función de la fracción defectuosa que estipula la norma venezolana COVENIN 1976:1999. Normalmente se fija el valor en función de la importancia de la obra, en segundo caso su magnitud debe mantenerse invariable.

2.3.8.3 Criterios de Aceptación y Rechazo de las Mezclas de Concreto

Se pueden establecer criterios para determinar si un concreto cumple con los requisitos básicos de resistencia características y fracción defectuosa tomando en cuenta las bases estadísticas. La norma venezolana COVENIN-MINDUR, esencialmente coincide con el código del ACI 318 del año 1982, está basada fundamentalmente en dos requisitos para la resistencia mínima en relación con la de diseño.

Criterio General

El cumplimiento con los requisitos de la resistencia media es una garantía de la calidad del concreto, aplicando la ecuación 2.5 $F_{cr} = f'c + Z * \sigma$ para un concreto que tuviera $X = f_{cr}$, S y con un índice de probabilidad Z , entre los límites.

$$[F_{cr} - Z * S] < \mu < [f_{cr} + Z * S]$$

Ec. 2.8 Límites de Aceptación y rechazo de las Mezclas de Concreto

Criterios Específicos

Las normas establecen dos criterios que deben cumplir el concreto:

- ❖ El primer criterio establece que la media de los resultados de los ensayos debe ser mayor que la resistencia de cálculo $f'c$ más la fracción defectuosa por la desviación estándar muestral, S , se tiene que:

$$F_{cr} > f'c + Z * S$$

Ec. 2.9 Primer Criterio de Aceptación y Rechazo de las Mezclas de Concreto

- ❖ El segundo criterio establece que todos y cada uno de los resultados de ensayos individuales, debe ser mayor o igual que la resistencia de cálculo disminuida en 35 kg/cm².

$$X_i > f'c - 35 \text{ kg / cm}^2$$

Ec. 2.10 Segundo Criterio de Aceptación y Rechazo de las Mezclas de Concreto

Para que el concreto sea aceptable es necesario que éste cumpliendo simultáneamente los requisitos exigidos por los dos criterios. Ambos se refieren a la resistencia a la compresión.

2.3.8.4 Medidas de Correlación

La técnica de regresión provee modelos matemáticos que permiten asociar a un grupo de variables involucradas en un fenómeno y la técnica de correlación determina el grado o calidad de asociación que se logra con cada modelo de regresión propuesta. Las medidas utilizadas de correlación es el coeficiente de correlación lineal, el cual se aplica sólo a ecuaciones lineales, el logarítmico, potencial y exponencial.

Coeficiente de correlación

Indica el grado de asociación de dos o más variables (más de dos en la correlación múltiple). El valor de r es una medida del grado en que los cambios en el nivel de una variable están asociados con los cambios en el nivel de la otra variable, el cual oscila en el intervalo cerrado $[-1, +1]$, es decir, $-1 \leq r \leq 1$. Cuando r toma un valor extremo, ya sea $r = 1$ ó $r = -1$ existe una correlación perfecta positiva o negativa según el signo. Sin embargo, no todas las relaciones son tan ideales, en el común de los casos $-1 < r < 1$. Empíricamente se afirma que:

Tabla 2.4 Calidad de Correlación en Función del Valor de r

Valor de r	Calidad de Correlación
Si $r = \pm 1$	Perfecta
Si $0,9 \leq r < 1$	Excelente
Si $0,8 \leq r < 0,9$ ó $-0,9 < r \leq -0,8$	Buena
Si $0,6 \leq r < 0,8$ ó $-0,8 < r \leq -0,6$	Regular
Si $0,3 \leq r < 0,6$ ó $-0,6 < r \leq -0,3$	Mala
Si $-0,3 < r < 0,3$	No hay Correlación

Fuente: Chalhoub, E., U.D.O. 2005.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Introducción

El desarrollo del presente trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones de la planta de concreto premezclados SIMPCA, ubicada en la zona industrial Mesones de Barcelona, Estado Anzoátegui.

3.2 Etapas del desarrollo experimental

En la recolección de los datos, necesarios para el desarrollo del proyecto, se utilizó la investigación documental y de campo, cumpliendo con la siguiente secuencia de trabajo. En la cual se especifica cada una de las etapas previas al resultado.

Cuadro 3.1. Esquema de Trabajo en Campo.



Cada una de estas etapas experimentales se rigieron por las especificaciones de las Normas Venezolanas COVENIN “Comisión Venezolana de Normas Industriales”, ASTM “American Society for Testing and Materials” y ACI “American Concrete Institute”.

3.2.1 Selección de Materiales y Aditivos

Para poder realizar este trabajo de investigación, se seleccionaron los siguientes materiales y sustancias:

- ❖ Agregado Fino (Arena) y Agregado Grueso (Piedra Picada 1”)

De la arena y piedra depositada en los patios de la Planta de premezclados SIMPCA-Barcelona, se tomaron 2 lotes de estos materiales y en cada uno de los tercios, a diferentes alturas de las pilas de los materiales depositados, la cantidad necesaria para el comienzo y culminación de los trabajos de campo. Para así tratar de mantener las mismas características físico-químicas en los componentes de las mezclas de concreto.

- ❖ Cemento pórtland Tipo III (Premium) y Microsílice

Estos materiales fueron sacados de los silos, que conforman la planta 1 de premezclado de la empresa SIMPCA-Barcelona. Los cuales fueron conservados completamente libres de humedad y almacenados bajo techo, para así mantener sus propiedades. La procedencia del cemento es de Cementos Venezolanos-Pertigalete Estado Anzoátegui y la de la microsílice es de Ferroven Puerto Ordaz Estado Bolívar.

❖ Aditivos

Los aditivos, tipo A y F (Polyheed 1022 N) y tipo B y D (Pozzolith 2205), se obtuvieron de los tanques de almacenamiento, de la planta 1 de premezclado de la empresa SIMPCA-Barcelona. Estas sustancias fueron colocadas en unos recipientes (pimpinas), debidamente protegidas, evitando así su contaminación.

❖ Agua

Fue tomada directamente del acueducto Metropolitano de Barcelona, Edo-Anzoátegui, a medida que se requiere su uso.

3.2.2 Control de Calidad

Los materiales y aditivos fueron evaluados, con el propósito de confirmar su calidad, para su futura utilización en la elaboración de las mezclas de concreto. Las muestras obtenidas tanto en Laboratorio como en la Planta se apegaron a los métodos de pruebas y/o ensayos normalizados, de las principales normas que se aplican, en este caso las Normas Venezolanas COVENIN “Comisión Venezolana de Normas Industriales”, ASTM “American Society for Testing and Materials” y ACI “American Concrete Institute”.

❖ Ensayos Realizados al Agregado Grueso

COVENIN 255-77: “Método de Ensayo para Determinar la composición Granulométrica de los agregados Finos y Gruesos”.

COVENIN 264 (R): “Concreto. Agregado grueso. Determinación del porcentaje de partículas planas, largas o planilargas”.

COVENIN 263-78: “Método de Ensayo para determinar el Peso Unitario de los Agregados”.

Tanto el resumen granulométrico como la determinación del porcentaje de partículas planas, largas o planilargas de la Piedra 1”, fueron realizados en la empresa de premezclado SIMPCA-Barcelona, los cuales se muestran en el Anexo L y Anexo M, respectivamente. Los análisis Físico-Químicos, peso específico, % de Absorción y desgaste de los Ángeles, fueron realizados en las instalaciones del Centro de Investigaciones Tecnológicas de Oriente (CITO). Así mismo todos los estudios realizados al agregado fino, los cuales se encuentran en los Anexo C y Anexo D correspondientemente, menos el resumen de granulometría que fue realizado en el laboratorio de la empresa (Anexo N).

❖ Ensayos Realizados al Agua

El estudio Físico-Químico realizado al agua (Anexo K), fue hecho en el Centro de Investigaciones Tecnológicas de Oriente (CITO), garantizando así que el agua utilizada para la elaboración del concreto, cumplieran con las especificaciones de la norma venezolana COVENIN 2385-86 “Agua de Mezclado para concretos y Morteros. Especificaciones” y presentando las siguientes características: fresco, limpia, libre de aceite, ácidos, álcalis, sales o materiales orgánicos.

❖ Cemento, Microsílice y Aditivos.

El cemento utilizado en la elaboración de las mezclas de concreto, cuya procedencia es de Cementos Venezolanos- Pertigalete, Estado Anzoátegui, al ser

recibido por la empresa SIMPCA-Barcelona, estuvo acompañado de su correspondiente certificado de calidad (Anexo F). Por otra parte la microsílíce utilizada en la elaboración de las mezclas de concreto proviene de Ferroven Edo. Bolívar (Anexo O). Con respecto a los aditivos, antes de su utilización, se verificó que cumplieran con las condiciones especificadas, por medio de una certificación que el fabricante garantiza en cada envío (Anexo I y Anexo J).

3.2.3 Diseños de Mezclas de Concreto

Las mezclas de concreto con microsílíce se diseñaron de acuerdo a las especificaciones del American Concrete Institute (ACI 211.1-91 “Método para el Diseño de Mezclas de Concreto”).

Los diseños se hicieron por resistencia. Partiendo de esto, se tomaron como datos, las variables: relación agua-cemento de 0,50, asentamiento 6”, fracción defectuosa del 10% y desviación estándar de 35 kg/cm² para una resistencia a la compresión de 250 kg/cm² para 7 y 28 días respectivamente.

Para la elaboración del diseño de mezcla, se consideró el uso de dos aditivos, plastificante y retardador, con la finalidad de reducir la medida de agua requerida por el diseño de mezcla y a la vez, la cantidad de cemento, manteniendo la misma relación agua-cemento.

Los cuadros que siguen a continuación muestran los diseños por metro cúbico de concreto.

Tabla 3.1 Diseño de Mezcla (A/C=0,55)

DESVIACIÓN STANDARD (Kg/cm ²)	35
FRACCIÓN DEFECTUOSA (%)	10
TAMAÑO MAXIMO (Pulg)	1"
RESISTENCIA DE PROYECTO (Kg/cm ²)	250

MEZCLA	MPLAB	MPVAR	MP
PIEDRA CALIZA 1" (Kg)	960	960	960
ARENA (Kg)	873	873	873
CEMENTO	267	267	267
AGUA (Lts)	194	194	194
MICROSÍLICE (Kg)	42	42	42
POZ - 2205 (cm ³)	855	855	855
POLYH 1022 (cm ³)	1486	1486	1486
AIRE ATRAPADO (%)	1,5	1,5	1,5
VOLUMEN TOTAL (Lts)	1000	1000	1000
ASENTAMIENTO (Pulg)	7	7	7
RELACIÓN AGUA/CEMENTO	0,55	0,55	0,55

Fuente: Empresa de Premezclado SIMPCA - Barcelona

3.2.4 Elaboración de Mezclas de Concreto

Para la preparación de las mezclas de concreto, se utilizó como referencia la norma venezolana COVENIN 354-79 “Método para el Mezclado de Concreto en el

Laboratorio”. Cada mezcla se elaboró para un volumen de 30 lts, siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Antes que todo, se realizaron ajustes en el diseño del concreto, respecto al peso de los agregados, debido a la humedad que presentaba el material, a la hora del mezclado (corrección por humedad).
2. Conocido el contenido de humedad de la arena y hacer los ajustes necesarios al diseño, se pesaron todos los materiales a emplearse en la mezcla.
3. A continuación, se humedeció la mezcladora y se puso en marcha, agregándole el 75% del agua a utilizar y añadiéndole el aditivo Pozzoloth 2205 (Aditivo Retardador).
4. Luego, se colocó en la mezcladora el agregado grueso (piedra picada 1”), agregado fino (Arena), cemento, microsíllice, el resto de agua y el aditivo Polyheed 1022 (Reductor de Agua), en ese orden, realizando la operación de mezclado con la maquina en marcha.
5. Seguidamente, una vez añadido todos los materiales y sustancias, el proceso de mezclado se mantuvo por 3 minutos, se siguió con otros 3 minutos de reposo y finalmente 2 minutos más de mezclado.
6. Finalmente, el concreto se descargó de la mezcladora a una carretilla limpia y humedecida, removiendo la mezcla con una cuchara metálica hasta que quedara uniforme y homogénea, para evitar así segregación.

3.2.5 Ensayos Sobre el Concreto Fresco

❖ Asentamiento

Para la medición del asentamiento del concreto, se siguieron los procedimientos señalados en la norma venezolana COVENIN 339:1994 “Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams”.

❖ Temperatura

Una vez mezclado el concreto y vaciado en la carretilla, se colocó el termómetro digital, dando como lectura, la temperatura del concreto en ese instante.

❖ Peso Unitario del Concreto Fresco (P.U.C)

Para el cálculo del P.U.C. se tomo como referencia las especificaciones de la norma venezolana COVENIN 349-79 “Concreto. Determinación del Peso por Metro Cúbico Rendimiento y Contenido de Aire en el Concreto”.

3.2.6 Elaboración de Probetas Cilíndricas

Realizadas las mezclas, se procedió al llenado de las probetas cilíndricas de 15x30 cm,(lubricadas con aceite mineral), en una secuencia de tres capas, compactadas con la barra compactadora, como lo especifica la norma venezolana COVENIN 338-1994 “Concreto. Método para la elaboración, curado y Ensayo a Compresión de los Cilindros de Concreto”

3.2.7 Curado de Probetas

Luego de haber transcurrido 24 horas de la elaboración de las probetas cilíndricas, se desencofraron y se identificaron (nomenclatura), para inmediatamente introducir las en la piscina de curado, evitando así la pérdida de agua por evaporación. El agua de la piscina se mantuvo con una condición de temperatura igual a $23 \pm 1,5$ °C y saturada de cal. Todos estos pasos cumplen con la norma venezolana COVENIN 338:1994 “Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto”.

3.2.8 Ensayo Sobre el Concreto Endurecido

Al cumplir las edades establecidas para su ensayo a compresión (7 y 28 días), fueron sacadas las probetas de la piscina de curado, para su posterior secado.

Luego, cada una de las probetas fue pesada, y con las medidas de su diámetro y altura (área de la probeta), se calculó la densidad del concreto, antes de proceder al ensayo a compresión en una prensa hidráulica de capacidad 2000 KN, y una velocidad de ensayo de 3,5 m/seg

El ensayo de resistencia a la compresión, se realizo de acuerdo con las siguientes especificaciones: norma venezolana COVENIN 338:1994 “Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto” y COVENIN 345-80 “Método para la extracción y Ensayo de Probetas Cilíndricas y Viguetas de Concreto Endurecido”.

3.2.9 Procesamiento de Datos, Cálculos y Análisis de Resultados

Con respecto al análisis estadístico, se usaron algunos parámetros estadísticos fundamentales. Por otra parte, para la toma de decisiones se rigieron por ciertos criterios, basados en estimaciones acuerdos o decisiones condicionadas por la experiencia.

Para evaluar los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión y definir su aceptación o rechazo, se siguieron los requerimientos de la norma COVENIN 1976: 1999 “Concreto. Evaluación y Método de Ensayo”.

