

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



**“DISEÑO DE MEZCLA, UTILIZANDO LA ESCORIA DE
ACERIA COMO AGREGADO GRUESO”**

Realizado por los Bachilleres:

GUSTAVO E. BASTARDO H. CI: 12978497

JUAN B. FERNÁNDEZ O. CI: 16283271

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el
título de:

INGENIERO CIVIL

Barcelona, Marzo 2009.

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



**“DISEÑO DE MEZCLA, UTILIZANDO LA ESCORIA DE
ACERIA COMO AGREGADO GRUESO”**

Jurado Calificador:

El jurado hace constar que signó a esta tesis la calificación de:

Prof. José Sosa
ASESOR ACADÉMICO

Prof. Blas Pinto
JURADO PRINCIPAL

Prof. Luís González
JURADO PRINCIPAL

Barcelona, Marzo 2009.

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



**“DISEÑO DE MEZCLA, UTILIZANDO LA ESCORIA DE
ACERIA COMO AGREGADO GRUESO”**

Prof. José Sosa
ASESOR ACADÉMICO

Barcelona, Marzo 2009.

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 44 del Reglamento de Trabajos de Grado:

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

A MIS PADRES, Rosa Erminda y Gustavo Bastardo, por haberme apoyado en todo momento de mi vida cuando más lo necesite y por sus consejos acertados en los momentos oportunos.

A MIS HERMANAS, Kattusca y Roxana, por brindarme todo su amor y cariño incondicional en todo momento cuanto más lo necesite.

A MI HIJO, Moisés Bastardo por darme mas iluminación a mi vida y con su risa, travesuras y darle alegría a nuestra casa gracias hijo te quiero mucho.

A MI SOBRINO, Karelys, Ronaldo, VerusKa y Kadriusca por estar siempre a mi lado y por todo su amor que recibido de ustedes y darle a nuestro hogar alegría, los quiero muchos sobrinos.

A MIS CUÑADOS, José Matia, Maryory por haberme apoyado de manera incondicional.

A LA MEMORIA DE MI ABUELA, Catalina Herrera abuela que ya no estas físicamente pero si en mi corazón tú fuiste todo para mi gracias abuela por ser así conmigo yo se que donde estas me están cuidando te quiero mucho y siempre estarás en mi corazón

A YORMARY, por estar siempre conmigo en las malas y las buenas y por darme lo más hermoso que es mi hijo gracias por estar siempre a mi lado.

Gustavo Bastardo

DEDICATORIA

A MIS PADRES, Norberta y Juan Bautista, ya fallecido por enseñarme los principios básicos y necesarios para vivir, y por sus consejos acertados en los momentos oportunos.

A MIS HERMANOS, Alexis y Aibis, por brindarme un amor incondicional y la oportunidad en devolverle el mismo; y por la demostración de paciencia y tolerancia.

A MIS TÍOS Y PRIMOS, en especial a mi tío Rafael que ha sido un padre para mí, y por su completo apoyo e ilimitado cariño cuando lo he necesitado. Así mismo a mi primo Javier y Jafet que siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas. También a Yojar, a Marciano y Roger.

A MI SOBRINA, Andrea Victoria, por haber traído alegría, ternura e inocencia a nuestros hogares y su fortaleza para comenzar a vivir.

A LA MEMORIA DE MI ABUELA MATERNA, Toribia, que aunque no está presente físicamente, sé que debe sentirse orgullosa de mí; por cuidarme y protegerme en todo momento.

A MI ABUELA, Romana E., que aunque ya vieja, pero con muchas fuerzas me da una demostración de vida única, y por llevarme en sus pensamientos y recuerdos. La quiero mucho.

Juan Fernández

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por guiarme al camino correcto para alcanzar los éxitos, por hacer que mantenga la fe, fuerza y mantenerme con buena salud y valor durante todo el curso de mi vida.

A MIS TÍOS, Guillermina, Rafael, Andrés, Aníbal, gracias por creer en mí.

A MIS AMIGOS Y COLEGAS, Hecniel, María Teresa, Jorge, Yherlys, Ileana, Kelly, Juan Fernández, Dayana, Buriel, Ernesto Rodríguez, Jhonny Rodríguez, Alexandra, Beatriz, Carlos Javier, Marcos, Fran, María Gabriela, Padilla, José, Mary Cruz, por haber sido mis compañeros de estudio y amigos, por estar conmigo en las buenas y malas y compartir buenos momentos gracias...

A MIS SUEGROS, Pedro González y Violeta gracias por brindarme su apoyo y confianza y alegría en todo momento.

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

Al Prof. José Sosa por tener la paciencia y espera y por apoyarnos en este trabajo.

A la Ing. Isabel por ayudarnos y apoyarnos en nuestro trabajo gracias.

A Mercedes por brindarnos apoyo en todo momento gracias.

Al Sr. Danny y Sra. Arelis por brindarme apoyo y confianza en todo momento
gracias

Gustavo Bastardo

AGRADECIMIENTOS

Tengo una deuda moral con tantas personas que me han ayudado en el transcurso de este trabajo de grado y a lo largo de mi carrera, que creo nunca podré pagar toda la ayuda y el apoyo que han tenido conmigo.

A DIOS, por guiarme en el camino correcto para alcanzar los éxitos, por hacer que mantenga la fé, fuerza y valor durante todo el curso de mi vida.

A MIS TÍOS, Rafael, y Jasmine, por su atenta y constante ayuda en la realización de este trabajo.

A MIS AMIGOS Y VECINOS DEL BARRIO, Mercedes Velásquez (la maracucha), amiga incondicional, a Don Pedro Navarro, la Señora Ramona y sus hijas Cristiana y Ela. A Ricardo Lusinchi, Cruz Sánchez y su familia, Juan Pablo y Rudy a los cuales me une una amistad desde hace muchos años. A Sonia y su esposo José. Gracias a todos ellos por toda la ayuda no solo económica, sino también espiritual y moral que me brindaron.

A MIS AMIGOS Y COLEGAS, Elbert, José Candallo, Nabit El fakri, Daniel Ramírez, Juan Salazar, Pablo Rodríguez, por haber sido mis compañeros de estudio, por permitir alcanzar y manifestar una amistad sincera y de confianza, por todo aquello que compartimos, en las buenas en las malas, simplemente por ser mis amigos. GRACIAS...

Al Sr. Dionisio Hernández, al Ing. Orlando Velásquez y a las personas que laboran en SIMPCA, en especial a Raúl Ramos, Juan Mejias, Zuleima Boice, a todos

los chóferes, gracias por la colaboración, ayuda y asesoría prestada durante la ejecución de esta tesis.

Al Prof. José Sosa y a todos los profesores del Departamento de Ingeniería Civil, por su confianza, apoyo, consejos y enseñanzas.

Juan Fernández

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el comportamiento de la escoria de acería cuando se le utiliza como agregado grueso en la preparación de mezclas de concreto, se diseñaron 3 mezclas de concreto tradicional, utilizando arena y piedra picada para las resistencias de mayor uso en la construcción, como son $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y un asentamiento de 5 pulgadas, a las cuales se les identificaron como mezclas Patrón.

Luego a cada una de estas mezclas se le reemplazo la piedra picada por escoria de acería, manteniendo la trabajabilidad de diseño en 5 pulgadas.

Con cada uno de estos diseños se preparó en el laboratorio mezclas de concreto fresco a las cuales se les evaluó la trabajabilidad y tiempo de fraguado en estado fresco y resistencias a la compresión en estado endurecido a las edades de 3, 7,28 y 56 días.

Se realizaron estudios, tanto técnico como económico entre la mezcla de concreto tradicional y la mezcla de concreto con escoria siderúrgica; sobre la base de comparaciones que permitan determinar la factibilidad técnica y resultados de costos de esta última, en obras de servicios (donde se requiera un concreto de baja o mediana resistencia), considerándose que la escoria de acería representa una buena alternativa como agregado grueso.

INDICE

RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
AGRADECIMIENTOS	IX
RESUMEN	XI
INDICE	XII
CAPITULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1 Planteamiento del Problema	17
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo General	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.3 Alcance	21
1.4 Limitaciones	22
1.5 Justificación	22
CAPITULO II	24
MARCO TEORICO	24
2.1 Antecedentes de la Investigación	24
2.2 Base Teórica	25
2.2.1 Materiales para el concreto, evaluación y selección	27
2.2.2 Relaciones entre La Calidad del Concreto y su Composición	28
2.2.3 Agregado	29
2.2.4 Propiedades Principales de los Agregados	31
2.2.5 Cemento	36
2.2.6 Agua	43
2.2.7 Aire	45

2.2.8 Escoria de Acería	46
2.2.9 Definición de escoria	47
2.2.10 Tipos de escorias.....	47
2.2.11 Producción de la Escoria de acería en Venezuela.....	48
2.2.12 Propiedades Químicas de la Escoria de Acería	49
2.2.13 Propiedades Mecánicas de la Escoria de Acería.....	51
2.2.14 Propiedades Térmicas de la Escoria de Acería.....	51
2.2.15 Variaciones de la Calidad del Concreto.....	51
2.2.16 Principales Causas de las Variaciones de la Resistencia en el Concreto	52
2.2.17 Ensayos para medir la Resistencia del Concreto	53
2.2.18 Diseño de Mezcla.....	56
2.2.19 Relación Agua / cemento (α)	57
2.2.20 Relación Beta (β)	57
2.2.21 Resistencia Promedio Adquirida	58
2.2.22 Parámetros Estadísticos	59
2.2.23 Aplicación de los Principios Estadísticos al Control de Calidad del Concreto.....	62
2.2.24 Aspectos de Control.....	66
2.2.25 Clasificación de las Plantas de Concreto	67
2.2.26 Almacenamiento del Agregado	67
CAPITULO III	69
DESARROLLO EXPERIMENTAL	69
3.1 Introducción.....	69
3.2 Etapas del Desarrollo Experimental 69	
3.2.1 Selección de materiales.....	71
3.2.1.4. Agua	74
3.2.2. Estudio de los materiales	74
3.2.3. Diseño de Mezcla Patrón por el método del A.C.I.	76

3.2.4. Elaboración de la mezcla patrón	80
3.3 Equipos, Materiales, Sustancias y Herramientas Utilizadas.....	98
3.3.1 Equipos	98
3.3.2 Materiales.....	102
3.3.3 Sustancias.....	102
3.3.4 Herramientas.....	103
CAPITULO IV	104
TABLAS DE RESULTADOS	104
4.1. Mezcla Patrón (MP).....	104
4.1.1 Tablas de resultados.....	104
4.1.2. En las tablas 4.16 hasta la 4.30, se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidas en el concreto tipo 210 kg/cm ² a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.....	112
4.1.3. En las tablas 4.31 hasta 4.45 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto tipo 250 kg/cm ² a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.....	119
4.2. Mezcla con Escoria de Acería (ME).....	127
4.2.1. En las tablas IV-46 a la IV-60 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto en la cual se utiliza escoria de aceria como agregado grueso, de resistencia 180 kg/cm ² , a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.	127
4.2.2. En las tablas 4.61 a la 4.75 se dan los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto tipo 210 kg/cm ² a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.....	134
4.2.3. En las tablas 4.76 a la 4.90 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto tipo 250kg/cm ² , a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.....	142
4.3. Análisis de Resultados.....	149
4.3.1 Mezcla patrón (MP)	149

4.3.2 Mezcla con escoria (ME).....	153
CAPITULO IV	163
CONCLUSIONES.....	163
RECOMENDACIONES	165
BIBLIOGRAFÍA.....	166
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.
METADATO.....	169

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Son muchas las características del concreto que interesan; algunas de ellas se hacen críticas en determinadas circunstancias. Sin embargo, desde el punto de vista general, son dos las de mayor consideración. La primera es la relativa al grado de fluidez del material en estado fresco, lo cual también se conoce como trabajabilidad. La segunda propiedad es la resistencia mecánica que es capaz de adquirir el concreto.

En la mezcla de concreto convencional (Arena, Piedra Picada, cemento y agua), el agregado grueso representa uno de los componentes más costosos y de mayor dificultad a la hora de su escogencia, especialmente por la escasez de canteras adecuadas originando altos costos en el producto final, por esta razón surge la inquietud de encontrar un nuevo elemento que se adapte a las especificaciones de las normas Venezolanas COVENIN 1753-87 y que a su vez disminuyan el valor de la mezcla de concreto, sin que esto afecte la calidad de esta.

La calidad de un concreto dado va a depender de la calidad de sus componentes, de la calidad de su diseño de mezclas y su posterior manejo, de los cuidados de uso y mantenimiento.

La escoria de aceria es un material consistente de una mezcla de óxidos y silicatos fundidos, la cual se produce durante la fabricación del acero, esta es en la actualidad usada en tratamientos superficiales, mezclas asfálticas, bases granulares, entre otros; por lo que se consideró como alternativa el empleo o introducción de esta escoria como agregado en mezclas de concreto realizando una serie de ensayos que lo califiquen como apto y conveniente.

Se procede a realizar un estudio técnico-económico entre la mezcla de concreto tradicional y la mezcla de concreto con escoria siderúrgica; sobre la base de comparaciones que permitan determinar la factibilidad técnica y resultados de costos de esta última, en obras de servicios (donde se requiera un concreto de baja o mediana resistencia), considerándose que la escoria de acería representa una buena alternativa como agregado grueso.

En dicha investigación se realizarán diseños de mezclas, partiendo de una mezcla patrón, compuesta de piedra picada y otra con escoria de acería realizando los ensayos correspondientes al concreto tanto en estado fresco como endurecido.

Los resultados obtenidos nos permitirán establecer ventajas y desventajas tanto técnicas como económicas, definir la utilidad que tendrá dicha mezcla con el agregado en estudio entre otros.

1.1 Planteamiento del Problema

Una mezcla de agregados con una curva granulométrica continua, producirá un concreto de buena trabajabilidad, elevada cohesión y una reducida tendencia a la adhesión. El concreto ha sido desde hace tiempo el material más utilizado dentro del mundo de la construcción, es usado en zonas urbanas, sub urbanas e industriales.

El concreto es un material constituido por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son pétreos que quedan englobados en esa pasta.

La calidad del concreto depende principalmente de la calidad de sus componentes, ya que, aproximadamente un 80% del peso del concreto está

compuesto por partículas de origen pétreo, de diversos tamaños, denominados como agregados.

La característica fundamental de los agregados en el concreto, es la diversidad de tamaño de todos sus granos, denominado granulometría, el cual debe tener una secuencia gradual de escalonamiento de tamaños.

Segregación. Al mismo tiempo ésta será poco porosa y por lo tanto dispondrá de una durabilidad prolongada.

Por todas estas razones, las características de los agregados son decisivas para la calidad de las mezclas de concreto; por lo tanto es necesario estimar las proporciones de los componentes de la mezcla que resulte más adecuada para cada situación. Esto se conoce como diseño de mezcla.

Es por ello que surge la necesidad de continuar con la evolución y avance en investigaciones relacionadas a mejorar y crear alternativas referentes a mezclas de concreto, con la finalidad de lograr avances técnicos y económicos en la misma.

El presente trabajo de investigación se encuentra orientado, hacia el empleo ó introducción de un agregado no convencional en las mezclas de concreto.

Realizaron los ensayos contemplados en las normas Covenín 269-78, 263-78 255-77, utilizando la escoria de acería como agregado grueso, se realizaran diseños de mezclas de resistencias $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$.

El agregado grueso es el encargado de dar la consistencia y resistencia deseada, además la dureza de éste resulta decisiva para el caso de concreto a elevadas tasas de desgaste por roce o abrasión, tales como aplicaciones en pavimentos, revestimiento

de canales, etc. El uso extenso de los agregados en la construcción requieren de un cuidado mayor en el control de las especificaciones de la mezcla de concreto, esta debe poseer una piedra dura y perdurable sin exceso de partículas blandas, alargadas o planas, además debe tener una granulometría controlada para llenar las exigencias de la mezcla, cumpliendo con lo establecido en las normas venezolanas COVENIN 1753-87.

La escoria de acería, además de ofrecer la posibilidad de un concreto de bajo costo, se estaría contribuyendo con la protección del medio ambiente, ya que de no ser utilizada, ésta debe permanecer almacenada, ocupando espacio en patios de acopio convirtiéndose así en un pasivo ambiental.

En la actualidad la escoria de acería es usada en tratamientos superficiales, mezclas asfálticas, bases granulares, entre otros.

Las mezclas patrón con las cuales se realizaran las pruebas se diseñaran con los agregados (arena y piedra picada) de la mejor calidad existente en la zona. Se usaran arena del río guere y piedra picada de pertigalete.

Para cada ensayo de compresión será necesario realizar un mínimo de dos pruebas idénticas. Esto se hará para que los resultados tengan un grado de confiabilidad aceptable.

La edad normativa para medir la resistencia es a los 28 días, pero en este caso también se medirán la resistencia a los 3, 7 y 56 días con la finalidad de obtener valores que abarquen todas las edades de ensayo.

El cemento utilizado fue el Portland tipo III, de la marca Cemex, el cual químicamente y físicamente es similar al cemento tipo I, solo que sus partículas han

sido molidas más finamente y por esta razón proporciona resistencias elevadas a edades tempranas.

Estos ensayos se realizaron en los laboratorios de control de calidad de la empresa de premezclados SIMPCA, dichas instalaciones se encuentran ubicadas en el sector industrial de Mesones de la ciudad de Barcelona, Estado Anzoátegui.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una mezcla de concreto utilizando la escoria de acería como agregado Grueso para resistencias de $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$.

1.2.2 Objetivos Específicos

1.- Realizar los ensayos de control de calidad a los agregados, según norma Covenín 277-92.

2.- Diseñar tres mezclas patrón y tres con escoria de acería de resistencias $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ con un asentamiento de 5 pulgadas.

3.- Evaluar las mezclas de laboratorio de acuerdo a la norma Covenín 1976-99 (Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayos), y su preparación de acuerdo a la norma Covenín 354-79 (Método para mezclado de concreto en el laboratorio).

4.- Comparar las propiedades físicas del concreto con escoria de acería con respecto a la mezcla patrón.

5.- Realizar ensayos de trabajabilidad aplicando la norma Covenín 339-78.

6.- Elaborar probetas cilíndricas de las mezclas diseñadas para ensayarlas a compresión de acuerdo a la norma Covenín 338-79.

7.- Comparar los resultados obtenidos haciendo uso de análisis estadísticos, según norma Covenín 1976-87 de los siguientes parámetros: Tiempo de fraguado y resistencia a la compresión a las edades de 3, 7,28 y 56 días.

8.- Preparar 15 mezclas de laboratorio para cada diseño, para un total de 90.

1.3 Alcance

Este trabajo de investigación permitirá obtener información acerca de la utilización de la escoria de acería en la elaboración de concretos y la utilización en diferentes obras civiles, así como establecer una comparación económica con respecto a mezclas convencionales en la ciudad de Puerto Ordaz y en la ciudad de Barcelona.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se planteó el diseño de la mezcla de concreto con escoria de acería como agregado grueso.

Al excedente siderúrgico se le hicieron ensayos como a cualquier agregado grueso que vaya a formar parte de un diseño de concreto. Las pruebas realizadas a este agregado son: Granulometría lavada, Peso específico, Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado, debido a que la escoria de acería es un material derivado del proceso de elaboración del acero se le efectuó el análisis de contenido de cloruros y sulfatos, realizado en el Centro de Investigaciones Tecnológicas de Oriente (CITO).

1.4 Limitaciones

En la elaboración de cualquier trabajo de ingeniería, al igual que en la realización de este trabajo de grado, suelen encontrarse ciertas limitaciones, tales como: el tiempo de recolección de datos y la realización de gran cantidad de mezclas. Es por ello que se presentaran los estudios necesarios para lograr una respuesta acorde con el problema planteado, sin alterar los resultados que pueda arrojar la investigación y cambiar el curso de su ejecución.

En Venezuela, no ha sido ampliamente utilizada la escoria de acería como agregado para concreto. Las referencias bibliográficas encontradas tratan sobre el uso de este material en obras de vialidad, como bases granulares, balasto de vías férreas, estabilización de taludes y como agregado para mezclas asfálticas, entre otros. Se conoce el uso de escoria de alto horno como agregado para concreto en el exterior, como por ejemplo, en la construcción del puente Cuyahoga Cleveland-Ohio, (estados Unidos) edificio de IBM Pittsburg-Pensilvania, entre otros.

1.5 Justificación

“Los agregados se usan en la construcción para aumentar el volumen de otros materiales o como superficie de desgaste, pueden mezclarse con otros materiales para formar un relleno sólido y dar estructura a los miembros de construcción”-

Por la complejidad de la producción del agregado grueso en la mezcla de concreto tradicional, se originan una diversidad de problemas tales como, la escasez de zonas que puedan servir como canteras así como también agregados que no cumplen con las especificaciones exigidas por las normas COVENIN 1753- 87, parte 3 “Requisitos Constructivos”, capítulo 4 que hace referencia a la “Calidad del

concreto”, esto conlleva a un elevado costo si se desea lograr una buena calidad en el producto final.

La escoria siderúrgica es un mineral no metálico de forma angular que se produce en grandes cantidades en el proceso de fabricación del acero, en la empresa siderúrgica del Orinoco, situada en ciudad Guayana, estado Bolívar. Las características de este material se asemejan a la de la piedra picada pudiendo ser una gran opción que cumpla con los requerimiento de las normas COVENIN 1753-87, inclusive podría ser una ventaja desde el punto de vista económico por ser un excedente siderúrgico y por consiguiente, su valor es muy bajo en comparación con el de la piedra caliza, lo que podría generar una disminución en el costo de la mezcla de concreto, siendo una ventaja a tomar en cuenta en la construcción de obras civiles, que se realizaran en el futuro, en la ciudad de Puerto Ordaz.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

El desecho siderúrgico comúnmente denominado escoria siderúrgica o de acería es un material no metálico, proveniente del proceso químico en el cual se fusionan a altas temperaturas, el carbono y el hierro para dar origen al acero, quedando dicho material como residuo. En la actualidad existen en el estado Bolívar grandes cantidades de ambos minerales.

La siderúrgica del Orinoco empresa privatizada, representada por la corporación Grupo Amazonía, encargada de la fabricación del acero, ha realizado carpetas de rodamientos utilizando escoria de acería como componentes de la mezcla de concreto asfáltico en la vialidad interna de la empresa, arrojando resultados favorables. La desaparecida empresa Cemento Guayana, establecida en las cercanías de Matanzas en el Estado Bolívar, trabajó con el desecho siderúrgico como componentes de su producto, luego que las partículas derivadas del óxido ferroso, fueron debidamente separadas, seleccionadas y trituradas. [1]

“Las escorias de acerbas y su empleo en carreteras y vías férreas” es el título de un libro publicado por la empresa Intemetal de Venezuela; el cual hace referencia al uso de la escoria en mezclas asfálticas y base granular. [2]

Por otra parte, se han realizado investigaciones basadas en el uso de este material en el diseño de mezclas asfálticas y como único componente tanto del

agregado fino como del agregado grueso en el hormigón, las cuales fueron tomadas como referencia para el presente trabajo, entre las cuales se encuentran:

❖ En 1967, González A, presentó su trabajo de Grado titulado “Utilización de la Escoria granulada de la siderúrgica del Orinoco en la elaboración de concreto”. En este estudio se tomaron en consideración los diferentes tipos de escoria para crear un diseño de concreto armado donde los agregados (finos y gruesos) estuvieron constituidos en su totalidad por este componente. Vale destacar que todos los ensayos a que fueron sometidos los agregados se rigieron por la norma ASTM, ya que eran las más confiables de aquella época. [3].

❖ En septiembre de 1996, Rincones L y Bravo C, presentaron en su trabajo de grado titulado “Estudio de diseño de mezclas asfálticas en frío densamente gradadas utilizando escoria de la acería de SIDOR”. En esta tesis se analizó la factibilidad que tiene una mezcla asfáltica en frío con escoria de acería en vías secundarias ó agrícolas. [4].