3.3 Equipos, Materiales, Sustancias y Herramientas Utilizadas

Equipos

- ❖ Balanza Digital
Marca: OHAUS
Capacidad: 150 kg
Apreciación: 5 kg

- ❖ Balanza Digital
Marca: OHAUS
Capacidad: 20 kg
Apreciación: 1 kg

- ❖ Horno Eléctrico
Marca: CONTROLS
Capacidad: 2000 KN
Apreciación: 0,1 KN

- ❖ Termómetro
Marca: SOILTEST INC
Capacidad: 50 °C
Apreciación: 0,5 °C

- ❖ Cilindro Graduado
Marca: POBEL
Capacidad: 1000 ml
Apreciación: ± 10 ml

- ❖ Cilindro Graduado
Marca: WITEG
Capacidad: 10 ml
Apreciación: $\pm 0,2$ ml

- ❖ Tamizador Eléctrico
Marca: GILSON SCHELL CO
Capacidad: Ocho Cedazos

- ❖ Cedazos Normalizados para Agregados Grueso
Marca: STANDARD TESTING SIEVE
Abertura de Malla según COVENIN: 38,1 mm (1 ½”), 25,4 mm (1”), 19 mm (¾”), 12,7 mm, 9,53 mm (3/8”), 6,35 mm (1/4”), 4,76 mm (#4)

- ❖ Cedazos Normalizados para Agregados Fino
Marca: STANDARD TESTING SIEVE
Abertura de Malla según COVENIN: 4,76 mm (#4), 1,19 mm (#16), 0,59 mm (#30), 0,29 mm (#50), 0,14 mm (#100), 75 μ m (#200), Fondo

- ❖ Mezcladora de Concreto
Marca: IVETI
Capacidad: 125 Lts (Cap. Máx)

- ❖ Moldes Cilíndricos Metálicos (Encofrados)
Dimensiones según COVENIN: Altura 30 cm y Diámetro 15 cm

- ❖ Cono de Abrans
Capacidad del Cono: 6 Lts

- ❖ Barra Compactadora de Acero
Cilíndrica, recta, 600 mm de Longitud, 16 mm de Diámetro, Punta Semi-Esférica de 8 mm de Diámetro

Materiales

- ❖ Arena Natural
Procedencia: Saque de Río Güere, Clarines-Edo. Anzoátegui

- ❖ Piedra Picada 1”
Procedencia: Cantera de Pertigalete-Edo. Anzoátegui

- ❖ Cemento Portland Tipo III
Procedencia: Cementos Venezolanos, Pertigalete-Edo. Anzoátegui

- ❖ Microsílice
Procedencia: Empresa FERROVEN, Edo-Bolívar

Sustancias

- ❖ Aditivos
Polyheed 1022: Aditivo A y F (Reductor de Agua de Alto Rango)
Marca: BASF Construction Chemicals S.A

Pozzolith 2205: Aditivo tipo B y D (Retardador del fraguado y Reductor de Agua)

Marca: Master Builders Technologies, MBT de Venezuela C.A

❖ Agua

Procedencia: Hidrocaribe

❖ Aceite Mineral

Procedencia: Derivado del Petróleo

Herramientas

❖ Cucharas

❖ Guantes

❖ Cepillos de Alambres

❖ Cinta Métrica

❖ Envases Metálicos

❖ Casco y Lentes de Seguridad

❖ Carretilla

Los equipos, materiales, aditivos y herramientas antes descritos, están a la disposición en el laboratorio de control de calidad del concreto SIMPCA-Barcelona, los cuales fueron provistos por esta empresa de premezclado.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos tanto a nivel de planta como en laboratorio; de los ensayos realizados a los agregados, ensayos de las mezclas y la evaluación de las variables que influyen en la producción de concreto, serán analizados y explicados por medios de tablas y gráficos con el fin de demostrar el alcance de los objetivos propuestos y responder a las interrogantes presentes en la investigación.

4.1 Ensayos para la caracterización de los agregados

4.1.1 Presentación y Análisis de la Granulometría de los Agregados

Los resultados que se presentan en el cuadro 1 representan la composición granulométrica obtenida en laboratorio del agregado fino (Arena de Güere). Dicha composición está dada por el porcentaje de material retenido y material pasante de cada tamiz, con los cuales se puede determinar el estado de dicho material comparando estos con los límites establecidos por la norma ASTM. En la gráfica 1 se muestra la curva granulométrica correspondiente al agregado fino, en el cual se puede observar el estado en el que se encuentra el material, es decir, si está bien gradado o mal gradado. Los resultados de esta granulometría fueron utilizados en la elaboración de las mezclas tanto en el laboratorio como en planta.

En el cuadro 2 se muestran los resultados de la granulometría realizada al agregado grueso (Piedra 1" de Pertigalete). La gráfica 2 representa la curva granulométrica obtenida en el laboratorio perteneciente al agregado grueso. Estos

resultados fueron utilizados para las mezclas de concreto realizadas en laboratorio y planta.

Tabla 4.1. Porcentaje Pasante de Arena de Güere

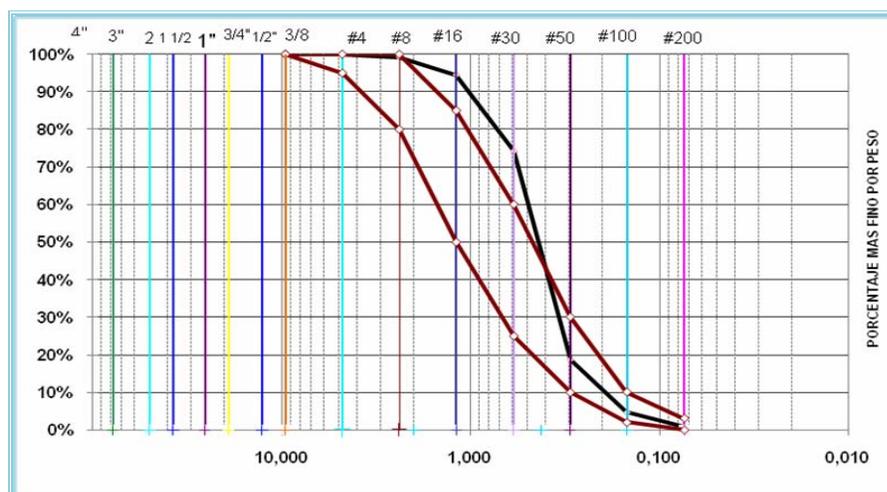
Abertura del Tamiz		Peso	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)	Retenido (Grs.)					
3/8"	9,520				1080	100%	100,00%
#4	4,760				1080	100%	95-100%
# 8	2,380	20,00	1,85	20	1060	98%	80-100%
# 16	1,190	80,00	7,41	100	980	91%	50-85%
#30	0,59	280,00	25,93	380	700,00	65%	25-60%
#50	0,297	490,00	45,37	870	210,00	19%	10-30%
#100	0,149	120,00	11,11	990	90,00	8%	2-10%
#200	0,074	50,00	4,63	1040	40,00	4%	0-3%
Fondo		40,00	3,70	1080			

Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.2. Porcentaje de Pasante de Arena de Güere

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
3/8"	9,520				1280	100%	100,00%
#4	4,760				1280	100%	95-100%
# 8	2,380	10,00	0,78	10	1270	99%	80-100%
# 16	1,190	60,00	4,69	70	1210	95%	50-85%
#30	0,59	260,00	20,31	330	950,00	74%	25-60%
#50	0,297	710,00	55,47	1040	240,00	19%	10-30%
#100	0,149	180,00	14,06	1220	60,00	5%	2-10%
#200	0,074	50,00	3,91	1270	10,00	1%	0-3%
Fondo		10,00	0,78	1280			

Fuente: Elaborada por el Autor

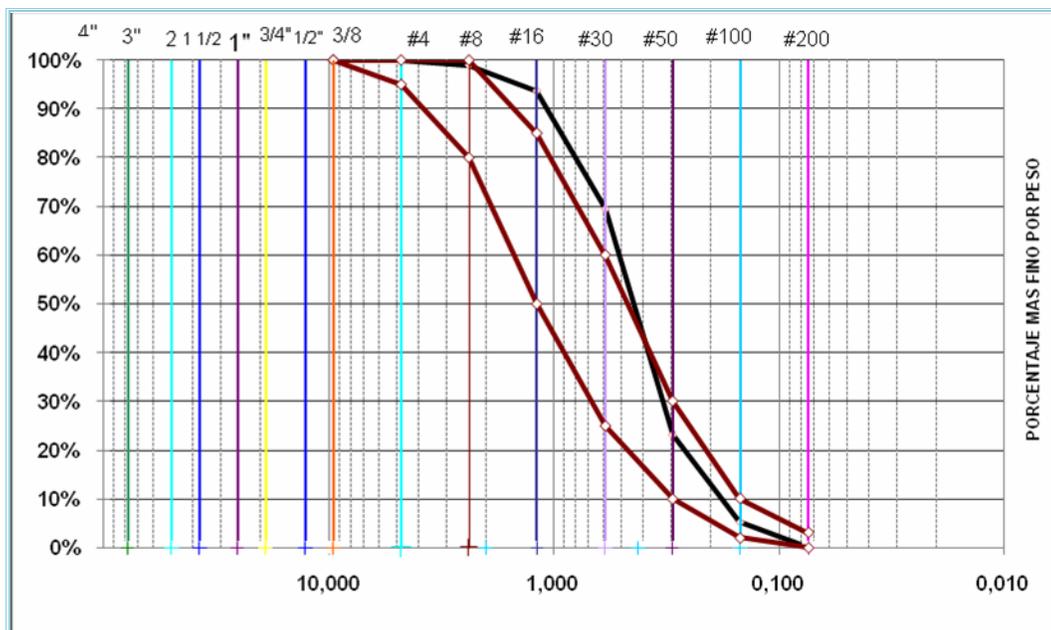
Figura 4.2. Especificaciones Granulométricas de la Arena de Güere

Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.3. Porcentaje Pasante de Arena de Güere

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
3/8"	9,520				950	100%	100,00%
#4	4,760				950	100%	95-100%
# 8	2,380	10,00	1,05	10	940	99%	80-100%
# 16	1,190	50,00	5,26	60	890	94%	50-85%
#30	0,59	230,00	24,21	290	660,00	69%	25-60%
#50	0,297	440,00	46,32	730	220,00	23%	10-30%
#100	0,149	170,00	17,89	900	50,00	5%	2-10%
#200	0,074	50,00	5,26	950			0-3%
Fondo				950			

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.3. Especificaciones Granulométricas de la Arena de Güere

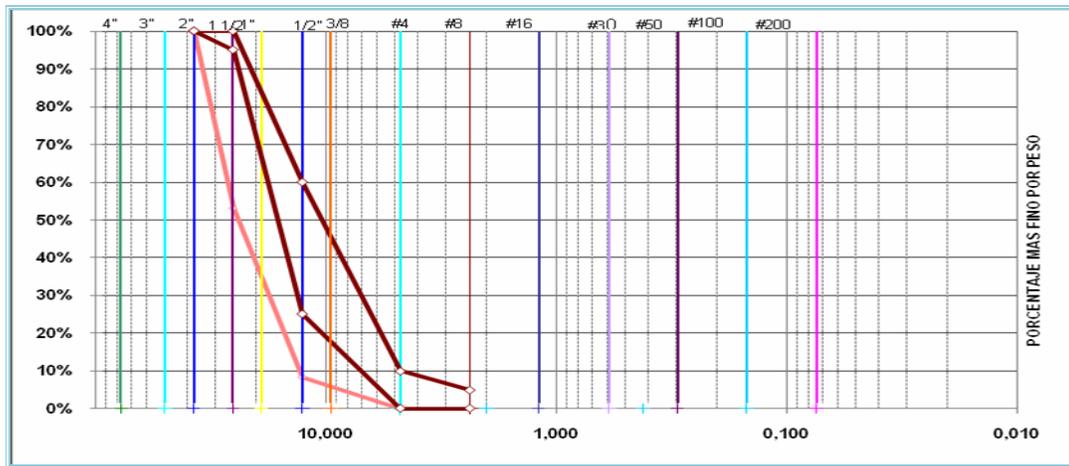
Fuente: Elaborado por el Autor.

Tabla 4.4. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				2193	100%	100,00%
1"	25,400	1.027,00	46,83	1027	1166	53%	95-100%
1/2"	12,700	984,00	44,87	2011	182	8%	25-60%
# 4	4,760	181,00	8,25	2192	1	0%	0-10%
# 8	2,38	1,00	0,05	2193			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.4. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

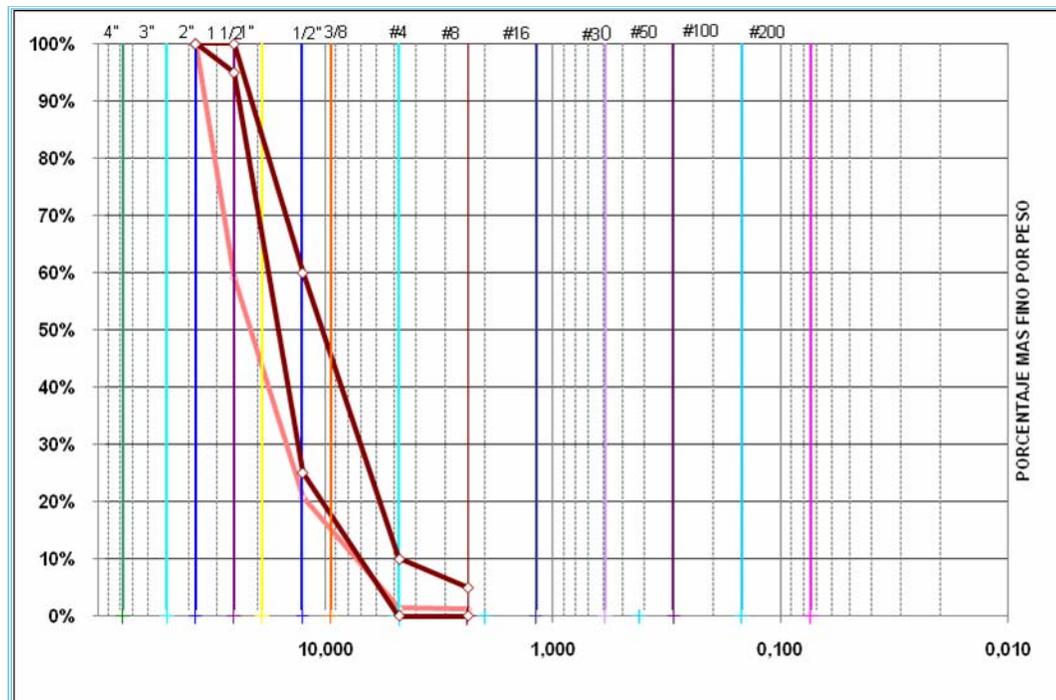
La curva granulométrica de la piedra se aleja del límite superior dispuesto por la Norma ASTM, de manera que se esta en presencia de un material con partículas gruesas, el cual puede perjudicar la trabajabilidad de la mezcla y así favorecer a la disgregación de la misma.