❖ En Noviembre de 2003, Contreras M y Figueroa J, presentó en su trabajo de Grado “Análisis de factibilidad en la mezcla de concreto empleando escoria de acería como agregado grueso y fino, considerando factores técnicos y económicos.”. En esta investigación se analiza la factibilidad de una mezcla de concreto, utilizando la escoria de acería, la cual fue sometida a una serie de ensayos de acuerdo a las normas COVENIN y ASTM, y luego se procedió a probar los resultados realizando un diseño de mezcla. [5]

2.2 Base Teórica

El concreto es un material constituido por una mezcla de agregado grueso y fino, cemento Pórtland, aire, agua y aditivos químicos cuando se requiere. Es un

material temporalmente plástico que puede colarse o moldearse en estado fresco que al reaccionar químicamente con agua, se convierte en una masa sólida. El usuario del concreto desea resistencia adecuada, facilidad de colocación y durabilidad, al mismo costo. El proyectista de concreto puede variar la 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 máximo 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 microsílíce, para mejorarle alguna de sus propiedades.

Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una mezcla de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

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

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

1.- Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida.

2.- La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio.

3.- La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

2.2.1 Materiales para el concreto, evaluación y selección

Aproximadamente un 80% del concreto u hormigón ésta compuesto por partículas de origen pétreo, de diferentes tamaños, material que denominamos usualmente como agregados, áridos o inertes. Por esa razón las características de esos materiales son decisivas para la calidad de la mezcla de concreto. La calidad de los agregados depende de las condiciones geológicas de la roca madre pero, en parte, depende de los procesos extractivos de las empresas productoras, (canteras, saques, otros), a quienes corresponde el primer paso en el proceso de la calidad de los agregados.

Se acostumbra añadir a la mezcla estos materiales pétreos en dos fracciones diferentes, de acuerdo a su tamaño; una que denominamos agregado gruesos (usualmente piedra picada, canto rodado natural, o canto rodado triturado), y la otra agregado fino (arena natural ó arena obtenida por trituración). A veces se usan más de las dos fracciones indicadas, con tamaños intermedios.

Una característica fundamental de los agregados son los diferentes tamaños de todos sus granos, lo cual designamos como granulometría. En principio, debe haber una secuencia gradual o escalonamiento de tamaños, desde los granos más gruesos, hasta los más finos de la arena.

Además de los agregados, (piedra y arena), del cemento y del agua, es cada vez más frecuente añadir a la mezcla ciertos productos químicos que, en muy pequeña cantidad, son capaces de modificar de manera muy importante algunas propiedades del concreto. Se les suele llamar aditivos.

2.2.2 Relaciones entre La Calidad del Concreto y su Composición

Las propiedades del Concreto dependen, fundamentalmente, de las características y proporciones de sus componentes constitutivos. Entre estas proporciones de los componentes y los índices de calidad de la mezcla se establecen relaciones que se pueden expresar de una forma esquemática. Como se muestra en la Figura 2.1

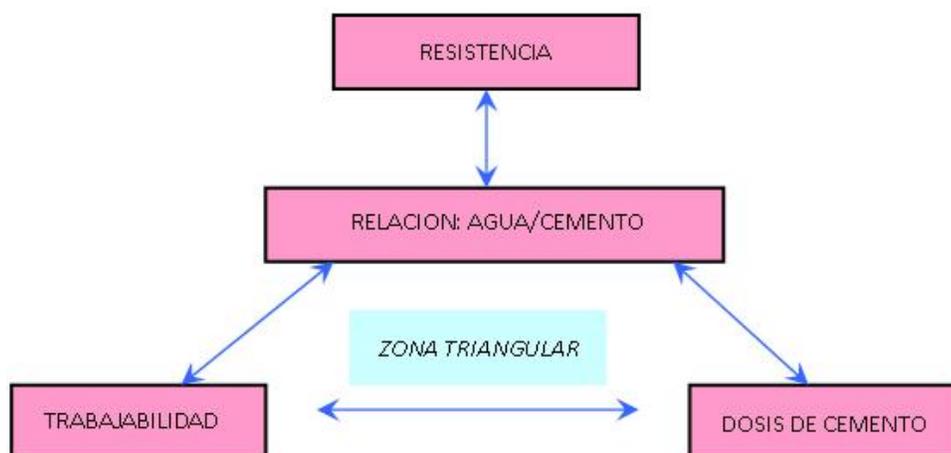


Figura 2.1 Características y Composición del Concreto

Fuente: Tomada del libro del Manual del Concreto

En la Figura se establece dos áreas de relaciones: una que enlace la dosis de cemento con la trabajabilidad y la relación agua/cemento y la otra que enlaza la resistencia con la relación agua/cemento. Cualquier variación en alguno de ellos traerá como consecuencia la variación de lo restante.

2.2.3 Agregado

Los agregados, conocidos también como áridos, constituyen alrededor del 75% en volumen de una mezcla típica de concreto, razón por la cual sus características resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla.

Las características de los agregados empleados en el concreto deberán ser aquellas que beneficien el desarrollo de las propiedades del concreto. Los agregados desarrollan propiedades tales como la trabajabilidad, la exigencia del contenido del cemento, la adherencia con la pasta y el desarrollo de las resistencias mecánicas, entre otras.

La limpieza, sanidad, resistencia y forma de las partículas son importantes en cualquier agregado. Los agregados se consideran limpios si están exentos de exceso de arcilla, limo, mica, materia orgánica, sales químicas y granos recubiertos.

2.2.3.1 Tipos de Agregados

2.2.3.1.1 Agregado Fino (Arena)

Es aquel que pasa por el tamiz de 3/8"; puede pasar todo, dejar una pequeña parte en el tamiz # 4 y es fundamentalmente retenido en el tamiz # 200. Puede ser natural provenientes de ríos, minas a cielo abierto o artificial la cual es producto de la trituración de rocas.

Uno de los aspectos más importantes de las arenas es su comportamiento con la humedad, ya que ellas tienen mayor facilidad para retenerla que el agregado grueso y en consecuencia es más difícil de secarlas. La humedad produce variaciones significativas en el volumen de la arena, dependiendo estos cambios de la composición granulométrica del agregado, esto es, mientras más fina es la arena mayor es la humedad, y por lo tanto mayor la variación de volumen.

2.2.3.1.2 Agregado Grueso (piedra picada)

Constituye la parte del agregado que queda retenido en el tamiz # 4 y todos los demás colocados por encima de este, y que son recomendados por las normas COVENÍN 277 “Criterios de aceptación y rechazo de los agregados”.

Cuando el agregado grueso es obtenido por trituración de rocas, material que se conoce como “piedra picada”, resultan granos semiangulosos, de superficie más rugosa y buena adherencia.

Los cantos rodados son redondeados; suelen tener una resistencia alta y superficie lisa que permiten trabajarlos con menos agua, pero que se adhieren menos fuertemente a la pasta.

Los cantos rodados triturados son angulosos y en consecuencia dan menor trabajabilidad, lo cual queda compensado en parte por tener superficie rugosa y por consiguiente una adherencia mayor.

2.2.4 Propiedades Principales de los Agregados

2.2.4.1 Granulometría

La granulometría de una masa de agregados se define como la distribución del tamaño de sus partículas, y se determina haciendo pasar una muestra representativa del material por una serie de tamices ordenados por abertura, de mayor a menor.

La granulometría se relaciona directamente con la trabajabilidad del concreto, y así con todas las propiedades ligadas a ésta. En esto radica la importancia de estudiar la granulometría de los agregados.

La granulometría de la arena tiene mayor influencia sobre la trabajabilidad que el agregado grueso en razón de su mayor valor de superficie específica.

2.2.4.2 Tamaño Máximo

El tamaño máximo del agregado generalmente está condicionado por las exigencias de que pueda entrar fácilmente en los encofrados y entre las barras de las armaduras.

Se entiende por tamaño máximo de un agregado la abertura del tamiz o malla menor a través del cual debe pasar como mínimo el 95% ó más del material cernido.

2.2.4.3 Peso Unitario

Es el que se toma como volumen de referencia. Existen dos clases: el suelto, el cual se determina al dejar caer libremente el agregado dentro del recipiente, y el compacto: el material se compacta de modo similar a como se hace con el concreto.

2.2.4.4 Peso Específico

Es el peso de un cuerpo dividido entre su volumen. Los materiales granulométricos tienen dos tipos de pesos específicos: el aparente, que es el peso de un conjunto de agregados dividido entre su volumen incluyendo los espacios vacíos entre granos, y el absoluto: peso de un grano dividido entre su volumen.

2.2.4.5 Humedad y Absorción

Es la diferencia entre el peso del material húmedo y el mismo, secado al horno. Se suele expresar como porcentaje en peso, referido al material seco. Esta se encuentra en los agregados de dos maneras diferentes: uno es rellenando los poros y micro poros internos de los granos, y la otra es como una película envolvente más o menos gruesa.

La absorción, o diferencia entre el grano seco y el húmedo, o entre el seco y el saturado con superficie seca, puede retirar, por el contrario importantes cantidades de agua de la mezcla. Estos aportes o retiros alteran consecuentemente la relación agua-cemento, o valor de alfa.

El agua de mojado superficial de los granos del agregado hace que estos queden ligeramente separados entre sí por la película que los rodea, lo que da lugar a que, en su conjunto, el material se “hinche”. En los agregados gruesos este efecto es poco perceptible, mientras que en las arenas, debido a su mucha mayor superficie específica, el fenómeno es notable.

2.2.4.6 Segregación

Cuando se manejan agregados en los que hay presencia de granos con tamaños muy contrastantes, se puede presentar tendencia a su separación, en lo que denominamos segregación del agregado, lo cual generaría concreto de calidad heterogénea y dudosa.

La tendencia a la segregación se contrarresta manejando los agregados en fracciones separadas, de acuerdo a su tamaño, que solo se combinan en el momento del mezclado. A veces la naturaleza produce gradaciones granulométricas combinadas, con gruesos y finos, y que teóricamente podrían ser adecuadas para usarse directamente como agregados (por ejemplo el material que se conoce como granzón). Se suele oponer a ello su tendencia a la segregación y su variabilidad granulométrica, recordando que más que una buena gradación para determinado concreto, lo que se debe asegurar es su constancia.

2.2.4.7 Impurezas

Al agregado los puede acompañar algunas impurezas perjudiciales, la mayoría de origen natural y acompañando a la arena. Las especificaciones normativas establecen límites para estas impurezas.

El humus o materia orgánica procedente de la descomposición de vegetales, acompaña a veces a los agregados. Hay un procedimiento normativo sencillo para obtener una estimación de su proporción, descrito en la norma COVENÍN N° 256, “Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concretos. Ensayo colorimétrico y ASTM C 40, basado en que la reacción de la materia orgánica con los álcalis colorea una solución con un color más o menos intenso, según la proporción de materia orgánica. Otro procedimiento, de uso más

especifico para conocer el nivel orgánico en las aguas, es medir el oxígeno que consume la materia orgánica al oxidarse.

La materia orgánica en descomposición puede producir trastornos en las reacciones del cemento. El fraguado puede ser alterado, e incluso impedido, como es el caso en presencia de abundantes azúcares. También se pueden ver alterados el endurecimiento y, a veces, la reacción de los aditivos químicos. Algunos tipos de materia orgánica no llegan a producir alteraciones importantes por lo cual, en términos generales, lo más recomendable es hacer pruebas directas en mezclas de estudios con los materiales que se pretende usar.

Otras impurezas importantes son las sales naturales, entre las cuales, las más frecuentes son el Cloruro de sodio y el sulfato de calcio, o yeso, o bien las sales procedentes de efluentes industriales, que pueden tener una composición muy variada. El Ion cloruro, de la sal, produce la corrosión de las armaduras del concreto armado, y el Ion sulfato del yeso ataca la pasta.

La simple detección de estas sales por métodos cuantitativos puede resultar errónea, ya que la estimación de su presencia depende no solo de su proporción, si no también de la cantidad de muestra, de la relación de dilución y de las características del reactivo. En cambio, una determinación semicuantitativa, aun cuando el material se tome en volumen pero con relaciones de dilución y de reactivos fijas, y si está bien planificada y desarrollada, resultara confiable y es suficientemente sencilla como para ser practicada en el lugar de explotación, o en la propia obra. Los ensayos normativos son más completos.

2.2.4.8 Resistencia de los agregados

La resistencia de los granos de agregado es también decisiva para la resistencia del concreto fabricado con ellos. Dada su alta proporción en la mezcla, no se puede pretender que esta alcance resistencias muchos mayores a la de los granos pétreos que la integran. La correspondencia entre las variables relación agua-cemento y resistencia mecánica, está condicionada en buena parte por la calidad resistente de los agregados, además de por la dosis de agua en la pasta.

Los concretos hechos con agregados de baja resistencia tienen poca resistencia al desgaste, lo que puede resultar crítico en pavimentos, túneles de desvío en represas, tuberías a presión, etc.

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 (Norma COVENIN 266, Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos, menores de 38,1 mm (1 1/2 pulgadas), por medio de la máquina de los Ángeles y Norma COVENIN 267. Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos mayores de 19,0 mm, por medio de la máquina de los Ángeles, ASTM C 131, y ASTM C 535), Las normas suelen permitir límites de desgaste del 50%. Sin embargo, de acuerdo a las condiciones del concreto deseado, se pueden requerir límites más exigentes. Los agregados de alta resistencia al desgaste pueden tener pérdida de menos del 20%.

2.2.4.9 Forma de Partículas y Textura superficial

La forma de partícula y la textura superficial de un agregado influyen más en las propiedades del concreto fresco, que en las propiedades del concreto endurecido. Para producir un concreto trabajable, las partículas alongadas, angulares, de textura

rugosa necesitan más agua que los agregados compactos, redondeados y lisos. En consecuencia, las partículas de agregado que son angulares, necesitan un mayor contenido de cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo, con una granulometría satisfactoria, los agregados triturados y no triturados (de los mismos tipos de rocas) generalmente dan la misma resistencia para el mismo factor de cemento, los agregados pobremente graduados o angulares pueden ser también más difíciles de bombear. La adherencia entre la pasta de cemento y un agregado generalmente aumenta a medida que las partículas cambian de lisas y redondeadas a rugosas y angulares. Este incremento en adherencia se debe considerar al seleccionar agregados para concreto en que sea importante la resistencia a la flexión o donde sea necesaria una alta resistencia a la compresión.

Los contenidos de vacíos del agregado compactado fino o grueso, se pueden usar como un índice de las diferencias en la forma y textura de agregados con igual granulometría. La demanda de agua de mezclado y de mortero tiende a aumentar a medida que aumenta el contenido de vacíos del agregado. Los vacíos entre las partículas de agregado se incrementan con la angularidad del agregado.

El agregado debe estar relativamente libre de partículas planas. Las partículas planas y alongadas se deben evitar o al menos limitar a aproximadamente un 15% del peso total del agregado.

2.2.5 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 (Pórtland) 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)

2.2.5.1 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 (C_3S):** Este componente que se puede considerar como el 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 (C_2S):** Su contribución es baja en las resistencias de los primeros días, pero luego las va desarrollando progresivamente hasta alcanzar al (C_3S). Desarrolla calor de hidratación de 60 calorías/gramo.

❖ **Aluminato Tricálcico (C_3A):** Este componente por sí solo contribuye muy poco a la resistencia 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 resistencia y endurecimiento del concreto. Su hidratación es muy rápida al tener contacto con el agua, desarrollando una cantidad de calor de 207 calorías/gramo. 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 Portland.

❖ 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, ver Tabla 2.1.

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.

Tabla 2.1 Óxidos Químicos del Cemento Pórtland

Componente	Fórmula química	Fórmula abreviada	Límites de la composición usual promedio, %
Sílice	SiO ₂	S	19 – 25
Alúmina	Al ₂ O ₃	A	3,5 – 8
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	F	2,5 – 4,5
Cal	CaO	C	62 – 65
Sulfatos (Yeso)	SO ₃	Y	1,5 – 4,5
Magnesia	MgO	M	0,5 – 5
Álcalis	Na ₂ O, K ₂ O	N, K	0,2 – 1,2

Fuente: Manual del Concreto Estructural, p. 92, Porrero, Ramos, Grases y Velazco, 2004, Caracas.

2.2.5.2 Tipos de Cemento Pórtland

Los cementos Pórtland, por lo general, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado 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 a 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_3A en el cemento y al molerlo 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 pequeñas 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_3A . 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 alto 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_3A , pues este compuesto es el más susceptible al ataque por sulfatos.

2.2.5.3 Características Esenciales del Cemento

La influencia que el cemento Pórtland ejerce en el comportamiento y propiedades de la pasta cementante y del concreto, derivan fundamentalmente de la composición química del clinker y de su finura de molienda. En el caso de los cementos Pórtland-puzolana, habría que añadir a esos dos factores los referentes a las características físicas y químicas de la puzolana y el contenido de ésta en el cemento.

2.2.5.4 Composición Química

Una vez que el agua y el cemento se mezclan para formar la pasta cementante, se inicia una serie de reacciones químicas que en forma global se designan como hidratación del cemento. Estas reacciones se manifiestan inicialmente por la rigidización gradual de la mezcla, que culmina con su fraguado, y continúan para dar lugar al endurecimiento y adquisición de resistencia mecánica en el producto.

La composición química de un clinker Pórtland se define convenientemente mediante la identificación de cuatro compuestos principales, cuyas variaciones relativas determinan los diferentes tipos de cemento Pórtland, en la tabla II.2, se presentan los compuestos que forman el clinker del cemento Pórtland.

Compuestos que forman el clinker del cemento Pórtland.

Tabla 2.2 Composición Química del Cemento Pórtland.

COMPUESTO	FORMULA QUIMICA	NOTACION ABREVIADA
Silicato tricalcico	3CaO SiO_2	C_3S
Silicato dicalico	2CaO SiO_2	C_2S
Aluminato tricalcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrito Tetracalcico	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

En términos prácticos los silicatos de calcio (C_3S y C_2S) son los compuestos más deseables, porque al hidratarse forman los silicatos hidratados de calcio (S-H-C) que son responsables de la resistencia mecánica y otras propiedades del concreto. Normalmente, el C_3S aporta resistencia a corto y mediano plazo, y el C_2S a mediano y largo plazo, es decir, se complementan bien para que la adquisición de resistencia se realice en forma sostenida.

El aluminato tricálcico (C_3A) es tal vez el compuesto que se hidrata con mayor rapidez, y por ello propicia mayor velocidad en el fraguado y en el desarrollo de calor de hidratación en el concreto. Asimismo, su presencia en el cemento hace al concreto más susceptible de sufrir daño por efecto del ataque de sulfatos. Por todo ello, se tiende a limitarlo en la medida que es compatible con el uso del cemento.

Finalmente, el aluminoferrito tetracálcico es un compuesto relativamente inactivo pues contribuye poco a la resistencia del concreto, y su presencia más bien es útil como fundente durante la calcinación del clinker y porque favorece la hidratación de los otros compuestos.

Otro aspecto importante relativo a la composición química del clinker (y del cemento Pórtland) se refiere a los álcalis, óxidos de sodio (Na_2O) y de potasio (K_2O), cuyo contenido suele limitarse para evitar reacciones dañinas del cemento con ciertos agregados en el concreto. Esto ha dado motivo para el establecimiento de un requisito químico opcional, aplicable a todos los tipos de cemento Pórtland, que consiste en ajustar el contenido de álcalis totales, expresados como Na_2O , a un máximo de 0.60 por ciento cuando se requiere emplear el cemento junto con agregados reactivos.

2.2.5.5 Finura de Molienda

El grado de finura del cemento tiene efectos ambivalentes en el concreto. Al aumentar la finura el cemento se hidrata y adquiere resistencia con más rapidez, y

también se manifiesta mayor disposición en sus partículas para mantenerse en suspensión en la pasta recién mezclada, lo cual es ventajoso para la cohesión, manejabilidad y capacidad de retención de agua en las mezclas de concreto. Como contrapartida, una finura más alta representa mayor velocidad en la generación de calor y mayor demanda de agua de mezclado en el concreto, cuyas consecuencias son indeseables porque se traducen en mayores cambios volumétricos de los concretos y posibles agrietamientos en las estructuras.

❖ En el caso de los cementos Pórtland, debe dárseles una finura de molienda adecuada para cumplir con los valores especificados en cuanto a superficie específica y resistencia a compresión, salvo el tipo III en que no se reglamenta la superficie específica porque se sobreentiende que requiere mayor finura que los otros tipos para cumplir con la función de obtener alta resistencia a edad temprana.

2.2.6 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 funciones: 1) Es el elemento 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 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 del 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 la superficie del concreto endurecido o provocando la corrosión de las armaduras del concreto armado.

2.2.6.1 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.

2.2.6.2 Agua Evaporable

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

2.2.6.3 Agua de Hidratación o no Evaporable

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

2.2.6.4 Agua de curado

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

2.2.7 Aire

Cuando enumeramos los componentes básicos del concreto: cemento, 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 incorporadores de aire, se derivan para el concreto, ventajas

indiscutibles en lo que se refiere a sus propiedades en estado fresco y endurecido. (Sika. 2000).

2.2.7.1 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 (diámetro 10-200 μm), 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)

2.2.8 Escoria de Acería

En particular la mayoría de las personas interpretan el término “escoria” como material de desecho, excedente, cuya manipulación genera costos, en fin un gran problema.

Los excelentes resultados obtenidos en las diversas aplicaciones para las escorias de acería, han proporcionado a la industria siderúrgica una nueva fuente de ingresos y además una disminución de los espacios destinados al almacenamiento de este material considerado un pasivo ambiental.

Sumando las experiencias en otros países y el magnífico éxito obtenido en importantes obras de ingeniería, sobretodo en proyectos viales ejecutados en Venezuela, presentamos a continuación un breve resumen referente a las escorias de acería.

2.2.9 Definición de escoria

La escoria es un material no metálico consistente de una mezcla de óxidos y silicatos fundidos. La ASTM la describe como: un agregado rugoso de origen mineral que se compone de silicatos de calcio y ferritas, combinados con óxidos fundidos de hierro, aluminio, calcio y magnesio.

Una de las observaciones frecuentes que hacen los que por primera vez conocen de las escorias, es que “se pueden oxidar”, quizás por considerar que este material proviene del proceso de producción de acero. Vale la pena destacar, que de acuerdo a la definición de este material: “mezclas de óxidos y silicatos fundidos “, ya la oxidación se completó totalmente, y en consecuencia no puede progresar más.

2.2.10 Tipos de escorias

Conforme al origen y condiciones en que se generan las escorias siderúrgicas pueden ser:

2.2.10.1 Escoria de altos Hornos

Se produce cuando se reduce los óxidos de hierro para convertirlos en arrabio líquido. Son de rápido enfriamiento y forma vitrea; utilizada comúnmente en la fabricación de cemento, y no tiene aplicación directa en obras de vialidad. Solidificada lentamente, esta escoria es cristalina y se usa sobretodo en la construcción gracias a sus resaltantes propiedades de aislamiento y su alta estabilidad.

2.2.10.2. Escoria de acería

Es un subproducto del proceso siderúrgico en que el arrabio y/o la chatarra se refinan para producir acero. Este material, cuando está en estado sólido es un excelente agregado para la construcción de carreteras y vías férreas. Las escorias de acería presentan a veces marcadas diferencias entre sí, debidas a la naturaleza del proceso (ácido, básico), del tipo de carga (chatarra, pre-reducidos, entre otros) inclusive del tipo de acero producido.

2.2.11 Producción de la Escoria de acería en Venezuela

Heckett Multiserv Intermetal, Inc., maneja la totalidad de la producción de escoria de acerías de los principales productores de acero: La siderúrgica del Orinoco, SIDOR, en sus instalaciones ubicadas en la ciudad de Puerto Ordaz- Estado Bolívar, empresa privatizada en 1997, perteneciente al conglomerado de firmas conocido como Consorcio Amazonas, y la siderúrgica del Turbio, SIDETUR, filial del grupo SIVENSA ubicadas en matanzas estado Bolívar y Barquisimeto Estado Lara respectivamente.

2.2.11.1 Producción de la Escoria de Acería

Durante la elaboración del acero, la escoria fundida que flota sobre este, separado por gravedad, se vacía en ollas o baldes de 25 metros cúbicos de capacidad,

los cuales son retiradas por unos vehículos de neumáticos transportadores (llamados “pot-carrier”), y llevados al depósito de escorias, donde se vacían directamente sobre el suelo en estado líquido y se enfrían con chorros de agua; este proceso se conoce como “trititación por agua”. Posteriormente, y una vez enfriada, se recoge la escoria mediante cargadores frontales sobre cauchos y se alimenta a la planta separadora magnética y cernidora, donde se recuperan todas las partículas metálicas para su reutilización en la acería. La escoria se separa en diversos tamaños y se apila para, su uso posterior como agregado en bases granulares, mezclas asfálticas, recubrimiento de taludes, material de filtro, entre otros.

2.2.11.2. Características Físicas de la Escoria de Acería

La escoria de acerías tiene superficialmente una textura rugosa, forma cúbica y angular. Internamente cada partícula es de naturaleza vesicular, con muchas celdas no intercomunicadas. La estructura celular se forma por los gases atrapados en la escoria caliente en el momento de enfriado y solidificación. Como las celdas no forman pasajes interconectados, el término “celular y Vesicular” es más aplicable a la escoria que el término “poroso”. Cuando la escoria líquida es sometida al proceso de “trititación por agua” se forman fragmentos cúbicos con muy pocas partículas alargadas. Esta angularidad, combinada con su textura rugosa y peso hace la escoria de acería de un material ideal para balasto de vías férreas, bases granulares de carreteras, pavimentos asfálticos, tratamientos superficiales y sellos.

2.2.12 Propiedades Químicas de la Escoria de Acería

La composición química de las escorias, determinadas mediante análisis elementales por fluorescencia, usualmente se expresa en términos referentes a óxidos simples. En la Tabla 2.2 se muestran los compuestos presentes en las escorias de

aceria producidas en los hornos de arco eléctrico de acerías como las del plan IV, acería de planchones y palanquillas de la siderúrgica del Orinoco. SIDOR.

Virtualmente todas las escorias caen dentro de estos rangos químicos pero no todas las escorias de acerías son convenientes como agregado. La forma mineralógica de las escorias y las proporciones relativas de estos compuestos son muy dependientes del proceso de fabricación del acero y la manera en que son enfriadas.

Una tasa de enfriamiento lo suficientemente baja, permite que se formen los compuestos cristalinos. Los compuestos predominantes son los silicatos de calcio, silicatos de hierro, el aluminato de calcio, calcio, magnesio, óxido férrico, algo de cal libre y magnesio libre.

Tabla 2.3 Características químicas de la escoria producida en SIDOR.

COMPONENTES	RANGO (%)	SIDOR (%)
CaO	38-52	41
SiO ₂	10-19	13
FeO	10-40 (70-80% FeO, 20-30% Fe ₂ O ₃)	25
MnO	5-8	6
MgO	5-10	8
Al ₂ O ₃	5-8	6
P ₂ O ₅	0.5-3.5	3.5
S	<0.1	0.0325
Fe Metálico	0.5-3.5	3.5

Fuente: Escorias de acerías en obras de vialidad, Multiserv Intermetal (2002)

2.2.13 Propiedades Mecánicas de la Escoria de Acería

La escoria de acería posee propiedades mecánicas muy favorables para su uso como agregado, entre ellas tenemos: una excelente resistencia a la abrasión, dureza y resistencia. El excelente ángulo de reposo del material permite taludes negativos estables en las áreas de almacenamiento.

2.2.14 Propiedades Térmicas de la Escoria de Acería

Debido a su alta capacidad calórica, se han observado en los agregados siderúrgicos capacidad para retener calor en periodos de tiempo más largos que los agregados naturales convencionales. Las características de retención de calor de la escoria resultan ventajosas en la mezcla de asfalto, conservando la temperatura por mayor tiempo.

2.2.15 Variaciones de la Calidad del Concreto

Las variaciones que presentan los resultados del Concreto tienen dos orígenes, uno que proviene de las variaciones reales de calidad que tiene el material y el otro son variaciones aparentes provenientes de la imprecisión intrínseca de los ensayos (procedimientos, personal, equipos y medio ambiente). Entre las variaciones más importantes que influyen en la calidad del Concreto se encuentran las siguientes:

- ❖ Proporción del Cemento en relación al agua de mezclado.
- ❖ Calidad del Cemento usado.
- ❖ Tipo de Cemento usado. Afecta la manera en que se desarrolla la resistencia.

- ❖ Resistencia y limpieza de los agregados.
- ❖ Interacción y adherencia de la pasta de Cemento y el agregado.
- ❖ Mezclado adecuado de los componentes.
- ❖ Apropiada colocación, terminación y compactación del Concreto fresco.
- ❖ Curado a una temperatura normal mientras que el Concreto fresco alcance su resistencia.
- ❖ Contenido de cloruro menor de 0.15%.

2.2.16 Principales Causas de las Variaciones de la Resistencia en el Concreto

2.2.16.1. Poco Mezclado

El poco mezclado y las mezclas no uniformes, son grandes causas de inconsistencias, afectando variables como asentamiento, contenido de aire, tiempo de colocación y alterando las características finales del Concreto, por ende afectando el desarrollo de la resistencia en el Concreto.

2.2.16.2 Sobremezclado

El sobremezclado a altas velocidades por un gran periodo de tiempo adversamente afectara el desarrollo del concreto. La acción de pulverización incrementa los materiales finos en la mezcla, mientras que el calor generado eleva la temperatura del Concreto.

Estos factores ocasionan en los Concretos pérdidas de resistencia como aire atrapado y asentamiento.

2.2.16.3 Premezclado

Al Concreto se le puede añadir agua siempre que no sean excedidos los siguientes parámetros:

- ❖ La máxima relación permisible de agua/cemento.
- ❖ El máximo asentamiento.
- ❖ La máxima mezcla permisible y agitaciones de revoluciones por tiempo-

2.2.17 Ensayos para medir la Resistencia del Concreto

Un ensayo es un procedimiento experimental cuyos resultados permiten realizar la medición de una serie de valores proporcionales a las características de un material.

Para comprobar la resistencia de una pieza estructural cualquiera, el método más seguro sería el de su ensayo directo (ensayo sobre la misma pieza), pero la complejidad y el costo de tal procedimiento lo harían, en general, prohibitivo, salvo un caso especial.

La experiencia obtenida por medio de estudios de investigación muestra que basta ensayar un pequeño trozo de dicha pieza, que se denomina probeta, para deducir con suficiente precisión el comportamiento de la pieza entera.

2.2.17.1 Tipos de ensayos de Resistencia

Según los medios utilizados para realizar los ensayos de resistencia, estos pueden dividirse en dos tipos:

- ❖ Destructivos.
- ❖ No Destructivos.

2.2.17.1.1 Ensayos Destructivos

En ciertas circunstancias es necesario determinar la calidad del Concreto cuando ya está colocado y endurecido. Esto se presenta cuando existen dudas sobre su condición, debido a posibles vicios de construcción, o en los casos de deterioro mecánico y químico.

En estos casos se puede recurrir a los ensayos del tipo destructivos, los cuales permiten conocer la calidad del material con un alto grado de confiabilidad.

Como ensayos destructivos podemos mencionar los siguientes:

- ❖ Núcleos (core-drill's): Esta prueba consiste en extraer probetas cilíndricas de una masa de concreto endurecido. Para ello se usa una broca tubular, girando sobre su eje, con una corona de diamantes industriales en el extremo que hace el corte. El procedimiento es relativamente lento y costoso, por lo que en la planificación de la toma de muestras se procura perforar el menor número de veces. Con este ensayo se puede conocer las condiciones en las que se encuentra el concreto vaciado en obra y su nivel de resistencia.

❖ **Compresión:** Consiste en aplicar grandes esfuerzos sobre una masa de Concreto. Esto se hace hasta lograr que la muestra falle y se fracture y de esta manera obtener la resistencia en el punto máximo de esfuerzo.

2.2.17.1.2. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Es la propiedad mecánica principal del Concreto, dada la importancia que presenta esta propiedad dentro de una estructura de Concreto reforzado.

Generalmente se expresa en términos de unidades de esfuerzo (Kgf/cm^2) ó (Lbf/pulg^2). La resistencia a la compresión del Concreto determina su calidad estructural. Para su determinación se preparan probetas cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30cm de altura, que se compactan, curan y ensayan a una edad determinada según las especificaciones normativas.

Usualmente las probetas se someten a compresión a los 28 días, fecha para la cual el concreto a podido desarrollar la resistencia específica, sin embargo, realizando ensayos a edades tempranas de 1, 3,7 y 14 días, se puede evaluar el proceso de maduración del Concreto y estimar la resistencia que se tendrá a los 28 días. La resistencia de un determinado Concreto se determina al conocer el promedio de los valores de los resultados de ensayos válidos sobre un conjunto de probetas en una fecha determinada y siguiendo un procedimiento establecido.

El valor obtenido luego de realizar los ensayos de compresión uniaxial se conoce como resistencia media a la compresión del Concreto () y representa un índice de la resistencia del concreto en la estructura real, ya que no incluye las operaciones de colocación de curado, en las cuales la resistencia puede resultar disminuida. Esta disminución se puede deber a dos factores, que el Concreto colocado en obra es de menor calidad que el diseñado o que la muestra ensayado no es representativa del Concreto presente en la estructura.

2.2.17.1.3. Ensayos No Destructivos

Los ensayos no destructivos son un método para evaluar un material sin afectar o alterar sus características de servicio.

Todos los ensayos del tipo no destructivos miden alguna propiedad del concreto que tiene una relación íntima con la resistencia. Estos procedimientos están basados, en principio, en la relación existente entre las propiedades elásticas del material y su resistencia, donde la resistencia aumenta a medida que el módulo de elasticidad es mayor.

Se conocen varios tipos de ensayos no destructivos, entre los cuales se cuentan:

- ❖ Penetración de clavos disparados por cargas explosivas (pistola o esclerómetro Windsor).
- ❖ Ondas ultrasónicas.
- ❖ Posición del acero de refuerzo.
- ❖ Rebote.

2.2.18 Diseño de Mezcla

Se conoce como diseño de mezcla un método, que partiendo de unas características exigidas o deseables para el Concreto, se puedan determinar las cantidades que debe haber de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla, estableciendo la proporción óptima en la que se deben mezclar cada uno de sus elementos.

Por el grado de imprecisión que presentan los diseños de mezcla, se amerita ciertos ajustes luego de su desarrollo. Se puede dar mayor exactitud a las proporciones de los componentes empleando el criterio del diseñador, mediante tanteos y observaciones realizadas sobre mezclas de prueba realizadas en laboratorios o en obra.

Las cantidades de los componentes como agregados y Cemento para hacer el diseño suelen expresarse en kilogramos sobre metro cúbico (Kg. /m³). El agua puede expresarse en litros (l.) o en kilogramos (kg.) sobreentendiendo que un kilogramo de agua es igual a un litro de agua. Existen factores fundamentales que se utilizan en la mayoría de métodos conocidos para diseñar mezclas; tales son: la relación agua/cemento (a/c) (α), Relación Beta (β) y la resistencia promedio alcanzada. Por supuesto, la relación de estos factores con la resistencia es aproximada, y su valor definitivo lo determinarán, como ha sido mencionado antes, las pruebas realizadas antes de definir un diseño definitivo.

2.2.19 Relación Agua / cemento (α)

Esta expresión mide la cantidad de agua entre la cantidad de Cemento en kilos que posea una mezcla, y está directamente relacionada con la resistencia final obtenida por el Concreto. Este factor se utiliza entre rangos de 0,4 – 0,8, y mientras más baja sea la relación α , más altas serán las resistencias y más impermeable será el Concreto, siempre y cuando se realice una buena compactación del mismo.

2.2.20 Relación Beta (β)

El valor β define la relación de combinación existente entre los dos o más agregados de la mezcla: Se expresa como el cociente entero entre el peso de los

agregados finos y los agregados totales (la suma de finos más gruesos). Generalmente este valor se expresa en porcentaje.

El valor de la relación β debe ser seleccionado de tal forma que la combinación de agregados tenga una granulometría, para su tamaño máximo, que se ubique dentro de los límites recomendados. Cuando se requieran diseños especiales, los valores granulométricos obtenidos podrán no cumplir con los límites; en dicho caso es necesario justificar estas condiciones y los ajustes necesarios.

En aquellos diseños que presenten tres o más tipos de agregados, el valor de β expresará en porcentajes la proporción que cada material tendrá con respecto al volumen total de agregados utilizados.

2.2.21 Resistencia Promedio Adquirida

También conocida como la resistencia de diseño, este valor es la resistencia media esperada para el material a ser elaborado. Este valor se representa como F_{cr} , y siempre estará por encima del valor de la resistencia de cálculo considerada por el proyectista ($f'c$), por medida de seguridad. La diferencia entre $f'c$ y F_{cr} se determina teniendo en cuenta el producto de la desviación estándar (σ), definida por las condiciones del material, el control de calidad y tipo producción con que se realizará la mezcla y por la variable tipificada de fracción defectuosa (z), o sea:

$$f'_{cr} = f'c + \sigma Z \quad (2.1)$$

f'_{cr} = Resistencia promedio a la compresión

$f'c$ = Resistencia especificada del concreto en compresión

σ = desviación estándar.

Z = Índice de probabilidad.

2.2.22 Parámetros Estadísticos

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

2.2.22.1 Media Aritmética, \bar{X}

Es la tendencia central del valor obtenido del conjunto de ensayos estudiados. Es la media aritmética del conjunto de los resultados involucrados.

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^n Xi}{n} \quad (2.2)$$

\bar{X} = Media aritmética.

X_i = Resistencia

N = Número de ensayos de resistencias consecutivos.

2.2.22.2 Desviación Típica o Estándar, S

Es el índice de la dispersión del conjunto de datos, el cual es el parámetro estadístico más representativo de la dispersión del conjunto de datos o variabilidad de los mismos. Las fórmulas adecuadas para su cálculo son:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

S = Desviación estándar

X_i = Resistencia individual

\bar{X} = Promedio de Resultado

N = Número de ensayos de resistencia.

Cuando se tiene menos de diez (10) muestras, la desviación estándar puede ser calculada aplicando un factor de corrección K al rango d, explicado en el siguiente punto. Este factor de corrección depende de la cantidad de ensayos realizados

2.2.22.3 Rango d

Se denomina así a la magnitud de de la diferencia entre el valor mayor y el menor del grupo de datos que se está considerando.

$$d = X_{\max} - X_{\min} \quad (2.4)$$

d = Rango

2.2.22.4 Coeficiente de Variación, V

Es la relación entre la desviación estándar típica y la media aritmética, expresada generalmente en forma porcentual.

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100(\%) \quad (2.5)$$

V = Coeficiente de Variación

S = Desviación Estándar.

\bar{X} , = valor Promedio.

2.2.22.5 Parámetros del Universo.

Tanto la media \bar{X} , como la desviación estándar S, son obtenidos con los datos disponibles y son parámetros muestrales y se les denomina también "Parámetros Estadísticos". Ellos son en realidad sólo una estimación de la media y de la desviación estándar verdaderas del material, valores a los cuales se aproximarán mas o que representarán con más precisión mientras mayor sea el número de datos que se haya utilizado en el cálculo.

A los parámetros verdaderos se les denomina parámetros del universo o también parámetros teóricos. Para simbolizarlos se usan las letras griegas μ (mu) para la media y σ (sigma) para la desviación estándar.

2.2.22.6 Probabilidad de Ocurrencia

Cuando los valores que representan un fenómeno se colocan en un gráfico cartesiano (curva de la distribución normal), se aprecia que los valores externos (los más altos o bajos) son relativamente escasos; al contrario de las magnitudes cercanas a la media, que son más abundantes.

El área bajo la curva representa la frecuencia o probabilidad de ocurrencia; el área total es igual a 1, lo que representa una probabilidad de ocurrencia del cien por ciento (100%); el área entre límites de magnitud representa la probabilidad de que ocurran valores entre esos límites. La variable Z es el índice tipificado de la probabilidad.

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma} \quad (2.6)$$

μ = Media del Universo

σ = Desviación estándar

2.2.23 Aplicación 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 del material. La que se emplea como resistencia característica o de cálculo estructural y se simboliza como R_c o f'_c . Esta es una resistencia bajo la cual se acepta que quede una determinada fracción del Concreto, a la cual designamos 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 en base a las posibilidades técnicas para fabricar concreto y en base a 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 tendrá una calidad inferior a la prevista y por lo tanto podrá resultar 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 estos requisitos, resulta prácticamente imposible el que se puedan producir resistencias lo suficientemente bajas para poner en peligro la estructura, ya que las ramas de la curva 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 $f'c$ en una cantidad por lo menos igual a $\sigma \times Z$.

2.2.23.1 Criterios de Aceptación y Rechazo

2.2.23.1.1 Criterio General

El cumplimiento con los requisitos de la resistencia media es una garantía de la calidad del Concreto; sin embargo cuando se dispone todavía de pocos ensayos, la media que éstos proporcionan resulta imprecisa con relación a la media verdadera del material.

2.2.23.1.2 Criterios Específicos

El primer criterio establece que la media de los resultados de cada dos (2), tres (3) ensayos consecutivos deben ser igual o mayor que la resistencia especificada de cálculo $f'c$. Si el concreto no cumple con el requisito del criterio no por ello es rechazado; en este caso la mezcla debe ser mejorada y la frecuencia de los ensayos aumentada.

El segundo criterio establece que todos y cada uno de los resultados de ensayos individuales (cada uno promedio de dos o más pruebas) debe ser igual o mayor que la resistencia especificada de cálculo disminuida en 35 kg. /cm²:

$$X_i = f'c - 35 \text{ kgf} / \text{cm}^2 \quad (2.7)$$

Es decir en definitiva establece una resistencia mínima.

2.2.23.2 Fracción Defectuosa

Es la fracción de resultados que pueden estar por debajo de la resistencia característica o del cálculo estructural $f'c$. En el diseño de mezclas se suele hablar de 10, 20 y 50% de fracción defectuosa. La Norma COVENIN 633-92 exige la utilización del diez por ciento (10%) de fracción defectuosa para estructuras calculadas por teoría elástica debido a su mayor factor de seguridad.

2.2.23.3 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.

2.2.23.4 Desviación Estándar cuando no hay suficientes antecedentes

Cuando no se cuenta con resultados de ensayos o se tienen menos de treinta (30) mezclas preparadas con los mismos materiales, equipos y tecnología con que se dispone, el valor σ , que se relaciona con la dispersión, resulta desconocido y debe ser estimado.

TABLA 2.4

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (PSI)	RELACION AGUA/CEMENTO (a/c)	
	SIN AIRE EN EL CONCRETO	CON AIRE EN EL CONCRETO
6000	0,41	—
5000	0,48	0,40
4000	0,57	0,48
3000	0,68	0,59
2000	0,82	0,74

Fuente: Elaborada por los autores.

Ofrece estimaciones del valor σ , según el grado de control previsto y para las resistencias de diseños mayores o iguales a 180 Kg/cm².

Las pruebas de laboratorio se hacen con la finalidad de precisar la resistencia media que será posible obtener con unos determinados materiales componentes, pero que en ningún caso miden la dispersión que podrá tener el concreto en la obra la cual depende de circunstancias ajenas al laboratorio.

Una vez adelantado el proceso de laboratorio y ensayos de las mezclas, el valor S se puede ir ajustando a la realidad, con el fin de hacer un nuevo planteamiento de la mayoración requerida. Ambos diseños de mezclas no deben ser muy diferentes entre si (menos de 100 Kg/cm²).

El valor σ oscila entre unos 20 y 90 Kg/cm² con un valor medio aproximado, a 45 Kg/cm².

2.2.24 Aspectos de Control

2.2.24.1 Probetas de Ensayo

Cada ensayo a compresión se hará con dos o más probetas normativas tomadas y ensayadas a la misma edad siendo el valor del ensayo la media aritmética de los resultados de esas dos o más pruebas. La razón de utilizar para cada ensayo, dos o más probetas en lugar de una, es la de disminuir el efecto que la dispersión del ensayo pueda tener sobre la dispersión entre las mezclas.

2.2.24.2 Edad del Ensayo

La resistencia que se especifica habitualmente, es la de 28 días de edad, sin embargo existen ensayos a otras edades siendo las más usuales las de 3, 7, 14, y 90 días.

2.2.24.3 Plantas de Concreto

Es un sistema conformado por varios equipos e instalaciones para recibir, almacenar, manejar y dosificar los materiales requeridos para producir el Concreto y para entregar los materiales dosificados al equipo de transporte, antes o después de mezclar los ingredientes.

2.2.25 Clasificación de las Plantas de Concreto

Por conveniencia las plantas de Concreto se clasifican como de concreto masivo, para pavimentación, de Concreto premezclado y de productos de Concreto; por la función, en fijas o de mezcla en tránsito y por la facilidad de su movimiento como permanentes, portátiles y móviles. Las plantas en la que los materiales fluyen en forma continua hacia abajo a medida que se almacenan, dosifican, mezclan y descargan en la unidad de entrega se menciona como plantas por gravedad o de torre; aquellas en la que los agregados se elevan después de la dosificación, a estas se les conoce como perfil bajo. De este modo una planta se puede describir como para pavimentación, de perfil bajo, móvil o de mezcla en tránsito.

La planta de perfil bajo muestran los elementos básicos de todas las plantas dosificadoras; es decir, almacenamiento de los agregados, almacenamiento del cemento, dosificadoras, sistema de alimentación y carga de la revolvedora.

Con muy pocas excepciones, todas las plantas de Concreto constan de los mismos componentes básicos: un depósito con compartimientos para el almacenamiento para cada tipo de cemento, dosificadoras por peso para la dosificación del Cemento y el agregado, un medio para la dosificación del agua (y del hielo, o de ambas cosas) y algún medio para controlar los aparatos de dosificación. La disposición y las dimensiones de estos componentes quedan determinadas por la misión de la planta.

2.2.26 Almacenamiento del Agregado

El volumen de almacenamiento del agregado no tiene que ser mayor que el indispensable para contener el volumen necesario para una carga, siempre que los medios para llenar el depósito nunca permitan que quede vacío y, en esencia, actúa

como un embudo hacia la dosificadora. Si al depósito también se le da un periodo de retención para acondicionar los agregados, como calentamiento, enfriamiento o drenaje, el tamaño dependerá de los índices de producción y la condición deseada en los materiales al llegar a las compuertas de dosificación.

CAPITULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 Introducción

El desarrollo de este trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones de la empresa de concreto premezclado SIMPCA, ubicado en la zona industrial mesones de Barcelona, Estado Anzoátegui.

3.2 Etapas del Desarrollo Experimental

Para el desarrollo de la investigación se procedió con el siguiente esquema de trabajo, en el cual se especifica cada una de las etapas previas a los resultados, Ver Figura 3.1.