Tabla 4.5. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)	Retenido (Grs.)					
1 1/2"	37,500				1490	100%	100,00%
1"	25,400	610,00	40,94	610	880	59%	95-100%
1/2"	12,700	570,00	38,26	1180	310	21%	25-60%
# 4	4,760	290,00	19,46	1470	20	1%	0-10%
# 8	2,38	20,00	1,34	1490			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.5. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



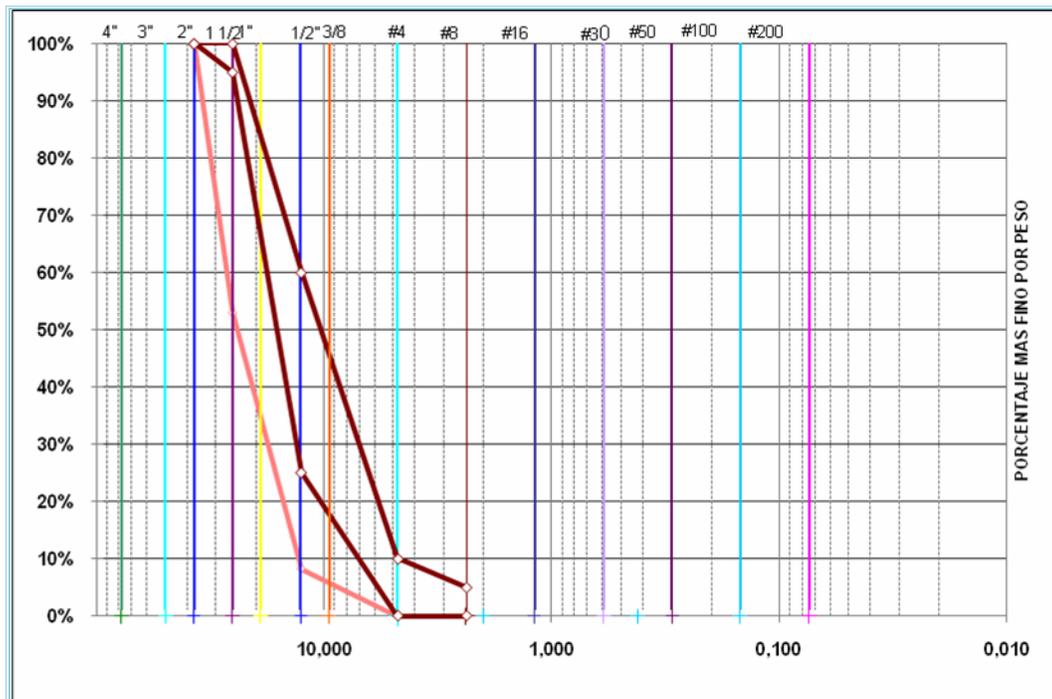
Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.6. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				2190	100%	100,00%
1"	25,400	1.030,00	47,03	1030	1160	53%	95-100%
1/2"	12,700	980,00	44,75	2010	180	8%	25-60%
# 4	4,760	180,00	8,22	2190			0-10%
# 8	2,38			2190			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.6. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



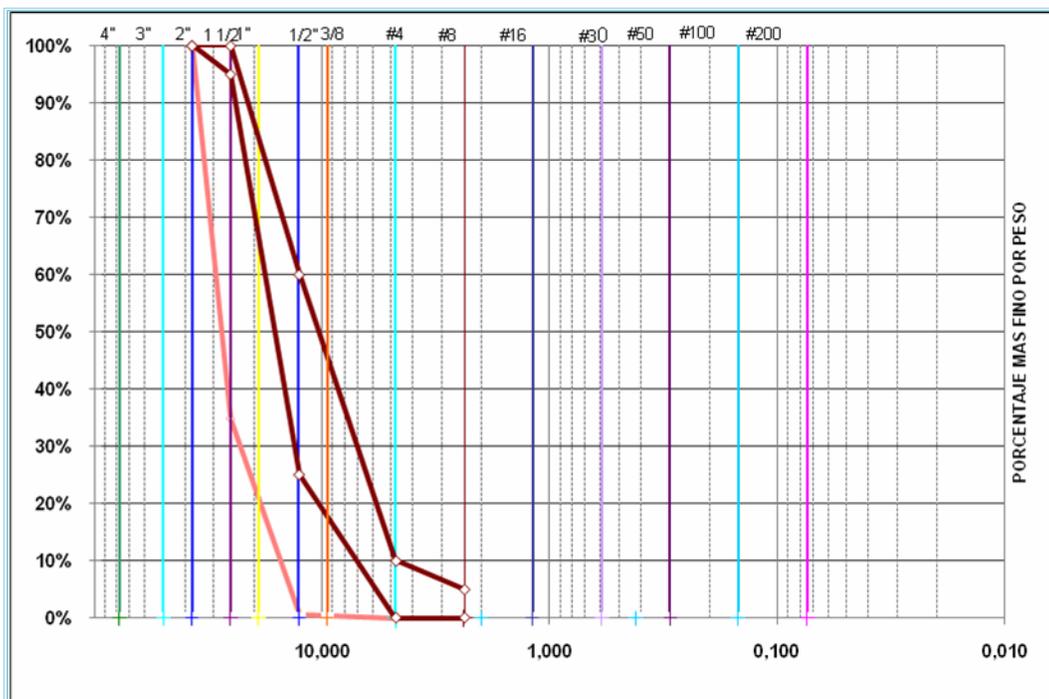
Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.7. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				1580	100%	100,00%
1"	25,400	1.030,00	65,19	1030	550	35%	95-100%
1/2"	12,700	540,00	34,18	1570	10	1%	25-60%
# 4	4,760	10,00	0,63	1580			0-10%
# 8	2,38			1580			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.7. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

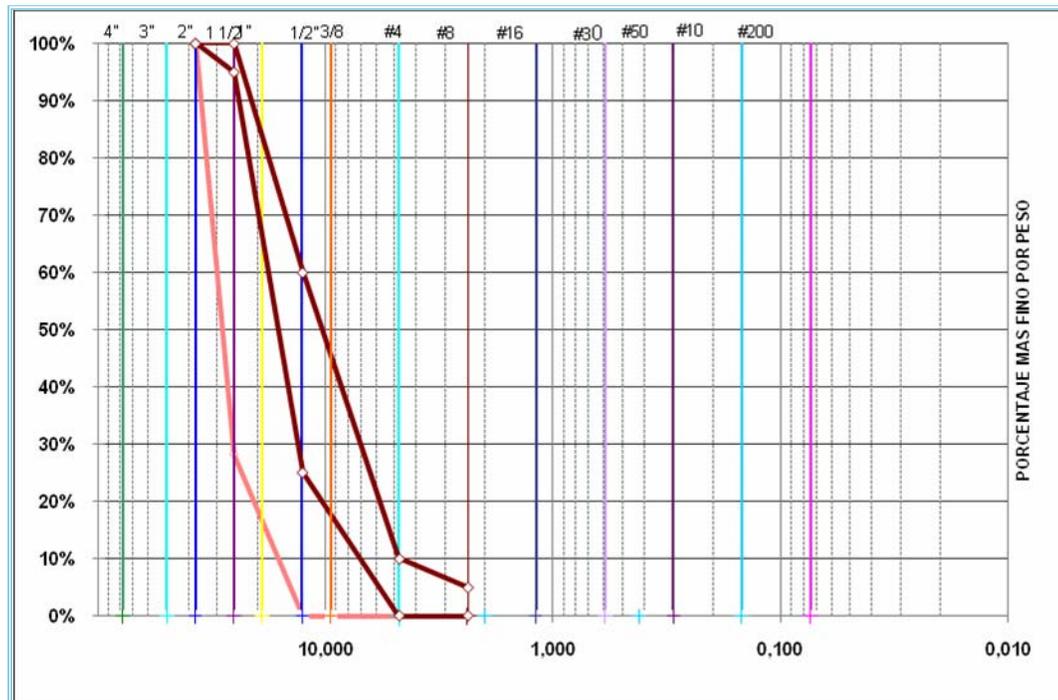
Tabla 4.8. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				1240	100%	100,00%
1"	25,400	890,00	71,77	890	350	28%	95-100%
1/2"	12,700	350,00	28,23	1240			25-60%
# 4	4,760			1240			0-10%

# 8	2,38			1240		0-5%
-----	------	--	--	------	--	------

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.8. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

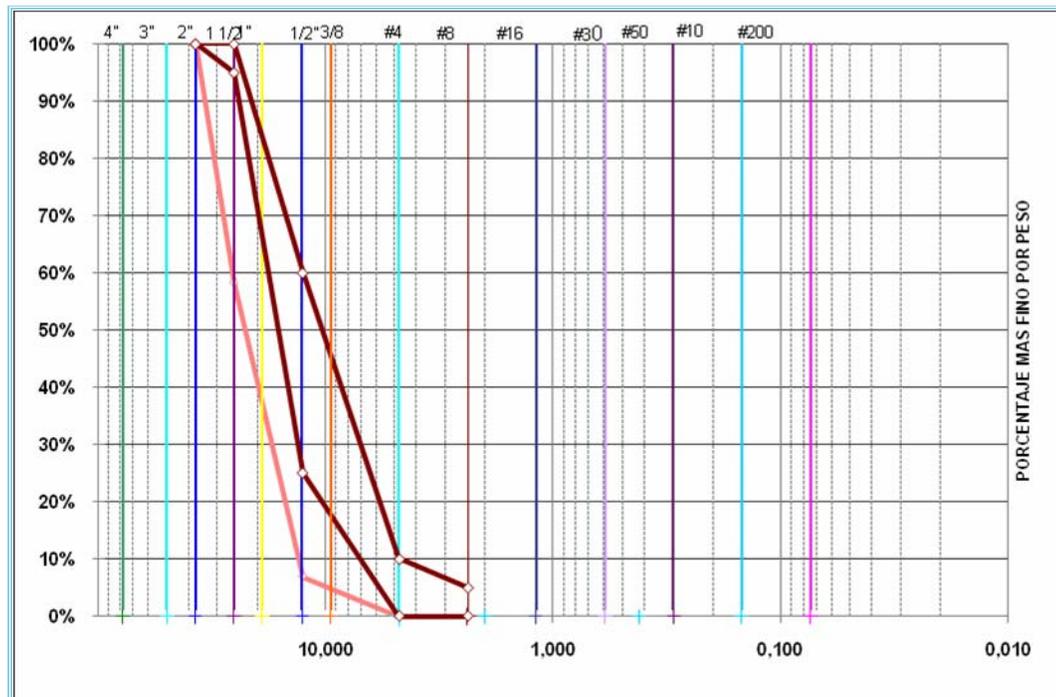
Tabla 4.9. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz	Peso	%	Peso	Peso que	% Que Pasa	Norma ASTM C-33	
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)	Retenido (Grs.)	Retenido Acumulado	Pasa			
1 1/2"	37,500			1440	100%	100,00%	
1"	25,400	600,00	41,67	600	840	58%	95-100%
1/2"	12,700	740,00	51,39	1340	100	7%	25-60%

# 4	4,760	100,00	6,94	1440			0-10%
# 8	2,38			1440			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.9. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

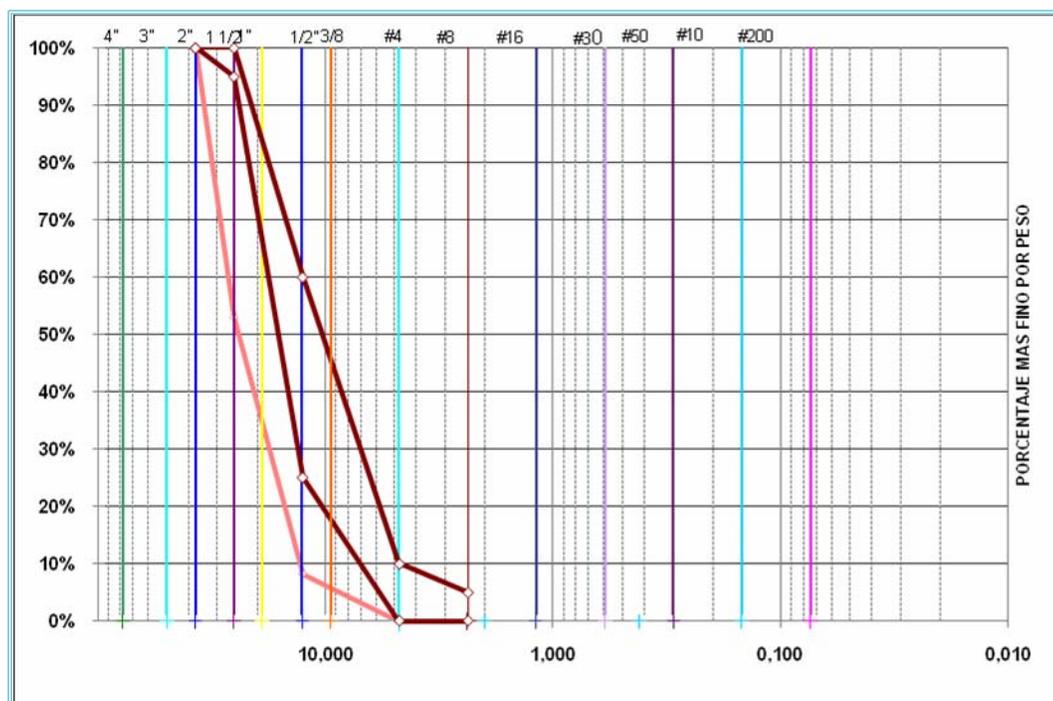
Tabla 4.10. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)	Retenido (Grs.)					
1 1/2"	37,500				2190	100%	100,00%
1"	25,400	1.030,00	47,03	1030	1160	53%	95-100%
1/2"	12,700	980,00	44,75	2010	180	8%	25-60%

# 4	4,760	180,00	8,22	2190			0-10%
# 8	2,38			2190			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.10. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

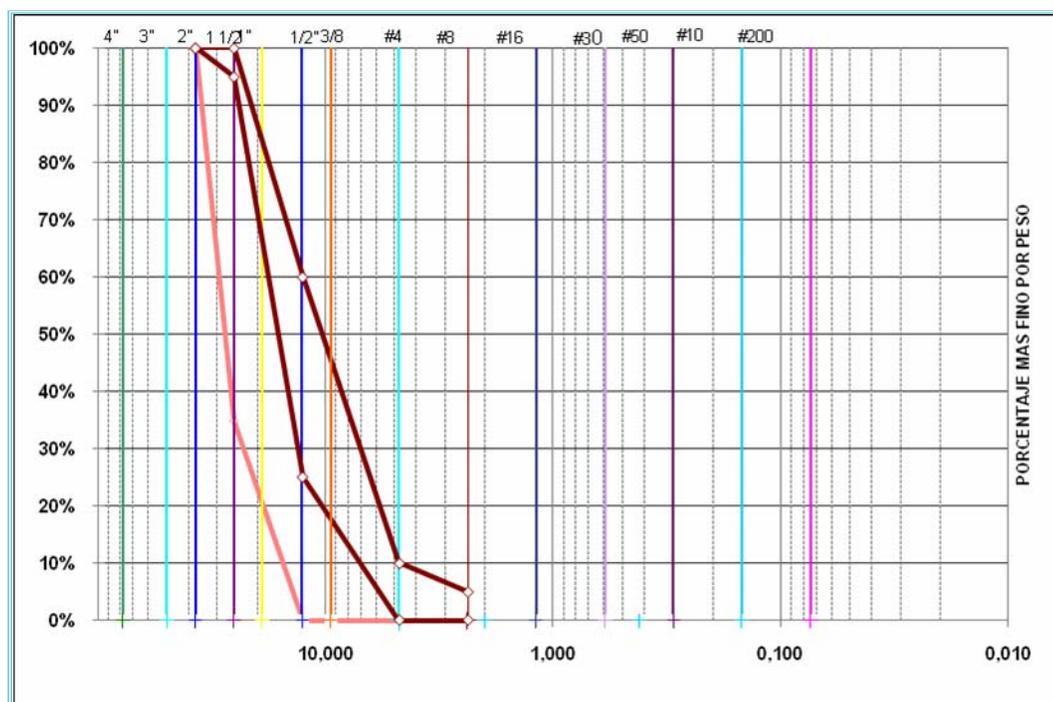
Tabla 4.11. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				1580	100%	100,00%
1"	25,400	1.030,00	65,19	1030	550	35%	95-100%