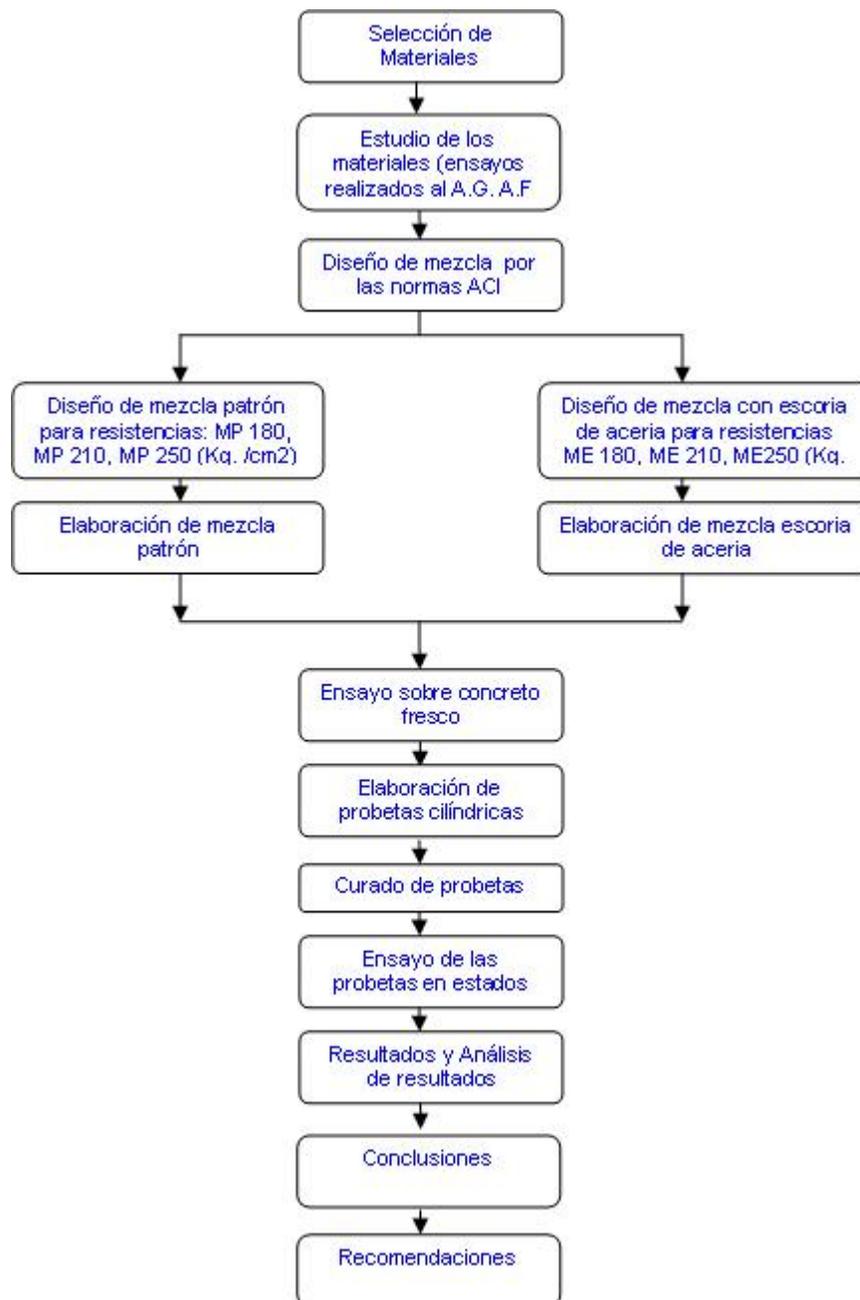


Figura 3.1. Esquema de Trabajo

3.2.1 Selección de materiales

3.2.1.1 Agregado fino

Se hizo un estudio de la arena lavada, de varios saques de la zona y en la cual se escogió los que provenía del río guere – clarines estado, Anzoátegui, por presentar una mejor granulometría.



3.2.1.2. Agregado grueso

Se hizo un estudio de todas las canteras de piedra picada tamaño máximo $\frac{3}{4}$ " de la zona, y se escogió la proveniente de la cantera de pertigalete, Estado Anzoátegui, Por ser la más limpia y tener un tamaño uniforme.



3.2.1.3. Cemento

Se obtuvo el cemento Pórtland tipo III de los silos de la empresa de premezclados SIMPCA – Barcelona, proveniente de la empresa vencemos, Estado Anzoátegui.



3.2.1.4. Agua

Proveniente del acueducto metropolitano de Barcelona, Estado Anzoátegui.
(Hidrocaribe)



3.2.2. Estudio de los materiales

Con el fin de verificar la calidad del agua y los agregados, los materiales fueron sometidos a una serie de ensayos de laboratorio, teniendo en cuenta que cumplieran con las especificaciones de la norma COVENIN 277. Dichos ensayos fueron llevados a cabo en el Centro de Investigaciones Tecnológicas de Oriente (CITO), ubicado en Barcelona, Estado Anzoátegui (ver anexo A).

3.2.2.1. Ensayo Realizado al Agregado grueso

❖ COVENIN 255-77: Método de ensayo para determinar la composición granulométrica del agregado fino y grueso.

❖ COVENIN 258-77: Método de ensayo para determinar por lavado el contenido de material más fino que el cedazo 74u en agregados minerales.

❖ COVENIN 266-77: Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste en agregados gruesos menores de 38.1 mm (1 1/2") por medio de la máquina de los Ángeles.

❖ COVENIN 263-78: Método de ensayo para determinar el peso unitario de los agregados.

❖ COVENIN 269-78: Método de ensayo para determinar peso específico y la absorción del agregado grueso.

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

3.2.2.2. Ensayos Realizados al Agregado Fino

❖ COVENIN 255-77: Método de ensayo para determinar la composición granulométrica del agregado fino y grueso.

❖ COVENIN 256-77: Método de ensayo para determinación cuantitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (análisis químicos).

❖ COVENIN 258-77: Método de ensayo para determinar por lavado el contenido de material más fino que el cedazo 74u en agregados minerales.

❖ COVENIN 263-78: Método de ensayo para determinar el peso unitario de los agregados.

❖ COVENIN 268-78: Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

❖ COVENIN 272-78: Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino.

❖ COVENIN 261-77: Método de ensayo para determinación cualitativa de cloruro y sulfatos solubles en las arenas.

3.2.2.3. Ensayos Realizados al Agua

❖ COVENIN 2385-86: Agua de mezclado para concretos y morteros.

Especificaciones.

3.2.3. Diseño de Mezcla Patrón por el método del A.C.I.

La Mezcla se diseño de acuerdo a las especificaciones del método de American Concrete Institute (ACI 211.1-74), (ver anexo).

3.2.3.1 Diseño de Mezcla patrón para resistencias MP 180, MP 210 y MP 250 (kg/cm²)

La mezcla patrón se diseño utilizando cemento, agua, arena y piedra picada, para las siguientes resistencias a la compresión: 180 kg/cm², 210 kg/cm² y 250 kg/cm² a la edad de 28 días y para un asentamiento de 5 pulgadas.

Cada mezcla patrón la designamos como:

❖ MP 180: Mezcla Patrón de 180 kg/cm², en resistencia a la compresión a la edad de 28 días.

❖ MP 210: Mezcla Patrón de 210 kg/cm², en resistencia a la compresión a la edad de 28 días.

❖ MP 250: Mezcla Patrón de 250 kg/cm², en resistencia a la compresión a la edad de 28 días.

Las tablas 3.1, 3.2 y 3.3, muestran los diseños de mezcla patrón: MP 180, MP 210, MP 250.

3.2.3.1.1 Tablas de resumen de mezcla patrón (MP)

Tabla 3.1 mezcla patrón (MP) 180 Kg. /cm²

Cemento III	288	Kg.
Agua	210	l
Arena	871	Kg.
Piedra	928	Kg.
A	0,73	%
B	0,49	%
Asentamiento	5	Plg

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 3.2 mezcla patrón (MP) 210 Kg/cm²

Cemento III	309	Kg.
Agua	210	l
Arena	863	Kg.
Piedra	918	Kg.
α	0,68	%
β	0,49	%
Asentamiento	5	Plg

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 3.3 mezcla patrón (MP) 250 Kg. /cm²

Cemento III	333	Kg.
Agua	210	l
Arena	853	Kg.
Piedra	908	Kg.
α	0,63	%
β	0,49	%
Asentamiento	5	Plg

Fuente: Elaborada por los autores

3.2.3.2 Diseño de mezcla con escoria de aceria

A la Mezcla patrón (MP) se le reemplazo la piedra picada por escoria de aceria
 A esta mezcla a la cual denominamos mezcla con escoria de aceria se llamó ME-180Kg/cm², ME-210 Kg/cm² y ME-250 Kg/cm².

Al cambiar el tipo de agregado se debió realizar un ajuste en el volumen de los pesos, ya que ambos agregados tiene pesos específicos distintos. A esto se le denomina corrección de volumen por pesos específicos.

El diseño no se hizo por resistencia sino por durabilidad, tomando un valor de (Relación agua-cemento) de 0,73 y un asentamiento de 5", para el diseño 180 kg/cm², 210 kg/cm² y 250 kg/cm² (el mismo comentario aplica para los diseños con escoria) por ser una trabajabilidad que permite una fácil colocación del concreto en la gran mayoría de las estructuras.

En las Tablas 3.4, 3.5 y 3.6 se muestra el diseño por m³ de concreto al cual se llamó Mezcla con escoria de acería y lo designaremos por la letra ME-180Kg/cm², ME-210 Kg/cm² Y ME-250 Kg. /cm².

3 2.3.2.1 Tablas de resumen de mezcla con escoria de acería

Tabla 3.4 mezcla con escoria de acería (ME) 180 Kg. /cm²

Cemento III	288	Kg.
Agua	210	l
Arena	871	Kg.
Escoria	1291	Kg.
α	0,73	%
β	0,40	%
Asentamiento	5	Plg

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla III.5 mezcla con escoria de aceria (ME) 210 Kg. /cm²

Cemento III	309	Kg.
Agua	210	l
Arena	863	Kg.
Escoria	1278	Kg.
α	0,68	%
β	0,40	%
Asentamiento	5	Plg

Fuente: Elaborada por los autores

Tabla 3.6 mezcla con escoria de aceria (ME) 250 Kg. /cm²

Cemento III	333	Kg.
Agua	210	l
Arena	853	Kg.
Escoria	1270	Kg.
α	0,63	%
β	0,40	%
Asentamiento	5	Plg

Fuente: Elaborada por los autores

3.2.4. Elaboración de la mezcla patrón

Cada mezcla se elaboró para un volumen de 55 lts, siguiendo el siguiente procedimiento:

1°) Pre-humedecimiento de la parte interna del trompo mezclador.



Foto 3.1 Trompo Eléctrico

2°) Pesada del Cemento y los agregados (fotos 3.2 y 3.3).

❖ El cemento se tomó en tambores de los silos de la planta de concreto, y luego, una vez pesados para cada mezcla se embolsaron en sacos de polietileno.

❖ Agregados (Arena y Piedra): La arena y la piedra picada se tomo del patio de almacenamiento de agregados y una vez pesados igualmente se guardaron en bolsas plásticas.



Foto 3.2. Cargando cemento al laboratorio



Foto 3.3. Materiales embolsados para elaborar la mezcla

3°) Colocación de los materiales en el trompo Mezclador en movimiento, en el siguiente orden:

- ❖ El 100% de la piedra picada.
- ❖ Un 75% del agua de mezclado.
- ❖ El 100% de arena.
- ❖ El 100% del Cemento.
- ❖ El 25 % del agua restante.

La colocación de los materiales y el mezclado lleva un tiempo aproximado de 10 minutos.

3.2.4.1 Mezclas Preparadas.

Se prepararon:

- ❖ 15 mezclas patrón (MP) para resistencia 180 kg/cm² las cuales identificamos como: MP180-1, MP180-2, MP180-3, MP180-4, MP180-5, MP180-6, MP180-7, MP180-8, MP180-9, MP180-10, MP180-11, MP180-12, MP180-13, MP180-14, MP180-15.

- ❖ 15 mezclas patrón (MP) de resistencias 210 kg/cm² las cuales identificamos como: MP210-1, MP210-2, MP210-3, MP210-4, MP210-5, MP210-6, MP210-7, MP210-8, MP210-9, MP210-10, MP210-11, MP210-12, MP210-13, MP210-14 y MP210-15.

❖ 15 mezclas patrón (MP) de resistencias 250 kg/cm^2 las cuales identificamos como: MP250-1, MP250-2, MP250-3, MP250-4, MP250-5, MP250-6, MP250-7, MP250-8, MP250-9, MP250-10, MP250-11, MP250-12, MP250-13, MP250-14 y MP250-15.

3.2.4.2. Elaboración de la Mezcla con escoria de Acería

Se elaboraron mezclas de 55 litros, siguiendo el mismo procedimiento, con la diferencia que en este tipo de mezcla se utilizó escoria de acería en reemplazo de la piedra picada.

Se prepararon:

❖ 15 mezclas con escoria (ME) para resistencia 180 Kg. /cm^2 las cuales identificamos como: ME180-1, ME180-2, ME180-3, ME180-4, ME180-5, ME180-6, ME180-7, ME180-8, ME180-9, ME180-10, ME180-11, ME180-12, ME180-13, ME180-14 y ME180-15.

❖ 15 mezclas con escoria (ME) de resistencias 210 Kg. /cm^2 las cuales identificamos como: ME210-1, ME210-2, ME210-3, ME210-4, ME210-5, ME210-6, ME210-7, ME210-8, ME210-9, ME210-10, ME210-11, ME210-12, ME210-13, ME210-14 y ME210-15.

❖ 15 mezclas con escoria (ME) de resistencias 250 Kg. /cm^2 las cuales identificamos como: ME250-1, ME250-2, ME250-3, ME250-4, ME250-5, ME250-6, ME250-7, ME250-8, ME250-9, ME250-10, ME250-11, ME250-12, ME250-13, ME250-14 y ME250-15.

3.2.4.2.1. Mezclas MP

A cada una de las mezclas MP180, MP210 y MP250 se les midió la temperatura, el asentamiento con el cono de Abrahms y el tiempo de fraguado inicial. (Ver fotos).



Foto 3.4 Medición de la Temperatura



Foto 3.5 Toma del Asentamiento con el cono de Abrahms



Foto 3.6 Tiempo De Fraguado

En las tablas 3.7, 3.8 y 3.9, se presentan los resultados de los ensayos efectuados a cada una de las mezclas de concreto en estado fresco.

Tabla 3.7 Mezcla Patrón. Resistencia de 180 Kg. /cm²

MEZCLA	TEMPERATURA (°C)	ASENTAMIENTO (Pulgadas)	TIEMPO FRAGUADO (Horas)
MP1	29	6	4
MP2	30	5,5	3,8
MP3	32,3	5	4,5
MP4	31	4,5	4
MP5	34	4,5	4,5
MP6	31	5	4
MP7	32	5,5	4
MP8	29	5	3,5
MP9	30	5	4,5
MP10	33	6	4
MP11	31	5,5	4
MP12	34	6	4
MP13	29	5	3,5
MP14	31	5,5	4
MP15	31	4,5	4

Tabla 3.8 Mezcla Patrón. Resistencia de 210 Kg. /cm²

MEZCLA	TEMPERATURA (°C)	ASENTAMIENTO (Pulgadas)	TIEMPO FRAGUADO (Horas)
MP1	32	4,5	4
MP2	33	5	4
MP3	31	4,5	4
MP4	34	6	4,5
MP5	33	5	4
MP6	31	5	3,5
MP7	32,5	6	4
MP8	34	5,5	4
MP9	33,5	6	3,5
MP10	32	4,5	4
MP11	31,5	6	4,5
MP12	32	5	4
MP13	35	5	3,5
MP14	34	5	4
MP15	32	4,5	3,5

Tabla 3.9 Mezcla Patrón. Resistencia de 250 Kg. /cm²

MEZCLA	TEMPERATURA (°C)	ASENTAMIENTO (Pulgadas)	TIEMPO FRAGUADO (Horas)
MP1	31	5,5	4
MP2	32	6	4,5
MP3	34	5,5	3,5
MP4	29	5	4
MP5	30	4,5	4
MP6	32	5	4
MP7	30	5	3,5
MP8	31	5,5	4
MP9	31,5	6	4,5
MP10	32	5	4
MP11	33	5	4
MP12	32	4,5	4
MP13	31	5	4
MP14	32	6	3,5
MP15	31	4,5	4

2.4.2.2. Mezclas ME

Igualmente a estas mezclas elaboradas con escoria de acería se les tomó la temperatura, el asentamiento con el cono de Abrahms y el tiempo de fraguado inicial. (Ver Tablas 3.10, 3.11. y 3.12.)

Tabla 3.10 Mezcla Con Escoria. Resistencia de 180 Kg. /cm²

MEZCLA	TEMPERATURA (°C)	ASENTAMIENTO (in)	TIEMPO FRAGUADO (Horas)
ME1	32	5	4
ME2	33	6	4
ME3	34	4,5	3,5
ME4	33	5	4
ME5	32	4,5	4,5
ME6	31	5	4
ME7	33	4,5	4
ME8	32	6	3,5
ME9	33	5	4
ME10	29	4,5	4
ME11	30	5	4
ME12	31	5	3,5
ME13	32	6	4,5
ME14	33	4,5	4,5
ME15	34	5,5	4

Tabla 3.11 Mezcla con Escoria. Resistencia de 210 Kg. /cm²

MEZCLA	TEMPERATURA (°C)	ASENTAMIENTO (in)	TIEMPO FRAGUADO (Horas)
ME1	32	5	4,5
ME2	31	4,5	4
ME3	30	5	4
ME4	33	4,5	4
ME5	32	6	4
ME6	31	4,5	4,5
ME7	34	6	4,5
ME8	35	4,5	4
ME9	33	5	4
ME10	31,5	4,5	4
ME11	32	5,5	4
ME12	31	5	4,5
ME13	30	6	3,5
ME14	32	5,5	4
ME15	33	5	4

Tabla 3.12 Mezcla con Escoria. Resistencia de 250 kg/cm²

MEZCLA	TEMPERATURA (°C)	ASENTAMIENTO (in)	TIEMPO FRAGUADO (Horas)
ME1	31,5	5	4,5
ME2	32	4,5	4
ME3	30	5	4
ME4	30	4,5	4
ME5	32	6	4
ME6	33	5	4
ME7	32	5,5	3,5
ME8	31	5	4
ME9	31	4,5	4,5
ME10	30	5	4
ME11	33	6	4
ME12	32	5	4
ME13	31	5,5	4,5
ME14	32	5	4
ME15	31	5	4

3.2.4.3 Elaboración de probetas cilíndricas de concreto

3.2.4.3.1. Mezclas MP

De cada una de las mezclas se elaboraron 8 probetas cilíndricas de concreto de concreto de acuerdo a las normas Covenin 338-1994 “Método, para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”.

Es decir, llenando moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro y de 30 cm de altura previamente lubricados para evitar la adherencia del concreto a los mismos, en una secuencia de 3 capas compactadas por 25 golpes cada una con la barra normalizada. Seguidamente se enrasaron las probetas con la misma barra de manera que la superficie quedara suficientemente lisa y al ras con el borde del molde (ver fotos).



Foto 3.7 Moldes cilíndricos de 15 cms. de diámetro y 30 cms. de altura



Foto 3.8 Lubricación de los moldes



Foto 3.9 Llenado de los cilindros



Foto 3.10 Cilindros llenos

En total se prepararon de cada tipo de las mezclas MP180, MP210 y MP250, 120 probetas cilíndricas para ser ensayadas a la resistencia a la compresión a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Así mismo de las mezclas ME preparadas con escoria de acería, siguiendo el mismo procedimiento, se elaboraron 8 probetas cilíndricas de cada una de las 15 mezclas de los tipos: ME180, ME210 y ME250.

3.2.4.4. Curado de probetas

Las probetas se desencofraron a las 24 horas después de ser confeccionadas tomándoseles los siguientes datos: fecha de fabricación, altura, diámetro y peso (al cual llamaremos peso 1). Con el peso 1 y su volumen se calculaban la densidad.

Seguidamente, eran introducidas en un depósito de agua para proceder a su curado como lo especifican las normas Covenín 340-1979. “Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión”.(ver fotos).



Foto 3.11 Probetas cilíndricas de concreto



Foto 3.12 Curado de cilindros



Foto 3.13 Pesada del cilindro seco antes del ensayo a compresión.



Foto 3.14 Ensayo a compresión

3.3 Equipos, Materiales, Sustancias y Herramientas Utilizadas

3.3.1 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: 250 °C

Apreciación: 5°C

❖ Prensa Hidráulica de Ensayo Universal

Marca: CONTROLS

Capacidad: 2000 KN

Apreciación: 0,1 KN

❖ Penetrómetro

Marca: SOILTEST INC

Capacidad: 700 psi

Apreciación: 20 psi

❖ Termómetro

Marca: SOILTEST INC

Capacidad: 50 °C

Apreciación: 0.5 °

❖ 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”),
19mm (¾”), 12,7 mm (½”), 9,53 mm (3/8”), 6,35 mm (¼”), 4.76 (#4)

❖ Cedazos Normalizados para Agregados Fino

Marca: STANDARD TESTING SIEVE

Abertura de Malla según COVENIN: 4,76 mm (#4), 1,19 mm (#16),
0,59mm (#30), 0,29 mm (#50), 0,14 mm (#100), 75 µm (#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 Abrahms

Capacidad del Cono: 6 l

- ❖ Barra Compactadora de Acero

Cilíndrica, Recta, 600 mm de Longitud, 16 mm de Diámetro, Punta Semi-Esférica de 8 mm de Diámetro

3.3.2 Materiales

- ❖ Arena Natural

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

- ❖ Piedra escoria de acería”

Procedencia: SIDOR, Puerto Ordaz-Edo. Bolívar

- ❖ Piedra Picada 3/4”

Procedencia: Cantera de Pertigalete- Edo. Anzoátegui

- ❖ Cemento Pórtland Tipo I

Procedencia: Fábrica de Cemento, CEMEX, Pertigalete- Edo. Anzoátegui

3.3.3 Sustancias

- ❖ Agua

Procedencia: Hidrocaribe

- ❖ Aceite Mineral

Procedencia: Derivado del Petróleo

3.3.4 Herramientas

- ❖ Cucharas.
- ❖ Guantes.
- ❖ Cepillos de Alambre.
- ❖ Cinta Métrica.
- ❖ Envases Metálicas.
- ❖ Casco y Lente de Seguridad.
- ❖ Carretilla.

Los equipos, materiales, aditivos y herramientas mencionadas, se encuentran disponibles en el laboratorio de control de calidad del concreto SIMPCA- Barcelona y fueron suministradas por esta empresa de premezclado

CAPITULO IV

TABLAS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los datos y resultados de los ensayos obtenidos de las mezclas, patrón y escoria de acerías a resistencia de 180 kg/cm², 210 kg/cm² y 250 kg/cm² a edades comprendidas entre 3, 7, 28 y 56 días realizados en el laboratorio (SIMPCA MESONES ZONA INDUSTRIAL DE BARCELONA).