1/2"	12,700	550,00	34,81	1580			25-60%
# 4	4,760			1580			0-10%
# 8	2,38			1580			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.11. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

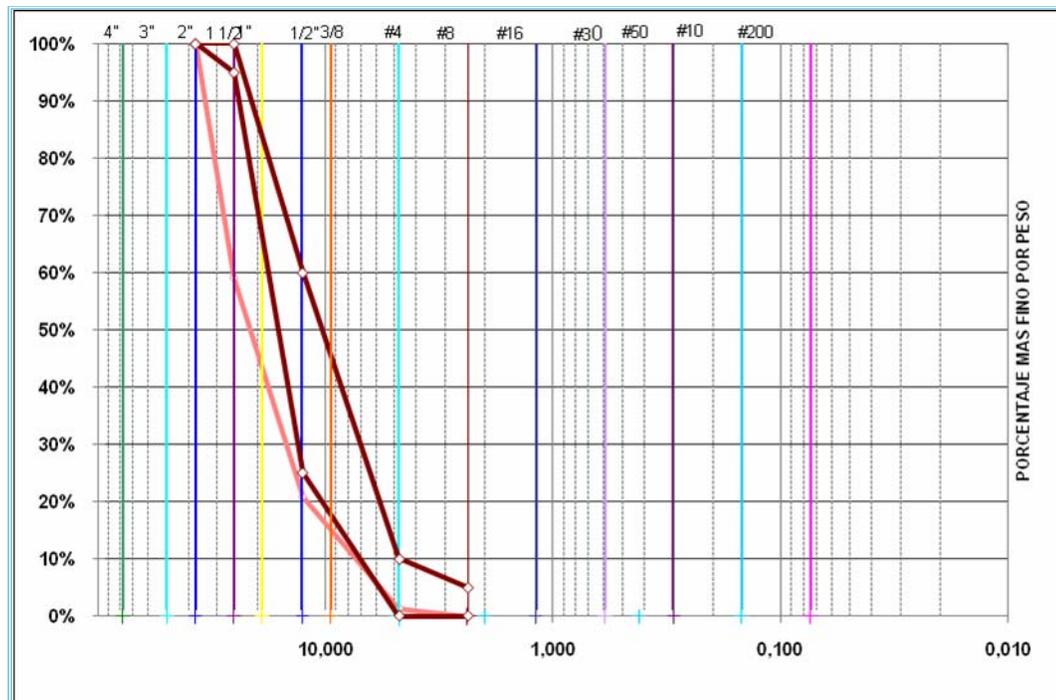
Tabla 4.12. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso	% Retenido	Peso	Peso que	% Que Pasa	Norma
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)	Retenido (Grs.)		Retenido Acumulado	que Pasa		ASTM C-33
1 1/2"	37,500				1490	100%	100,00%
1"	25,400	610,00	40,94	610	880	59%	95-100%

1/2"	12,700	570,00	38,26	1180	310	21%	25-60%
# 4	4,760	290,00	19,46	1470	20	1%	0-10%
# 8	2,38	20,00	1,34	1490			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.12. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigaleta)



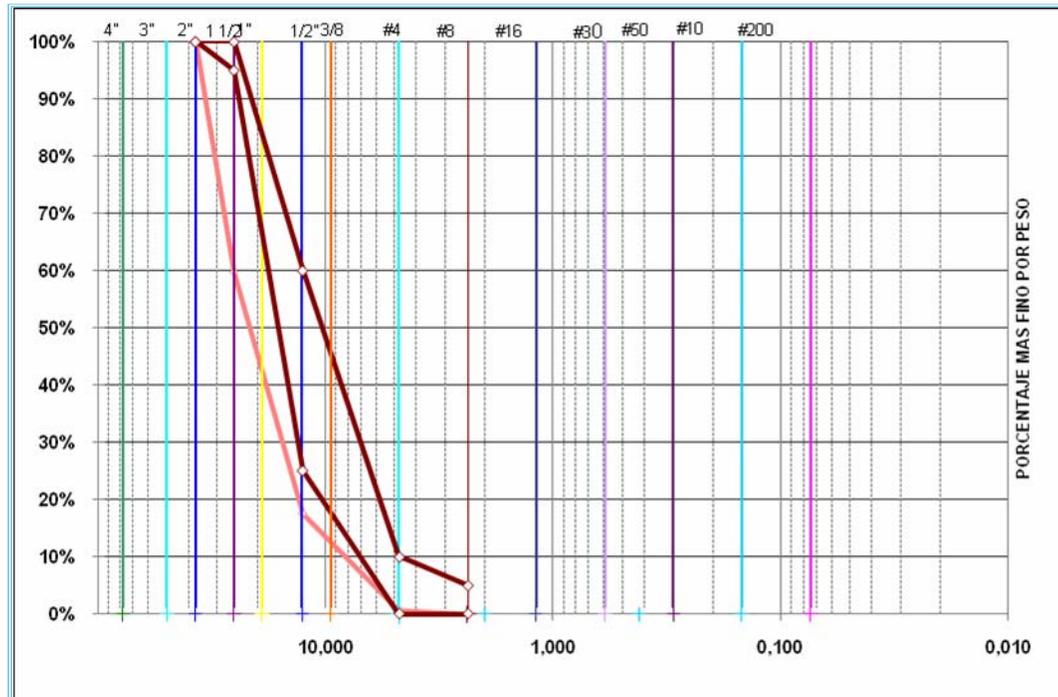
Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.13. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)	Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz							
1 1/2"	37,500				1540	100%	100,00%
1"	25,400	620,00	40,26	620	920	60%	95-100%
1/2"	12,700	650,00	42,21	1270	270	18%	25-60%
# 4	4,760	260,00	16,88	1530	10	1%	0-10%
# 8	2,38	10,00	0,65	1540			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.13. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)



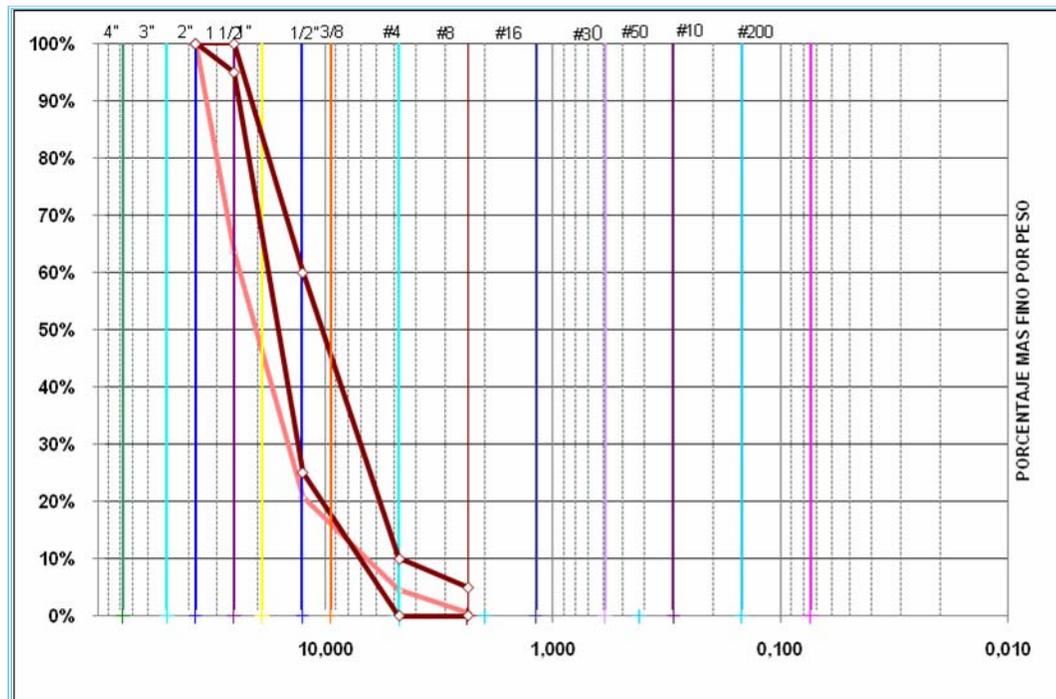
Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.14. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				1540	100%	100,00%
1"	25,400	560,00	36,36	560	980	64%	95-100%
1/2"	12,700	660,00	42,86	1220	320	21%	25-60%
# 4	4,760	250,00	16,23	1470	70	5%	0-10%
# 8	2,38	60,00	3,90	1530	10	1%	0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.14. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



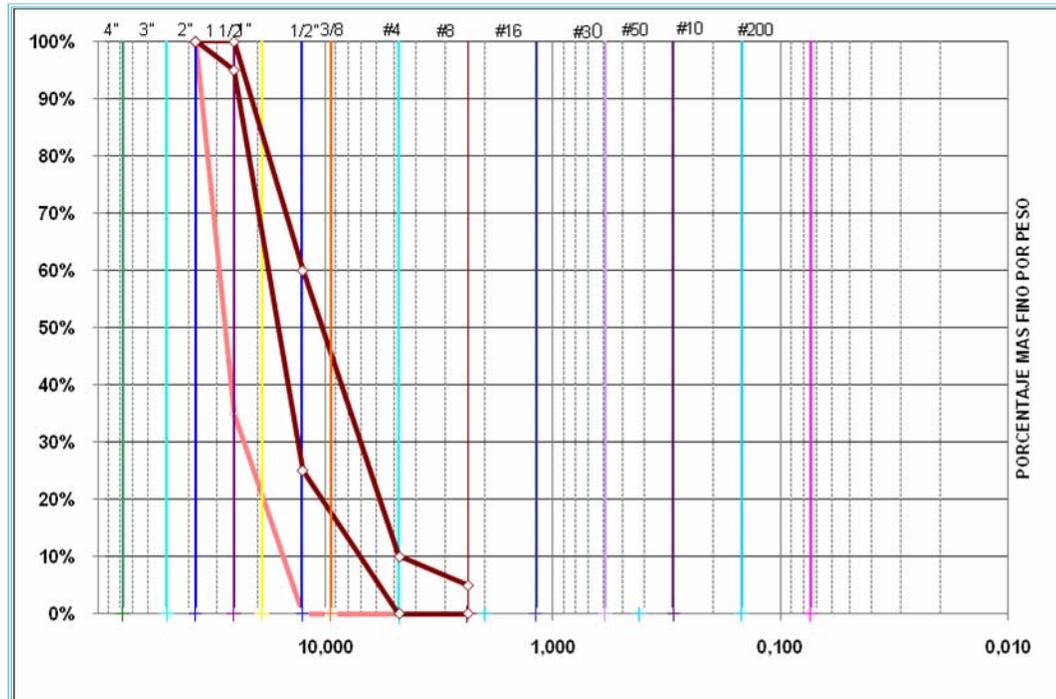
Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.15. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				2290	100%	100,00%
1"	25,400	1.490,00	65,07	1490	800	35%	95-100%
1/2"	12,700	800,00	34,93	2290			25-60%
# 4	4,760			2290			0-10%
# 8	2,38			2290			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.15. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1” (Pertigalete)



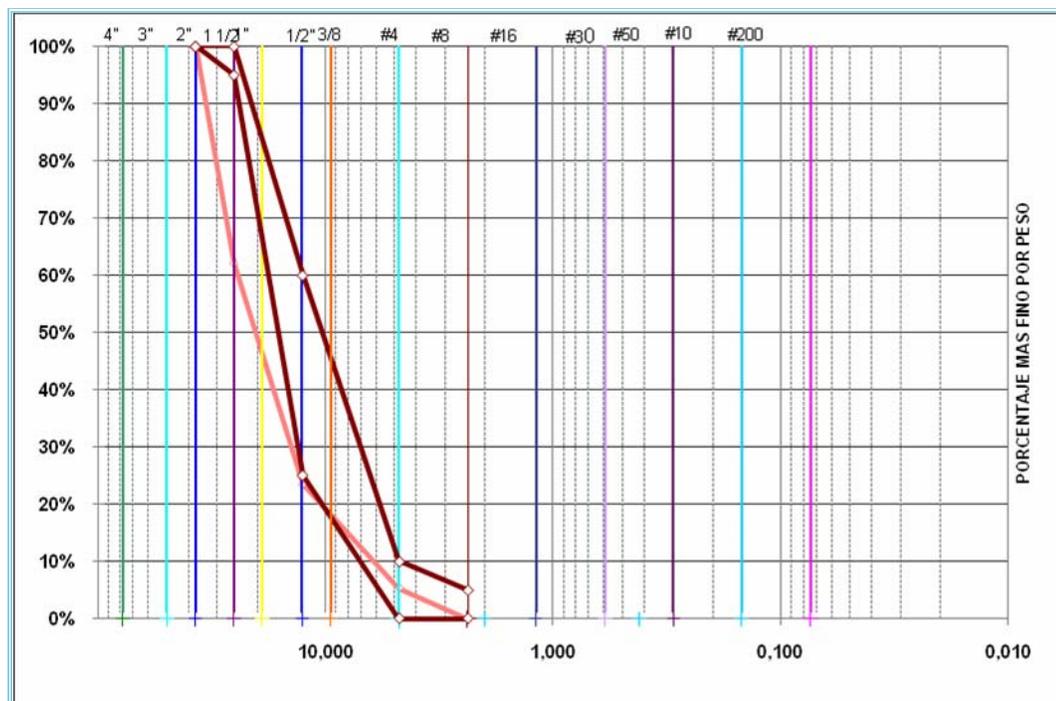
Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.16. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				1940	100%	100,00%
1"	25,400	736,00	37,94	736	1204	62%	95-100%
1/2"	12,700	750,00	38,66	1486	454	23%	25-60%
# 4	4,760	350,00	18,04	1836	104	5%	0-10%
# 8	2,38	104,00	5,36	1940			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.16. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

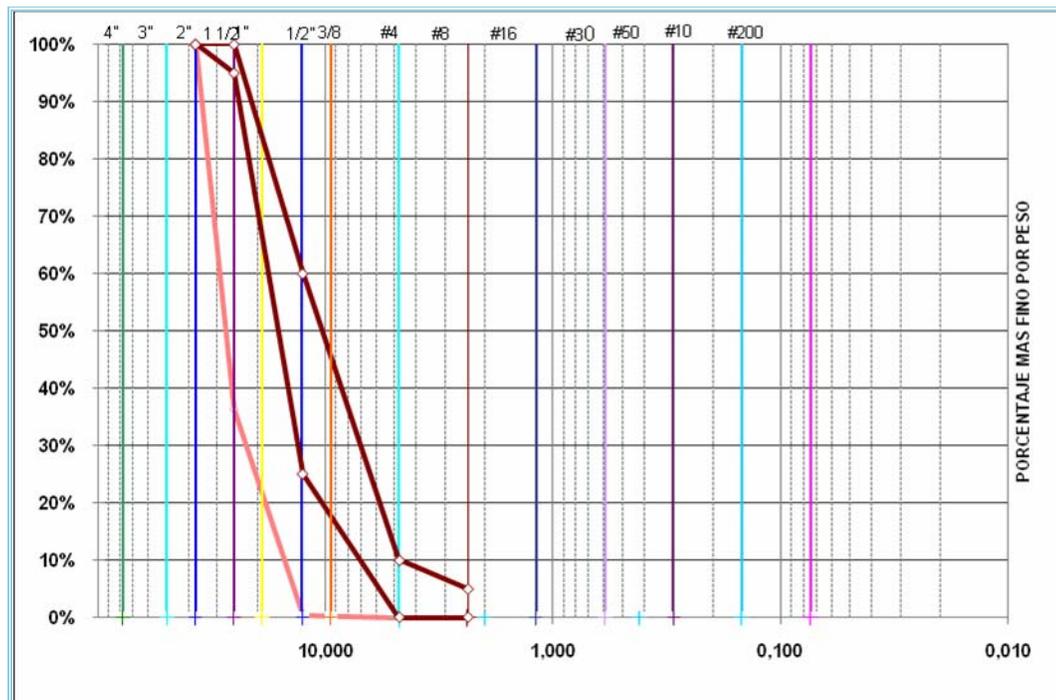
Tabla 4.17. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz	Peso	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33	
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						Retenido (Grs.)
1 1/2"	37,500			1870	100%	100,00%	
1"	25,400	1.190,00	63,64	1190	680	36%	95-100%
1/2"	12,700	670,00	35,83	1860	10	1%	25-60%