4.1. Mezcla Patrón (MP)

4.1.1 Tablas de resultados

En las tablas 4.1 hasta la 4.15 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto tipo 180 kg/cm² a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Tabla 4. 1. Resistencia de MP1 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP1-180	3	1	30,5	14,98	5375,43	12235	2,28	248,40	143,72
		2	29,95	14,95	5257,38	12290	2,34	241,50	140,29
	7	3	30	15	5301,44	12250	2,31	208,50	120,31
		4	29,96	14,98	5280,26	12065	2,28	197,70	114,39
	28	5	29,98	15	5297,90	12360	2,33	392,60	226,55
		6	30	14,97	5280,25	12285	2,33	385,90	223,57
	56	7	29,98	15	5297,90	12340	2,33	448,70	258,92
		8	30	14,96	5273,20	12330	2,34	421,50	244,52

Tabla 4.2. Resistencia MP2 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP2-180	3	1	29,98	14,95	5262,64	12250	2,33	208,50	121,12
		2	30,5	15	5389,79	12065	2,24	197,70	114,08
	7	3	29,98	14,95	5262,64	12240	2,33	325,00	188,79
		4	30	14,95	5266,15	12340	2,34	314,70	182,81
	28	5	29,95	15	5292,60	12415	2,35	444,50	256,49
		6	30	14,98	5287,31	12320	2,33	432,30	250,12
	56	7	29,98	15	5297,90	12305	2,32	446,30	257,53
		8	30	14,98	5287,31	12440	2,35	467,20	270,31

Tabla 4. 3. Resistencia MP3 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP3-180	3	1	29,98	15	5297,90	12180	2,30	249,90	144,20
		2	30	14,97	5280,25	12270	2,32	268,00	155,27
	7	3	29,98	14,95	5262,64	12330	2,34	328,10	190,59
		4	29,97	15	5296,14	12070	2,28	260,60	150,38
	28	5	30	14,98	5287,31	12220	2,31	372,30	215,41
		6	29,95	15	5292,60	12240	2,31	350,50	202,25
	56	7	30	14,95	5266,15	12295	2,33	449,60	261,17
		8	29,97	14,98	5282,02	12370	2,34	461,50	267,01

Tabla 4.4. Resistencia MP4 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP4-180	3	1	30,00	15	5301,44	12360	2,33	254,20	146,68
		2	29,98	14,96	5269,69	12230	2,32	266,20	154,43
	7	3	29,95	14,97	5271,45	12210	2,32	323,30	187,30
		4	30	14,98	5287,31	12040	2,28	267,20	154,60
	28	5	29,96	14,97	5273,21	12250	2,32	439,20	254,45
		6	30	15	5301,44	12150	2,29	418,50	241,49
	56	7	29,95	14,98	5278,50	12365	2,34	429,80	248,67
		8	30	15	5301,44	12475	2,35	455,20	262,67

Tabla 4.5. Resistencia MP5 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP5-180	3	1	29,99	14,98	5285,55	12130	2,29	224,90	130,12
		2	30	15	5301,44	12105	2,28	221,50	127,81
	7	3	30,1	14,95	5283,71	12065	2,28	291,30	169,22
		4	29,98	15	5297,90	12335	2,33	297,80	171,84
	28	5	30	14,95	5266,15	12270	2,33	413,20	240,03
		6	29,96	15	5294,37	12255	2,31	403,20	232,66
	56	7	30	14,98	5287,31	12220	2,31	420,70	243,41
		8	30,05	15	5310,27	12380	2,33	432,30	249,45

Tabla 4. 6. Resistencia MP5 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP5 180	3	1	30,00	15	5301,44	12280	2,32	254,30	146,74
		2	30	15	5301,44	12115	2,29	217,50	125,51
	7	1	30	15	5301,44	12155	2,29	321,30	185,40
		2	30	15	5301,44	12120	2,29	317,30	183,09
	28	1	30	15	5301,44	12230	2,31	384,10	221,64
		2	30	15	5301,44	12155	2,29	386,00	222,74
	56	1	30	15	5301,44	12425	2,34	490,50	283,04
		2	30	15	5301,44	12275	2,32	416,10	240,11

Tabla 4.7. Resistencia MP7 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP7-180	3	1	30,00	14,98	5287,31	12115	2,29	224,20	129,72
		2	29,98	14,96	5269,69	11995	2,28	212,40	123,22
	7	3	30	15	5301,44	12285	2,32	284,00	163,88
		4	29,97	14,98	5282,02	12215	2,31	270,60	156,56
	28	5	30	15	5301,44	12210	2,30	384,10	221,64
		6	29,98	14,98	5283,78	12375	2,34	390,50	225,94
	56	7	30	15	5301,44	12215	2,30	422,90	244,03
		8	29,97	14,97	5274,97	12285	2,33	402,50	233,19

Tabla 4. 8. Resistencia MP8 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP8-180	3	1	30,00	15	5301,44	12050	2,27	219,30	126,54
		2	29,98	15	5297,90	12095	2,28	235,70	136,01
	7	3	30	15	5301,44	12330	2,33	293,30	169,25
		4	29,97	15	5296,14	12325	2,33	284,20	163,99
	28	5	30	15	5301,44	12210	2,30	375,20	216,50
		6	29,98	15	5297,90	12200	2,30	395,30	228,10
	56	7	30	15	5301,44	12135	2,29	427,10	246,45
		8	29,95	15	5292,60	12250	2,31	418,00	241,20

Tabla 4.9. Resistencia MP9 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP9-180	3	1	29,98	15	5297,90	12040	2,27	175,60	101,33
		2	30	14,97	5280,25	12200	2,31	199,30	115,47
	7	3	29,96	15	5294,37	12135	2,29	246,70	142,36
		4	30	14,97	5280,25	12015	2,28	244,10	141,42
	28	5	29,98	15	5297,90	12140	2,29	372,50	214,95
		6	30	14,97	5280,25	12105	2,29	375,70	217,66
	56	7	29,98	15	5297,90	12190	2,30	358,30	206,75
		8	30	14,98	5287,31	12145	2,30	400,70	231,84

Tabla 4.10. Resistencia MP10 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP10-180	3	1	29,97	15	5296,14	12335,00	2,33	238,60	137,68
		2	30	15	5301,44	12150,00	2,29	216,80	125,10
	7	3	29,99	14,98	5285,55	12070,00	2,28	299,80	173,46
		4	30	14,97	5280,25	12170,00	2,30	302,30	175,14
	28	5	29,97	15	5296,14	12155,00	2,30	429,40	247,78
		6	30	14,98	5287,31	12080,00	2,28	433,80	250,99
	56	7	29,96	14,98	5280,26	12385,00	2,35	443,40	256,54
		8	29,99	14,99	5292,61	12405,00	2,34	433,90	250,71

Tabla 4.11. Resistencia MP11 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP11-180	3	1	30,05	15	5310,27	12300,00	2,32	220,40	127,18
		2	30	14,99	5294,37	12395,00	2,34	212,60	122,84
	7	3	29,98	14,96	5269,69	12080,00	2,29	252,40	146,42
		4	30	14,95	5266,15	12255,00	2,33	263,10	152,84
	28	5	29,97	15	5296,14	12190,00	2,30	342,80	197,81
		6	30	14,98	5287,31	12165,00	2,30	343,40	198,68
	56	7	29,98	15	5297,90	12210,00	2,30	367,20	211,89
		8	30	14,97	5280,25	12315,00	2,33	369,00	213,78

Tabla 4.12. Resistencia MP12 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP12-180	3	1	30,00	15	5301,44	12265,00	2,31	181,50	104,73
		2	29,97	15	5296,14	12180,00	2,30	251,10	144,89
	7	3	30	14,97	5280,25	12270,00	2,32	297,00	172,07
		4	29,98	14,99	5290,84	12310,00	2,33	314,30	181,61
	28	5	30	15	5301,44	12115,00	2,29	391,80	226,08
		6	29,97	14,97	5274,97	12260,00	2,32	416,10	241,07
	56	7	30	14,98	5287,31	12305,00	2,33	441,40	255,39
		8	29,99	15	5299,67	12185,00	2,30	457,00	263,71

Tabla 4.13. Resistencia MP13 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP13-180	3	1	30,05	14,99	5303,20	12068,00	2,28	228,96	132,29
		2	30	15	5301,44	12140,00	2,29	242,64	140,01
	7	3	29,98	14,95	5262,64	12040,00	2,29	293,00	170,20
		4	29,97	15	5296,14	12086,00	2,28	296,50	171,09
	28	5	30	14,99	5294,37	12115,00	2,29	398,70	230,37
		6	29,97	15	5296,14	12355,00	2,33	409,10	236,07
	56	7	30	14,96	5273,20	12235,00	2,32	448,90	260,42
		8	29,98	15	5297,90	12350,00	2,33	453,00	261,40

Tabla 4.14. Resistencia MP14 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP14-180	3	1	29,99	14,99	5292,61	12150,00	2,30	215,52	124,53
		2	30	14,96	5273,20	12012,00	2,28	227,36	131,90
	7	3	29,95	15	5292,60	12138,00	2,29	301,40	173,92
		4	30	14,98	5287,31	12191,00	2,31	296,40	171,49
	28	5	29,98	15	5297,90	12245,00	2,31	391,10	225,68
		6	30	14,95	5266,15	12215,00	2,32	397,80	231,08
	56	7	29,96	15	5294,37	12150,00	2,29	414,50	239,18
		8	30	14,98	5287,31	12135,00	2,30	427,30	247,23

Tabla 4.15. Resistencia MP15 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP15-180	3	1	30,00	15	5301,44	12184,00	2,30	254,60	146,91
		2	29,98	15	5297,90	12160,00	2,30	279,20	161,11
	7	3	30	14,97	5280,25	12325,00	2,33	339,80	196,86
		4	29,97	15	5296,14	12275,00	2,32	329,50	190,13
	28	5	30	14,97	5280,25	12270,00	2,32	431,80	250,16
		6	29,99	15	5299,67	12220,00	2,31	431,70	249,11
	56	7	29,96	14,99	5287,31	12250,00	2,32	462,90	267,47
		8	30	14,98	5287,31	12290,00	2,32	464,10	268,52

4.1.2. En las tablas 4.16 hasta la 4.30, se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidas en el concreto tipo 210 kg/cm² a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Tabla 4.16. Resistencia MP1 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP1- 210	3	1	30	15	5301,44	12335	2,33	309,80	178,77
		2	29,99	15	5299,67	12265	2,31	312,70	180,44
	7	3	29,98	15	5297,90	12510	2,36	418,80	241,66
		4	30	15	5301,44	12340	2,33	411,80	237,62
	28	5	30,5	15	5389,79	12205	2,26	505,50	291,69
		6	29,97	15	5296,14	12230	2,31	513,20	296,14
	56	7	30	15	5301,44	12445	2,35	569,20	328,45
		8	29,98	15	5297,90	12410	2,34	563,70	325,28

Tabla 4.17. Resistencia MP2 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP2-210	3	1	29,96	15	5294,37	12345	2,33	351,20	202,66
		2	30	14,96	5273,20	12425	2,36	354,70	205,77
	7	3	30,05	15	5310,27	12490	2,35	454,90	262,49
		4	29,99	14,98	5285,55	12545	2,37	477,40	276,21
	28	5	30	15	5301,44	12310	2,32	562,80	324,76
		6	30,1	14,98	5304,93	12250	2,31	564,30	326,49
	56	7	30	15	5301,44	12565	2,37	620,10	357,82
		8	29,99	14,99	5292,61	12520	2,37	637,30	368,24

Tabla 4.18. Resistencia MP3 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP3-210	3	1	29,98	14,98	5283,78	12350	2,34	314,80	182,14
		2	30	14,99	5294,37	12405	2,34	304,76	176,09
	7	3	30,05	15	5310,27	12335	2,32	410,30	236,76
		4	29,97	14,93	5246,82	12425	2,37	410,50	239,10
	28	5	30	15	5301,44	12300	2,32	543,90	313,85
		6	29,98	14,99	5290,84	12315	2,33	510,00	294,68
	56	7	30	15	5301,44	12415	2,34	576,50	332,66
		8	29,99	14,98	5285,55	12570	2,38	578,10	334,48

Tabla 4.19. Resistencia MP4 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP4-210	3	1	30,05	14,99	5303,20	12365	2,33	311,12	179,77
		2	30	15	5301,44	12400	2,34	300,30	173,28
	7	3	29,99	14,98	5285,55	12465	2,36	406,80	235,37
		4	30	15	5301,44	12460	2,35	411,10	237,22
	28	5	29,99	14,98	5285,55	12470	2,36	522,00	302,02
		6	30	15	5301,44	12400	2,34	500,50	288,81
	56	7	29,98	14,96	5269,69	12435	2,36	559,00	324,29
		8	30	15	5301,44	12360	2,33	552,80	318,99

Tabla 4.20. Resistencia MP5 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP5-210	3	1	29,98	15	5297,90	12365	2,33	330,90	190,94
		2	30	15	5301,44	12405	2,34	349,30	201,56
	7	3	29,98	15	5297,90	12375	2,34	446,80	257,82
		4	30	15	5301,44	12430	2,34	435,70	251,42
	28	5	30	15	5301,44	12475	2,35	566,60	326,95
		6	29,95	15	5292,60	12340	2,33	575,60	332,14
	56	7	30	15	5301,44	12610	2,38	634,10	365,90
		8	29,99	15	5299,67	12565	2,37	629,00	362,96

Tabla 4.21. Resistencia MP6 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP6-210	3	1	30,00	14,98	5287,31	12330	2,33	315,50	182,54
		2	29,99	15	5299,67	12280	2,32	316,40	182,57
	7	3	30	14,99	5294,37	12370	2,34	417,40	241,18
		4	29,95	15	5292,60	12330	2,33	420,50	242,64
	28	5	29,97	14,97	5274,97	12400	2,35	547,00	316,91
		6	30	15	5301,44	12350	2,33	550,10	317,43
	56	7	30	14,99	5294,37	12385	2,34	591,90	342,00
		8	29,98	15	5297,90	12495	2,36	621,10	358,40

Tabla 4.22. Resistencia MP7 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP7-210	3	1	30,00	14,99	5294,37	12245	2,31	306,40	177,04
		2	29,97	15	5296,14	12335	2,33	299,60	172,88
	7	3	30	15	5301,44	12360	2,33	396,90	229,03
		4	29,99	14,98	5285,55	12415	2,35	398,90	230,80
	28	5	30	14,97	5280,25	12220	2,31	515,70	298,77
		6	30	15	5301,44	12315	2,32	525,90	303,46
	56	7	29,99	15	5299,67	12415	2,34	575,30	331,97
		8	30	14,99	5294,37	12470	2,36	560,10	323,63

Tabla 4.23. Resistencia MP8 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP8-210	3	1	29,99	14,99	5292,61	12375	2,34	323,30	186,81
		2	30	14,99	5294,37	12445	2,35	303,70	175,48
	7	3	29,98	15	5297,90	12410	2,34	408,00	235,43
		4	30	14,98	5287,31	12290	2,32	395,10	228,60
	28	5	29,98	15	5297,90	12440	2,35	507,10	292,62
		6	30	14,98	5287,31	12450	2,35	528,20	305,61
	56	7	29,99	15	5299,67	12440	2,35	574,40	331,45
		8	30	14,98	5287,31	12430	2,35	561,70	324,99

Tabla 4.24. Resistencia MP29 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP9-210	3	1	29,99	14,98	5285,55	12450	2,36	339,70	196,54
		2	30	15	5301,44	12330	2,33	341,10	196,83
	7	3	30	14,97	5280,25	12410	2,35	442,70	256,48
		4	29,99	14,98	5285,55	12460	2,36	448,90	259,72
	28	5	30	15	5301,44	12535	2,36	575,70	332,20
		6	29,98	14,97	5276,73	12430	2,36	579,40	335,68
	56	7	30	15	5301,44	12370	2,33	612,70	353,55
		8	30	14,99	5294,37	12390	2,34	630,80	364,48

Tabla 4.25. Resistencia MP10 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP10-210	3	1	30,00	14,98	5287,31	12230,00	2,31	337,12	195,05
		2	29,96	15	5294,37	12235,00	2,31	346,88	200,16
	7	3	30	14,99	5294,37	12260,00	2,32	438,30	253,25
		4	29,98	15	5297,90	12225,00	2,31	432,10	249,34
	28	5	30	15	5301,44	12335,00	2,33	566,60	326,95
		6	29,99	14,99	5292,61	12385,00	2,34	560,80	324,03
	56	7	30	15	5301,44	12490,00	2,36	608,30	351,01
		8	30	14,98	5287,31	12375,00	2,34	604,50	349,75

Tabla 4.26. Resistencia MP11 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP11-210	3	1	29,99	15	5299,67	12425,00	2,34	354,72	204,69
		2	30	14,99	5294,37	12355,00	2,33	354,72	204,96
	7	3	30	15	5301,44	12280,00	2,32	444,00	256,20
		4	29,98	14,99	5290,84	12385,00	2,34	446,40	257,93
	28	5	30	15	5301,44	12440,00	2,35	603,30	348,13
		6	29,99	14,97	5278,49	12375,00	2,34	563,60	326,52
	56	7	30	15	5301,44	12550,00	2,37	632,70	365,09
		8	29,98	14,98	5283,78	12520,00	2,37	631,80	365,55

Tabla 4.27. Resistencia MP12 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP12-210	3	1	30,00	15	5301,44	12225,00	2,31	332,00	191,58
		2	30,05	14,99	5303,20	12155,00	2,29	334,30	193,16
	7	3	30	14,99	5294,37	12385,00	2,34	426,30	246,32
		4	29,99	15	5299,67	12335,00	2,33	433,60	250,20
	28	5	30	15	5301,44	12440,00	2,35	569,90	328,85
		6	30	14,99	5294,37	12475,00	2,36	587,80	339,64
	56	7	29,98	15	5297,90	12335,00	2,33	623,30	359,67
		8	30	14,98	5287,31	12330,00	2,33	610,30	353,11

Tabla 4.28. Resistencia MP13 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP13-210	3	1	30,00	15	5301,44	12360,00	2,33	350,30	202,14
		2	29,98	14,98	5283,78	12260,00	2,32	351,10	203,14
	7	3	30	15	5301,44	12500,00	2,36	409,10	236,07
		4	29,97	14,99	5289,08	12460,00	2,36	452,30	261,34
	28	5	30	15	5301,44	12480,00	2,35	585,40	337,80
		6	30,05	14,99	5303,20	12460,00	2,35	587,30	339,35
	56	7	30	15	5301,44	12375,00	2,33	630,40	363,76
		8	29,99	14,98	5285,55	12435,00	2,35	607,50	351,49

Tabla 4.29. Resistencia MP14 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP14-210	3	1	30,00	15	5301,44	12420,00	2,34	324,00	186,96
		2	29,99	14,98	5285,55	12335,00	2,33	319,60	184,91
	7	3	30	15	5301,44	12290,00	2,32	412,60	238,09
		4	29,99	14,97	5278,49	12240,00	2,32	423,80	245,53
	28	5	30	15	5301,44	12320,00	2,32	538,30	310,62
		6	30,05	14,99	5303,20	12430,00	2,34	536,70	310,11
	56	7	30	15	5301,44	12100,00	2,28	613,20	353,84
		8	29,05	14,98	5119,88	12100,00	2,36	597,50	345,70

Tabla 4.30. Resistencia MP15 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP15-210	3	1	29,99	15	5299,67	12510,00	2,36	349,50	201,67
		2	30	14,99	5294,37	12485,00	2,36	353,90	204,49
	7	3	29,99	15	5299,67	12310,00	2,32	461,50	266,30
		4	30,1	14,97	5297,85	12460,00	2,35	466,40	270,21
	28	5	29,99	15	5299,67	12450,00	2,35	587,80	339,18
		6	30	14,98	5287,31	12395,00	2,34	596,20	344,95
	56	7	29,98	15	5297,90	12235,00	2,31	656,60	378,88
		8	30	14,98	5287,31	12260,00	2,32	666,10	385,39

4.1.3. En las tablas 4.31 hasta 4.45 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto tipo 250 kg/cm² a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Tabla 4.31. Resistencia MP1 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP1-250	3	1	30	14,99	5294,37	12.280	2,32	405,52	234,31
		2	30	15	5301,44	12355	2,33	404,88	233,63
	7	3	29,98	14,98	5283,78	12365	2,34	505,00	292,18
		4	30	15	5301,44	12435	2,35	511,40	295,10
	28	5	29,99	14,99	5292,61	12480	2,36	663,90	383,61
		6	30	15	5301,44	12455	2,35	625,10	360,71
	56	7	29,98	14,99	5290,84	12235	2,31	749,00	432,78
		8	30	15	5301,44	12380	2,34	750,90	433,30

Tabla 4.32. Resistencia MP2 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP2-250	3	1	29,98	14,99	5290,84	12.515	2,37	407,35	235,37
		2	30	15	5301,44	12.460	2,35	412,48	238,02
	7	3	29,98	14,97	5276,73	12460	2,36	517,20	299,64
		4	30	15	5301,44	12355	2,33	525,50	303,23
	28	5	29,98	14,98	5283,78	12390	2,34	670,10	387,71
		6	30	15	5301,44	12440	2,35	660,60	381,19
	56	7	29,97	14,98	5282,02	12255	2,32	767,90	444,29
		8	30	15	5301,44	12355	2,33	593,90	342,70

Tabla 4.33. Resistencia MP3 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP3-250	3	1	30,00	15	5301,44	12.340	2,33	393,00	226,78
		2	30	15	5301,44	12.500	2,36	412,20	237,85
	7	3	29,98	14,97	5276,73	12390	2,35	500,70	290,08
		4	30,05	15	5310,27	12470	2,35	504,70	291,23
	28	5	30	15	5301,44	12425	2,34	679,30	391,98
		6	29,98	14,99	5290,84	12420	2,35	671,70	388,11
	56	7	30	15	5301,44	12260	2,31	744,60	429,66
		8	29,99	14,98	5285,55	12350	2,34	732,70	423,93

Tabla 4.34. Resistencia MP4 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP4-250	3	1	30,00	14,98	5287,31	12.430	2,35	350,80	202,97
		2	29,98	15	5297,90	12.485	2,36	371,20	214,20
	7	3	30	14,98	5287,31	12460	2,36	497,20	287,67
		4	29,99	15	5299,67	12390	2,34	487,80	281,48
	28	5	30	14,99	5294,37	12545	2,37	661,20	382,05
		6	29,99	15	5299,67	12540	2,37	639,80	369,19
	56	7	30	15	5301,44	12490	2,36	682,20	393,66
		8	30	14,99	5294,37	12315	2,33	707,90	409,03

Tabla 4.35. Resistencia MP5 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP5-250	3	1	30,00	15	5301,44	12.395	2,34	382,80	220,89
		2	29,98	14,99	5290,84	12.410	2,35	387,80	224,07
	7	3	30	15	5301,44	12410	2,34	504,80	291,29
		4	29,99	14,97	5278,49	12280	2,33	503,00	291,41
	28	5	30,2	15	5336,78	12615	2,36	668,10	385,52
		6	29,99	14,98	5285,55	12335	2,33	659,90	381,80
	56	7	30	15	5301,44	12315	2,32	718,60	414,66
		8	29,99	14,99	5292,61	12340	2,33	735,80	425,15

Tabla 4.36. Resistencia MP6 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP6-250	3	1	30,00	14,99	5294,37	12.375	2,34	388,90	224,71
		2	29,98	15	5297,90	12.360	2,33	389,80	224,93
	7	3	30	14,98	5287,31	12485	2,36	499,30	288,88
		4	29,98	15	5297,90	12260	2,31	437,30	252,34
	28	5	30	15	5301,44	12425	2,34	665,50	384,02
		6	30	14,98	5287,31	12505	2,37	629,70	364,33
	56	7	29,98	15	5297,90	12315	2,32	719,10	414,95
		8	30	14,98	5287,31	12336	2,33	729,70	422,19

Tabla 4.37. Resistencia MP7 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP7-250	3	1	29,99	15	5299,67	12.475	2,35	396,20	228,62
		2	30	15	5301,44	12.440	2,35	407,10	234,91
	7	3	30	14,98	5287,31	12305	2,33	509,50	294,79
		4	30,1	15	5319,11	12450	2,34	525,50	303,23
	28	5	29,98	14,98	5283,78	12520	2,37	672,40	389,04
		6	30	15	5301,44	12360	2,33	656,80	379,00
	56	7	30	15	5301,44	12340	2,33	733,10	423,03
		8	29,97	14,98	5282,02	12290	2,33	782,80	452,91

Tabla 4.38. Resistencia MP8 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F ^c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP8-250	3	1	30,00	15	5301,44	12.560	2,37	431,80	249,16
		2	29,99	14,98	5285,55	12.490	2,36	417,60	241,61
	7	3	30	15	5301,44	12535	2,36	559,60	322,91
		4	30,05	15,1	5381,31	12545	2,33	524,20	298,49
	28	5	30	15	5301,44	12425	2,34	679,40	392,04
		6	29,99	14,98	5285,55	12585	2,38	668,20	386,61
	56	7	30	15	5301,44	12410	2,34	784,90	452,92
		8	30	14,98	5287,31	12430	2,35	773,70	447,65

Tabla 4.39. Resistencia MP9 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F ^c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP9-250	3	1	29,99	14,98	5285,55	12.390	2,34	422,90	244,68
		2	30	15	5301,44	12.470	2,35	438,90	253,26
	7	3	29,98	14,99	5290,84	12560	2,37	557,90	322,36
		4	30	15	5301,44	12550	2,37	580,10	334,74
	28	5	29,99	15	5299,67	12440	2,35	716,30	413,33
		6	30	14,99	5294,37	12530	2,37	702,60	405,97
	56	7	29,97	14,98	5282,02	12305	2,33	787,90	455,86
		8	30	14,97	5280,25	12340	2,34	739,00	428,14

Tabla 4.40. Resistencia MP10 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP10-250	3	1	30,00	14,97	5280,25	12385,00	2,35	432,50	250,57
		2	29,99	14,99	5292,61	12425,00	2,35	427,80	247,19
	7	3	30	15	5301,44	12465,00	2,35	541,10	312,24
		4	29,98	15	5297,90	12360,00	2,33	510,90	294,81
	28	5	30	14,99	5294,37	12545,00	2,37	661,00	381,93
	56	6	29,99	15	5299,67	12470,00	2,35	646,50	373,05
		7	30	14,98	5287,31	12270,00	2,32	719,30	416,17
		8	30	15	5301,44	12435,00	2,35	732,30	422,56

Tabla 4.41. Resistencia MP11 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP11-250	3	1	29,98	14,98	5283,78	12350,00	2,34	403,70	233,57
		2	30	15	5301,44	12335,00	2,33	402,00	231,97
	7	3	29,97	14,97	5274,97	12480,00	2,37	502,30	291,01
		4	30	15	5301,44	12565,00	2,37	490,90	283,27
	28	5	30	15	5301,44	12490,00	2,36	627,20	361,92
		6	29,99	14,98	5285,55	12440,00	2,35	631,20	365,20
	56	7	30	15	5301,44	12250,00	2,31	646,60	373,11
		8	30	14,99	5294,37	12360,00	2,33	665,00	384,24

Tabla 4.42. Resistencia MP12 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP12-250	3	1	30,00	14,99	5294,37	12315,00	2,33	410,10	236,96
		2	29,98	15	5297,90	12365,00	2,33	414,40	239,12
	7	3	30	14,98	5287,31	12405,00	2,35	526,10	304,39
		4	30	15	5301,44	12535,00	2,36	523,80	302,25
	28	5	29,99	14,97	5278,49	12370,00	2,34	658,40	381,45
		6	30	15	5301,44	12510,00	2,36	669,30	386,21
	56	7	29,97	14,98	5282,02	12410,00	2,35	617,60	357,33
		8	30	15	5301,44	12470,00	2,35	683,20	394,23

Tabla 4.43. Resistencia MP13 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP13-250	3	1	29,97	15	5296,14	12275,00	2,32	389,60	224,81
		2	30	14,99	5294,37	12165,00	2,30	384,10	221,94
	7	3	29,99	14,99	5292,61	12425,00	2,35	506,40	292,60
		4	29,98	14,98	5283,78	12350,00	2,34	503,60	291,37
	28	5	30	15	5301,44	12390,00	2,34	704,80	406,70
		6	29,97	14,95	5260,89	12330,00	2,34	703,40	408,61
	56	7	29,98	15	5297,90	12380,00	2,34	734,00	423,55
		8	30	14,99	5294,37	12310,00	2,33	738,60	426,77

Tabla 4.44. Resistencia MP14 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP14-250	3	1	29,99	15	5299,67	12485,00	2,36	403,60	232,89
		2	30	14,98	5287,31	12400,00	2,35	409,80	237,10
	7	3	29,98	15	5297,90	12420,00	2,34	526,80	303,98
		4	30	14,99	5294,37	12440,00	2,35	545,70	315,31
	28	5	29,99	15	5299,67	12500,00	2,36	722,60	416,97
		6	30	14,98	5287,31	12485,00	2,36	704,30	407,49
	56	7	29,99	15	5299,67	12365,00	2,33	713,50	411,72
		8	30	14,99	5294,37	12240,00	2,31	724,60	418,68

Tabla 4.45. Resistencia MP15 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
MP15-250	3	1	30,00	15	5301,44	12260,00	2,31	395,10	227,99
		2	29,97	15	5296,14	12330,00	2,33	395,10	227,99
	7	3	30	14,99	5294,37	12440,00	2,35	526,30	304,10
		4	29,99	15	5299,67	12335,00	2,33	514,10	296,66
	28	5	30	15	5301,44	12465,00	2,35	691,20	398,85
		6	29,99	14,98	5285,55	12325,00	2,33	681,50	394,30
	56	7	30	15	5301,44	12385,00	2,34	721,60	416,39
		8	29,97	14,97	5274,97	12415,00	2,35	728,40	422,00

4.2. Mezcla con Escoria de Acería (ME)

4.2.1. En las tablas IV-46 a la IV-60 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto en la cual se utiliza escoria de acería como agregado grueso, de resistencia 180 kg/cm², a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Tabla 4. 46. Resistencia ME1 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME1-180	3	1	29,98	14,99	5290,84	13990	2,64	207,44	119,86
		2	30	15	5301,44	14290	2,70	197,04	113,70
	7	3	29,99	14,98	5285,55	13825	2,62	245,10	141,81
		4	29,98	15	5297,90	13845	2,61	238,36	137,54
	28	5	30	14,98	5287,31	13695	2,59	332,26	192,24
		6	30	15	5301,44	14110	2,66	337,06	194,50
	56	7	29,98	14,99	5290,84	13555	2,56	359,96	207,99
		8	30	15	5301,44	13885	2,62	352,30	203,29

Tabla 4.47. Resistencia ME2 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME2-180	3	1	30	15	5301,44	13910	2,62	207,04	119,47
		2	29,99	14,98	5285,55	13740	2,60	196,32	113,59
	7	3	30	15	5301,44	13985	2,64	248,90	143,62
		4	29,98	14,99	5290,84	13740	2,60	248,20	143,41
	28	5	30	15	5301,44	13685	2,58	318,90	184,02
		6	29,97	14,98	5282,02	13920	2,64	339,60	196,49
	56	7	30	15	5301,44	13545	2,55	337,80	194,92
		8	30	14,99	5294,37	13740	2,60	356,50	205,99

Tabla 4.48. Resistencia ME3 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME3-180	3	1	30,00	15	5301,44	14125	2,66	233,28	134,61
		2	29,98	14,98	5283,78	14130	2,67	246,08	142,38
	7	3	29,99	15	5299,67	14390	2,72	298,80	172,42
		4	29,97	14,98	5282,02	14335	2,71	329,80	190,82
	28	5	29,98	15	5297,90	14030	2,65	390,70	225,45
		6	30	14,98	5287,31	14320	2,71	429,20	248,33
	56	7	29,97	15	5296,14	14395	2,72	464,20	267,86
		8	30	14,99	5294,37	14430	2,73	470,00	271,57

Tabla 4.49. Resistencia ME4 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME4-180	3	1	29,99	15	5299,67	14015	2,64	231,44	133,55
		2	30	14,99	5294,37	14250	2,69	247,12	142,79
	7	3	29,98	15	5297,90	14330	2,70	297,80	171,84
		4	30	14,97	5280,25	14230	2,69	289,10	167,49
	28	5	30	15	5301,44	14415	2,72	458,90	264,80
		6	29,97	14,99	5289,08	14200	2,68	416,00	240,37
	56	7	30	15	5301,44	14155	2,67	417,20	240,74
		8	29,99	14,98	5285,55	14105	2,67	474,80	274,71

Tabla 4.50. Resistencia ME5 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME5-180	3	1	29,98	15	5297,90	14070	2,66	247,20	142,64
		2	30	14,99	5294,37	14240	2,69	269,92	155,96
	7	3	29,98	15	5297,90	13770	2,60	330,50	190,71
		4	30	14,97	5280,25	13780	2,61	328,20	190,14
	28	5	29,99	15	5299,67	13990	2,64	419,30	241,95
		6	30	14,98	5287,31	14360	2,72	438,40	253,65
	56	7	29,98	15	5297,90	13825	2,61	486,30	280,61
		8	30	14,99	5294,37	14155	2,67	514,40	297,22

Tabla 4.51. Resistencia ME6 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME6-180	3	1	29,99	14,98	5285,55	14015	2,65	251,92	145,76
		2	30	15	5301,44	13745	2,59	252,24	145,55
	7	3	29,97	15	5296,14	13765	2,60	305,80	176,46
		4	30	14,99	5294,37	14235	2,69	325,60	188,13
	28	5	29,98	15	5297,90	14060	2,65	405,80	234,16
		6	30	14,98	5287,31	13860	2,62	412,50	238,66
	56	7	30	15	5301,44	14185	2,68	488,20	281,71
		8	29,98	14,98	5283,78	14135	2,68	476,70	275,81

Tabla 4.52. Resistencia ME7 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME7-180	3	1	29,98	14,99	5290,84	14080	2,66	207,80	120,07
		2	30	14,99	5294,37	14100	2,66	213,80	123,54
	7	3	30	15	5301,44	14355	2,71	281,90	162,67
		4	29,97	15	5296,14	14160	2,67	288,90	166,71
	28	5	30	14,98	5287,31	14345	2,71	379,40	219,51
		6	29,99	15	5299,67	14055	2,65	378,00	218,12
	56	7	30	14,99	5294,37	14315	2,70	458,90	265,16
		8	29,98	15	5297,90	14470	2,73	441,10	254,53

Tabla 4.53. Resistencia ME8 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME8-180	3	1	29,98	14,98	5283,78	13960	2,64	225,00	130,18
		2	30	15	5301,44	14000	2,64	221,80	127,99
	7	3	29,99	14,98	5285,55	14325	2,71	334,70	193,65
		4	30	15	5301,44	14130	2,67	350,20	202,08
	28	5	29,97	14,98	5282,02	14330	2,71	419,70	242,83
		6	30	15	5301,44	14410	2,72	429,60	247,90
	56	7	29,99	14,97	5278,49	14370	2,72	489,90	283,82
		8	30	15	5301,44	14390	2,71	493,80	284,94

Tabla 4.54. Resistencia ME9 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME9-180	3	1	29,98	14,98	5283,78	13445	2,54	153,36	88,73
		2	30	15	5301,44	13445	2,54	158,76	91,61
	7	3	29,99	14,99	5292,61	13585	2,57	229,36	132,53
		4	30	15	5301,44	13730	2,59	200,96	115,96
	28	5	29,98	14,98	5283,78	13625	2,58	331,56	191,83
		6	30	15	5301,44	13570	2,56	323,26	186,53
	56	7	29,99	14,97	5278,49	13664	2,59	376,50	218,13
		8	30	15	5301,44	13620	2,57	378,40	218,35

Tabla 4.55. Resistencia ME10 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME10-180	3	1	29,99	14,98	5285,55	13225,00	2,50	175,20	101,37
		2	30	15	5301,44	13255,00	2,50	172,40	99,48
	7	3	29,98	15	5297,90	13300,00	2,51	275,20	158,80
		4	30	14,98	5287,31	13375,00	2,53	268,83	155,54
	28	5	29,99	14,98	5285,55	13510,00	2,56	449,50	260,07
		6	30	14,98	5287,31	13620,00	2,58	389,66	225,45
	56	7	29,99	15	5299,67	13456,00	2,54	468,30	270,23
		8	30	14,98	5287,31	13557,00	2,56	457,60	264,76

Tabla 4.56. Resistencia ME11 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME11-180	3	1	30,00	15	5301,44	13260,00	2,50	174,90	100,92
		2	29,98	14,98	5283,78	13430,00	2,54	192,10	111,15
	7	3	30	15	5301,44	13350,00	2,52	254,20	146,68
		4	29,98	14,98	5283,78	13210,00	2,50	254,00	146,96
	28	5	30	15	5301,44	13400,00	2,53	358,73	207,00
		6	30	14,97	5280,25	13350,00	2,53	357,30	207,00
	56	7	29,98	15	5297,90	13300,00	2,51	452,20	260,94
		8	30	14,98	5287,31	13250,00	2,51	430,70	249,19

Tabla 4.57. Resistencia ME12 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME12-180	3	1	29,99	15	5299,67	13340,00	2,52	188,50	108,77
		2	29,99	14,97	5278,49	13465,00	2,55	190,20	110,19
	7	3	30	15	5301,44	13150,00	2,48	276,50	159,55
		4	30	15	5301,44	13170,00	2,48	261,30	150,78
	28	5	29,98	14,97	5276,73	13245,00	2,51	425,30	246,40
		6	30	15	5301,44	13400,00	2,53	423,50	244,38
	56	7	29,98	14,99	5290,84	13190,00	2,49	501,10	289,54
		8	30	15	5301,44	13185,00	2,49	495,40	285,86

Tabla 4.58. Resistencia ME13 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME13-180	3	1	30,00	15	5301,44	13250,00	2,50	155,03	89,46
		2	29,99	14,97	5278,49	13150,00	2,49	158,83	92,02
	7	3	30	15	5301,44	13485,00	2,54	232,96	134,43
		4	29,98	14,99	5290,84	13375,00	2,53	224,46	129,69
	28	5	30	15	5301,44	13490,00	2,54	335,00	193,31
		6	29,97	14,98	5282,02	13395,00	2,54	333,40	192,90
	56	7	30	15	5301,44	13535,00	2,55	368,90	212,87
		8	29,98	14,98	5283,78	13455,00	2,55	348,30	201,52

Tabla 4.59. Resistencia ME14 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME14-180	3	1	29,99	15	5299,67	13250,00	2,50	196,43	113,35
		2	29,98	14,99	5290,84	13280,00	2,51	203,13	117,37
	7	3	30	15	5301,44	13295,00	2,51	270,30	155,97
		4	29,99	14,96	5271,44	13330,00	2,53	275,30	159,71
	28	5	30	15	5301,44	13145,00	2,48	403,60	232,89
		6	29,97	14,97	5274,97	13070,00	2,48	398,30	230,76
	56	7	30	15	5301,44	13345,00	2,52	420,40	242,59
		8	29,97	14,98	5282,02	13360,00	2,53	458,90	265,51

Tabla 4.60. Resistencia ME15 180 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME15-180	3	1	30,00	14,98	5287,31	13075,00	2,47	198,73	114,98
		2	29,98	15	5297,90	13215,00	2,49	189,83	109,54
	7	3	30	14,97	5280,25	13245,00	2,51	265,30	153,70
		4	29,97	15	5296,14	13355,00	2,52	257,76	148,74
	28	5	30	14,98	5287,31	13210,00	2,50	383,30	221,77
		6	30	15	5301,44	13210,00	2,49	345,16	199,17
	56	7	29,98	14,99	5290,84	13158,00	2,49	470,66	271,95
		8	30	15	5301,44	13303,00	2,51	465,60	268,67

4.2.2. En las tablas 4.61 a la 4.75 se dan los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto tipo 210 kg/cm² a las edades de 3, 7, 28 y 56 días

Tabla 4.61. Resistencia ME1 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME1-210	3	1	30,05	15	5310,27	13175	2,48	264,03	152,36
		2	29,98	14,98	5283,78	13260	2,51	253,73	146,80
	7	3	30	15	5301,44	13335	2,52	313,53	180,92
		4	29,97	14,97	5274,97	13250	2,51	317,83	184,14
	28	5	30	15	5301,44	13210	2,49	449,33	259,28
		6	29,99	14,99	5292,61	13325	2,52	456,50	263,77
	56	7	30	15	5301,44	13457	2,54	524,33	302,56
		8	30	14,98	5287,31	13363	2,53	515,80	298,43

Tabla 4.62 Resistencia ME2 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME2-210	3	1	29,98	15	5297,90	13235	2,50	213,53	123,21
		2	30	14,99	5294,37	13490	2,55	205,73	118,87
	7	3	29,99	15	5299,67	13165	2,48	337,30	194,63
		4	30	14,98	5287,31	13335	2,52	319,13	184,64
	28	5	30	15	5301,44	13255	2,50	497,50	287,08
		6	29,99	15	5299,67	13230	2,50	472,83	272,84
	56	7	30	14,97	5280,25	13075	2,48	540,20	312,97
		8	29,98	14,99	5290,84	13234	2,50	534,43	308,80

Tabla 4.63. Resistencia ME3 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME3-210	3	1	30,00	14,98	5287,31	13270	2,51	281,43	162,83
		2	29,99	15	5299,67	13215	2,49	287,33	165,80
	7	3	30	14,99	5294,37	13335	2,52	337,93	195,26
		4	29,98	15	5297,90	13260	2,50	328,60	189,61
	28	5	30	14,97	5280,25	13210	2,50	487,20	282,26
		6	30	15	5301,44	13395	2,53	475,00	274,09
	56	7	29,98	15	5297,90	13153	2,48	537,40	310,10
		8	30	14,99	5294,37	13279	2,51	542,80	313,63

Tabla 4.64. Resistencia ME4 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME4-210	3	1	30,00	15	5301,44	13135	2,48	235,63	135,97
		2	30	14,97	5280,25	13370	2,53	226,73	131,36
	7	3	14,98	15	2647,18	13175	4,98	328,23	189,40
		4	30	14,99	5294,37	13360	2,52	329,86	190,60
	28	5	14,98	15	2647,18	12860	4,86	468,10	270,11
		6	30	14,97	5280,25	13195	2,50	465,50	269,69
	56	7	30	15	5301,44	12968	2,45	540,10	311,66
		8	14,98	14,99	2643,66	13120	4,96	525,83	303,83

Tabla 4.65. Resistencia ME5 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME5-210	3	1	30,00	15	5301,44	13230	2,50	268,50	154,93
		2	30	15	5301,44	13135	2,48	282,20	162,84
	7	3	29,98	14,98	5283,78	13375	2,53	353,40	204,47
		4	30	15	5301,44	13295	2,51	359,70	207,56
	28	5	30,05	14,99	5303,20	13100	2,47	549,20	317,33
		6	30	15	5301,44	13225	2,49	543,83	313,81
	56	7	30	15	5301,44	13360	2,52	631,83	364,59
		8	29,98	14,98	5283,78	13385	2,53	638,40	369,37

Tabla 4.66. Resistencia ME6 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME6-210	3	1	30,00	15	5301,44	13275	2,50	257,00	148,30
		2	30	14,98	5287,31	13185	2,49	241,70	139,84
	7	3	29,97	15	5296,14	13145	2,48	344,73	198,92
		4	30	14,99	5294,37	13210	2,50	334,50	193,28
	28	5	29,98	15	5297,90	13140	2,48	469,93	271,17
		6	30	14,96	5273,20	13350	2,53	460,23	266,99
	56	7	29,99	15	5299,67	12962	2,45	520,80	300,52
		8	30	14,97	5280,25	13373	2,53	516,33	299,14

Tabla 4.67. Resistencia ME7 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME7-210	3	1	30,00	15	5301,44	13140	2,48	274,40	158,34
		2	30	15	5301,44	13210	2,49	288,30	166,36
	7	3	29,99	14,98	5301,44	13295	2,50	381,80	220,31
		4	30	15	5301,44	13165	2,48	372,60	215,00
	28	5	29,98	14,98	5283,78	13170	2,49	558,50	323,14
		6	30	15	5301,44	13210	2,49	553,03	319,12
	56	7	29,98	14,97	5276,73	13299	2,52	578,83	335,35
		8	30	14,97	5280,25	13150	2,49	592,50	343,27

Tabla 4.68. Resistencia ME8 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME8-210	3	1	29,98	14,99	5290,84	13150	2,49	247,80	143,18
		2	30	15	5301,44	13070	2,47	244,40	141,03
	7	3	29,98	14,99	5290,84	13235	2,50	372,30	215,12
		4	30	15	5301,44	13175	2,49	355,73	205,27
	28	5	29,97	15	5296,14	13065	2,47	496,93	286,75
		6	30	14,98	5287,31	13110	2,48	487,70	282,17
	56	7	29,99	14,99	5292,61	13350	2,52	566,50	327,33
		8	30	15	5301,44	13195	2,49	563,40	325,10

Tabla 4.69. Resistencia ME9 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME9-210	3	1	30,00	15	5301,44	13230	2,50	321,00	185,23
		2	29,99	14,97	5278,49	13240	2,51	307,53	178,17
	7	3	30	15	5301,44	13310	2,51	385,93	222,70
		4	29,98	14,99	5290,84	13470	2,55	390,70	225,75
	28	5	30	15	5301,44	13165	2,48	573,40	330,87
		6	29,97	14,99	5289,08	13155	2,49	560,53	323,88
	56	7	30	15	5301,44	13330	2,51	622,73	359,34
		8	29,97	14,97	5274,97	13460	2,55	638,30	369,80

Tabla 4.70. Resistencia ME10 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME10-210	3	1	30,00	15	5301,44	13165,00	2,48	258,63	149,24
		2	29,97	14,98	5282,02	13380,00	2,53	265,10	153,38
	7	3	30	15	5301,44	13120,00	2,47	355,90	205,37
		4	29,99	14,97	5278,49	13315,00	2,52	354,20	205,21
	28	5	30	15	5301,44	13180,00	2,49	527,80	304,56
		6	29,99	14,97	5278,49	13235,00	2,51	540,30	313,02
	56	7	30	14,98	5287,31	13210,00	2,50	612,10	354,15
		8	29,98	15	5297,90	13210,00	2,49	560,30	323,31

Tabla 4.71. Resistencia ME11 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME11-210	3	1	29,98	15	5297,90	13360,00	2,52	274,93	158,65
		2	30	15	5301,44	13160,00	2,48	276,90	159,78
	7	3	29,97	15	5296,14	13225,00	2,50	368,60	212,70
		4	30	15	5301,44	13245,00	2,50	390,70	225,45
	28	5	29,98	14,98	5283,78	13150,00	2,49	582,10	336,79
		6	30	15	5301,44	12825,00	2,42	583,30	336,59
	56	7	29,98	14,99	5290,84	13370,00	2,53	650,50	375,86
		8	30	14,97	5280,25	13090,00	2,48	642,00	371,94

Tabla 4.72. Resistencia ME12 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME12-210	3	1	30,00	15	5301,44	13400,00	2,53	284,40	164,11
		2	29,98	14,99	5290,84	13395,00	2,53	286,20	165,37
	7	3	30	15	5301,44	13460,00	2,54	355,90	205,37
		4	29,97	14,97	5274,97	13300,00	2,52	354,20	205,21
	28	5	30	15	5301,44	13185,00	2,49	572,70	330,47
		6	30	15	5301,44	13295,00	2,51	566,30	326,78
	56	7	29,99	14,98	5285,55	13360,00	2,53	605,00	350,04
		8	30	15	5301,44	13260,00	2,50	607,70	350,67

Tabla 4.73. Resistencia ME13 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME13-210	3	1	30,00	15	5301,44	13430,00	2,53	264,10	152,40
		2	30	14,97	5280,25	13485,00	2,55	277,80	160,94
	7	3	29,99	14,99	5292,61	13295,00	2,51	416,30	240,54
		4	30	15	5301,44	13160,00	2,48	399,10	230,30
	28	5	29,97	14,99	5289,08	13300,00	2,51	587,30	339,35
		6	30	15	5301,44	13270,00	2,50	581,40	335,49
	56	7	29,99	14,98	5285,55	13475,00	2,55	627,20	362,89
		8	30	15	5301,44	13090,00	2,47	619,80	357,65

Tabla 4.74. Resistencia ME14 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME14-210	3	1	29,99	14,99	5292,61	13400,00	2,53	236,45	136,62
		2	30	15	5301,44	13320,00	2,51	241,44	139,32
	7	3	30	15	5301,44	13325,00	2,51	361,80	208,77
		4	29,98	14,98	5283,78	13340,00	2,52	372,90	215,75
	28	5	30	15	5301,44	13315,00	2,51	578,30	333,70
		6	30	15	5301,44	13500,00	2,55	564,10	325,51
	56	7	29,98	14,98	5283,78	13494,00	2,55	593,10	343,16
		8	30	15	5301,44	13290,00	2,51	596,10	343,97

Tabla 4.75. Resistencia ME15 210 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME15-210	3	1	30,00	14,99	5294,37	13205,00	2,49	250,32	144,64
		2	29,99	15	5299,67	13320,00	2,51	259,52	149,75
	7	3	30	14,99	5294,37	13245,00	2,50	344,70	199,17
		4	29,98	15	5297,90	13300,00	2,51	332,40	191,81
	28	5	30	15	5301,44	13570,00	2,56	560,80	323,60
		6	30	14,98	5287,31	12975,00	2,45	561,53	324,89
	56	7	29,98	15	5297,90	13256,00	2,50	599,70	346,05
		8	30	14,99	5294,37	13384,00	2,53	578,00	333,97

4.2.3. En las tablas 4.76 a la 4.90 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos en el concreto tipo 250kg/cm², a las edades de 3, 7, 28 y 56 días

Tabla 4.76. Resistencia ME1 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME1-250	3	1	29,98	15	5297,90	13265	2,50	347,30	200,41
		2	30	15	5301,44	13210	2,49	337,30	194,63
	7	3	29,97	14,97	5274,97	13325	2,53	440,40	255,15
		4	30	15	5301,44	13395	2,53	452,00	260,82
	28	5	29,98	15	5297,90	13390	2,53	630,10	363,59
		6	30	14,99	5294,37	13188	2,49	641,00	370,37
	56	7	30	15	5301,44	13240	2,50	691,70	399,14
		8	29,97	14,97	5274,97	13292	2,52	681,00	394,54