# 4	4,760	10,00	0,53	1870		0-10%
# 8	2,38			1870		0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.17. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

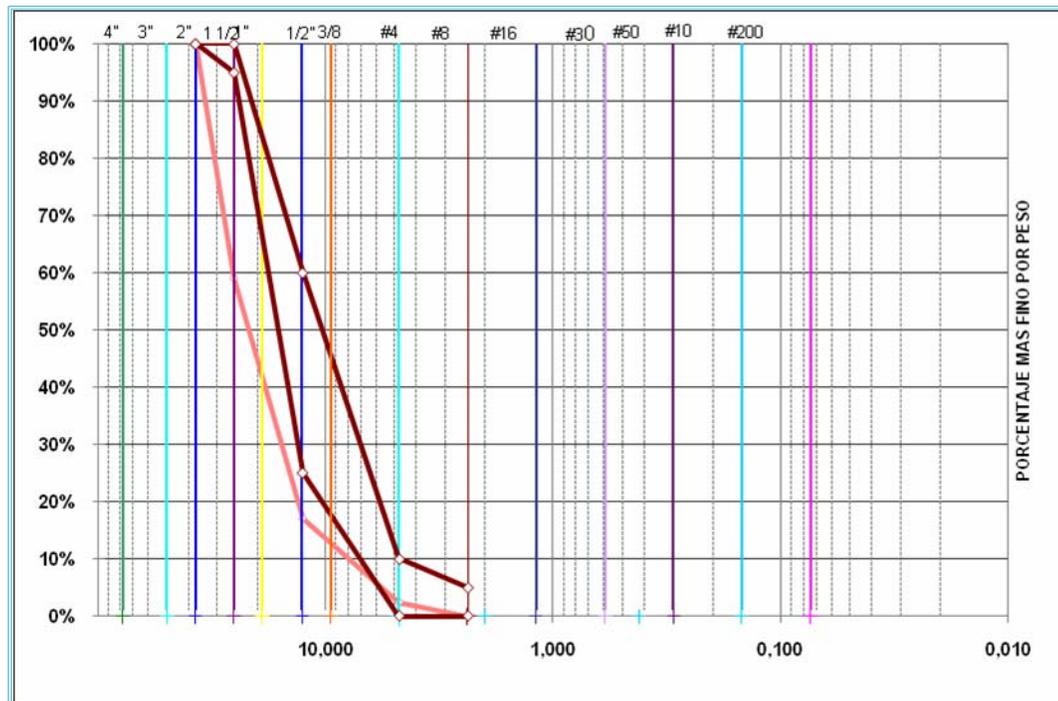
Tabla 4.18. Porcentaje Pasante de Piedra Variante

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				2050	100%	100,00%
1"	25,400	840,00	40,98	840	1210	59%	95-100%

1/2"	12,700	860,00	41,95	1700	350	17%	25-60%
# 4	4,760	300,00	14,63	2000	50	2%	0-10%
# 8	2,38	50,00	2,44	2050			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.18. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

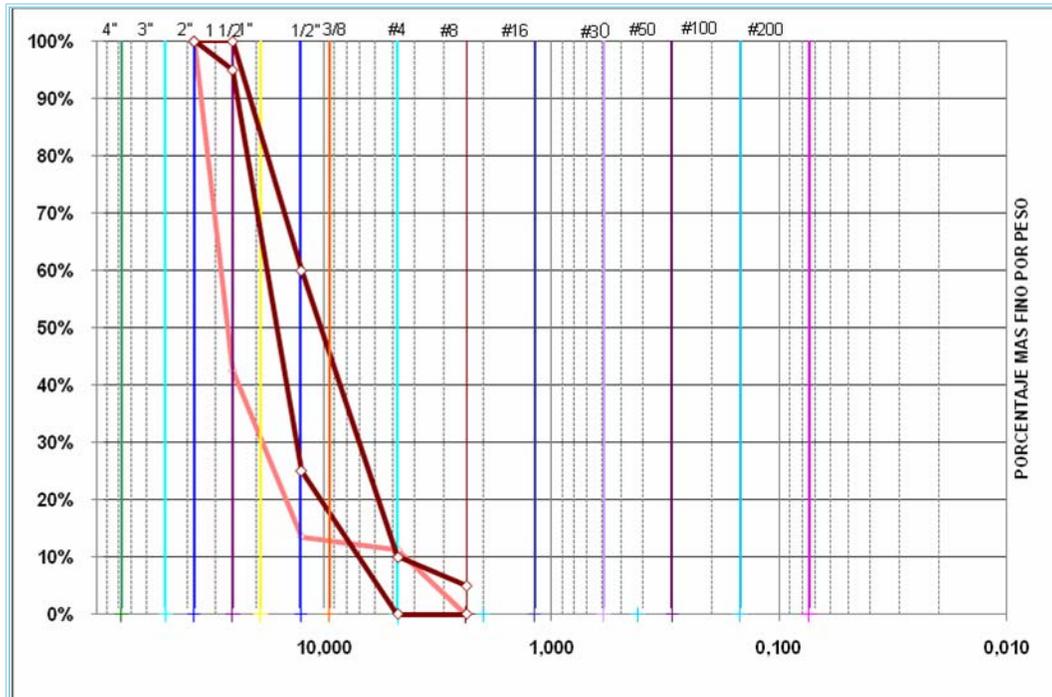
Tabla 4.19. Porcentaje Pasante de Piedra Laboratorio

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						
1 1/2"	37,500				1310	100%	100,00%

1 1/2"	37,500				2140	100%	100,00%
1"	25,400	1.230,00	57,48	1230	910	43%	95-100%
1/2"	12,700	620,00	28,97	1850	290	14%	25-60%
# 4	4,760	50,00	2,34	1900	240	11%	0-10%
# 8	2,38	240,00	11,21	2140			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.20. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Laboratorio 1''
(Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

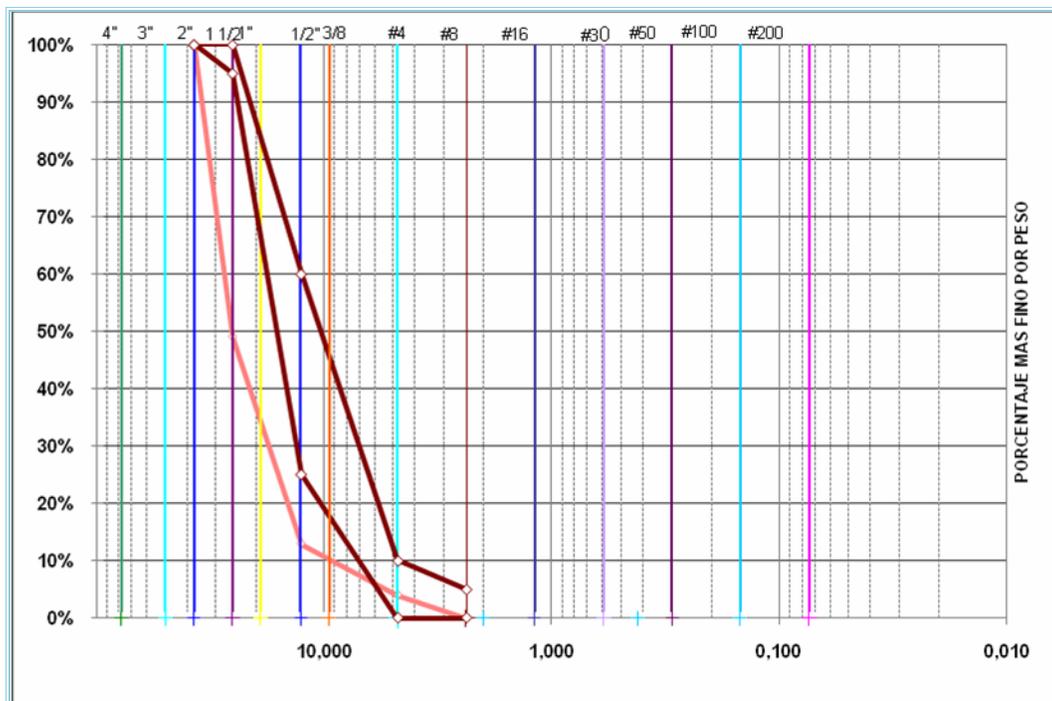
Tabla 4.21. Porcentaje de Pasante de Piedra laboratorio

Abertura del Tamiz		Peso Retenido (Grs.)	% Retenido	Peso Retenido Acumulado	Peso que Pasa	% Que Pasa	Norma ASTM C-33
Tamiz	Tamaño de Abertura (mm)						

1 1/2"	37,500				2240	100%	100,00%
1"	25,400	1.140,00	50,89	1140	1100	49%	95-100%
1/2"	12,700	810,00	36,16	1950	290	13%	25-60%
# 4	4,760	200,00	8,93	2150	90	4%	0-10%
# 8	2,38	90,00	4,02	2240			0-5%

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.21. Especificaciones Granulométricas de la Piedra Laboratorio 1''
(Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.22. Resumen Piedra Variante 1” (Pertigalete)

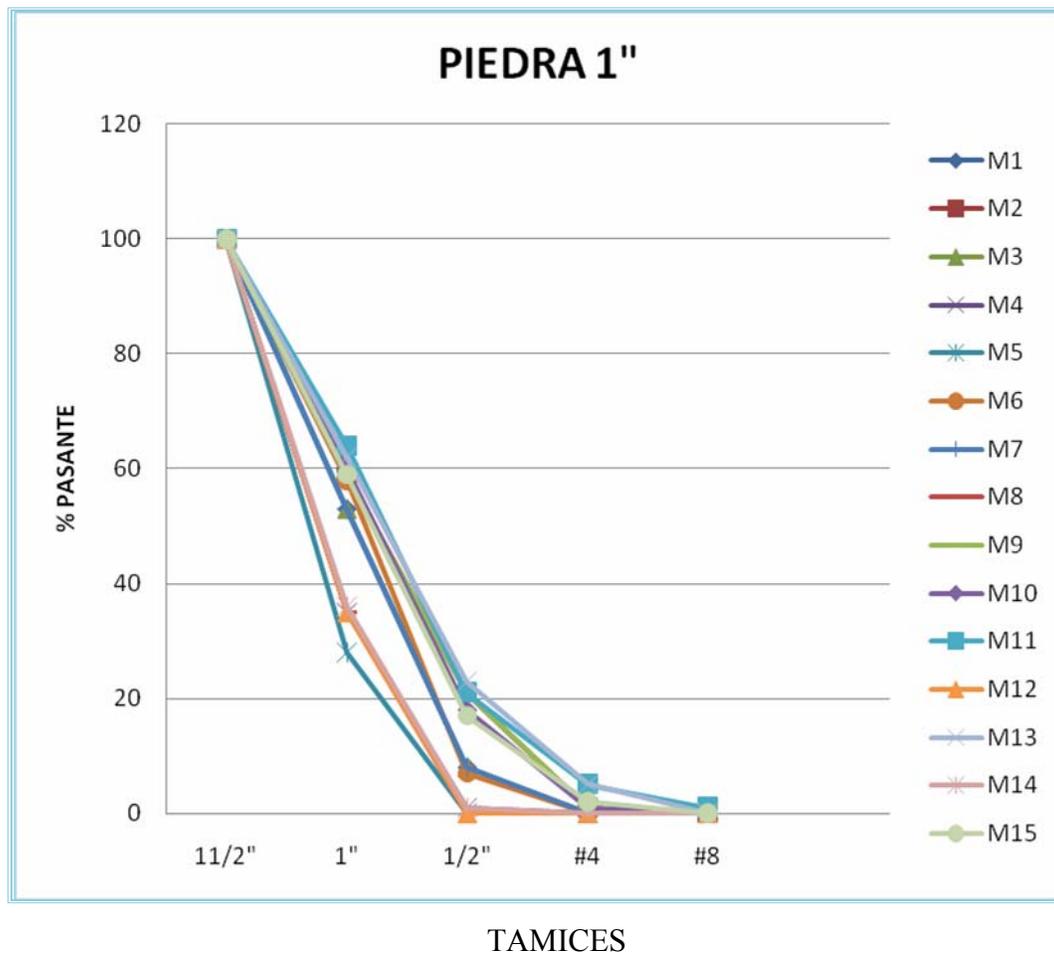
		ANALISIS GRANULOMÉTRICOS (%) PASANTES										M.F.
MATERIAL	FECHA	1 1/2	1"	1/2"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200	
P 1" PERTIGALETE	30/09/2008	100	53	8	0	0						
P 1" PERTIGALETE	05/10/2008	100	59	21	1	0						
P 1" PERTIGALETE	14/10/2008	100	53	8	0	0						
P 1" PERTIGALETE	20/10/2008	100	35	1	0	0						
P 1" PERTIGALETE	28/10/2008	100	28	0	0	0						
P 1" PERTIGALETE	06/11/2008	100	58	7	0	0						
P 1" PERTIGALETE	17/11/2008	100	53	8	0	0						
P 1" PERTIGALETE	24/11/2008	100	35	0	0	0						
P 1" PERTIGALETE	27/11/2008	100	59	21	1	0						
P 1" PERTIGALETE	01/12/2008	100	60	18	1	0						
P 1" PERTIGALETE	05/12/2008	100	64	21	5	1						
P 1" PERTIGALETE	08/12/2008	100	35	0	0	0						
P 1" PERTIGALETE	11/12/2008	100	62	23	5	0						
P 1" PERTIGALETE	15/12/2008	100	36	1	0	0						
P 1" PERTIGALETE	18/12/2008	100	59	17	2	0						
PROMEDIO		100	49	10	1	0						
ESP ASTM C-33 No. 56		100	95	25	0	0						
			100	60	10	5						

Fuente: Elaborada por el Autor.

LEYENDA:

P 1" PERTIGALETE: PIEDRA 1" PERTIGALETE

Figura 4.22. Resumen Piedra Variante 1" (Pertigalete)



Fuente: Elaborada por el Autor.

4.1.2 Resultado del Ensayo Colorimétrico

El resultado de este ensayo, después de transcurrida las veinticuatro horas (24h) determinadas por la Norma COVENIN 256-77 y siguiendo el patrón de Gardner o el patrón de escala fue igual al Color # 1, lo que manifiesta totalmente libre de impurezas.

4.1.3 Resultado de los Ensayos de Absorción y Densidad

Los resultados de los ensayos de densidad y absorción del agregado grueso (Piedra 1” Proveniente de Pertigalete) y agregado fino (Arena del río Güere) fueron suministrados por CITO, Informe N° 3287 e informe N° 3284 respectivamente.

En el cuadro 23; se puede observar los porcentajes de densidad y absorción de los distintos agregados utilizados en la producción de las mezclas.

Tabla 4.23. Absorción y Densidad de los agregados

<i>Agregado</i>	<i>Densidad (gr/cm³)</i>	<i>% Absorción</i>
Arena Güere	2,6	0,69
Piedra Pertigalete	2,71	0,86

Fuente: Elaborada por el Autor.

4.2 Análisis Químico y Físico del Cemento Portland Gris Tipo I

El cemento Tipo I fue empleado para la realización de los ensayos y los límites sugeridos por la Norma COVENIN 28 “Cemento Portland. Especificaciones”. Los resultados de los análisis químicos y físico del cemento empleado en las mezclas, fueron proporcionadas por su fabricante. Cementos venezolanos, Pertigalete, Edo. Anzoátegui.

Tabla 4.24. Análisis Químico del Cemento

<i>Componente</i>	<i>Porcentaje (%)</i>	<i>Límites sugeridos COVENIN 28</i>
C3S	61,7	50-63
C2S	11,1	15-20
C3A	9,7	3-15
C4AF	7,8	8-12

Fuente: Elaborada por el Autor.

4.3 Diseño de Mezcla Teórico

4.3.1 Relación Agua/Cemento

En este caso la relación agua/cemento es: para $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ Normal $\alpha = 0,55$. Esta relación agua/cemento fue suministrada por la empresa SIMPCA, ya que son diseños ya establecidos para la producción.

4.3.2 Dosificación de Agua

El asentamiento para todas las mezclas fue de 7” y el agregado grueso fue de 1”. Para estas condiciones la ACI estima 205 lts de agua. Se emplearon los siguientes valores de peso específico para cada material y así poder determinar la dosificación de cada diseño por m³:

Tabla 4.25. Peso Específico de los Agregados

<i>Agregado</i>	<i>Procedencia</i>	<i>Peso Específico</i>	<i>unidad</i>
Cemento Portland Tipo I	Pertigalete	3,15	Kg/Lts
Arena	Güere	2,65	Kg/Lts
Piedra 1”	Pertigalete	2,56	Kg/Lts
Microsílice	Ferroven	2,11	Kg/Lts
Agua	Barcelona	1	Kg/Lts

Fuente: Simpca – Barcelona.

Se consideró 1,5 % de volumen de vacío en la totalidad de la mezcla (ACI), lo cual representa 15 lts por metro cúbico.

4.3.3 Dosificación de Cemento por m³

El diseño de mezcla fue suministrado por la empresa SIMPCA, para un concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ Normal $\alpha = 0,55$, el cual se le añadieron los aditivos POZZOLITH 2205 y POLYHEED 1022 N más Microsílice, para los cuales, según ACI se usa aproximadamente 205 litros de agua, por acción del aditivo se utilizó 194 litros.

Tabla 4.26. Diseño de Mezcla: M250N5

<i>Dosificación 1m³ (peso)</i>			
CEMENTO	267	Kg	
AGUA	194	lt	
ARENA	873	Kg	
PIEDRA	960	Kg	
Poz-2205	855	ml	
POLYH1022	1486	ml	
Arrocillo 3/8-0	0	Kg	
Microsílice	42	Kg	
A/C	0,55		
BETA	0,48		

Fuente: Empresa Simpca – Barcelona.

4.4 Ensayos al Concreto Fresco

4.4.1 Asentamiento (SLUMP)

Los valores de asentamiento que corresponden a las mezclas de concreto de laboratorio, variante y planta; se hallan en el rango del valor de diseño establecido en esta investigación (7 Pulg.), es decir, los valores están comprendidos entre los límites especificados, $\pm 1,5$ pulg. De tolerancia para un asentamiento igual a 7", según norma venezolana COVENIN 633-92. "Concreto Premezclado. Especificaciones".

4.4.2 % Aire Atrapado

Los valores de % de aire atrapado que corresponden a las mezclas de concreto de laboratorio, variante y planta, se encuentran dentro de los valores recomendados de 1% - 1,5%, es decir, los valores están comprendidos entre los límites especificados, $\pm 1,5\%$ de tolerancia, según norma ACI 318-99. "Código y Comentario de Construcción".

4.4.3 Peso Unitario del Concreto Fresco (P.U.C.)

4.4.4 Temperatura

La temperatura en las diferentes mezclas de concreto para laboratorio, variante y planta, en estado fresco, se mantuvieron similares al instante de su mezclado. Se trato de mantener las mismas condiciones para que no afectaran los resultados, es decir, a una misma hora y en condicionales ambientales iguales.

4.5 Ensayos al Concreto Endurecido

4.5.1 Densidad del Concreto Endurecido

En el cuadro 27, se muestran las diferentes densidades promedios del concreto endurecido, obtenidas de los ensayos realizados sobre las probetas a edades de 7 y 28 días, donde se aprecia que los valores se hallan comprendidos en el rango de 2.37 y 2,4 gr/cm³ para los concretos con relación agua/cemento 0,55, evidenciando estos límites altos, que el concreto se encuentra bien compuesto, y los agregados densos y duros.

Tabla 4.27. Densidad del concreto Endurecido

<i>Densidad(gr/cm³)</i>						
Mezcla	Relación agua/cemento		% Microsilíce		Edad	
					7	28
MPLAB	0,55		12		2,38	2,4
MPVAR	0,55		12		2,4	2,4
MPLANTA	0,55		12		2,4	2,37

Fuente: Elaborada por el Autor.

4.5.2 Resistencia a la Compresión

Uno de los principios sin duda, el más aceptado para calificar un concreto es la resistencia a la compresión, en vista de que muchas cualidades importantes están

íntimamente relacionadas a ella; por cuanto, la resistencia a la compresión depende: del cemento y de la Microsilice (tipo, frescura, finura, cantidad, composición), de la relación agua/cemento, de la temperatura del concreto fresco (mientras más baja mejor), y del grado de compactación (mientras más alta mejor).

Seguidamente, se muestran los resultados y comportamiento en las diferentes edades, de las mezclas de concretos elaboradas tanto en laboratorio como en planta para este trabajo de investigación, y obtenidas de los ensayos realizados a las probetas de concreto en estado endurecido.

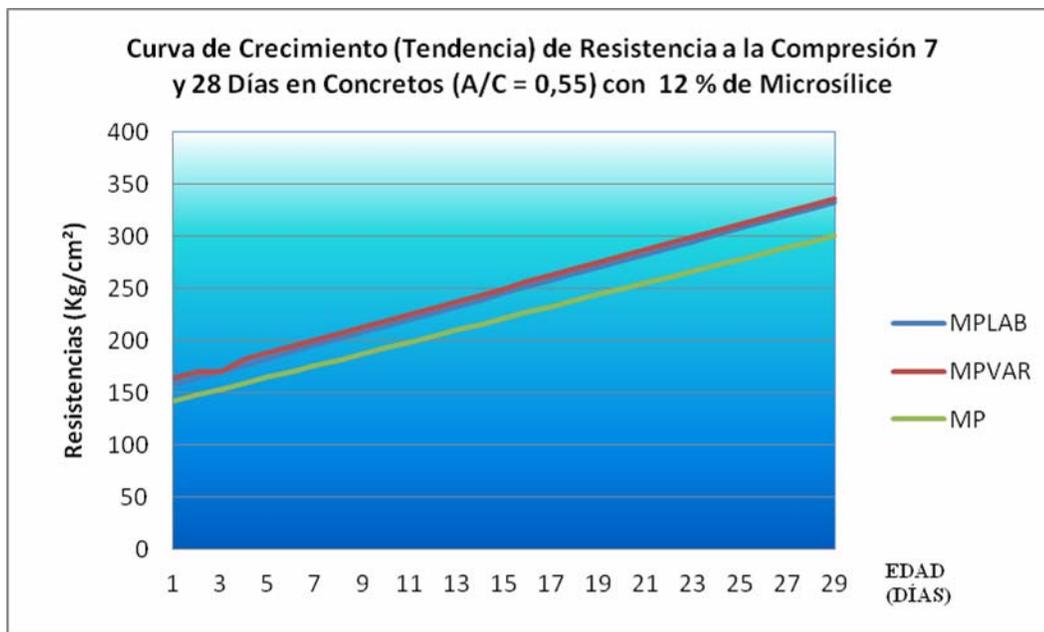
Tabla 4.28. Resistencias Promedios a la Compresión $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$.
A/C=0,55

EDAD	MEZCLAS DE CONCRETO		
	MPLAB	MPVAR	MPLANTA
7	201,77	207,17	181,75
28	332,77	336,47	300,07

Fuente: Elaborada por el Autor.

Los valores mostrados en el cuadro 28, se pueden apreciar de una manera más clara en la grafica de curva o tendencia de crecimiento de resistencias a la compresión en los concretos.

Figura 4.23 Curva de crecimiento de resistencia a la compresión



Por medio del análisis e interpretación de la grafica 23, se puede hacer constar el proceso del crecimiento de la resistencia a la compresión, en las mezclas de concreto tanto en laboratorio como en planta. Dicho análisis, se efectuó, con los valores en porcentaje de resistencia basados en los de 28 días (100% de la resistencia a la compresión), los cuales podemos apreciar en el siguiente cuadro de correlaciones típicas ($R7/R28$, con respecto a $R28/R28 = 1 = 100\%$).

Tabla 4.29. Desarrollo del Crecimiento de la Resistencia a la Compresión en las Mezclas de Concreto(A/C=0,55)

CORRELACIONES TÍPICAS			
C-T	MPLAB	MPVAR	MPLANTA
R7/R28	0,61	0,62	0,61

Fuente: Elaborada por el Autor.

En el cuadro 29, podemos observar que no existen diferencias significativas en el desarrollo de la resistencia a la compresión, en las mezclas de concreto realizadas en el laboratorio y en la planta, presentan las mismas tendencias de crecimiento, es de hacer notar que a la temprana edad (7 días) el concreto alcanza el 60 % de su resistencia en los ensayos de esta investigación.

4.6 Análisis Estadísticos

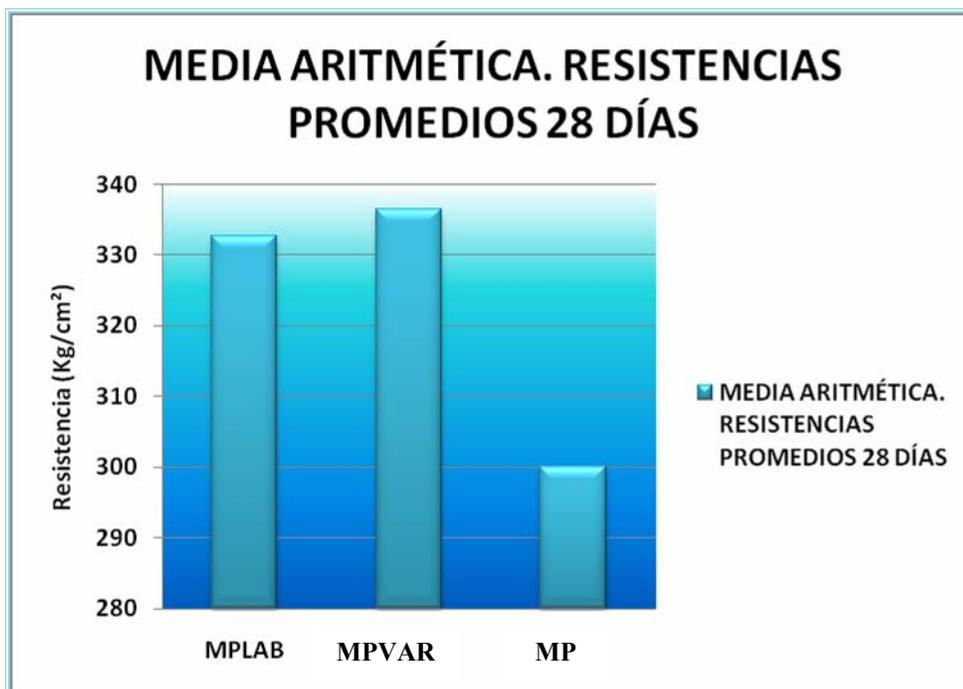
En el cuadro 30, el cual se describe a continuación, en términos de calidad, los valores de desviación estándar para los resultados promedios de resistencias a la compresión (Media Aritmética), obtenidos en este trabajo de investigación. Basadas en las tablas de aceptación y rechazo de la ACI.214. “Control Estándar de Concreto. Recomendaciones Prácticas para la evaluación de resultados de Pruebas de Resistencias de Concreto.”

Tabla 4.30. Parámetros Estadísticos para el Control de Calidad.

MEZCLA	PARÁMETROS ESTADÍSTICOS			
	EDAD	MEDIA ARITM. (X)	DESV. STANDARD (S)	CALIDAD
MPLAB	7	201,77	14,48	EXCELENTE
	28	332,77	24,05	ACEPTABLE
MPVAR	7	207,17	21,69	ACEPTABLE
	28	336,47	32,46	POBRE
MP	7	181,75	14,83	EXCELENTE
	28	300,07	27,15	MUY BUENA

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.24: Media Aritmética. Resistencias Promedios 28 Días



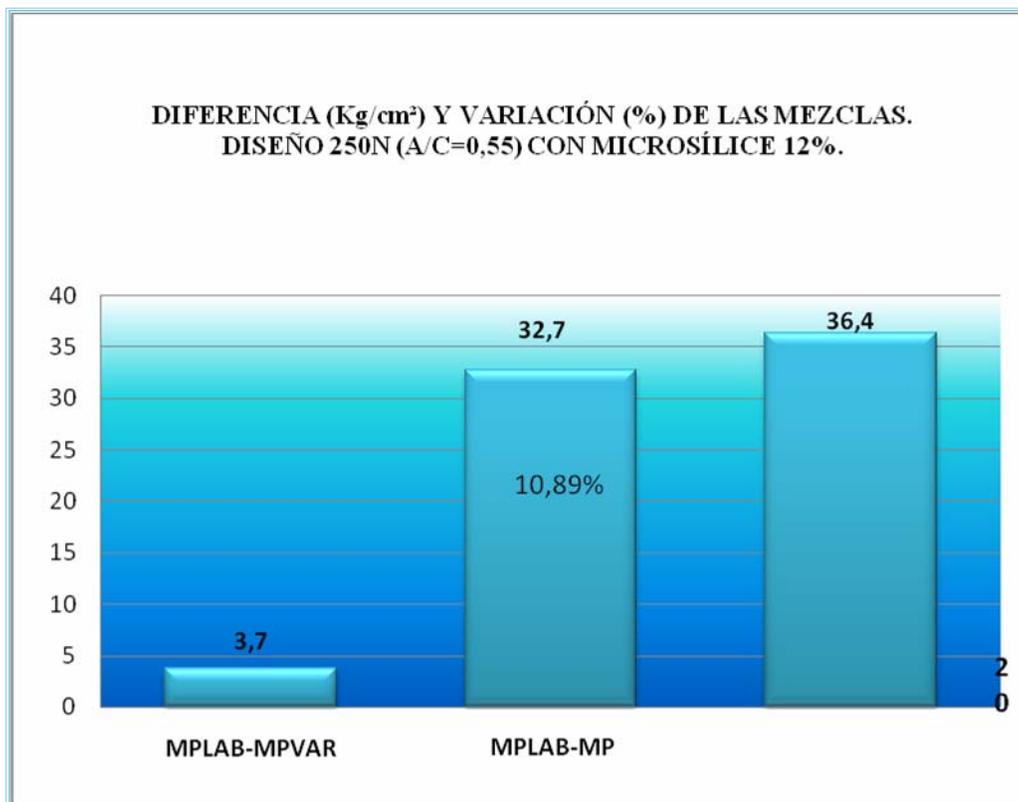
Fuente: Elaborada por el Autor.

Tabla 4.31: Diferencia (Kg/cm²) y Variación (%) de las Mezclas. Diseño 250 N (A/C = 0,55) con 12% de Microsílice

MEZCLA	DIFERENCIA (Kg/cm ²)	VARIACIÓN (%)
MPLAB - MPVAR	3,7	1,11
MPLAB - MP	32,7	10,89
MPVAR - MP	36,4	12,13

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.25: Diferencia (Kg/cm²) y Variación (%) de las Mezclas. Diseño 250 N
(A/C = 0,55) con 12% de Microsílice



Fuente: Elaborada por el Autor

Tabla 4.32: Diseño de Mezcla para Laboratorio y Planta.

DESVIACIÓN STANDARD (Kg/cm ²)	35
FRACCIÓN DEFECTUOSA (%)	10
TAMAÑO MAXIMO (Pulg)	1"
RESISTENCIA DE PROYECTO (Kg/cm ²)	250

MEZCLA	MPLAB	MPVAR	MP
PIEDRA CALIZA 1" (Kg)	960	960	960
ARENA (Kg)	873	873	873
CEMENTO	267	267	267
AGUA (Lts)	194	194	194
MICROSÍLICE (Kg)	42	42	42
POZ - 2205 (cm ³)	855	855	855
POLYH 1022 (cm ³)	1486	1486	1486
AIRE ATRAPADO (%)	1,5	1,5	1,5
VOLUMEN TOTAL (Lts)	1000	1000	1000
ASENTAMIENTO (Pulg)	7	7	7
RELACIÓN AGUA/CEMENTO	0,55	0,55	0,55

Fuente: Elaborada por el Autor.

4.7 Comparación y Análisis de Resultados entre Laboratorio y Planta.

A continuación se presentan una serie de cuadros comparativos con los resultados estadísticos obtenidos de todas las muestras a la edad de 28 días de los diseños de mezcla realizados en laboratorio y diseños de mezcla producidos en planta. Las gráficas anexadas muestran la variación de resultados obtenidos entre laboratorio y planta.

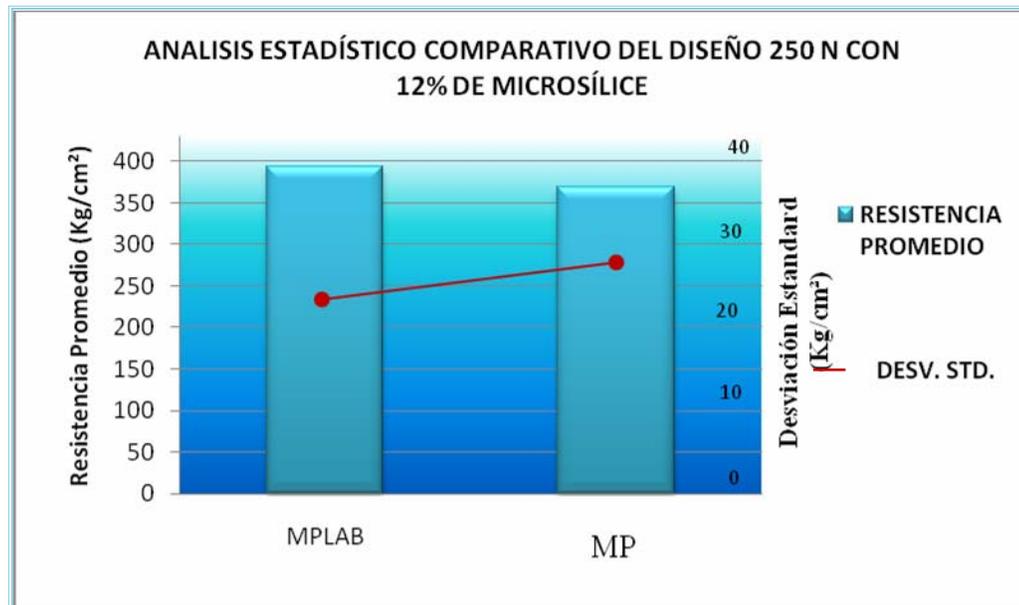
Tabla 4.33: Comparación de Resultados Laboratorio Vs. Planta

Diseño Mezcla PLAB 250 N		Diseño de Mezcla de Planta 250 N	
MEZCLA	F' C	MEZCLA	F' C
	28		28
MPLAB1-1	382	MP1-1	325
MPLAB1-2	368	MP1-2	339
MPLAB2-1	328	MP2-1	297
MPLAB2-2	342	MP2-2	283
MPLAB3-1	330	MP3-1	345
MPLAB3-2	335	MP3-2	369
MPLAB4-1	394	MP4-1	321
MPLAB4-2	358	MP4-2	335
MPLAB5-1	328	MP5-1	284
MPLAB5-2	342	MP5-2	270
MPLAB6-1	382	MP6-1	260
MPLAB6-2	368	MP6-2	268
MPLAB7-1	335	MP7-1	300
MPLAB7-2	351	MP7-2	313
MPLAB8-1	345	MP8-1	264
MPLAB8-2	359	MP8-2	268
MPLAB9-1	331	MP9-1	340
MPLAB9-2	335	MP9-2	354
MPLAB10-1	302	MP10-1	323
MPLAB10-2	382	MP10-2	337
MPLAB11-1	336	MP11-1	258
MPLAB11-2	307	MP11-2	272

MPLAB12-1	353	MP12-1	293
MPLAB12-2	293	MP12-2	307
MPLAB13-1	322	MP13-1	268
MPLAB13-2	301	MP13-2	282
MPLAB14-1	253	MP14-1	274
MPLAB14-2	305	MP14-2	288
MPLAB15-1	330	MP15-1	286
MPLAB15-2	286	MP15-2	279
PROMEDIO	332,77	PROMEDIO	300,07
DESVIACIÓN	24,05	DESVIACIÓN	27,15
VALOR MÁXIMO	394	VALOR MÁXIMO	369
VALOR MÍNIMO	253	VALOR MÍNIMO	258
D(VARIABILIDAD)	141	D(VARIABILIDAD)	111
V	7,22	V	9,04

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.26: Resultados de MPLAB Vs. MP del Diseño de Mezcla 250 N con 12% de Microsílice.



Fuente: Elaborada por el Autor.

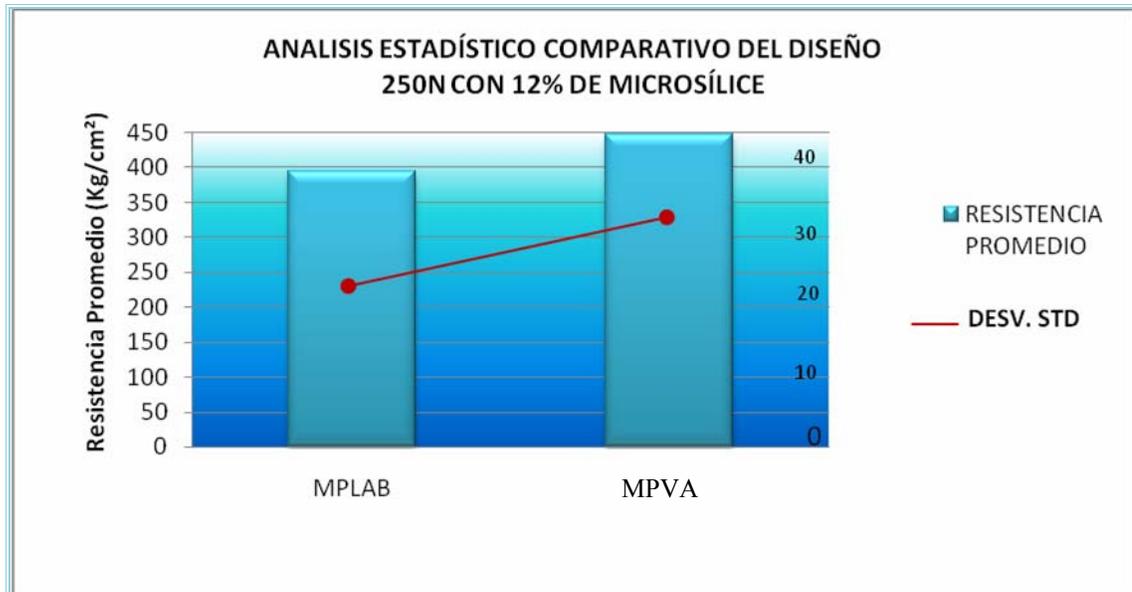
Tabla 4.34: Comparación de los Resultados Mezcla Prueba Laboratorio Vs. Mezcla Prueba Laboratorio Variante.

Diseño Mezcla PLAB 250 N		Diseño de Mezcla PVAR 250 N	
MEZCLA	F' C	MEZCLA	F' C
	28		28
MPLAB1-1	382	MPVAR1-1	285
MPLAB1-2	368	MPVAR1-2	299
MPLAB2-1	328	MPVAR2-1	328
MPLAB2-2	342	MPVAR2-2	314
MPLAB3-1	330	MPVAR3-1	353
MPLAB3-2	335	MPVAR3-2	380
MPLAB4-1	394	MPVAR4-1	447
MPLAB4-2	358	MPVAR4-2	375
MPLAB5-1	328	MPVAR5-1	350
MPLAB5-2	342	MPVAR5-2	336
MPLAB6-1	382	MPVAR6-1	286
MPLAB6-2	368	MPVAR6-2	276
MPLAB7-1	335	MPVAR7-1	424
MPLAB7-2	351	MPVAR7-2	367
MPLAB8-1	345	MPVAR8-1	335
MPLAB8-2	359	MPVAR8-2	302

MPLAB9-1	331	MPVAR9-1	353
MPLAB9-2	335	MPVAR9-2	380
MPLAB10-1	302	MPVAR10-1	366
MPLAB10-2	382	MPVAR10-2	348
MPLAB11-1	336	MPVAR11-1	268
MPLAB11-2	307	MPVAR11-2	294
MPLAB12-1	353	MPVAR12-1	328
MPLAB12-2	293	MPVAR12-2	317
MPLAB13-1	322	MPVAR13-1	271
MPLAB13-2	301	MPVAR13-2	328
MPLAB14-1	253	MPVAR14-1	353
MPLAB14-2	305	MPVAR14-2	332
MPLAB15-1	330	MPVAR15-1	334
MPLAB15-2	286	MPVAR15-2	365
PROMEDIO	332,77	PROMEDIO	336,47
DESVIACIÓN	24,05	DESVIACIÓN	32,46
VALOR MÁXIMO	394	VALOR MÁXIMO	447
VALOR MÍNIMO	253	VALOR MÍNIMO	285
D(VARIABILIDAD)	141	D(VARIABILIDAD)	162
V	7,22	V	9,64

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.27: Resultados de Mezcla Prueba Laboratorio Vs. Mezcla Prueba Variante del Diseño 250 N con 12% de Microsílice.



Fuente: Elaborada por el Autor.

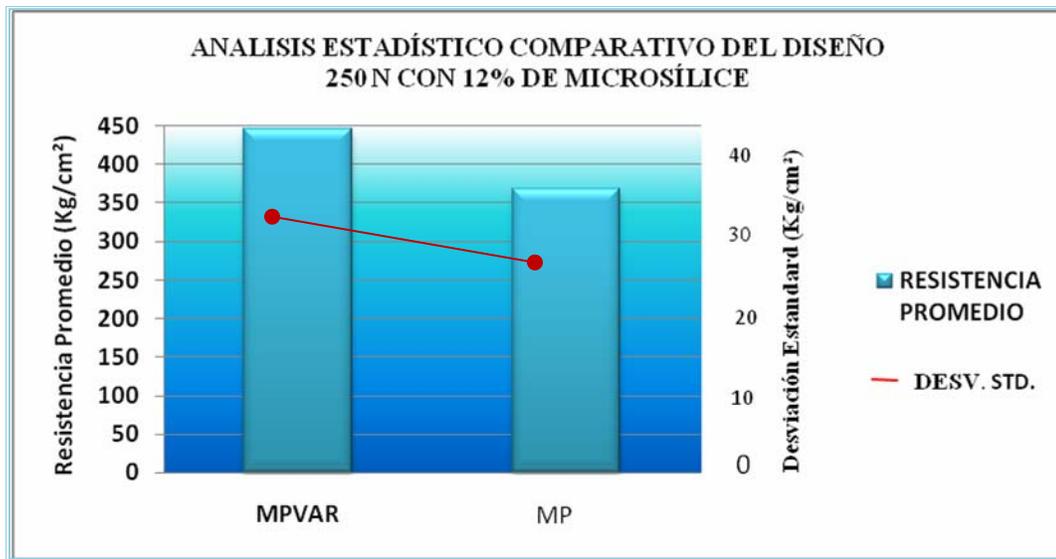
Tabla 4.35: Comparación de Resultados Mezcla Prueba Laboratorio Vs. Mezcla Planta

Diseño Mezcla PVAR 250 N		Diseño de Mezcla de Planta	
MEZCLA	F' C	MEZCLA	F' C
	28		28
MPVAR1-1	285	MP1-1	325
MPVAR1-2	299	MP1-2	339
MPVAR2-1	328	MP2-1	297
MPVAR2-2	314	MP2-2	283
MPVAR3-1	353	MP3-1	345
MPVAR3-2	380	MP3-2	369
MPVAR4-1	447	MP4-1	321
MPVAR4-2	375	MP4-2	335
MPVAR5-1	350	MP5-1	284
MPVAR5-2	336	MP5-2	270
MPVAR6-1	286	MP6-1	260
MPVAR6-2	276	MP6-2	268
MPVAR7-1	424	MP7-1	300
MPVAR7-2	367	MP7-2	313
MPVAR8-1	335	MP8-1	264
MPVAR8-2	302	MP8-2	268
MPVAR9-1	353	MP9-1	340
MPVAR9-2	380	MP9-2	354
MPVAR10-1	366	MP10-1	323
MPVAR10-2	348	MP10-2	337

MPVAR11-1	268	MP11-1	258
MPVAR11-2	294	MP11-2	272
MPVAR12-1	328	MP12-1	293
MPVAR12-2	317	MP12-2	307
MPVAR13-1	271	MP13-1	268
MPVAR13-2	328	MP13-2	282
MPVAR14-1	353	MP14-1	274
MPVAR14-2	332	MP14-2	288
MPVAR15-1	334	MP15-1	286
MPVAR15-2	365	MP15-2	279
PROMEDIO	336,47	PROMEDIO	300,07
DESVIACIÓN	32,46	DESVIACIÓN	27,15
VALOR MÁXIMO	447	VALOR MÁXIMO	369
VALOR MÍNIMO	285	VALOR MÍNIMO	258
D(VARIABILIDAD)	162	D(VARIABILIDAD)	111
V	9,64	V	9,04

Fuente: Elaborada por el Autor.

Figura 4.28: Resultados de la Mezcla Prueba Laboratorio Variante Vs. la Mezcla de Planta del Diseño 250 N con 12% de Microsílice



Fuente: Elaborada por el Autor.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después de haber definido las variaciones entre las diferentes mezclas pruebas de laboratorio y de planta, se puede concluir:

1. La variación que se obtiene única y exclusivamente por efecto de la variación del agregado, 1,11 % vendría a ser la diferencia obtenida en resistencias entre las mezclas patrón y la variante dado que ambos se realizaron bajo las mismas condiciones. Este valor representa un valor muy bajo, es decir, la incidencia de las características de la piedra de un mismo saque es relativamente baja en comparación con la incidencia de otras variables como pueden ser la condición de la planta o los componentes de los diseños de mezclas que vienen a ser objeto de otro estudio.
2. Las variaciones obtenidas en laboratorio entre las mezclas prueba y variante dieron muy similares, comprobando que cuando tenemos un control mayor menores serán éstas variaciones.
3. La relación de variación entre las mezclas patrón y las mezclas realizadas a nivel de planta resultó muy significativa, es decir, la variación de planta es mucho mayor, esto se debe a que es muy difícil establecer grado de control en cada una de las variantes debido a que trabajamos a nivel industrial y que un buen control de calidad se encuentra sujeto al buen funcionamiento de la planta.

4. Cuando se establecen los controles y logramos variaciones mínimas, obtenemos reducciones de costos de producción y mayor rendimiento, generando excelente calidad y muchos beneficios económicos.
5. Cuando se tiene un mayor control en la producción de las mezclas de concreto a nivel industrial, se consiguen reducciones de costos de producción y un mayor rendimiento de los materiales. La incidencia de estas grandes variaciones a este nivel con respecto a las variaciones obtenidas en laboratorio representa un 12 %. Es decir que, para obtener un diseño de mezcla a nivel industrial de 300 kg/cm^2 que cumpla con el requerimiento de $F'c$ de 250 Kg/cm^2 ($F_{cr} = f'c + \sigma * Z$). Se necesita crear un diseño a nivel de laboratorio de 336 Kg/cm^2 , lo que representa aproximadamente un 12 % de incremento en el costo del producto. Ya que para obtener 36 Kg/cm^2 adicionales se requiere aproximadamente $42,36 \text{ kg}$ de cemento, considerando una eficiencia del cemento de $0,85 \text{ Kg/cm}^2$ por cada kilo de cemento. Esto representaría aproximadamente un incremento en el costo de la producción mensual de una planta de concreto de más de 103.782 BsF .

5.2. Recomendaciones

Luego de haber realizado esta investigación y de obtener resultados provenientes de una serie de análisis de laboratorio, se puede recomendar lo siguiente:

1. Para ahondar en esta investigación se recomienda hacer un trabajo en donde se evalúen en su totalidad todas las variantes que influyen en la producción de concreto; establecidos en la Norma ACI-704.

2. Se puede aplicar este trabajo de investigación en futuros proyectos, con la condición que se utilicen agregados con las características similares a los utilizados en este trabajo.
3. Establecer mayor control a la hora de recibir los agregados, cumpliendo con la aplicación de los ensayos pertinentes, de modo de poder aceptar o recibir dichos agregados. Enviando informes técnicos a la planta procesadora de agregados, para hacer de conocimiento de la calidad del agregado.
4. La calificación y ubicación del personal es muy importante, ya que una buena operación de la planta mantendrá un buen funcionamiento y resultados esperados.
5. Se debe mantener una inspección permanente de la planta, para garantizar un excelente funcionamiento. Diariamente debe hacerse un reporte donde se evalúen los distintos aspectos que intervienen en el proceso de producción, revisar tolvas de agregados, funcionamientos de compuertas, calibración de balanzas, detector de humedad de la arena, válvula de agua, etc.
6. Los costos adicionales que se pierden debido a las variaciones obtenidas en la producción a nivel industrial, se podrían utilizar en mejoras salariales, acondicionamiento y mantenimiento permanente de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ ACI 211.1 91. **“Métodos para el Diseño de Mezclas de Concreto”**. American Concrete Institute.
- ❖ COVENIN 255-77. **“Método de ensayo para Determinar la composición granulométrica de Agregados Finos y Gruesos”**. Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 1976-1999. **“Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayo”**. Tercera Revisión Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 356-1994. **“Aditivos Químicos Utilizados en el Concreto”**. Cuarta Revisión Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 339- 1994. **“Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams”**.
- ❖ COVENIN 338- 1994. **“Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto”**. Primera Revisión. Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 344- 92. **“Concreto Fresco. Toma de Muestra”**. Primera Revisión. Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 354- 79. **“Método para Mezclado de Concreto en el Laboratorio”**. Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 269- 78. **“Método de Ensayo para Determinar el Peso Específico y la Absorción del Agregado Grueso”**. Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 268- 78. **“Método de Ensayo para Determinar el Peso Específico y la Absorción del Agregado Fino”**. Norma venezolana.
- ❖ COVENIN 633- 1999. **“Concretos Premezclados. Requisitos”**. Tercera Revisión. Norma venezolana.

- ❖ Chalhoub, E. (2005). **“Estudio Preliminar del Factor de Equivalencia K para la Relación Agua/Cemento en Concretos con Microsílice sin Afectar el Diseño del Concreto”**. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela.
- ❖ Geymayr, G. (1985). **“Todo para lo Esencial del Concreto en su Bolsillo”**. Cortesía de INTESIKA C.A. Segunda Edición. Valencia- Venezuela.
- ❖ Gimeno, M y Plagia, R. **“Mediciones de los Efectos de Discontinuidad Granulométricas de las Arenas sobre la Calidad del Concreto. Métodos Correctivos”**. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela (1993)
- ❖ Kosmatka, S. y Paranes, W. **“Diseño y Control de Mezclas de Concreto”**. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (1992)
- ❖ Moreno, P y Pino, P. **“Diseño de una Mezcla de Concreto Utilizando “Pellas de Acero” como Sustituto de Agregado Grueso”**. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela (2005)
- ❖ Nawy, E. **“Concreto Reforzado”**. Primera Edición. Editorial Mc Graw- Hill, New York. (1995)
- ❖ Neville, A. **“Tecnología del Concreto”** Primera Edición. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México. (1999)
- ❖ Ninoska, R. **“Estudio de la Factibilidad de la Sustitución de un Porcentaje de la Arena por Polvillo Residual Provenientes de la Trituración del Agregado Grueso (dolomita) en las Canteras de Pertigalete, en Mezclas de Concreto Premezclado de Resistencias 180, 210, y 250 kg/cm²”**. Tesis

de Grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela (2005)

- ❖ Porrero, J., Salas, R., Ramos, C., Grases, J. y Velazco, G. **“Manual del Concreto Estructural**. Primera Edición. Caracas. (2004)

- ❖ Porrero, J., Salas, R., Ramos, C., Grases, J. y Velazco, G. **“Manual del Concreto”**. Editorial Sidetur, Caracas. (1996)
- ❖ Rosas, R y Urbaéz, F. **“Influencia del Agregado Fino en la Resistencia y Trabajabilidad del Concreto”**. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela (1993)
- ❖ Sánchez, D. **“Tecnología del Concreto y del Mortero”**. Biblioteca de la Construcción. Bhandar Editores Ltda. (2002)
- ❖ Waddell, J. y Dobrowski, J. **“Manual de la Construcción del Concreto”**. Tomo I Y II. Editorial Mc Graw- Hill. (1997)

GLOSARIO

Abrasión: Acción de desgastar o arrancar por fricción.

Absorción: Está vinculada a la porosidad de las partículas de los agregados.

Adherencia: Acción y efecto de adherirse o pegarse las partes añadidas a órganos de cuerpo.

Adición: Material inorgánico usado en el concreto para mejorar ciertas características o alcanzar características especiales.

Aditivo: Material agregado durante el proceso de mezclado del concreto en cantidades pequeñas relacionado con la masa del cemento para modificar las características del concreto fresco o endurecido.

Agua: Componente que participa en el proceso de hidratación, es responsable de la resistencia del producto final, al reaccionar químicamente con el cemento, lo que produce el fraguado y endurecimiento del concreto.

Asentamiento: Es la diferencia de altura entre el cono de Abrams y la parte más alta que quedo del concreto.

ASTM: “American Society for Testing and Materials” (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

Bombeo: Elevación de agua u otro líquido por medio de una bomba.

Calor de hidratación: La hidratación del cemento es una reacción exotérmica (que libera calor).

Cemento: Es el componente más importante de la mezcla de concreto, pues, este puede definir la resistencia del mismo, y hasta en algunos casos el costo final de la mezcla. Este es un material pulverizado producto de un proceso complejo de fabricación, cuyas materias primas son las rocas calizas y arcillas con la adición de pequeñas cantidades de yeso como regulador del tiempo de fraguado.

Cemento Portland: Es un ligamento hidráulico compuesto por clinker finalmente pulverizado, mezclado por lo general con cierto porcentaje de yeso, se admite la

adición de otros productos que no excedan el 1% del peso total, siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Se entiende por ligamento hidráulico a aquellos aglomerados capaz de desarrollar resistencia y endurecerse en presencia de agua.

Cohesivo: Cohesión.- Fuerza de unión entre moléculas de la misma clase (de un mismo material). Cohesividad.-Se refiere al hecho que un concreto muy plástico o fluido no muestre separación de lechada de cemento.

Consolidación: Consolidar.- Asegurar, dar o adquirir firmeza o solidez. Sólido.

Contenido de Aire: Es la diferencia entre el volumen que ocupa la mezcla y el resultado de la suma de los volúmenes absolutos que ocupan los componentes de la misma.

Contenido de Humedad: Cantidad de agua contenida en los agregados.

Corrosión: Desgaste lento y paulatino del material.

COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Curado: Tratamiento del concreto para evitar la pérdida de agua que necesita el cemento para su hidratación.

Deformabilidad: Capacidad y facilidad que tiene el concreto para cambiar su forma, durante la colocación, para pasar a través de obstáculos, tales como, una alta densidad de refuerzos o un encofrado complejo, sin segregarse y manteniendo la estabilidad.

Densidad: Es la masa de un material dividido entre su volumen, expresado en kg/dm^3 o gr/cm^3 .

Densificada: Estado denso de un material.

Detrimento: Daño o perjuicio.

Dilatación: Aumento del tamaño de un cuerpo sin cambios en su naturaleza.

Edad: Tiempo que transcurre desde la elaboración de las probetas de concretos hasta su ensayo a la compresión.

Endurecimiento: Es el proceso de aumento de la resistencia mecánica posterior al periodo de fraguado.

Ensayo: Estudio de las propiedades de los agregados, agua y concretos para la aceptación o rechazo desde el punto de vista normativa.

Estabilidad: Cualidad estable. Capacidad de un cuerpo de mantener o recuperar el equilibrio.

Evaporación: Es un proceso mediante el cual una sustancia presenta cambios físicos de estado sólido a estado gaseoso.

Exudación: Conocido también como sangrado, es cuando el agua tiende a separarse de la mezcla de concreto, quedando flotando sobre el material recién colocado.

Fluidez: Describe la calidad de fluido o viscosidad que indica el grado de movilidad que puede tener la mezcla.

Fracción defectuosa o defectiva: Es la probabilidad que hay de que al ensayar un número de mezclas de un mismo diseño, bien sea concreto o mortero, existan una o más que no alcance la resistencia requerida. Esta variable se mide en porcentaje.

Fraguado: Proceso de endurecimiento del cemento u otro material.

Fundible: Fusible, licuable, fundible, fundente.

Granulometría: Distribución del tamaño de las partículas mediante el tamizado de una masa de agregados.

Hidratación del cemento: Reacción química en la cual el cemento agrega moléculas de agua a sus propias moléculas. El cemento requiere aprox. 13 % de agua para hidratarse y otros 10 % quedan atrapados en los poros microscópicos del gel.

Ignición: Acción y efecto de estar un cuerpo encendido.

Inhibir: Reprimir acciones, impulsos. Abstenerse de intervenir en algo.

Inocuidad: Que no es nocivo su uso.

Intrínseca: Que es propio de algo por sí mismo.

Molienda: Cantidad que se muele de 4 una vez.

Mortero: Fracción de pasta que contiene el concreto más los agregados menores de 4 milímetros.

Pasta: Fracción de finos, agua y aire comprendidos en el concretos, más el aditivo, si se aplica.

Plasticidad: Es el grado de movilidad que pueda tener la mezcla.

Plastificante: Es el aditivo que mejora la plasticidad de una mezcla haciéndola más trabajable.

Probetas para Ensayos: Son los envases cilíndricos metálicos utilizados para la toma de muestras de concreto fresco.

Relación Agua/Cemento: Expresión que mide la cantidad de agua entre la cantidad de cemento en kilos (Kg). Este se aplica entre los rangos de 0,4 – 0,8. Mientras más baja sea la relación A/C, más altas serán las resistencias y más impermeable es el concreto, siempre y cuando haya buena compactación del mismo.

Reología: Estudio y ciencia del flujo de la materia.

Resistencia de la Segregación: Capacidad del concreto de mantener su homogeneidad en la composición en estado fresco.

Retracción: Disminución de volumen de concreto, debido a la pérdida de agua y que ocasiona en el material un deterioro considerable si alcanza grandes magnitudes.

Segregación: Fenómeno de separación de lechada de cemento y agregados. Produce cangrejeras, nidos de piedra, aspecto defectuoso, filtraciones.

Tixotropía: Tendencia de un material a la pérdida progresiva de fluidez.

Trabajabilidad: Categoría que describe la movilidad, estabilidad, cohesión, capacidad de bombeo y compactación, y facilidad de colocación del concreto.

Viscosidad: Propiedad de un material que caracteriza su resistencia a cambiar la forma a el arreglo de sus elementos al fluir, y la medición correspondiente.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	“Estudio de la influencia de las propiedades físicas del agregado grueso procedente de la cantera de pertigalete sobre la desviación standard en diseños de mezclas de concreto producidas en la planta de premezclados simpca barcelona”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Pineda G., Elsi C.	CVLAC: 10.286.900 EMAIL: elsi_cat_pineda@hotmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Concreto

Puzolanas

Microsílice

Mezcla

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUB ÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

RESUMEN (ABSTRACT):

Este estudio se fundamenta principalmente en establecer un control de las desviaciones estándar de los diseños de mezclas producidos en las plantas de premezclados, siendo necesario determinar las incidencias de los agregados en la desviación estándar de la mezcla, en vista de que cada día los estándares de calidad aumentan su nivel de exigencias necesitamos saber hasta que punto y que grado de control es aplicable dependiendo de la zona y de los materiales que se dispongan según los criterios establecido en la Norma Covenin. Este trabajo nos permite una vez conocido la magnitud de los agregados, establecer una serie de correctivos de mejoras en éstos a nivel granulométricos, ya sea a través de un proceso de lavado a través de decantación mediante el uso de tamices que nos permita mejorar la degradación del agregado en busca de su optimización permitiéndonos obtener disminuciones o reducciones en costos de producción.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E-MAIL				
Velásquez, Gerónimo	ROL	CA	AS (X)	TU	JU
	CVLAC:	V-4.012.752			
	e-mail:	geronimovelasquez@gmail.com			
Velásquez, Orlando	ROL	CA	AS (X)	TU	JU
	CVLAC:				
	e-mail:				
Torres, Luisa	ROL	CA	AS	TU	JU(X)
	CVLAC:	V- 8.217.436			
	e-mail:	torres62@gmail.com			
Araujo, Francelia	ROL	CA	AS	TU	JU(X)
	CVLAC:	V- 8.026.290			
	e-mail:	faraujobeyo@hotmail.com			

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	12	02
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis.Estudio_propiedadesfísicas_mezclasdeconcreto.doc	Aplicación/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L M N O P Q
R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Civil

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Civil

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 44 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”

Pineda G., Elsi C.

AUTOR

**Ing. Gerónimo
Velásquez**

TUTOR

Prof. Luisa Torres

JURADO

Prof. Francelia Araujo

JURADO

Ing. Orlando Velásquez

TUTOR

Yasser Saab

POR LA SUBCOMISION DE TESIS