Tabla 4.77. Resistencia ME2 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME2-250	3	1	30	15	5301,44	12985	2,45	322,40	186,04
		2	29,99	14,98	5285,55	13225	2,50	324,30	187,63
	7	3	30	15	5301,44	13335	2,52	463,70	267,57
		4	29,97	29,99	5301,42	13465	2,54	464,90	268,26
	28	5	30	15	5301,44	13630	2,57	632,70	365,09
		6	29,97	29,97	5301,20	13218	2,49	626,90	361,75
	56	7	30	15	5301,44	13223	2,49	684,40	394,92
		8	29,98	29,99	5301,49	13075	2,47	678,50	391,52

Tabla 4.78. Resistencia ME3 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME3-250	3	1	29,97	14,99	5289,08	13135	2,48	321,60	185,82
		2	30	15	5301,44	13470	2,54	323,80	186,84
	7	3	30	14,97	5280,25	13460	2,55	375,70	217,66
		4	29,98	15	5297,90	13390	2,53	370,80	213,97
	28	5	30	15	5301,44	13240	2,50	535,90	309,23
		6	29,97	14,97	5274,97	13320	2,53	532,10	308,27
	56	7	30	15	5301,44	13207	2,49	560,80	323,60
		8	29,98	14,99	5290,84	13191	2,49	557,80	322,30

Tabla 4.79. Resistencia ME4 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME4-250	3	1	29,99	14,97	5278,49	13255	2,51	319,30	184,99
		2	30	15	5301,44	13050	2,46	320,80	185,11
	7	3	30	14,99	5294,37	13110	2,48	431,70	249,44
		4	29,98	14,99	5290,84	13270	2,51	428,60	247,65
	28	5	30	15	5301,44	13165	2,48	601,90	347,32
		6	29,99	14,98	5285,55	13310	2,52	606,90	351,14
	56	7	30	15	5301,44	13191	2,49	689,80	398,04
		8	29,98	14,99	5290,84	13322	2,52	691,50	399,55

Tabla 4.80. Resistencia ME5 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME5-250	3	1	30,00	14,99	5294,37	13220	2,50	321,90	186,00
		2	29,99	15	5299,67	13095	2,47	319,90	184,59
	7	3	30	14,99	5294,37	13145	2,48	440,90	254,76
		4	29,97	14,97	5274,97	13350	2,53	436,80	253,06
	28	5	30	15	5301,44	13130	2,48	592,50	341,89
		6	29,98	14,98	5283,78	13175	2,49	596,70	345,24
	56	7	30	15	5301,44	13266	2,50	625,70	361,05
		8	29,99	14,99	5292,61	13095	2,47	624,30	360,73

Tabla 4.81. Resistencia ME6 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME6-250	3	1	30,00	15	5301,44	13425	2,53	338,70	195,44
		2	29,97	14,98	5282,02	13415	2,54	338,00	195,56
	7	3	30	15	5301,44	13435	2,53	469,50	270,92
		4	29,99	14,97	5278,49	13455	2,55	478,30	277,10
	28	5	30	15	5301,44	13600	2,57	670,60	386,96
		6	29,98	14,97	5276,73	13415	2,54	676,70	392,05
	56	7	30	15	5301,44	13261	2,50	738,60	426,20
		8	29,99	14,99	5292,61	13293	2,51	734,80	424,57

Tabla 4.82. Resistencia ME7 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME7-250	3	1	29,99	14,98	5285,55	13270	2,51	370,90	214,60
		2	30	15	5301,44	13285	2,51	365,80	211,08
	7	3	29,97	14,99	5289,08	13435	2,54	482,60	278,85
		4	30	15	5301,44	13340	2,52	478,40	276,05
	28	5	29,98	14,99	5290,84	13300	2,51	642,00	370,95
		6	30	15	5301,44	13260	2,50	638,90	368,67
	56	7	30	15	5301,44	13307	2,51	729,80	421,12
		8	29,99	14,97	5278,49	13185	2,50	730,10	422,99

Tabla 4.83. Resistencia ME8 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME8-250	3	1	30,00	15	5301,44	13490	2,54	356,50	205,71
		2	29,97	14,99	5289,08	13280	2,51	352,50	203,68
	7	3	30	14,97	5280,25	13225	2,50	452,90	262,39
		4	29,97	14,99	5289,08	13195	2,49	454,20	262,44
	28	5	30	15	5301,44	13270	2,50	616,80	355,92
		6	29,97	14,97	5274,97	13220	2,51	614,50	356,01
	56	7	30	15	5301,44	13122	2,48	681,90	393,48
		8	29,98	14,99	5290,84	13095	2,48	681,00	393,49

Tabla 4.84. Resistencia ME9 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME9-250	3	1	30,00	14,98	5287,31	13225	2,50	350,50	202,79
		2	29,97	14,99	5289,08	13270	2,51	361,70	208,99
	7	3	30	15	5301,44	13255	2,50	485,50	280,15
		4	29,99	14,99	5292,61	13230	2,50	483,20	279,20
	28	5	30	15	5301,44	13375	2,52	638,50	368,44
		6	29,97	14,99	5289,08	13260	2,51	629,70	363,85
	56	7	30	15	5301,44	13115	2,47	707,50	408,25
		8	29,98	14,98	5283,78	13293	2,52	701,30	405,76

Tabla 4.85. Resistencia ME10 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME10-250	3	1	29,98	14,99	5290,84	13275,00	2,51	324,60	187,56
		2	30	15	5301,44	13305,00	2,51	325,70	187,94
	7	3	30	15	5301,44	13095,00	2,47	448,60	258,86
		4	29,99	14,99	5292,61	13425,00	2,54	450,50	260,30
	28	5	30	15	5301,44	13270,00	2,50	619,90	357,71
		6	29,97	14,98	5282,02	13175,00	2,49	614,50	355,54
	56	7	30	15	5301,44	13100,00	2,47	625,90	361,17
		8	29,99	14,98	5285,55	13456,00	2,55	623,50	360,74

Tabla 4.86. Resistencia ME11 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME11-250	3	1	30,00	15	5301,44	13250,00	2,50	318,80	183,96
		2	29,97	14,98	5282,02	13160,00	2,49	319,60	184,91
	7	3	30	15	5301,44	13445,00	2,54	438,90	253,26
		4	29,98	14,97	5276,73	13310,00	2,52	449,00	260,13
	28	5	30	15	5301,44	13470,00	2,54	575,40	332,03
		6	30	15	5301,44	13485,00	2,54	562,40	324,53
	56	7	30	15	5301,44	13156,00	2,48	589,80	340,34
		8	29,99	14,99	5292,61	13357,00	2,52	597,90	345,47

Tabla 4.87. Resistencia ME12 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME12-250	3	1	30,00	15	5301,44	13160,00	2,48	321,30	185,40
		2	29,98	14,99	5290,84	13225,00	2,50	318,90	184,26
	7	3	30	15	5301,44	13270,00	2,50	415,10	239,53
		4	29,99	14,98	5285,55	13460,00	2,55	412,30	238,55
	28	5	29,97	14,97	5274,97	13344,00	2,53	621,20	359,89
		6	30	15	5301,44	13246,00	2,50	629,70	363,36
	56	7	30	15	5301,44	13855,00	2,61	652,20	376,34
		8	29,98	14,99	5290,84	13597,00	2,57	654,10	377,94

Tabla 4.88. Resistencia ME13 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME13-250	3	1	30,00	15	5301,44	13075,00	2,47	322,50	186,09
		2	29,98	14,99	5290,84	13210,00	2,50	325,80	188,25
	7	3	30	15	5301,44	13330,00	2,51	416,60	240,39
		4	29,97	14,99	5289,08	13005,00	2,46	417,00	240,95
	28	5	30	15	5301,44	13231,00	2,50	597,60	344,84
		6	29,99	14,99	5292,61	13260,00	2,51	599,70	346,51
	56	7	30	15	5301,44	13370,00	2,52	639,70	369,13
		8	29,99	14,99	5292,61	13192,00	2,49	642,80	371,41

Tabla 4.89. Resistencia ME14 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME14-250	3	1	29,97	15	5296,14	13125,00	2,48	324,70	187,36
		2	29,98	14,98	5283,78	13015,00	2,46	321,80	186,19
	7	3	30	15	5301,44	13165,00	2,48	400,50	231,10
		4	29,97	14,99	5289,08	13035,00	2,46	402,80	232,74
	28	5	29,99	14,98	5285,55	12975,00	2,45	557,90	322,79
		6	30	15	5301,44	13170,00	2,48	560,80	323,60
	56	7	29,99	14,99	5292,61	13007,00	2,46	610,90	352,98
		8	30	15	5301,44	13076,00	2,47	613,40	353,95

Tabla 4.90. Resistencia ME15 250 kg/cm²

MEZCLA	EDAD (DIAS)	CILINDRO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (grs)	DENSIDAD (grs/cm ³)	F'c	
								(Kn)	(Kg/cm ²)
ME15-250	3	1	30,00	15	5301,44	13010,00	2,45	324,80	187,42
		2	29,99	14,99	5292,61	13150,00	2,48	323,80	187,09
	7	3	30	15	5301,44	13170,00	2,48	415,60	239,82
		4	29,97	14,98	5282,02	13065,00	2,47	410,00	237,22
	28	5	30	15	5301,44	13145,00	2,48	589,70	340,28
		6	29,99	14,98	5285,55	13155,00	2,49	599,20	346,68
	56	7	30	15	5301,44	13046,00	2,46	648,30	374,09
		8	29,98	14,98	5283,78	13269,00	2,51	642,00	371,45

4.3. Análisis de Resultados

En este análisis se calculo la resistencia promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (δ) a cada uno de los concretos elaborados, es decir, mezcla patrón (MP) y mezcla con escoria de acería (ME) a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

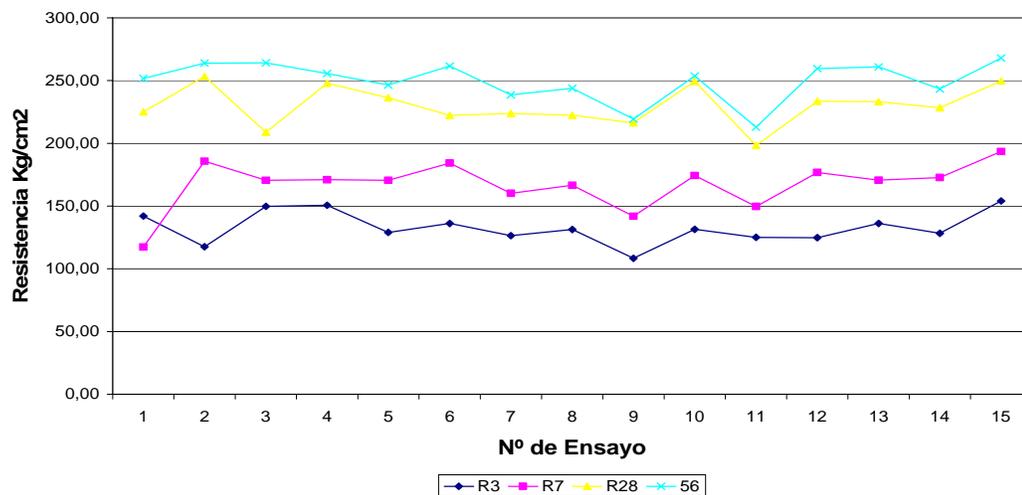
4.3.1 Mezcla patrón (MP)

4.3.1.1. Mezcla MP180

En la tabla 4.91 se presenta la resistencia promedio (\bar{X}), y la desviación estándar de las 15 mezclas tipo MP180 kg/cm² a las edades de 3, 7, 28, y 56 días.

Tabla 4.91.

MEZCLA	F'c = 180			
	3	7	28	56
1	142,01	117,35	225,06	251,72
2	117,60	185,80	253,31	263,92
3	149,74	170,49	208,83	264,09
4	150,58	170,95	247,97	255,67
5	128,97	170,53	236,35	246,43
6	136,12	184,25	222,19	261,57
7	126,47	160,22	223,79	238,61
8	131,28	166,62	222,30	243,83
9	108,40	141,89	216,31	219,30
10	131,39	174,30	249,39	253,63
11	125,01	149,63	198,25	212,84
12	124,81	176,84	233,58	259,55
13	136,15	170,65	233,22	260,91
14	128,22	172,71	228,38	243,21
15	154,01	193,50	249,64	267,99
PROMEDIO	132,72	167,05	229,90	249,55
DESVIACION	12,51	18,96	15,86	16,16



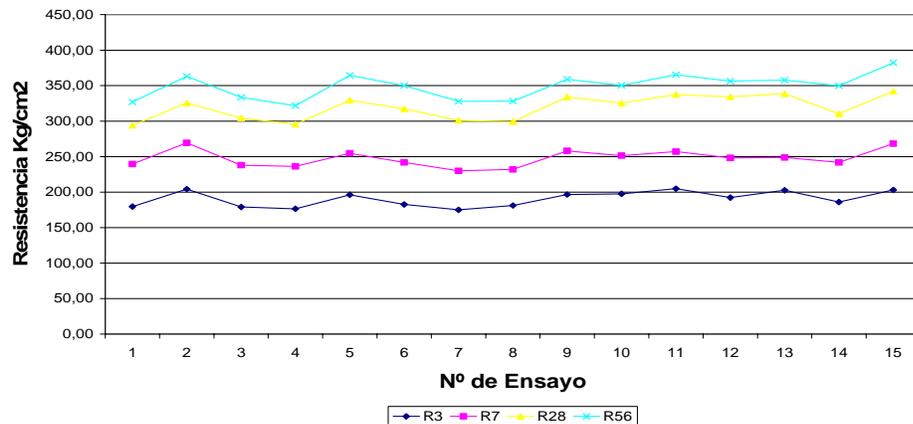
Grafica 4.1. Resistencia Vs Nº de Ensayos (MP 180 kg/cm²)

4.3.1.2. Mezcla MP210

En la tabla 4.92 se presenta la resistencia promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (σ), de las 15 mezclas tipo MP210 kg/cm², a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Tabla 4.92

MEZCLA	F'c = 210			
	3	7	28	56
1	179,61	239,64	293,92	326,87
2	204,22	269,35	325,63	363,03
3	179,12	237,93	304,27	333,57
4	176,53	236,30	295,42	321,64
5	196,25	254,62	329,55	364,43
6	182,56	241,91	317,17	350,20
7	174,96	229,92	301,12	327,80
8	181,15	232,02	299,12	328,22
9	196,69	258,10	333,94	359,02
10	197,61	251,30	325,49	350,38
11	204,83	257,07	337,32	365,32
12	192,37	248,26	334,25	356,39
13	202,64	248,71	338,58	357,63
14	185,94	241,81	310,37	349,77
15	203,08	268,26	342,07	382,14
PROMEDIO	190,50	247,68	319,21	349,09
DESVIACION	10,96	12,16	17,11	17,71



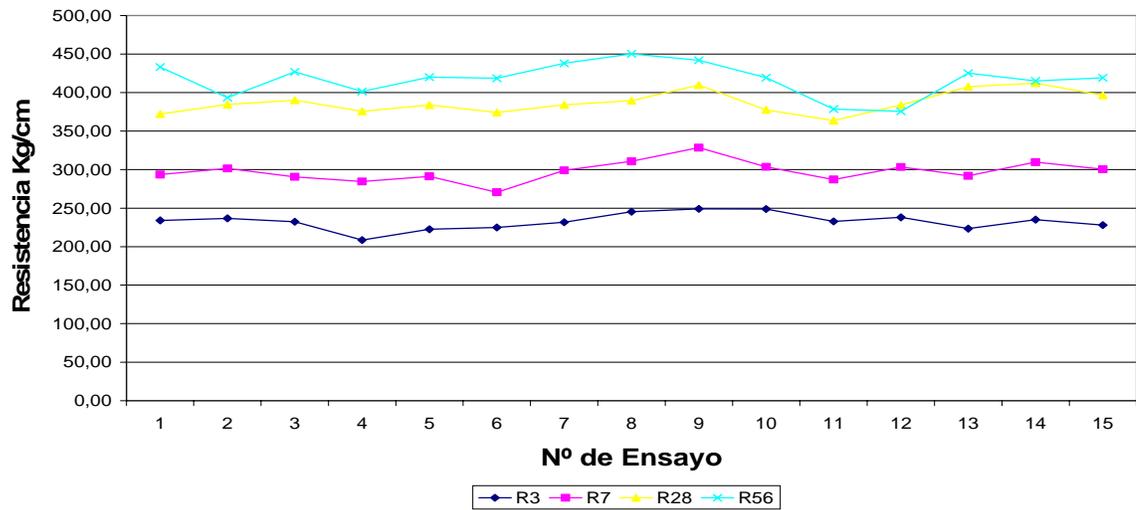
Grafica 4.2. Resistencia Vs N° de Ensayos (MP 210 kg/cm²)

4.3.1.3. Mezcla MP250

En la tabla 4.93 se presenta la resistencia promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (σ), de las 15 mezclas tipo MP250 kg/cm², a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Tabla 4.93

MEZCLA	F'c = 250 (PATRON)			
	3	7	28	56
1	233,97	293,64	372,16	433,04
2	236,70	301,44	384,45	393,50
3	232,32	290,66	390,05	426,80
4	208,59	284,58	375,62	401,35
5	222,48	291,35	383,81	419,91
6	224,82	270,61	374,18	418,57
7	231,77	299,01	384,02	437,97
8	245,39	310,70	389,43	450,29
9	248,97	328,55	409,65	442,00
10	248,88	303,53	377,49	419,37
11	232,77	287,14	363,56	378,68
12	238,04	303,32	383,83	375,78
13	223,38	291,99	407,66	425,16
14	234,99	309,65	412,23	415,20
15	227,99	300,38	396,58	419,20
PROMEDIO	232,74	297,77	386,98	417,12
DESVIACION	10,68	13,39	14,33	21,68



Grafica 4.3. Resistencia Vs N° de Ensayos (MP 250 kg/cm²)

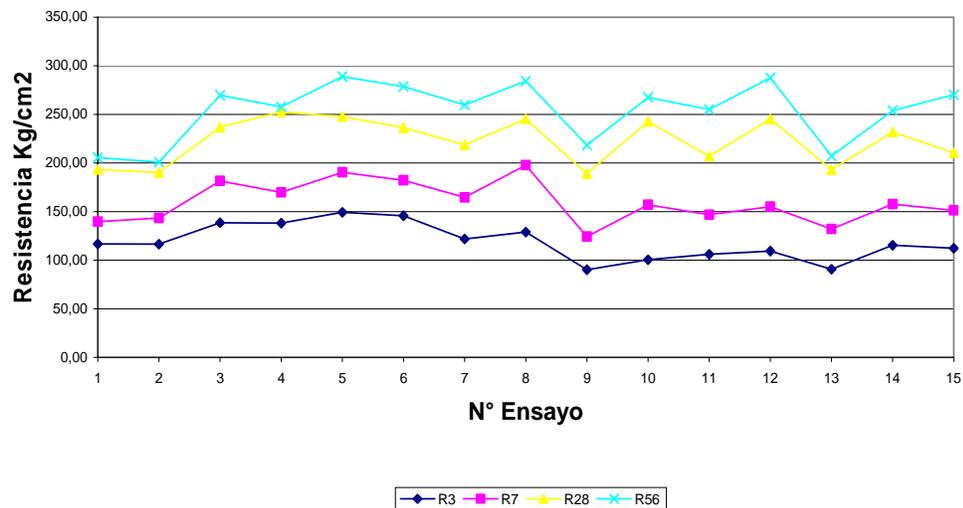
4.3.2 Mezcla con escoria (ME)

4.3.2.1 Mezcla ME180

En la tabla 4.94 se presenta la resistencia promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (σ), de las 15 mezclas tipo ME180 kg/cm², a las edades de 3, 7, 28 y 56 días.

Tabla 4.94.

MEZCLA	F'c = 180 ESCORIA			
	3	7	28	56
1	116,78	139,68	193,37	205,64
2	116,53	143,52	190,26	200,99
3	138,50	181,62	236,89	269,72
4	138,17	169,67	252,59	257,73
5	149,30	190,43	247,80	288,92
6	145,66	182,30	236,41	278,76
7	121,81	164,69	218,82	259,85
8	129,09	197,87	245,37	284,38
9	90,12	124,25	189,18	218,24
10	100,43	157,17	242,76	267,50
11	106,04	146,82	207,00	255,07
12	109,48	155,17	245,39	287,55
13	90,74	132,06	193,11	207,20
14	115,36	157,84	231,83	254,05
15	112,26	151,22	210,47	270,31
PROMEDIO	118,68	159,62	222,75	253,73
DESVIACION	18,50	21,49	23,53	30,76



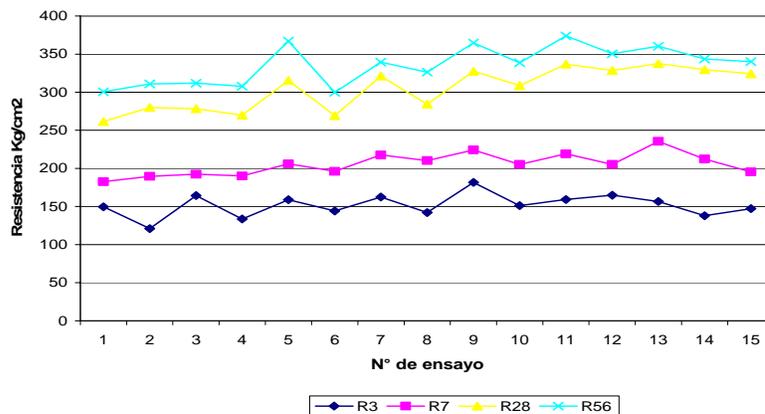
Grafica IV. 4. Resistencia Vs N° de Ensayos (ME 180 kg/cm²)

4.3.2.2. Mezcla ME210

En la tabla 4-95 se presenta la resistencia promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (σ), de las 15 mezclas tipo ME210 kg/cm², a las edades de 3, 7, 28 y 56 días

Tabla 4.95.

F c = 210 ESCORIA				
MEZCLA	F c = 210 ESCORIA			
	3	7	28	56
1	149,58	182,53	261,53	300,50
2	121,04	189,64	279,96	310,89
3	164,32	192,44	278,18	311,87
4	133,67	190,00	269,90	307,75
5	158,86	206,02	315,57	366,98
6	144,07	196,10	269,08	299,83
7	162,35	217,66	321,13	339,31
8	142,11	210,20	284,46	326,,22
9	181,70	224,23	327,38	364,57
10	151,31	205,29	308,79	338,73
11	159,22	219,08	336,69	373,90
12	164,74	205,29	328,63	350,36
13	156,67	235,42	337,42	360,27
14	137,97	212,26	329,61	343,57
15	147,20	195,49	324,25	340,01
PROMEDIO	151,65	205,44	304,84	336,32
DESVIACION	14,89	14,70	27,59	25,84

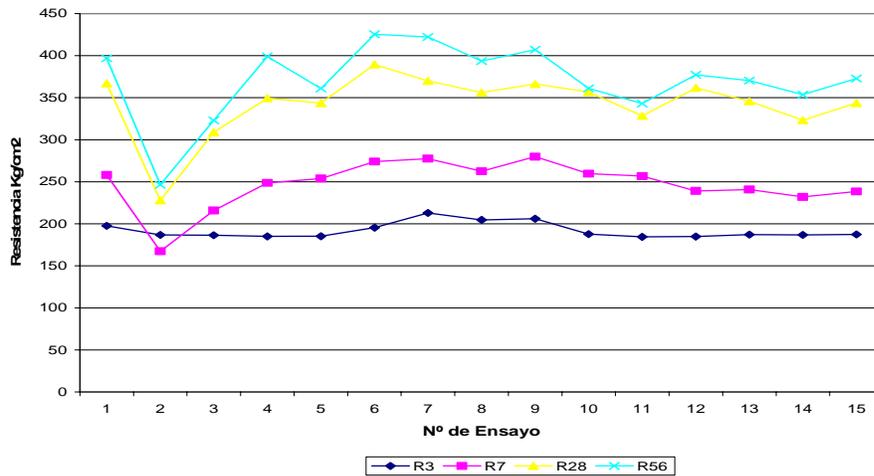
Grafica 4.5. Resistencia Vs Nº de Ensayos (ME 210 kg/cm²)

4.3.2.3. Mezcla ME250

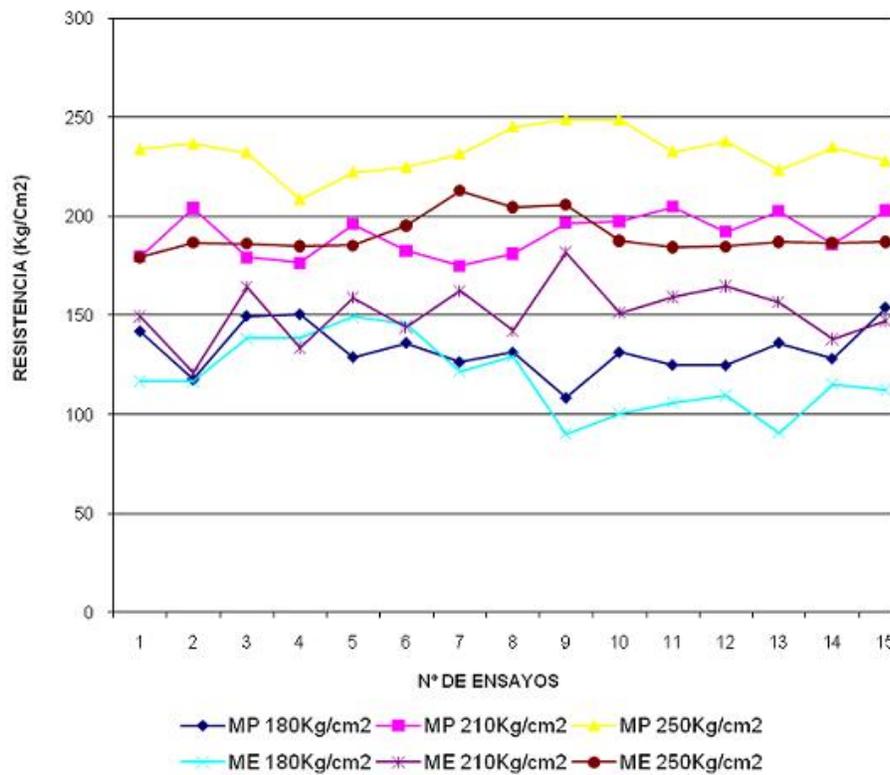
En la tabla 4.96 se presenta la resistencia promedio (\bar{X}) y la desviación estándar (σ), de las 15 mezclas tipo ME250 kg/cm², a las edades de 3, 7, 28 y 56 días

Tabla 4.96.

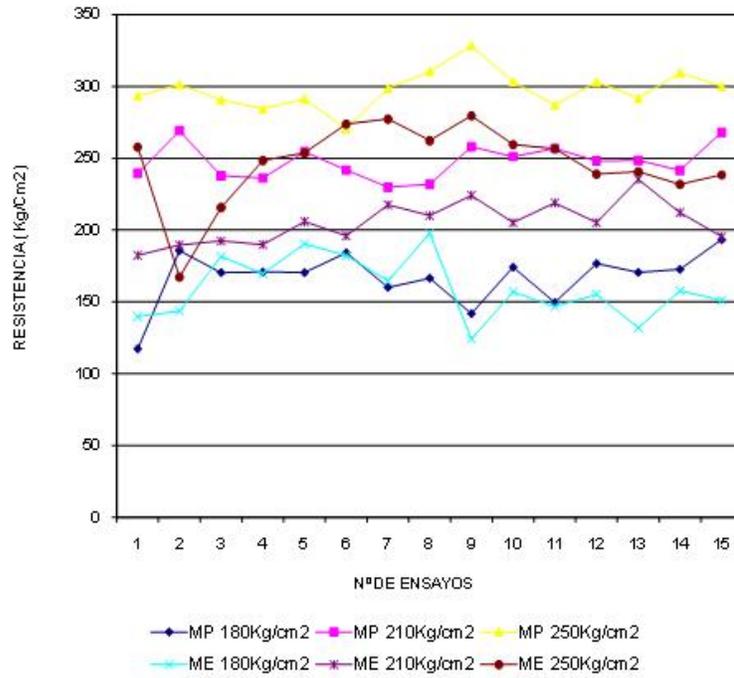
MEZCLA	F'c = 250 ESCORIA			
	3	7	28	56
1	197,52	257,99	366,98	396,84
2	186,84	267,91	363,42	393,22
3	186,33	215,82	308,75	322,95
4	185,05	248,55	349,23	398,80
5	185,30	253,91	343,57	360,89
6	195,50	274,01	389,51	425,39
7	212,84	277,45	369,81	422,06
8	204,70	262,42	355,97	393,49
9	205,89	279,68	366,15	407,01
10	187,75	259,58	356,63	360,96
11	184,44	256,70	328,28	342,91
12	184,83	239,04	361,63	377,14
13	187,17	240,67	345,68	370,27
14	186,78	231,92	323,20	353,47
15	187,26	238,52	343,48	372,77
PROMEDIO	191,88	246,91	342,45	379,88
DESVIACION	9,19	28,17	37,58	44,69



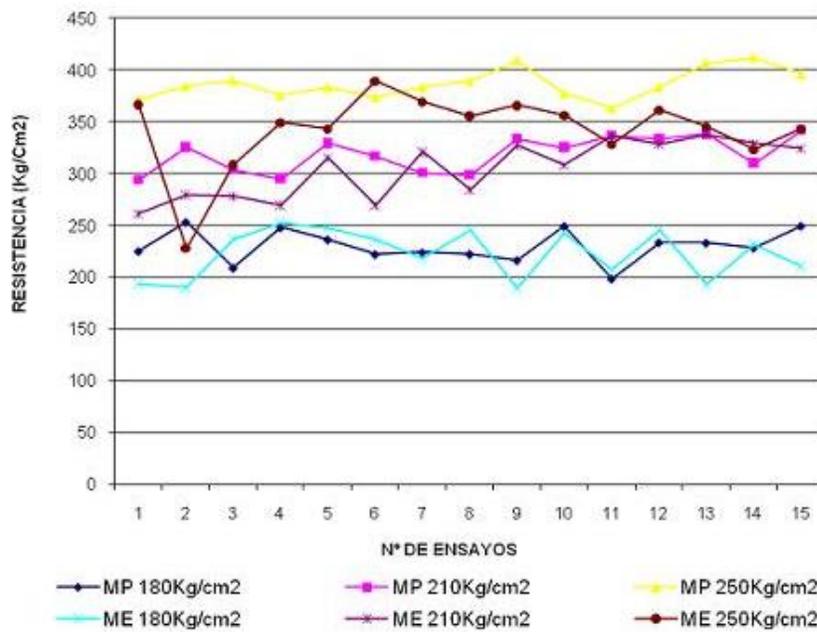
Grafica IV. 6. Resistencia Vs Nº de Ensayos (ME 250 kg/cm²)



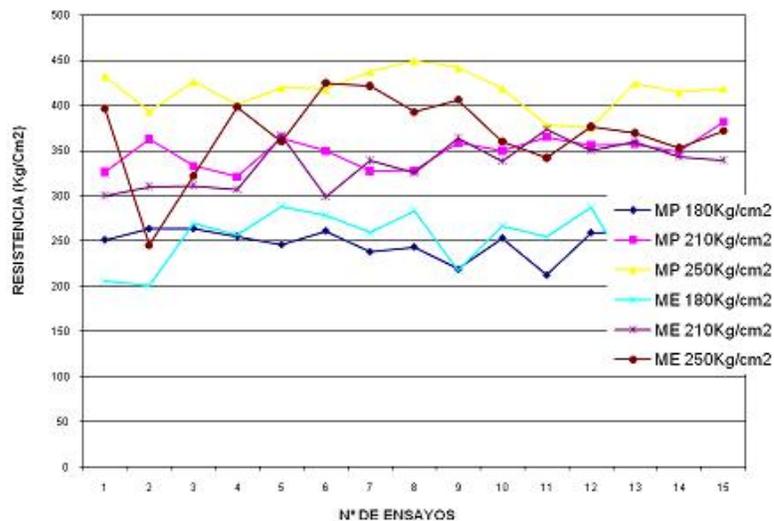
Grafica 4.7. Resistencia Vs Nº de Ensayos MP 180, 210 y 250 (kg/cm²) a los 3 días



Grafica 4.8. Resistencia Vs Nº de Ensayos MP 180, 210 y 250 (kg/cm²) a los 7 días



Grafica 4.9. Resistencia Vs Nº de Ensayos MP 180, 210 y 250 (kg/cm²) a los 28 días



Grafica 4.10. Resistencia Vs N° de Ensayos MP 180, 210 y 250 (kg/cm²) a los 28 días

Tabla 4.97 Mezcla Patrón 180 Kg/m³

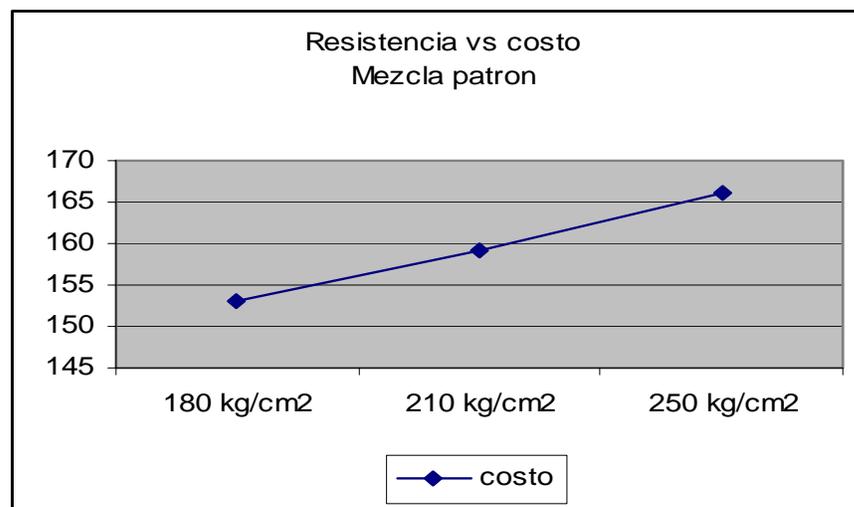
MEZCLA 180 Kg/Cm ³	DOSIFICACION	COSTO MATERIAL (BsF)
ARENA	871 kg	22.7
AGUA	210 lt	3.15
CEMENTO III	288 kg	90.96
PIEDRA ¾	928 kg	36.21
	COSTO TOTAL(BsF)	153.02

Tabla 4.98 Mezcla Patrón 210 Kg/Cm

MEZCLA 210 Kg/Cm ³	DOSIFICACION	COSTO MATERIAL (BsF)
ARENA	863 kg	22.5
AGUA	210 lt	3.15
CEMENTO III	309 kg	97.6
PIEDRA ¾	918 kg	35.8
	COSTO TOTAL(BsF)	159.05

Tabla 4.99 Mezcla Patrón 250 Kg/Cm

MEZCLA 250 Kg/Cm ³	DOSIFICACION	COSTO MATERIAL (BsF)
ARENA	853 kg	22.23
AGUA	210 lt	3.15
CEMENTO III	333 kg	105.17
PIEDRA ¾	908 kg	35.43
	COSTO TOTAL(BsF)	165.98



Grafica 4.11

Tabla Mezcla 4.100 Con Escoria 180 Kg/m³

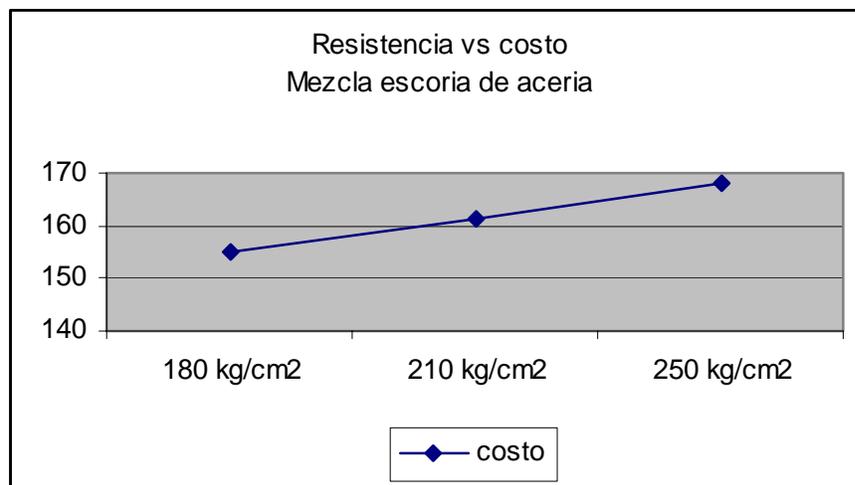
MEZCLA 180 Kg/Cm ³	DOSIFICACION	COSTO MATERIAL (BsF)
ARENA	871 kg	22.7
AGUA	210 lt	3.15
CEMENTO III	288 kg	90.96
PIEDRA ¾	1291 kg	38.23
	COSTO TOTAL(BsF)	155.04

Tabla 4.101 Mezcla Con Escoria 210 Kg/m³

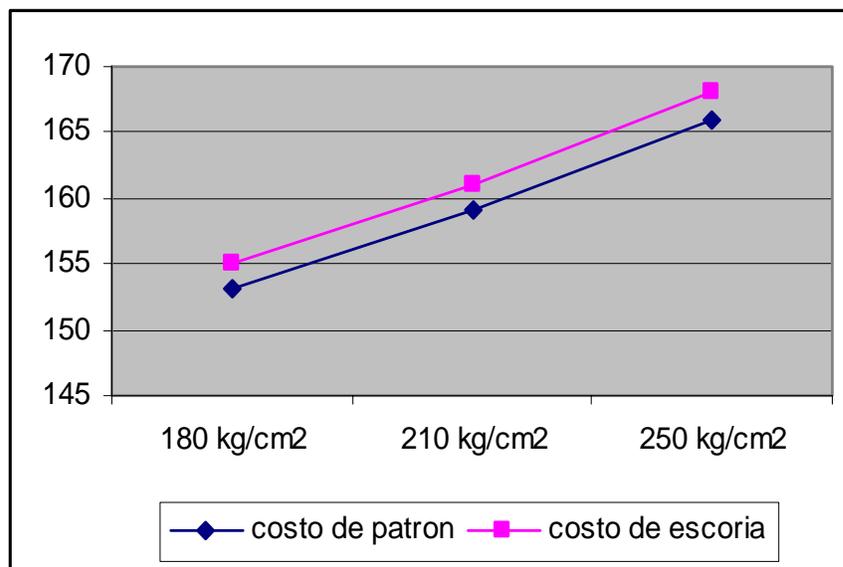
MEZCLA 210 Kg/Cm ³	DOSIFICACION	COSTO MATERIAL (BsF)
ARENA	863 kg	22.49
AGUA	210 lt	3.15
CEMENTO III	309 kg	97.6
PIEDRA ¾	1278 kg	37.85
	COSTO TOTAL(BsF)	161.09

Tabla 4.102 Mezcla Con Escoria 250 Kg/m³

MEZCLA 210 Kg/Cm ³	DOSIFICACION	COSTO MATERIAL (BsF)
ARENA	853 kg	22.23
AGUA	210 lt	3.15
CEMENTO III	333 kg	105.17
PIEDRA ¾	1270 kg	37.61
	COSTO TOTAL(BsF)	168.16



Grafica 4.12



Grafica IV.13 de resumen de costo MP vs. ME

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

En la mezcla de concreto convencional (Arena, Piedra Picada, cemento y agua), el agregado grueso representa uno de los componentes más costosos y de mayor dificultad a la hora de su escogencia, especialmente por la escasez de canteras adecuadas originando altos costos en el producto final, por esta razón surge la inquietud de encontrar un nuevo elemento que se adapte a las especificaciones de las normas Venezolanas COVENIN 1753-87 y que a su vez disminuyan el costo de la mezcla de concreto, sin que esto minorase la calidad.

En base a los resultados obtenidos en el diseño de mezcla con escoria de acería, cumplen con los mismo lineamiento que la mezcla patrón a nivel de resistencia de diseño según la norma venezolana COVENIN 1976-93, por ejemplo en nuestra investigación se muestra diseños de mezclas de resistencias $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, la cual tomamos los promedio de los resultados obtenido de dicha resistencia , para la mezcla con escoria nos dio y la mezcla patrón

La densidad del concreto normalmente se encuentra entre 2,30 a 2,35 (grs./ cm^3), la cual en el proyecto de nuestra investigación nos arrojó una densidad de 2,53 grs/ cm^3 para la mezcla con escoria de acería y 2,32 grs/ cm^3 de la mezcla patrón estas densidades se tomaron por promedio de los diseños de mezclas de resistencias $f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$. Con estos resultados se demuestra que los concretos con escoria de acería posee mayor densidad; cuya ventaja puede ser usado en obras donde uno de los requerimientos de diseño sea la obtención de una densidad moderada, tal como es el caso de la construcción de búnker, obras hidráulicas, revestimiento de tubería etc.

Por otro lado, tenemos la trabajabilidad de diseño de mezcla con escoria de acería, posee la mismas propiedades de la mezcla patrón, considerando esta un punto a favor como sustituto de la piedra picada, no sufrió segregación; por lo menos no a 5– 6 pulgadas de asentamiento.

El plan de evaluación en cada actividad para la estrategia de la ejecución del Edificio para estacionamiento, se cumplió en un 100% pues la obra es de gran envergadura y se ejecutan diferentes actividades al mismo tiempo, lo cual garantizo mejor desempeño en los trabajos.

RECOMENDACIONES

Continuar este estudio, pero utilizando la microsíllice en el diseño de mezcla de concreto con escoria de acería; como agregado grueso para reducir el consumo de cemento y aumentar su impermeabilidad.

Conviene que se investigue la utilización de aditivos plastificantes y súper plasti en la mezcla de concreto con escoria de acería, como agregado grueso, para reducir el consumo de cemento y aumentar la trabajabilidad.

Estudiar la incidencia del factor transporte, debido al traslado de la escoria de acería desde PUERTO ORDAZ EDO. BOLIVAR hasta BARCELONA EDO. ANZOATEGUI.

Se recomienda hacer un estudio con un porcentaje de polvillo de escoria de acería; con agregado grueso para mejorar la granulometría.

Se aconseja que el material escoria de acería este lo más limpio de impureza para que la resistencia sea mucho mejor que los resultados arrojado en esta investigación.

Se sugiere realizar un estudio detallado de la reactividad de la escoria de acería.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ACI 211.1- 91. **“Métodos para el Diseño de Mezcla de Concreto”**. American Concrete Institute.

[2] ACI 214- 77. **“Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete”**. American Concrete Institute.

[3] COVENIN 339- 1994. **“Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams”**. Primera Revisión. Norma venezolana.

[4] COVENIN 338- 1994. **“Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto”**. Primera Revisión. Norma venezolana.

[5] COVENIN 344- 92. **“Concreto Fresco. Toma de Muestra”**. Primera Revisión. Norma venezolana.

[6] COVENIN 354- 79. **“Método para Mezclado de Concreto en el Laboratorio”**. Norma venezolana.

[7] COVENIN 352- 79. **“Método de Ensayo para Determinar el Tiempo de Fraguado de Mezclas de Concreto por Resistencia a la Penetración”**. Norma venezolana..

[8] COVENIN 269- 78. **“Método de Ensayo para Determinar el Peso Específico y la Absorción del Agregado Grueso”**. Norma venezolana.

[9] COVENIN 268- 78. **“Método de Ensayo para Determinar el Peso Específico y la Absorción del Agregado Fino”**. Norma venezolana..

[10] COVENIN 255- 77. **“Método de Ensayo para Determinar la Composición Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos”**. Norma venezolana..

[11] COVENIN 1976- 1999. **“Concreto. Evaluación y Métodos de ensayo”**. Segunda Revisión. Norma venezolana.

[12] Morales, M. y Rojas, F. (2000). **“Comparación técnica de la Mezcla de concreto tradicional y la Mezcla de concreto con desecho siderúrgico para obras de servicio en la ciudad de Puerto Ordaz, Estado Bolívar”**. Tesis de Grado. Escuela de ingeniería y Ciencias Aplicadas. Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. Sede Barcelona, Estado Anzoátegui”.

[13] Fernández, F. y Prado, M. (2003). **“Diseño de Mezcla de Concreto para Estructuras Expuestas a Ambientes Agresivos”** .Tesis de Grado. Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Oriente. Barcelona, Venezuela..

[14] Contreras E, M. y Figueroa, J. (2003) **“Análisis de Factibilidad en la mezcla de concreto empleando la escoria de acería como Agregado grueso y Fino, Considerando factores Técnicos y Económicos”**. Tesis de Grado. Escuela de Ciencias de la tierra. Departamento de Ingeniería civil. Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela.

[15] Geymayr, G. (1985). **“Todo para lo Esencial del Concreto en su Bolsillo”**. Cortesía de INTESIKA C.A. Segunda Edición. Valencia- Venezuela.

[16] Kosmatka, S. y Panarese, W. (1992). “**Diseño y Control de Mezclas de Concreto**”. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

[17] Merritt, F. (1992). “**Manual del Ingeniero Civil**”. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill, México.

[18] Nawy, E. (1995). “**Concreto Reforzado**”. Primera Edición. Editorial McGraw-Hill, New York.

[19] Neville, A. (1999). “**Tecnología del Concreto**”. Primera Edición. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. México.

[20] Porrero, J., Salas, R., Ramos, C., Grases, J. y Velazco, G. (1996). “**Manual del Concreto**”. Editorial Sidetur, Caracas.

[21] Salazar, R. y Salas, R. (1975) “**Control de Calidad del Concreto**”. Manual A.V. P. C. Caracas- Venezuela.

[22] Winter, G. y Neville, A. (1995). “**Estadísticas para Ciencias e Ingeniería**”. Editorial Harla S.A de C.V. España.

METADATO

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	DISEÑO DE MEZCLA, UTILIZANDO LA ESCORIA DE ACERIA COMO AGREGADO GRUESO.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
FERNANDEZ ORTEGA JUAN BAUTISTA	CVLAC: 16.283.271 E MAIL:
BASTARDO HERRERA GUSTABO ENRIQUE	CVLAC: 12.978.497 E MAIL: gustaboebh@hotmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

ESCORIA

ACERIA

AGREGADO GRUESO

MEZCLA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	INGENIERIA CIVIL

RESUMEN (ABSTRACT):

Con el objeto de evaluar el comportamiento de la escoria de acería cuando se le utiliza como agregado grueso en la preparación de mezclas de concreto, se diseñaron 3 mezclas de concreto tradicional, utilizando arena y piedra picada para las resistencias de mayor uso en la construcción, como son $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y un asentamiento de 5 pulgadas, a las cuales se les identificaron como mezclas Patrón. Luego a cada una de estas mezclas se le reemplazo la piedra picada por escoria de acería, manteniendo la trabajabilidad de diseño en 5 pulgadas. Con cada uno de estos diseños se preparó en el laboratorio mezclas de concreto fresco a las cuales se les evaluó la trabajabilidad y tiempo de fraguado en estado fresco y resistencias a la compresión en estado endurecido a las edades de 3, 7, 28 y 56 días. Se realizaran estudios, tanto técnico como económico entre la mezcla de concreto tradicional y la mezcla de concreto con escoria siderúrgica; sobre la base de comparaciones que permitan determinar la factibilidad técnica y resultados de costos de esta última, en obras de servicios (donde se requiera un concreto de baja o mediana resistencia), considerándose que la escoria de acería representa una buena alternativa como agregado grueso.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
PROF.: JOSE SOSA	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input checked="" type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
PROF.: BLAS PINTO	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
PROF.: LUIS GONZÁLEZ	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
2009	04	20

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. DISEÑO DE MEZCLA, UTILIZANDO LA ESCORIA DE ACERIA COMO AGREGADO GRUESO.DOC	Aplication/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:

INGENIERIA CIVIL

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PRE - GRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE – NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRAN SER UTILIZADOS A OTRO FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NUCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARA AL CONSEJO UNIVERSITARIO”. Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. la idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en este trabajo, salvaguardando el mismo tiene los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios de los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de de patentes comerciales o industriales.

Juan B. Fernández O
AUTOR

Gustavo E. Bastardo H
AUTOR

JOSE SOSA
ASESOR

BLAS PINTO
JURADO

LUIS GONZÁLEZ
JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS