



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

TÍTULO:

**OBTENCIÓN DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE EL USO
DE SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, PARA SU APLICACIÓN EN
ELEMENTOS ESTRUCTURALES HASTA ALCANZAR UNA RESISTENCIA A
LA COMPRESIÓN DE 50 Mpa**

Autor: ALEX ROMARIO SALAZAR CHÁVEZ

Director: ING. ALEXIS MARTÍNEZ

Riobamba – Ecuador

2016

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: OBTENCIÓN DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA MEDIANTE EL USO DE SUPERPLASTIFICANTES EN LA MEZCLA, PARA SU APLICACIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES HASTA ALCANZAR UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 50Mpa, presentado por: Alex Romario Salazar Chávez y dirigida por: Ing. Alexis Martínez.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:



Presidente del Tribunal



Firma



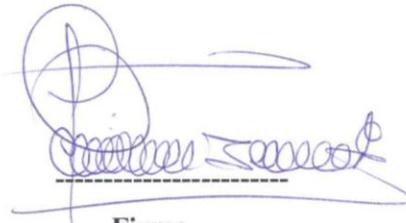
Director del Proyecto



Firma



Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Alex Romario Salazar Chávez y al Ing. Alexis Martínez; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



ALEX ROMARIO SALAZAR CHAVEZ

CI: 060294186-6

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por brindarme su apoyo para la realización de esta investigación, de igual manera al Laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo.

DEDICATORIA

Con todo mi corazón dedico esta investigación a mis padres, hermanos y amigos, por todo el apoyo incondicional y ejemplo.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO:	i
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	4
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.1 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	4
1.1.1 GRANULOMETRÍA.....	4
1.1.2. DENSIDAD REAL (PESO ESPECÍFICO).....	6
1.1.3. DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPACTADA	6
1.1.4. DENSIDAD ÓPTIMA	7
1.1.5. CAPACIDAD DE ABSORSIÓN	7
1.1.6. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	8
1.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CEMENTO	8
1.2.1. DENSIDAD	8
1.3. ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS A EDADES DE 7, 14, 21, Y 28 DÍAS.	8
1.4. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	8
1.5. TIPOS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	10
1.5.1. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA FINAL.....	10
1.5.2. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL.....	10
1.6. VARIABLES BÁSICAS QUE INTERVIENEN EN LAS MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.....	10
1.7. CEMENTO.....	11
1.8. AGREGADOS	11
1.9. RELACIÓN AGUA/CEMENTO.....	12
1.10. ADICIONES.....	12
1.11. ADITIVOS.....	13

1.12.	TIPOS DE ADITIVOS QUE INCIDEN DIRECTAMENTE EN EL DESARROLLO TEMPRANO DE RESISTENCIAS EN EL CONCRETO.	13
1.13.	CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN REUNIR LOS MATERIALES....	15
1.14.	PROPORCIONES DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	19
1.15.	PROPORCIONES DE AGREGADOS	19
1.16.	RELACIÓN AGUA/ CEMENTO (A/C).....	21
1.17.	PROPORCIONES DE ADITIVOS	21
1.18.	PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	22
1.19.	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.	23
1.20.	MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CAR	24
1.21.	RELACIÓN DE POISSON	25
1.22.	NORMAS PARA HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA	26
1.22.1.	NORMAS DE LOS MATERIALES.....	27
1.22.2.	NORMAS DE MUESTRAS Y CURADO.	27
1.22.3.	NORMAS PARA ESTABLECER LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	27
CAPÍTULO II	29
2.	METODOLOGÍA	29
2.1.	TIPO DE ESTUDIO.....	29
2.2.	POBLACIÓN – MUESTRA	29
2.2.1.	Población.....	29
2.2.2.	Muestra.....	29
2.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30
2.4.	PROCEDIMIENTOS	31
2.4.1.	Ensayos de agregados	31
2.4.2.	Diseño del hormigón.....	32
2.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	32
2.5.1.	Ensayos de agregados	32
2.5.2.	Diseño del hormigón.....	32
CAPÍTULO III	34
3.	RESULTADOS.....	34
3.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	34
3.1.1.	AGREGADO FINO	34

3.1.2. AGREGADO GRUESO	35
3.2. MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.....	37
3.3. DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.	37
3.4. DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO.....	38
3.5. CANTIDAD EVAPORABLE TOTAL DE HUMEDAD DEL AGREGADO MEDIANTE SECADO.....	40
3.6. DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO	40
3.7. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN	40
3.7.1. DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.....	41
3.8. ASENTAMIENTO.....	41
3.9. RESISTENCIAS OBTENIDAS.....	42
3.9.1. RESISTENCIAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	42
3.10. MÓDULO DE ELASTICIDAD	42
3.11. RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA vs. CONCRETO NORMAL.....	43
CAPÍTULO IV	44
4. DISCUSIÓN	44
CAPÍTULO V	46
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
5.1. CONCLUSIONES	46
5.1. RECOMENDACIONES	47
CAPÍTULO VI	48
6. PROPUESTA.....	48
6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	48
6.1. INTRODUCCIÓN.....	48
6.2. OBJETIVOS.....	49
6.2.1. Objetivo General	49
6.2.2. Objetivos Específicos.....	49
6.3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA.....	49
6.3.1. Cemento	49

6.3.2.	Agregados	50
6.3.3.	Agua	50
6.3.4.	Aditivos	50
6.3.5.	Concreto de Alta Resistencia	51
6.3.6.	Propiedades del hormigón.....	51
6.4.	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	51
6.5.	DISEÑO ORGANIZACIONAL	53
6.6.	MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	53
CAPÍTULO VII	54
7.	BIBLIOGRAFÍA	54
CAPÍTULO VIII	56
8.	APÉNDICES Y ANEXOS.....	56
8.1.	CÁLCULOS DE ENSAYOS DE MATERIALES	56
8.1.1.	MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ DE 75 μm (N° 200) EN EL AGREGADO FINO	56
8.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO Y GRUESO.	57
8.3.	MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS. (Resumen).	61
8.3.1.	MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS (Cálculos-Agregado Grueso)	62
8.3.2.	DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO.	65
8.3.3.	DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO. 68	
8.4.	CANTIDAD EVAPORABLE TOTAL DE HUMEDAD DEL AGREGADO MEDIANTE SECADO.....	71
8.4.1.	Resumen (Humedad).....	72
8.5.	DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.	73
8.6.	DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN	74
8.6.1.	DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN).....	75
8.6.2.	DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (DOSIFICACIÓN ÓPTIMA).....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables que intervienen en la mezcla de un concreto de alta resistencia.	10
Tabla 2. Tipos de aditivos según la norma ASTM C494.	13
Tabla 3. Volumen de agregado grueso en función del volumen del concreto	19
Tabla 4. Variables	29
Tabla 5. Pesos para granulometría del agregado fino	33
Tabla 6. Módulo de finura del agregado fino	34
Tabla 7. Pesos para granulometría del agregado grueso.	34
Tabla 8. Módulo de finura del agregado grueso	35
Tabla 9. Pesos para determinar el MUS Y MUC del agregado grueso y fino.	36
Tabla 10. Datos para determinar densidades del agregado grueso.	37
Tabla 11. Densidades del agregado grueso.	37
Tabla 12. Datos para determinar densidades del agregado fino.	38
Tabla 13. Densidades del agregado fino.	38
Tabla 14. Humedad de los agregados	39
Tabla 15. Peso específico y masa unitaria del cemento	39
Tabla 16. Dosificación del concreto de alta resistencia, en kg/m^3	40
Tabla 17. Dosificación del concreto de alta resistencia, por sacos de cemento.	40
Tabla 18. Asentamiento del concreto de alta resistencia.	40
Tabla 19. Resistencia del concreto de alta resistencia.	41
Tabla 20. Módulo de elasticidad del concreto normal y de alta resistencia.	41
Tabla 21. Costo-beneficio del Concreto Normal vs. Concreto de Alta Resistencia	42
Tabla 22. Propiedades de los materiales del concreto de alta resistencia	51
Tabla 23. Dosificación del concreto de alta resistencia	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica del agregado fino	34
Gráfico 2: Curva granulométrica del agregado grueso	35
Gráfico 3: Resistencia vs. Tiempo (concreto de alta resistencia)	41

RESUMEN

En la provincia de Chimborazo, actualmente se ha registrado un gran crecimiento en lo que se refiere a infraestructura de grandes proporciones, por tanto se ve la necesidad de reducir costos de construcción tomando como principal factor la reducción de secciones; modificando las características mecánicas del concreto, con el uso del Concreto de Alta Resistencia (CAR) considerándose un tipo particular de concreto de alto desempeño.

Para la determinación del hormigón de alta resistencia se procedió a realizar los respectivos ensayos para establecer las características mecánicas de los agregados de la cantera de Hormigones Moreno, en base a las Normas INEN, ASTM; de igual manera establecer el diseño del hormigón para alcanzar la resistencia deseada de 50Mpa.

Para obtener la resistencia a la compresión de 50 Mpa, se empleó el aditivo superplastificante ADITEC SF-106, con el uso de este aditivo se obtuvo muestras de cilindros del hormigón, los mismos que fueron ensayados según su edad, de acuerdo a las normas establecidas.

Según el diseño del hormigón y a los ensayos realizados, se obtiene las propiedades del Concreto de Alta Resistencia siendo: módulo de elasticidad, resistencia a la compresión y por tanto se podrá establecer la relación costo-beneficio, del Concreto de Alta Resistencia vs. el Concreto Normal.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE IDIOMAS



M.Sc. LUIS GUADALUPE

07 de Enero 2016

SUMMARY

At the Province of Chimborazo, at the moment there has been an increment of big proportion when we refer to the infrastructure, therefore there is a need to reduce the construction cost taking as the principal factor the reduction of sections, modifying the mechanical characteristics of the concrete, with the use of High Resistance Concrete (HRC) considering one particular type high performance concrete.

The process to determinate the high resistance concrete includes several essays, to specify the mechanical characteristics of the aggregates in the quarry "Hormigones Moreno" having the "INEN" norms as a base; and at the same time establish the concrete design to reach the wanted 50 MPa resistance.

The additive super plasticizer ADITEC SF-106 was employed to accomplish the 50 MPa compression resistance; the concrete cylinder samples were essayed according to the age and the established norms.

Along with the concrete design and the essays, the High Resistance Concrete obtained the following properties: modulus of elasticity, ductility rating and therefore, we may establish the cost/profit relation between the High Resistance Concrete vs the Normal Concrete.


CENTRO DE IDIOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE SISTEMAS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE MAQUINARIA
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE MINAS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE PETROLIO
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE TRAFICO AEREO
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS AUTOMOVILES
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS TERRESTRES
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS MARITIMOS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS ESPACIALES
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS AERONAUTICOS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS SUBMARINOS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS SUBTERRANEOS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS SUBACUATICOS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS SUBMARIOS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS SUBMARIOS
CARRERA INGENIERIA EN INGENIERIA DE VEHICULOS SUBMARIOS
COORDINACION

INTRODUCCIÓN

Cada día en el mundo de la construcción se exige la fabricación de elementos estructurales que sean capaces de salvar grandes luces, lo que obliga a utilizar elementos de grandes secciones para soportar las cargas actuantes, para lo cual al usar materiales y métodos tradicionales se eleva el presupuesto de la obra haciéndola económicamente no viable y arquitectónicamente poca atractiva, por lo que es necesario enfocarse en el desarrollo y uso de concretos de alta resistencia y de propiedades mecánicas óptimas, permitiendo de esta manera la reducción de secciones en elementos.

Para conseguir propiedades especiales del concreto (mejor trabajabilidad, mayor resistencia, baja densidad), se puede añadir otros componentes como aditivos químicos, micro-sílice, limallas de hierro.

La obtención y uso del concreto de alta resistencia (CAR) en la construcción de estructuras ofrece significativas mejoras en las propiedades estructurales, respecto a lo que permite el concreto convencional. Trabajar con hormigones de alta resistencia permite la reducción de las dimensiones de la sección de elementos estructurales, logrando ahorros significativos en carga muerta siendo posible que grandes claros resulten técnicos y económicamente posibles.

La presente investigación, busca obtener un concreto de alta resistencia mediante el uso de superplastificantes ADITEC SF-106, logrando alcanzar una resistencia de 50Mpa.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

La elaboración de hormigones de alta resistencia requiere de un análisis exhaustivo de los agregados que lo componen, así como también estudiar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, es parte fundamental para la investigación. Siendo:

1.1.1 GRANULOMETRÍA

Es una propiedad muy importante de los agregados, la cual se encarga de estudiar la distribución por tamaño de las partículas. Los agregados constituyen alrededor del 56 al 76 % en volumen de una mezcla típica de hormigón. (Nilson, 2001).

Está constituida por la parte fina (arena) y la parte gruesa (grava), esta propiedad influye notoriamente en el diseño de la mezcla de hormigón; el proporcionamiento de los agregados finos y gruesos, es importante debido al efecto que produce en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del hormigón.

El tamaño de las partículas del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre de aberturas cuadradas. Cuando las partículas de los agregados tienden a un solo tamaño predominante, el agregado se considerara como uniforme; en cambio si las partículas tienden a una variedad equilibrada de tamaños el agregado se denominara bien graduado. (Nilson, 2001).

1.1.1.1. *Análisis granulométrico*

Consiste en pasar las muestras de agregados por la serie de tamices ordenados por abertura, el material retenido por cada malla deberá ser pasado y tabulado para determinar la distribución de tamaños de los agregados. (INEN 696, 2011)

La norma en la que se basa para realizar el procedimiento de granulometría es: INEN 696, ASTM C136 y ASTM C33).

Se tiene diferentes tipos de granulometría:

- Bien graduada: El agregado presenta una distribución uniforme de mayor a menor, su gráfico es una línea continua.
- Mal graduada: No hay una continuidad entre el porcentaje de cada tamiz, es decir, la curva graficada presentara desviaciones.
- Uniforme: El agregado tiene partículas del mismo tamaño.
- Abierta o discontinua: Se produce cuando en ciertos tamices no se ha retenido material, la curva es discontinua.

La serie de tamices utilizados para el agregado grueso son: 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8; y para el agregado fino son: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100.

Después de realizar el ensayo se procede a calcular:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Masamaterial retenidoentamiz}}{\text{Masatotal de la muestra}} * 100$$
$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenidoacumulado}$$

En consecuencia hay factores que se derivan de un análisis granulométrico como:

- **Módulo de Finura (MF):** Es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2, desde el tamiz #100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido en 100. (Nilson, 2001).

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado}}{100}$$

Se considera que el MF de una arena adecuada para producir hormigón debe estar entre 2,3 y 3,1; donde un valor menor que 2 indica arena fina; 2,5 una arena de finura media y más de 3 arena gruesa.

- **Tamaño máximo nominal (TMN):** Es aquel porcentaje retenido acumulado da el 15% o más, la mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal.

1.1.2. DENSIDAD REAL (PESO ESPECÍFICO)

Permite conocer el volumen compacto para determinar la dosificación correcta del hormigón, es una propiedad física de los agregados y está definida por la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada; lo que significa que depende directamente de las características del grano del agregado. (Nilson, 2001).

Se trata de una de las propiedades físicas del agregado grueso y fino, que interviene directamente en el cálculo del diseño del concreto de alta resistencia, el estado que interesa es la densidad aparente; que se define como la relación que existe entre el peso del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluido todos los poros. Es la cantidad de agregado requerido para un volumen de hormigón.

Para la realización de esta investigación se considerara los parámetros de las siguientes normas: para el agregado grueso se utilizará la norma (INEN 857, 2010) y para el agregado fino la norma. (INEN 856, 2010).

1.1.3. DENSIDAD APARENTE SUELTA Y COMPACTADA

Es la relación entre la masa y el volumen macizo de las partículas más el volumen de poros y huecos.

Para realizar la investigación se empleará la norma. (INEN 858, 2010).

- a) Densidad Suelta: Es el peso del mismo necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario específico. (INEN 858, 2010).

$$DAS = \frac{M}{Va}$$

DAS : Densidad aparente suelta

M : Masa del agregado

Va : Volumen del agregado

- b) Densidad compactada

$$DAC = \frac{Mc}{Vr}$$

DAC : Densidad aparente compactada

Mc : Masa del agregado compactado

Vr : Volumen del recipiente

1.1.4. DENSIDAD ÓPTIMA

Permite determinar el porcentaje óptimo de los agregados que se necesita para la mezcla de hormigón, en la forma más compacta. El peso seco del agregado grueso por m³ de concreto puede calcularse con la siguiente fórmula:

Peso del agregado grueso = % Psag * P.U.C

1.1.5. CAPACIDAD DE ABSORSIÓN

Permite determinar la cantidad de agua que debe utilizarse en el diseño de la mezcla de hormigón, para esta investigación se utilizará las normas (INEN 856, 2010) e (INEN 857, 2010), y se calcula con la siguiente ecuación:

$$CA(\%) = \frac{(M_{sss} - M_{seca})}{M_{seca}} * 100$$

1.1.6. CONTENIDO DE HUMEDAD

Determina la cantidad de agua del material, el contenido de agua de la mezcla influye en la resistencia y otras propiedades del hormigón; es por ello que se debe controlar la cantidad de agua.

Para esta investigación se aplicará las normas (INEN 862, 2010) y ASTM C566.

1.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CEMENTO

1.2.1. DENSIDAD

Es la relación entre la masa y el volumen, se utiliza el método del picnómetro, en base a la norma. (INEN 156, 2009).

1.3. ENSAYOS A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS A EDADES DE 7, 14, 21, Y 28 DÍAS.

Es una medida de control de calidad que se establecerá a los 28 días de edad, se puede medir también la resistencia a la compresión en edades más tempranas que los 28 días, es decir a los 3 y 7 días con la finalidad de verificar el incremento de la resistencia a la compresión del hormigón. (ASTM C31 y ASTM C39, ACI 211, Investigaciones ver. pág. 26, 27).

1.4. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

En los años cincuenta, un concreto con resistencia a los esfuerzos de compresión de 350kg/cm² era considera de alta resistencia, hoy en día, este valor es considerado como normal. En la siguiente década, valores de los esfuerzos de compresión de 400 a 500 kg/cm², eran usados comercialmente en algunos sitios (principalmente en países

del primer mundo), y para los ochenta ya se producían concretos con valores que llegaban casi al doble. (Rivva, 2002).

El desarrollo del incremento de la resistencia del concreto ha sido gradual y las investigaciones que se efectúen encontrarán concretos con resistencias superiores. Como se ha mencionado anteriormente, los concretos de alta resistencia se han podido elaborar desde los años sesenta; sin embargo, en la actualidad solo se han podido comercializar intensamente en algunos lugares del mundo, como: Chicago-Montreal-Toronto, Seattle y, en forma más aislada, en otros países. En estos lugares, la integración de equipos de trabajo formados por diseñadores, constructores, empresas de concreto premezclado y laboratorios especializados ha permitido que se utilice más este material de gran comportamiento, alcanzando cada vez mayores valores en su resistencia. (Rivva, 2002).

Por esta razón, se ha incrementado progresivamente su uso en estructuras de edificios especialmente desplazando el uso del acero en muchos de los casos. El ACI define a un concreto de alta resistencia como aquel que alcanza una resistencia igual o superiores a los 50 MPa a los 28 días; estos concretos son considerados como de alto desempeño, sin embargo para cumplir esta condición deben poseer además otras características como son: una adecuada trabajabilidad y durabilidad. (Portugal, 2007)

Por otro lado, se buscará tener un concreto de alta resistencia para:

- Colocar el concreto en servicio a una edad mucha menor.
- Reducir la sección de elementos estructurales.
- Construir estructuras de grandes luces libres.
- Mejorar la durabilidad de elementos estructurales.
- Satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como: módulo de elasticidad y resistencia a flexión.

Concretos con resistencias de 140MPa, está siendo actualmente utilizado en edificios de gran altura en Estados Unidos y en Europa. La aplicación más común del concreto de alta resistencia ha sido en las columnas de edificaciones altas, donde el concreto normal o convencional, resultaría en secciones transversales inaceptablemente grandes, con la pérdida de espacio valioso de piso útil. Se ha demostrado que la utilización de mezclas de concreto de alto desempeño, aunque más costosas, no solamente aumenta el área de piso utilizable, sino que también resulta más económico que aumentar la cantidad de acero de refuerzo. (Rivva, 2002).

1.5. TIPOS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

1.5.1. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA FINAL

Cuando se necesita una resistencia a la compresión, medida en probetas cúbicas o cilíndricas normalizadas de acuerdo a NCh 1017 y NCh 1037, ensayadas a 28 días, superior a 500 kg/cm^2 . (Mix).

1.5.2. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL

Cuando se necesita una resistencia temprana mayor a la normal en edades inferiores a 28 días. (Mix).

1.6. VARIABLES BÁSICAS QUE INTERVIENEN EN LAS MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Una mezcla está formada por 5 componentes: cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones (Portugal, 2007). Las propiedades de un concreto de alta resistencia están dadas por las variaciones de tipo y cantidad de estos componentes, como:

Tabla 1. Variables que intervienen en la mezcla de un concreto de alta resistencia

MATERIAL	VARIABLES
Cemento	Tipo de cemento Propiedades especiales
Agregados	Normales, ligeros, pesados. Naturales, chancados. Gradación, forma, textura.
Agua	Límites de componentes dañinos al concreto
Adiciones	Microsílice, ceniza volante Pigmentos, fibras.
Aditivos	Plastificantes, superplastificantes, acelerantes, retardantes.

Fuente: Portugal Pablo, Tecnología del Concreto de Alto Desempeño.

1.7. CEMENTO

La elección del tipo de cemento Portland a usarse es muy importante para los concretos de alta resistencia, deben cumplir con las normas ASTM C150 o C595, por ser el cemento el componente más activo del concreto y teniendo en cuenta que las propiedades físicas y químicas del concreto dependen en gran medida de la cantidad y tipo de cemento elegido. (Portugal, 2007).

Composición para cementos tipo Portland

- Silicato tricálcico (C_3S), responsable de las resistencias iniciales elevadas.
- Silicato bicálcico (C_2S), responsable de las resistencias a largo plazo.
- Aluminato tricálcico (C_3A), gobierna las resistencias a corto plazo.
- Ferro aluminato tetracálcico (C_4AF), no aporta a las resistencias.

1.8. AGREGADOS

La correspondencia entre la resistencia del concreto, la calidad y tipo de agregado usado en su composición está dada por la adherencia que tiene la pasta con el

agregado más que por las características mecánicas del mismo. Diversos estudios muestran que para concretos de alta resistencia el tamaño máximo del agregado grueso debe mantenerse lo más pequeño posible. (Alaejos, 1994).

Otros análisis han establecido que el agregado de roca triturada arroja mayores resistencias que la grava de canto rodado, se supone que la razón para esto es la gran adherencia que se desarrolla entre la pasta y las partículas angulosas. Se recomienda entonces que el agregado para la producción de concreto de alta resistencia sea limpio, 100% triturado y con el mínimo de partículas planas y/o alargadas, además emplear en las mezclas de hormigón una arena de alta resistencia (de un módulo de finura mayor de 3,2); debido al gran contenido de finos de los materiales cementantes. (Alaejos, 1994).

1.9. RELACIÓN AGUA/CEMENTO

Las mezclas con menor relación agua/cemento obtienen mayor resistencia mecánica, pues dada una menor cantidad de agua la separación entre partículas será menor y habrá mayor enlace entre los componentes de las partículas de cemento, produciendo una mayor adherencia entre ellas. El concreto de alta resistencia necesita por lo general tener una baja relación A/C, dicha relación debe estar en el rango de 0,23 a 0,35; relaciones A/C tan bajas solo se pueden obtener con muy altas dosificaciones de aditivos reductores de agua de alto rango o superplastificantes. (Alaejos, 1994).

1.10. ADICIONES

Las mezclas de hormigón de alta resistencia tienen un alto contenido de materiales cementantes que incrementan el calor de hidratación y posiblemente produzcan una mayor contracción por secado, creando un mayor potencial de agrietamiento. La mayor parte de las mezclas contienen una o más adiciones como cenizas volantes, cenizas de alto horno molidas, microsílíce, materiales puzolánicos de origen natural. (Portugal, 2007).

1.11. ADITIVOS

Los aditivos son modificadores y mejoradores de las mezclas de concreto; son productos solubles en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores al 1% de la masa de cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del concreto en estado fresco. (Nilson, 2001).

La importancia de los aditivos es que entre otras acciones permiten la producción de concretos, con características diferentes a los habituales y han dado un creciente impulso a la construcción, los aditivos pueden clasificarse según las propiedades que modifican en el concreto fresco o endurecido.

En esta definición no abarca las fibras sintéticas o metálicas, los puzolanas y otros; en la actualidad los aditivos permiten la producción de concretos con características especiales o diferentes a los tradicionales; han dado un impulso a la construcción, dado el universo tan amplio de aditivos en el mercado, se limita a lo que verdaderamente es el aporte al desarrollo temprano de resistencia, tema de estudio.

1.12. TIPOS DE ADITIVOS QUE INCIDEN DIRECTAMENTE EN EL DESARROLLO TEMPRANO DE RESISTENCIAS EN EL CONCRETO.

Existe una gran variedad de aditivos químicos sin embargos los acelerantes, plastificantes y superplastificantes son los productos más utilizados en el concreto, para ayudarnos a desarrollar altas resistencias iniciales. Según la norma ASTM C-494, los aditivos plastificantes y superplastificantes han sido clasificados y combinados, con la acción de aditivos reductores y aceleradores de fraguado, detalle que se muestra a continuación:

Tabla 2. Tipos de aditivos según la norma ASTM C494

TIPOS DE ADITIVOS QUÍMICOS SEGÚN LA NORMA ASTM C494	
TIPO	CARACTERÍSTICAS
A	Actúan como reductores de agua
B	Actúan como retardadores del tiempo fraguado.
C	Actúan como acelerantes.
D	Actúan como reductores de agua y retardadores de fragua
E	Actúan como reductores de agua y acelerantes
F	Actúan como reductores de agua de alto rango
G	Actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

Fuente: Norma ASTM C-494

A diferencia de los plastificantes (tipos A, D, E), los superplastificantes tipos (F y G) pueden reducir por el contenido de agua de una mezcla hasta un orden del 40%, de acuerdo con el departamento de Sika, la elección del aditivo para una realización ideal estará influenciada por las propiedades físicas y químicas de las adiciones, estas pueden tener efectos en factores como la finura, el contenido en carbono, los álcalis y el C₃A. (Portugal, 2007).

Se recomienda pues comprobar su compatibilidad si se quiere hacer un cambio en los constituyentes. Los aditivos son regulares entre distintos lotes de entrega, pero si se cambia de proveedor o de tipo de aditivo del mismo fabricante eso tendrá un efecto significativo en la confección del concreto, por lo que deberá comprobarse antes de cualquier cambio.

En este caso, los aditivos pueden clasificarse inicialmente de la forma genérica:

a) Aditivos que mejoran la trabajabilidad (Función superplastificante): Dada una mezcla de concreto con una relación agua/cemento y cantidad de cemento determinados, el aditivo se utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar la característica del diseño, siempre que se hable de una correcta dosis y el tipo de aditivo apropiado, así en la prueba de cono de Abrahms el asentamiento puede ser incrementado de una manera considerable.

Según el código Europeo al hablar de concreto auto-compactante, aclara que el concreto prefabricado requiere de un tiempo de mantenimiento de consistencia menos que el concreto que deba ser transportado y aplicado en obra, la forma de actuar de los aditivos superplastificantes se encuadra dentro de los cuatro mecanismos mencionados a continuación: Adhesión del polímero sobre las superficies de las partículas.- Repulsión electrostática (dispersión).- Repulsión estérica.- Bloqueo de los sitios reactivos superficiales de las partículas del cemento por las moléculas de superfluidificante.

b) Aditivos que incrementan la resistencia (Función reductor de agua): Dada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para encontrar la cantidad de agua + aditivo que producirá el asentamiento deseado; según la dosis y tipo de aditivo, la reducción de agua puede llegar hasta el orden del 40%, con el incremento de resistencia dada la menor relación agua/cemento, esta función es empleada para producir concretos de alta resistencia. (Portugal, 2007).

1.13. CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN REUNIR LOS MATERIALES

Los materiales de calidad son necesitados y (ACI, 1991) las especificaciones requeridas para la producción, el concreto de alta resistencia ha sido producido usando un amplio rango de materiales de calidad, basando en resultados de prueba de mezclas. (Nilson, 2001).

Cemento: La elección del cemento portland para concreto de alta resistencia es extremadamente importante, es por eso que se le debe brindar la mayor atención antes y durante la construcción de la estructura respectiva, además dentro de un tipo de cemento de marcas diferentes, hay distintas características y debido a las variaciones en los compuestos y la fineza que son permitidos, es muy importantes que el cemento empleado tenga una elevada resistencia y uniformidad. (Nilson, 2001).

Agregado fino: Agregados con formas de las partículas redondas y la textura lisa se han encontrado para requerir menos agua en el mezclado de concreto, se acepta habitualmente que el agregado fino causa un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso. (Nilson, 2001).

Los primeros tienen una mayor superficie específica y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la proporción en que se incluyan estos.

La óptima graduación en el agregado fino para este concreto es determinada más por su efecto en requisito de agua que en su embalaje físico, un informe declaró que un poco de arena con un módulo de fineza debajo de 2,50 dio una consistencia pegajosa al concreto y lo hacen difícil de compactar. Arena con un módulo de finura de aproximadamente 3 dio una mejor trabajabilidad y mejor resistencia a compresión.

La granulometría del agregado fino tiene un rol importante, por ejemplo; un exceso en el pesante de los tamices N.- 50 y N.- 100; incrementara la trabajabilidad pero se hará necesario aumentar el contenido de pasta para cubrir la mayor superficie de estas partículas, además de generar el riesgo de tener que incluir más agua a la mezcla y deben evitarse mica y contaminantes de arcilla.

Agregado grueso: Muchos estudios han demostrado que para la fuerza de compresión óptima con el volumen de cemento alto y las proporciones de agua-cemento, bajas, el tamaño del agregado grueso debe ser graduado a un mínimo, a $\frac{1}{2}$ " (12,7mm) o $\frac{3}{8}$ (9,5mm), el tamaño máximo $\frac{3}{4}$ " (19,0mm) y 1" (25,4mm) también

es usado con éxito. El incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia, debido al aumento de la superficie específica de las partículas, se ha encontrado que la adherencia a una partícula de 76mm es apenas de un 10% de la correspondiente a una 12,5mm, y que excepto para agregados extremadamente buenos o malos, la adherencia es del 50 a 60% de la resistencia de la pasta a los 7 días. (Nilson, 2001)

También se ha demostrado que la piedra triturada produce altas resistencias, que a comparación de la piedra de canto rodado, sin embargo se debe evitar una angulosidad excesiva debido al aumento en el requerimiento de agua y disminución de la trabajabilidad a que esto conlleva.

Agua: El riego de agua para concreto se especifica para ser de calidad potable, esto es conservador pero normalmente no constituye un problema puesto que la mayoría de veces, se produce concreto de un suministro de agua municipal.

Aditivos químicos: Los aditivos son usados en la producción de concretos de alta resistencia, estos materiales incluyen agentes incorporadores de aire, químico y aditivos minerales.

La selección de tipo de marca, tipo de dosificación de todos los aditivos (mezclas) debe basarse en el funcionamiento con los otros materiales, siendo considerados o seleccionados por uso en el proyecto. Aumento significantes en resistencias compresivas, control de velocidad de endurecimiento, ganancia acelerada de resistencia, mejoramiento de trabajabilidad y durabilidad son contribuyentes que pueden esperarse de los aditivos electos.

Reductores de agua: La alta reducción de agua proporciona funciones de alta resistencia, al principio (24 horas). También conocidos como superplastificantes o superfluidificantes. Las nuevas generaciones no solo pueden reducir el contenido de agua hasta un 40% sino que además pueden transformar el concreto de alta resistencia

en un concreto muy manejable de alto asentamiento; concreto con relación A/C tan bajo como 0,24 de asentamientos hasta 11". (Rivva, 2002).

Las partículas de cemento portland tienen una marcada tendencia a flocular cuando se mezclan con agua, esto se debe a varios tipos de interacciones, el proceso de floculación lleva a la formación de una red abierta de partículas, las redes de los huecos pueden atrapar parte del agua, la cual entonces no está disponible para la hidratación superficial del cemento y para fluidificación de la mezcla.

Para lograr una distribución homogénea del agua y un contacto óptimo del agua-cemento, las partículas del cemento deben estar apropiadamente de floculadas y mantenerse en un estado de alta dispersión.

- Aumentar la trabajabilidad del concreto sin adición de agua.
- Dispersar las partículas del cemento de tal forma que los concretos puedan fabricarse usando menos agua de la necesaria para una completa hidratación de la pasta.
- Se puede producir pastas de cemento hidratado lo suficientemente estables y densas para unirse a los agregados y al hacer de refuerzo, para producir un material compuesto resistente.
- Hacer concretos tan densos que pueden ser más resistentes y durables que muchas rocas naturales.

Microsílice.- La microsíllice es una puzolana reactiva que puede ser usada como aditivo de 5% -25% por peso de cemento y puede aumentar la resistencia. Es utilizado con frecuencia con ceniza volante o cementos de escoria además de cemento portland. La microsíllice es un material que se ofrece en diferentes formas: densificada, como una lechada o mezclada con cemento. (Rivva, 2002).

La microsíllice no densificada es muy voluminosa y polvorienta debido a su extrema finura. La que es lechada contiene a grosso modo un 50% de agua y cuando está en reposo necesita ser agitada para que el material no se gelifique o precipite, la

microsílice densificada o compactada está disponible y se usa ampliamente y no contiene agua ni aditivos o químicos y no crea molestias a causa de polvo.

1.14. PROPORCIONES DE MEZCLAS DE CONCRETO

Las proporciones de mezcla para un concreto de alta resistencia son de un proceso más crítico que el diseño de mezclas normales, generalmente es considerado esencial emplear puzolanas seleccionadas y aditivos químicos para lograr una relación de agua/ cemento baja. A menudo se exige ensayos de prueba para que el laboratorista identifique cual es la proporción de mezcla más óptima. (Portugal, 2007).

1.15. PROPORCIONES DE AGREGADOS

Los agregados han sido una consideración importante desde que ocupan el volumen más grande de cualquiera de los otros materiales en el concreto. (Rivva, 2002).

Agregados finos: En proporción una mezcla de concreto, un agregado fino o arena tienen considerablemente más impacto en proporciones de la mezcla que un agregado grueso. El área de la superficie de todas las partículas de agregados deberá cubrirse con una pasta de cemento, la proporción de agregado fino a grueso puede tener un efecto cuantitativo directo en requisitos de la pasta. (Rivva, 2002).

La graduación en el agregado fino tiene un papel importante en obra con respecto a la plasticidad o el endurecimiento del concreto. Bajos volúmenes de agregado fino con volúmenes de agregado grueso alto, producen una reducción en requisitos de pasta y resulta más barato.

Agregados gruesos: La cantidad óptima y tamaño de agregado grueso para una arena dada dependerá en gran parte de las características mismas de la arena; particularmente del módulo de fineza, esto sale específicamente de la tabla 3 que se toma del (ACI, 1991).

Una referencia sugiere que la proporción del agregado grueso mostrada en la tabla pudiera aumentarse por 4% en arena con volúmenes nulos bajos usados, si las partículas de arena son muy angulares, entonces se sugiere que la cantidad de agregado grueso deba disminuir por 4% de valores en la tabla. Tales ajustes se han pensado en la proporción de agregado grueso y arena que producirían concretos de trabajabilidad equivalente, aunque tales cambios alterarán la demanda de agua para obtención de asentamientos. (ACI, 1991).

Tabla 3. Volumen de agregado grueso en función del volumen del concreto

Máximo agregado de tamaño plg.	Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de fineza de arena			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,75	0,73	0,71	0,69
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,82	0,80	0,78	0,76
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Volumen de Agregado Grueso (ACI 211.1)

Las cantidades sugeridas para el agregado grueso de la tabla se recomiendan para iniciar el proporcionamiento, deben darse consideraciones a las propiedades de la arena que pueden alterar la cantidad de agregado grueso.

Las herramientas mecánicas para mejorar y colocar el concreto han ayudado a disminuir la proporción de arena necesitada, es de recordar que el uso de los tamaños

pequeños de agregados gruesos es más beneficioso para unirlos con la pasta cementicia.

1.16. RELACIÓN AGUA/ CEMENTO (A/C)

La relación entre la proporción de agua/ cemento y la resistencia a compresión que se ha identificado en concretos de resistencia baja, ha resultado también ser válida para concretos de alta resistencia. Los volúmenes de cementos más altos y los volúmenes de agua más bajos han producido resistencias más altas, proporcionando grandes cantidades de cemento en la mezcla de concreto, sin embargo, aumenta en la demanda de agua en la mezcla. (Alaejos, 1994).

Por supuesto que el asentamiento en el concretos se relaciona a la proporción agua / cemento y a la cantidad de agua en el concreto. El uso de reductores de agua de alto rango genera proporciones de A/C para concretos de alta resistencia han ido de 0,10 a 0,20; las cantidades de mezclas líquidas reductores de agua de alto rango, particularmente han sido incluidos en las proporciones A/C. (ACI, 1991)

1.17. PROPORCIONES DE ADITIVOS

Todos los concretos de alta resistencia contienen aditivos, cambios en las cantidades y combinaciones de aditivos afectan las propiedades de plasticidad y endurecimiento de estos concretos; es por eso que se le debe dar atención a los efectos que producen.

Aditivos puzolánicos son a menudo usados como un reemplazo de cemento, en estos concretos ha suplido el cemento Portland de 10 a 40% por peso del contenido del cemento, el uso de ceniza volante ha causado a menudo una reducción ligera en la demanda de agua de la mezcla y esa reducción en el volumen de agua se ha compensado por la adición de la arena.

Lo opuesto se ha encontrado para otras puzolanas, las microsílices, por ejemplo, dramáticamente incrementan la demanda de agua de la mezcla, lo que requiere el uso de aditivos retardadores y superplastificantes. Generalmente la tendencia ha sido

emplear cantidades mayores que la normal o máxima de reductores de agua y retardadores, así reducciones típicas del 5% al 8% pueden incrementarse al 10%. (Rivva, 2002)

Un correspondiente incremento en el contenido de arena se ha hecho para compensar la pérdida de volumen debido a la reducción del agua en la mezcla. Los ajustes en los concretos empleando reductores de agua de alto rango, también conocidos como superplastificantes.

Los ajustes en los concretos empleando reductores de agua de alto rango, también conocidos como superplastificantes, son similares a aquellos cuando se emplean reductores de agua convencionales, los ajustes suelen ser aproximadamente 12% a 25%, se ha efectuado el correspondiente incremento en el contenido agregado fino para compensar la pérdida de volumen debido a la reducción de agua en mezcla. (Alaejos, 1994).

1.18. PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Tal y como su nombre lo describe, las propiedades del CAR deben reflejar su alto desempeño en condiciones de uso, entre las propiedades más importantes de este tipo de concreto se puede mencionar la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson, la resistencia a la tracción y el flujo plástico; características de suma importancia en el momento del análisis y diseño de cualquier estructura, de igual manera, el CAR debe demostrar altas características de desempeño en durabilidad durante su vital útil de servicio. (Nilson, 2001)

Es práctica común estimar la gran mayoría de las propiedades del CAR y de cualquier tipo de concreto mediante correlación con la resistencia a la compresión, esta propiedad se mide mediante el ensayo de probetas cilíndricas en compresión uniaxial. (Alaejos, 1994).

1.19. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.

La resistencia a compresión junto con la durabilidad son quizás las propiedades del concreto, estas características inherentes del material se puede catalogar su calidad dentro de su periodo de servicio, en el CAR, la resistencia a compresión se limitará teniendo en cuenta la posición geográfica del sitio en donde se genere el concreto, el CAR puede estar entre 42 y 100 MPa a los 28 días, para concretos normales tal resistencia deberá ser menor de 42 MPa, la anterior clasificación radica en que aunque los dos concretos están compuestos por materiales frágiles la diferencia de rigidez entre ellos disminuye al aumentar la resistencia del concreto. (Rivva, 2002).

Para un concreto convencional la diferencia de rigidez entre el agregado y la pasta de cemento genera en el momento de la carga se produzcan deformaciones relativas en la superficie de contacto generando la pérdida de adherencia en la interfaz y microfisuración la cual se propaga con el aumento de la carga produciendo desviaciones no lineales en el diagrama esfuerzo- deformación del concreto convencional.

El comportamiento de los materiales constituyentes del concreto de alta resistencia se puede observar que existe una menor diferencia en las rigideces entre la pasta de cemento y de los agregados, esto se traduce en una mejor y uniforme distribución interna de los esfuerzos en el material produciendo así mayores resistencias a compresión.

Es necesario tener en cuenta que el menor desarrollo del estado de fisuración interno de los CAR reduce la posibilidad de una redistribución de los esfuerzos en el material ante un aumento posterior de carga, lo que conduce a la ruptura frágil y explosiva del concreto

La falla en el concreto de alta resistencia se da atravesando los agregados en lugar de rodearlos tal y como sucede en el concreto convencional, por lo que se genera así la

disminución notable de su capacidad de transmisión de los esfuerzos cortantes, aumentando así la pendiente de la rama post- pico y disminuyendo la deformación última.

1.20. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CAR

Como bien es sabido el módulo de elasticidad sigue los principios de la ley de Hooke expuesta en 1676, la cual expresa que para ciertos materiales de ingeniería existe una proporcionalidad en la parte elástica de la curva esfuerzo deformación entre los esfuerzos y la deformación unitarias. (Romo).

Lo anterior se plantea de la siguiente forma:

$$E = 15000\sqrt{f'c}$$

En donde:

E= Módulo de elasticidad (kg/cm²)

f'c= Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Entonces, se puede decir que el módulo es la constante de proporcionalidad y que representa la pendiente de la recta en la curva esfuerzo deformación, esto si se habla de materiales que presenten propiedades elásticas.

Como se puede observar hay diversas formas de definir el módulo de elasticidad del concreto. El módulo de cuerda, es el más utilizado para poder calcular E experimentalmente, el cual se define como la pendiente entre un porcentaje de la deformación y la pendiente secante de la curva esfuerzo- deformación.

En los concretos de alta resistencia este módulo secante tiende a coincidir con el módulo tangente inicial por la mayor pendiente en la curva en los CAR, ha sido también observado que la parte lineal de las curvas de esfuerzo deformación en el

concreto de alta resistencia se extiende a esfuerzos que pueden ser del 85% de la carga última a niveles más altos. (Portugal, 2007).

Una característica en el CAR es que se pueden obtener módulos de elasticidad bastante altos en comparación con los concretos convencionales; sin embargo hay que tener en cuenta; que existe un aumento notorio del módulo del concreto convencional con la resistencia, mientras que en el CAR este aumento no es tan notorio.

Algunos investigadores han reportado valores de módulo de elasticidad entre 41 y 45 GPa en CAR. (Rivva, 2002)

1.21. RELACIÓN DE POISSON

Esta propiedad intrínseca del concreto describe la relación entre la deformación axial y transversal de un sólido elástico, al cual se le aplica una fuerza uniaxial. La deformación transversal se puede presentar como expansión o contracción dependiendo del sentido de aplicación de la fuerza, dichos cambios de longitud transversal y longitudinal producto de la fuerza aplicada, presenta una relación siempre constante cuando el material permanece elástico y es además homogéneo e isotrópico. (Rivva, 2002).

La relación de Poisson se define como:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{TRANSVERSAL}}{\varepsilon_{LONGITUDINAL}}$$

De donde:

$\varepsilon_{Transversal}$ = Deformación Transversal, [mm/mm]

$\varepsilon_{Longitudinal}$ = Deformación Longitudinal, [mm/mm]

μ = Relación de Poisson

La bibliografía acerca del concreto de alta resistencia indica que la relación de Poisson (μ), es ligeramente menor que la del concreto normal (Poisson, 1999), se ha encontrado valores para relaciones de Poisson, medio dinámicamente entre 0,23 y 0,32 en concreto para rangos de resistencia a compresión de 17 a 79 MPa. (ACI, 1991).

Otros investigadores como (Iravani, 1996), basado en resultados anteriores a él, describe que se puede considerar un μ promedio de 0,20 con una desviación estándar de 0,033 para concretos entre 55 y 125 Mpa.

1.22. NORMAS PARA HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA

Básicamente las normas a seguir para la elaboración de un hormigón de alta resistencia son las mismas que se utilizan para un hormigón normal; basándose en las Normas INEN, ASTM, y en el Código ACI; tal como publican varias investigaciones realizadas internacionalmente y en nuestro país tal es el caso de:

- Córdova Mario, “Determinación de la curva esfuerzo vs. tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamento de micro sílice y superplastificantes en la mezcla, utilizando agregados, de la mina Flores y cemento Chimborazo”, Riobamba, 2013.
- Yépez Fabricio, Avances en Ciencias e Ingeniería “Diseño de hormigones de alto desempeño, Quito, 2014.
- Unicon, Concretos de alta resistencia, Perú.
- Reina Juan, “Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido”, Salvador, 2010.

Siendo las principales normas a cumplir las siguientes:

1.22.1. NORMAS DE LOS MATERIALES.

Cemento: Normas ASTM C150 o ASTM C595

Agregado grueso y fino: ASTM C33

Aditivos: ASTM 494

Granulometría: (INEN696, 2011), INEN 697, ASTM C136, ASTM C33

Peso específico y % de absorción: (INEN856, 2010), (INEN857, 2010)

Densidad aparente suelta y compactada: (INEN858, 2010)

Humedad: (INEN862, 2010) y ASTM C566

Densidad del cemento: (INEN156, 2009)

Asentamiento: ASTM C143, (INEN1855, 2015).

1.22.2. NORMAS DE MUESTRAS Y CURADO.

Normas para tomas de muestras y curado de cilindros: ASTM C31

1.22.3. NORMAS PARA ESTABLECER LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Normas para la resistencia a la compresión: ASTM C31, ASTM C39, ACI 211, ASTM C192.

ASTM C192: Nota 7: Las edades de ensayo frecuentemente usadas son 7 y 28 días para ensayos de esfuerzo de compresión o 14 y 28 días para ensayos de esfuerzo de flexión. Especímenes que contienen cemento Tipo III son con frecuencia ensayados a 1, 3, 7 y 28 días. Para edades más tardías 3 meses, 6 meses y 1 año son usados para ensayos de esfuerzo de compresión y flexión. Otras edades de ensayo pueden ser requeridas por otros tipos de especímenes.

1.22.4. JUSTIFICACIÓN DE EDAD DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA.

- Las resistencias obtenidas en las pruebas a compresión a los 28 días, se consideran conforme lo especifica el ACI-211 (Yépez, 2014).
- Las resistencias a la compresión del concreto de alta resistencia se consideran a los 28 días. (UNICON).
- Ensayos realizados a la compresión del concreto de alta resistencia a los 28 días (Mix).
- Ensayos realizados a la compresión del concreto de alta resistencia a los 28 días. (Reina, 2010).
- Ensayos realizados a la compresión del concreto de alta resistencia a los 28 días. (Murillo, 2006).
- Ensayos realizados a la compresión del concreto de alta resistencia a los 28 días (Portugal, 2007).
- Ensayos realizados a la compresión del concreto de alta resistencia a los 28 días. (Córdova, 2013).

Nota: Según las investigaciones realizadas en nuestro país e internacionalmente, se procederá a realizar el tema de tesis en base a las normas anteriormente mencionadas y se ensayará los cilindros de hormigón hasta los 28 días.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio a emplearse en esta investigación es documental, de campo y experimental, ya que consistió en la recolección de muestras de la cantera de Hormigones Moreno para luego ser ensayadas y analizadas en el Laboratorio de la UNACH determinando las propiedades de los agregados. De igual manera con los resultados obtenidos de las propiedades de los agregados, se elaboró el diseño del Concreto de Alta Resistencia con la adición del superplastificantes ADITEC SF-106.

2.2. POBLACIÓN – MUESTRA

2.2.1. Población

El desarrollo de este tipo de investigación en el Ecuador es algo nuevo, se han desarrollado estudios para obtener concreto de alta resistencia en laboratorios con materias locales y utilizando dosificaciones probadas en investigaciones previas en otros países.

2.2.2. Muestra

Para nuestra investigación, como muestra se tiene los materiales de la cantera de Hormigones Moreno y el uso de superplastificante ADITEC SF-106.

2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 4. Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional Aspectos/Dimensiones	Indicador	Ítems
Independiente				Obtener una resistencia de 50MPa y realizar una comparación entre: Concreto de Alta Resistencia vs. Concreto Normal
Propiedades de los materiales	Es la base fundamental para el adecuado diseño del hormigón.	Propiedades de los materiales	Determinación de las características de los materiales: muestreo, granulometría, contenido de humedad, masa unitaria suelta y compactada, densidad y absorción de los agregados, peso específico y masa unitaria.	
Dependiente				
Dosificación del hormigón	Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de	Diseño adecuado del hormigón	Medición de la resistencia a la compresión, mediante ensayos según normas establecidas.	

	obtener la resistencia y durabilidad requerida.			
--	---	--	--	--

Elaborado por: Alex Salazar

2.4. PROCEDIMIENTOS

2.4.1. Ensayos de agregados

- Recolección de muestras de la cantera de Hormigones Moreno.
- En el laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo, se procederá a realizar los siguientes ensayos según las normas INEN, tales como:
 - Muestreo de áridos (INEN 695, 2015).
 - Granulometría ((INEN 696, 2011), (INEN 697, 2010), ASTM C136, ASTM C33).
 - Contenido de humedad (INEN 862, 2010).
 - Masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos (INEN 858, 2010).
 - Densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso (INEN 857, 2010)
 - Densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino (INEN 856, 2010).
 - Peso específico del cemento (INEN 156, 2009).
 - Masa unitaria suelta del cemento.
 - Densidad óptima de la mezcla de agregados.
 - Asentamiento del hormigón (ASTM C143), (INEN 1855, 2015).
 - Toma de muestras y curado de cilindros (ASTM C31)
 - Determinación de la resistencia a la compresión (ASTM C31, ASTM C39, ACI 211, ASTM C192).

2.4.2. Diseño del hormigón

- En base a los resultados obtenidos de los anteriores ensayos, se realizará el diseño adecuado de la dosificación del hormigón.
- Se extraerá muestras de cilindros de hormigón y serán ensayadas según su edad, en el laboratorio de la UNACH.
- Para obtener el hormigón de alta resistencia se empleará el superplastificante ADITEC SF-106, en diferentes porcentajes; con el objetivo de alcanzar una resistencia de 50MPa.
- Se extraerá muestras de éste hormigón y se ensayará a las edades indicadas según normas establecidas, en el Laboratorio de la UNACH, en base a la norma INEN, ASTM.
- Se determinará las propiedades mecánicas del concreto de Alta Resistencia, en base a normas e investigaciones realizadas.
- Se establecerá la relación costo-beneficio entre el Concreto de Alta Resistencia vs. el concreto normal (21Mpa).

2.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

2.5.1. Ensayos de agregados

Después de realizar los respectivos ensayos de los materiales en el laboratorio de la UNACH, se procederá a registrar todos los datos posibles de cada ensayo, pues se tabulará en una hoja electrónica de Microsoft Excel, de esta manera obtener la suficiente información para el adecuado diseño del hormigón.

2.5.2. Diseño del hormigón

Con los resultados obtenidos de los ensayos de los agregados se realizará una hoja de cálculo en Microsoft Excel para determinar el diseño del concreto. De igual manera los resultados de los cilindros de hormigón se registrarán en una hoja electrónica de Microsoft Excel, para de esta manera calcular las propiedades del CAR.

También se realizará una hoja electrónica en Microsoft Excel, para establecer la relación costo-beneficio entre el concreto de Alta Resistencia vs. el concreto normal, considerando una resistencia a la compresión del concreto normal de 21 Mpa.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

Para lograr el propósito de la investigación, se procedió a realizar los respectivos ensayos de laboratorio y los correctos cálculos, para alcanzar un Concreto de Alta Resistencia de 50Mpa, con el uso del superplastificante ADITEC SF-106. Siendo los resultados los siguientes:

3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

3.1.1. AGREGADO FINO

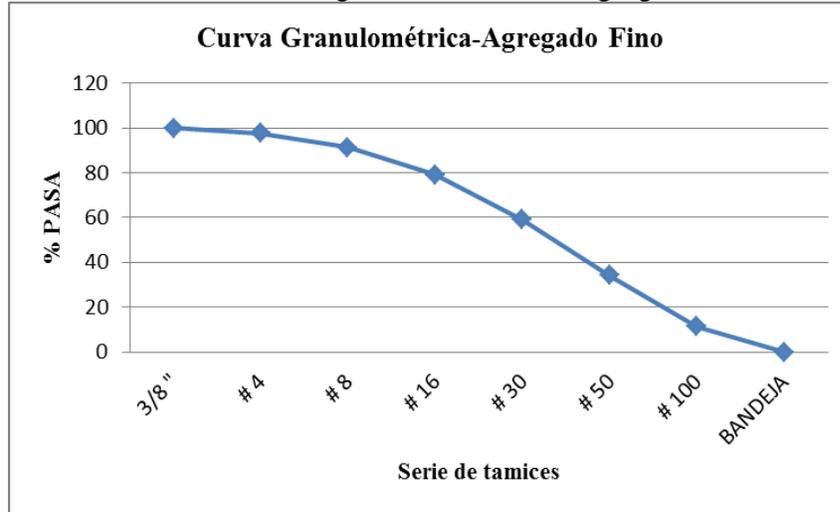
Tabla 5. Pesos para granulometría del agregado fino

PESO DEL RECIPIENTE(g)	MASA SECA DE LA MUESTRA(g)	MASA SECA-RECIPIENTE(g)
394	776	382

TAMIZ	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	%RETENIDO REDONDEADO	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA
3/8	0	0	0	0	100
Nº4	9	2	2	2	98
Nº8	24	7	7	9	91
Nº16	47	12	12	21	79
Nº30	77	20	20	41	59
Nº50	95	25	25	66	34
Nº100	87	23	23	89	11
BANDEJA	43	11	11	100	0
SUMA	382	100	100		

Elaborado por: Alex Salazar

Gráfico 1: Curva granulométrica del agregado fino



Elaborado por: Alex Salazar

Tabla 6. Módulo de finura del agregado fino

TM	TNM	MÓDULO DE FINURA
3/8	Nº8	2,23

Elaborado por: Alex Salazar

3.1.2. AGREGADO GRUESO

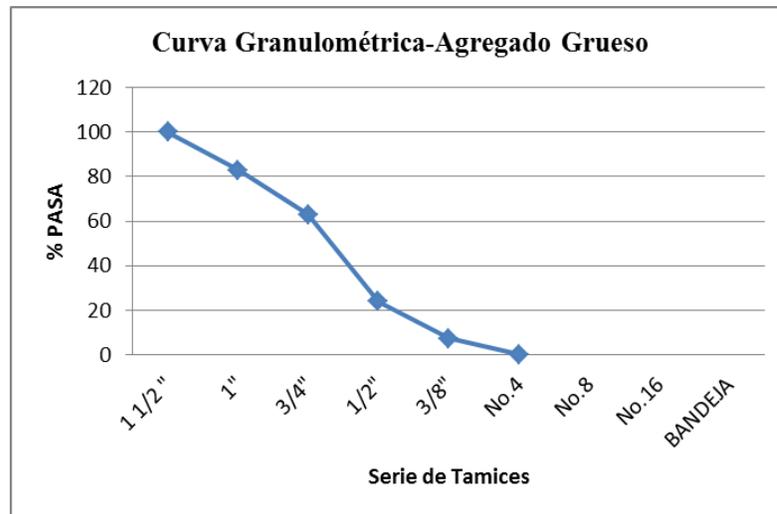
Tabla 7. Pesos para granulometría del agregado grueso

PESO DEL RECIPIENTE(g)	MASA SECA DE LA MUESTRA(g)	MASA SECA-RECIPIENTE(g)
498	2692	2194

TAMIZ	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO REDONDEADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1½	0	0	0	0	100
1	377	17	17	17	83
¾	434	20	20	37	63
½	859	39	39	76	24
⅜	364	17	17	93	7
Nº4	159	7	7	100	0
Nº8	1	0	0	0	0
BANDEJA	0	0	0	0	0
SUMA	2194	100	100	323	

Elaborado por: Alex Salazar

Gráfico 2: Curva granulométrica del agregado grueso



Elaborado por: Alex Salazar

Tabla 8. Módulo de finura del agregado grueso

TM	TNM	MÓDULO DE FINURA
1½	1½	3,23

Elaborado por: Alex Salazar

3.2. MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.

Tabla 9. Pesos para determinar el MUS Y MUC del agregado grueso y fino.

MASA DEL RECIPIENTE DE 1/2pie ³ (kg)	MASA DEL RECIPIENTE DE 1pie ³	MASA DEL RECIPIENTE DE 1/2pie ³ +AGUA(kg)	MASA DEL RECIPIENTE DE 1/2pie ³ +AGUA(kg)
3,149	8,20	22,18	6,04

RECIPIENTE	VOLUMEN(m ³)	MASA DEL AGUA(Kg)
½	0,002	2,891
1	0,014	13,98

MUS	PESO 1 (kg)	PESO 2 (kg)	PROMEDIO(kg)
½	6,651	6,688	6,66
1	29,90	30,05	30,00
MUC			
½	6,905	6,902	6,90
1	32,15	30,65	31,40

AGREGADO	MUS (kg/m ³)	MUC (kg/m ³)	%VACÍOS
FINO	1755,50	1875,50	0,02
GRUESO	1557,14	1657,14	0,35

Elaborado por: Alex Salazar

3.3. DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

Tabla 10. Datos para determinar densidades del agregado grueso

TIPO DE MATERIAL	AGREGADO GRUESO
ORIGEN O FUENTE	MINA HORMIGONES MORENO
PROCEDIMIENTO UTILIZADO	CANASTILLA
MUESTRA SECA(g)	5534
MASA RECIPIENTE (g)	298
MASA(OD)+RECIPIENTE	5519
MASA (SSS)+RECIPIENTE	5600
MASA DE LA MUESTRA SUMERGIDA +CANASTILLA(g)	4728
MASA DE LA CANASTILLA	1598

Elaborado por: Alex Salazar

Tabla 11. Densidades del agregado grueso

DENSIDADES	RESULTADOS
DENSIDAD RELATIVA (OD)	2,40 g/cm ³
DENSIDAD RELATIVA (SSS)	2,44 g/cm ³
DENSIDAD RELATIVA APARENTE	2,49 g/cm ³
DENSIDAD (OD)	2396,04 kg/m ³
DENSIDAD (SSS)	2435,97 kg/m ³
ABSORCIÓN (%)	1,55
PESO ESPECÍFICO	2435,97 kg/m ³
DENSIDAD APARENTE	2485,89 kg/m ³

Elaborado por: Alex Salazar

3.4. DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO.

Tabla 12. Datos para determinar densidades del agregado fino

TIPO DE MATERIAL	AGREGADO FINO
ORIGEN O FUENTE	MINA HORMIGONES MORENO
PROCEDIMIENTO UTILIZADO	CONO PARA HUMEDAD SUPERFICIAL
MASA DEL RECIPIENTE(g)	299,00
MASA SECA AL HORNO + RECIPIENTE (g)	804,30
MASA DEL PICNÓMETRO LLENO DE AGUA (g)	1209,40
MASA DEL PICNÓMETRO LLENO DE LA MUESTRA (g)	1560,20
MASA DE LA MUESTRA (SSS)+RECIPIENTE (g)	629,00

Elaborado por: Alex Salazar

Tabla 13. Densidades del agregado fino

DENSIDADES	RESULTADOS
DENSIDAD RELATIVA (OD)	1,81 g/cm ³
DENSIDAD RELATIVA (SSS)	2,26 g/cm ³
DENSIDAD RELATIVA APARENTE	3,27 g/cm ³
DENSIDAD (OD)	1807,01 kg/m ³
DENSIDAD (SSS)	2256,25 kg/m ³
ABSORCIÓN (%)	0,244
DENSIDAD APARENTE	3265,15 kg/m ³

Elaborado por: Alex Salazar

3.5. CANTIDAD EVAPORABLE TOTAL DE HUMEDAD DEL AGREGADO MEDIANTE SECADO.

Tabla 14. Humedad de los agregados

FUENTE DE LA MUESTRA	HORMIGONES MORENO	HORMIGONES MORENO
TIPO DE MATERIAL	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
MASA DEL RECIPIENTE (g)	393	751
MASA INICIAL DEL AGREGADO + RECIPIENTE (g)	1935	6828
MASA SECA + RECIPIENTE(g)	1876	6813
MASA INICIAL DEL AGREGADO (g)	1542	6067
MASA SECA (g)	1483	6022
CANTIDAD EVAPORABLE (%)	3,97	0,24

Elaborado por: Alex Salazar

3.6. DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO

Tabla 15. Peso específico y masa unitaria del cemento

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
Peso específico del cemento	2,80 g/cm ³
MUS del cemento	1139,29 kg/m ³

Elaborado por: Alex Salazar

3.7. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

3.7.1. DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Después de realizar iteraciones para obtener la dosificación óptima para el concreto de alta resistencia se obtiene los siguientes valores:

Tabla 16. Dosificación del concreto de alta resistencia, en kg/m³.

Peso en kg para 1m ³					
AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)	A/C	Sacos de cemento/m ³
130,48	702,48	730,66	1236,38	0,21	14,00

ADITEC SF-106 (lt)

7,43

Elaborado por: Alex Salazar

Tabla 17. Dosificación del concreto de alta resistencia, por sacos de cemento.

AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)
9,29	44,25	23,01	36,07
0,21	1	0,52	0,82

ADITEC SF-106 (cm³/saco)
--

531,00

Elaborado por: Alex Salazar

3.8. ASENTAMIENTO

Tabla 18. Asentamiento del concreto de alta resistencia.

DESCRIPCIÓN	Asentamiento (cm)	Consistencia	Norma
Concreto de Alta Resistencia	22	Súper fluída	INEN 1855- ASTM C143

Elaborado por: Alex Salazar

3.9. RESISTENCIAS OBTENIDAS

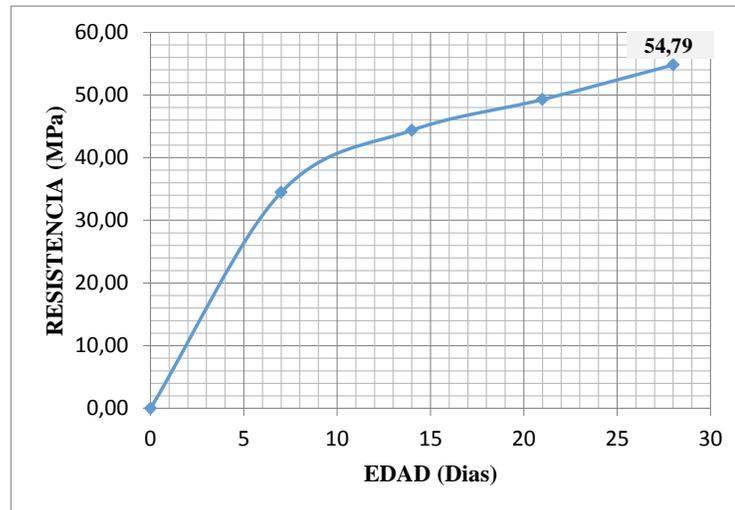
3.9.1. RESISTENCIAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Tabla 19. Resistencia del concreto de alta resistencia

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
A	04/11/2015	04/11/2015	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	176,71	60890,67	344,57	34,46
C	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	30,00	177,50	78767,33	443,75	44,37
D	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,10	176,71	87091,00	492,83	49,28
E	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	97006,00	547,93	54,79

Elaborado por: Alex Salazar

Gráfico 3: Resistencia vs. Tiempo (concreto de alta resistencia)



Elaborado por: Alex Salazar

3.10. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Tabla 20. Módulo de elasticidad del concreto normal y de alta resistencia

DESCRIPCIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
Concreto Normal (210kg/cm ²)	217370,65
Concreto de Alta Resistencia	351120,11

Elaborado por: Alex Salazar

3.11. RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA vs. CONCRETO NORMAL.

Para establecer la relación costo beneficio se procedió a realizar el análisis de precio unitario para el concreto de alta resistencia, y se consideró como concreto normal un hormigón de 21MPa. Por tanto se tiene la siguiente relación:

Tabla 21. Costo-beneficio del Concreto Normal vs. Concreto de Alta Resistencia

DESCRIPCIÓN	Precio unitario (m³)	Beneficio
Concreto Normal (21MPa)	124,21	Menor costo, menor resistencia
Concreto de Alta Resistencia (54,79 MPa)	389,55	Mayor costo, mayor resistencia, mejor trabajabilidad, mayor fluidez.

Elaborado por: Alex Salazar

CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN

Después de realizar los respectivos ensayos de los agregados, se tiene como resultado que los agregados de la mina de Hormigones Moreno son de buena calidad; teniendo como tamaño nominal máximo para el agregado fino el No.8 y su módulo de finura de 2,23; y para el agregado grueso el tamaño nominal máximo de 1 ½, los mismos que están dentro de los parámetros.

De igual manera se pudo establecer los pesos específicos de cada material (agregado grueso, agregado fino, cemento), los mismos que fueron empleados para calcular el diseño óptimo del concreto de alta resistencia. Se obtuvo la cantidad de humedad del agregado grueso y del fino.

Se realizó iteraciones de cálculos para el adecuado diseño del hormigón, obteniendo la dosificación final para el concreto de alta resistencia, trabajando con una relación de A/C de 0,21 y con la incorporación del aditivo de ADITEC SF-106.

En el concreto de alta resistencia se empleó el aditivo ADITEC SF-106, la cantidad de este aditivo se escogió en base a la hoja técnica del producto y a ensayos realizados; este valor fue de 531 cm³ por cada saco de cemento empleado.

Para el concreto de alta resistencia el asentamiento fue de 22 cm; lo que indica que el concreto de alta resistencia tiene una buena trabajabilidad y fluidez.

La resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia fue de 54,79 MPa; cumpliendo de esta manera con el propósito de la investigación.

Se estableció el módulo de elasticidad del hormigón, obteniendo un valor mayor para el concreto de alta resistencia con relación a los concretos normales; ya que el módulo de elasticidad depende directamente de la resistencia a la compresión del hormigón.

Para establecer la relación costo-beneficio, se procedió a realizar el análisis de precio unitario para los dos tipos de concreto, obteniendo para el concreto normal de 21 MPa un valor de 124,21 dólares y para el concreto de alta resistencia de 389,55 dólares. El beneficio que se obtiene para el concreto de alta resistencia, es mayor resistencia a la compresión y se podrá emplear en grandes estructuras.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La correcta selección de materiales es de gran importancia ya que depende básicamente de sus propiedades físicas y mecánicas para realizar el diseño óptimo del concreto, por lo que los agregados de la mina de Hormigones Moreno, fueron adecuados para obtener un concreto de alta resistencia.
- Para obtener el concreto de alta resistencia se empleó el aditivo ADITEC SF-106, en las proporciones indicadas según los fabricantes y a los ensayos realizados; obteniendo de esta manera una resistencia a la compresión a los 28 días de 54,79 MPa.
- Se determinó las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia, siendo su módulo de elasticidad, el mismo que depende de la resistencia a la compresión del hormigón. Se obtuvo un asentamiento del concreto de alta resistencia de 22cm, el mismo que indica mayor trabajabilidad y fluidez del hormigón.
- En base al análisis de precio unitario realizado para el concreto normal y para el concreto de alta resistencia, se puede concluir que el concreto de alta resistencia tiene un valor mayor, ya que se incorpora el aditivo y la cantidad de cemento aumenta.

- Para alcanzar altos valores de resistencia a la compresión, es de gran importancia la relación agua/cemento, a menor cantidad de agua las resistencias obtenidas serán superiores.
- Con el incremento de la utilización de concretos de alta resistencia en proyectos de ingeniería se alcanzaría más y mayores beneficios en el orden económico.

5.1. RECOMENDACIONES

- Utilizar materiales que tengan buenas propiedades físicas y mecánicas para la elaboración no solo del concreto de alta resistencia sino del concreto normal que se está empleando en la actualidad.
- Al momento de emplear algún tipo de aditivo, se deberá considerar las hojas técnicas dadas por el fabricante ya que es un parámetro importante para obtener el concreto de alta resistencia.
- Realizar todos los ensayos de los agregados ya sea de granulometría, humedad, pesos específicos, absorción; los mismos que se deben ejecutar en base a las normas INEN, ASTM y en un adecuado laboratorio.
- Se debe tener cuidado al momento de dosificar los materiales para realizar la mezcla de concreto, en especial el agua ya que es un factor delicado en la elaboración de la mezcla.
- Se recomienda seguir con estos tipos de investigaciones, que fortalecen no solo los diseños estructurales sino que incentivan el uso de concretos de alta resistencia en nuestro medio de la construcción.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

“Dosificación de un concreto de alta resistencia, mediante el uso de superplastificante en la mezcla, con una resistencia a la compresión de 50 MPa”.

6.1. INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, se ha utilizado el hormigón para la construcción de obras civiles de todo tipo, siendo el punto de partida los hormigones comunes, para luego dar paso a los concretos de alta resistencia.

La presente investigación, busca ir de la mano del desarrollo que va alcanzando la ingeniería civil, con el paso del tiempo y en especial en el área de la construcción se involucran los diversos tipos de hormigones, siendo nuestro caso particular el Concreto de Alta Resistencia.

Se obtuvo la dosificación de un Concreto de Alta Resistencia, con una resistencia a la compresión de 50 MPa, mediante el uso de materiales de la zona y el empleo de superplastificante.

6.2. OBJETIVOS

6.2.1. Objetivo General

- Proponer un concreto de alta resistencia, mediante el uso de superplastificante en la mezcla, con una resistencia a la compresión de 50MPa.

6.2.2. Objetivos Específicos

- Instaurar un diseño patrón de concreto con la mejor proporción de agregados, estableciendo una dosificación adecuada.
- Verificar el diseño patrón del concreto, con la elaboración de cilindros de hormigón.
- Ensayar los cilindros de hormigón a los tiempos indicados según normas establecidas, para determinar la resistencia a la compresión del hormigón.

6.3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA

6.3.1. Cemento

El cemento viene a formar la matriz del hormigón, que combinado con el agua forma la pasta que cumple la función de adhesivo con los agregados. La selección de los cementos a usarse en los hormigones de alta resistencia, es mucho más rigurosa que en el caso de los hormigones convencionales. (Nilson, 2001).

Diferentes cementos Portland que cumplan con todas las normas y sean esencialmente similares, pueden comportarse de una manera diferente cuando las relaciones agua/material cementante de los hormigones en que se utiliza, son más bajas de lo usual.

Se ha comprobado que el comportamiento de los cementos depende muy estrechamente de su compatibilidad con los superplastificantes que se utilicen en las mezclas con baja relación agua/material cementante.

6.3.2. Agregados

Los agregados o áridos, se refieren al material pétreo utilizado para la elaboración de hormigones, es la parte fundamental al momento de alcanzar una resistencia para el hormigón y con mayor razón para Concretos de Alta Resistencia, puesto que si se tiene un agregado con buenas características físicas y mecánicas; ello facilita a alcanzar la resistencia requerida. (Rivva, 2002).

- a) Agregados Gruesos: Material que es retenido por el tamiz No.4 (4,75mm), provenientes de la desintegración de las rocas.
- b) Agregados Finos: Material que pasa por el tamiz No.4 (4,75mm), proveniente de la desintegración natural de las rocas o también de la trituración.

6.3.3. Agua

El agua de mezclado es una parte importante dentro del hormigón, que viene a ser la matriz donde se origina la calidad de éste. En función de la cantidad de agua que se añade en la mezcla, se puede tener un hormigón de muy buena, buena, moderada y regular calidad del concreto. (Rivva, 2002)

6.3.4. Aditivos

Un aditivo se puede definir como un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico, que se usa como un ingrediente en concretos o morteros y se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante del mezclado (Portugal, 2007). Se tiene algunos tipos de aditivos como:

- Inclusiones de aire
- Reductores de agua
- Retardantes y acelerantes.
- Plastificantes.
- Superplastificantes.
- Minerales

- Inhibidores de corrosión

6.3.5. Concreto de Alta Resistencia

6.3.6. Propiedades del hormigón

- a) Resistencia a la compresión: Se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas, que duran unos pocos minutos. (Romo).
- b) Módulo de Elasticidad: Es la relación constante del esfuerzo normal y la deformación unitaria para esfuerzos de tensión o de compresión antes del límite de proporcionalidad, definido por el Código Ecuatoriano de la Construcción como:

$$E = 15000\sqrt{f'c}$$

$$E = \text{Módulo de elasticidad} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

$$f'c = \text{Resistencia a la compresión a los 28 días} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

- c) Ductilidad: Es la capacidad que tiene un material para continuar deformándose no linealmente a pesar de que los incrementos de carga sean mínimos, nulos e inclusive si existe una disminución de carga. (Romo).

6.4. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La investigación pretende obtener un concreto de alta resistencia mediante el uso de superplastificante (ADITEC SF-106), se recopilará toda la información necesaria para la realización de la propuesta siendo: propiedades de los materiales y una adecuada dosificación del hormigón.

El tiempo necesario para la obtención de las propiedades de los materiales, el diseño del hormigón y la resistencia deseada, fue de dos meses; esta información se debe tabularla y analizarla. Los recursos utilizados fueron: información de las Normas

INEN, hojas electrónicas de Microsoft Excel y el Laboratorio de Ensayos de la UNACH.

Obteniendo las siguientes propiedades de los materiales empleados en la dosificación del concreto de alta resistencia:

Tabla 22. Propiedades de los materiales del concreto de alta resistencia.

MATERIALES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CEMENTO	AGUA	ADITIVO
PROPIEDADES	Mina: Hormigones Moreno				
TNM	No.8	1 ½ plg			
Módulo de finura	2,23				
MUS (kg/m ³)	1755,50	1757,14	1139,29		
MUC (kg/m ³)	1875,50	1657,14			
Densidad (g/cm ³)	1,81	2,40	2,80	0,998	1,17
% de Absorción	0,24	1,55			
% de Humedad	3,97	0,24			

Elaborado por: Alex Salazar

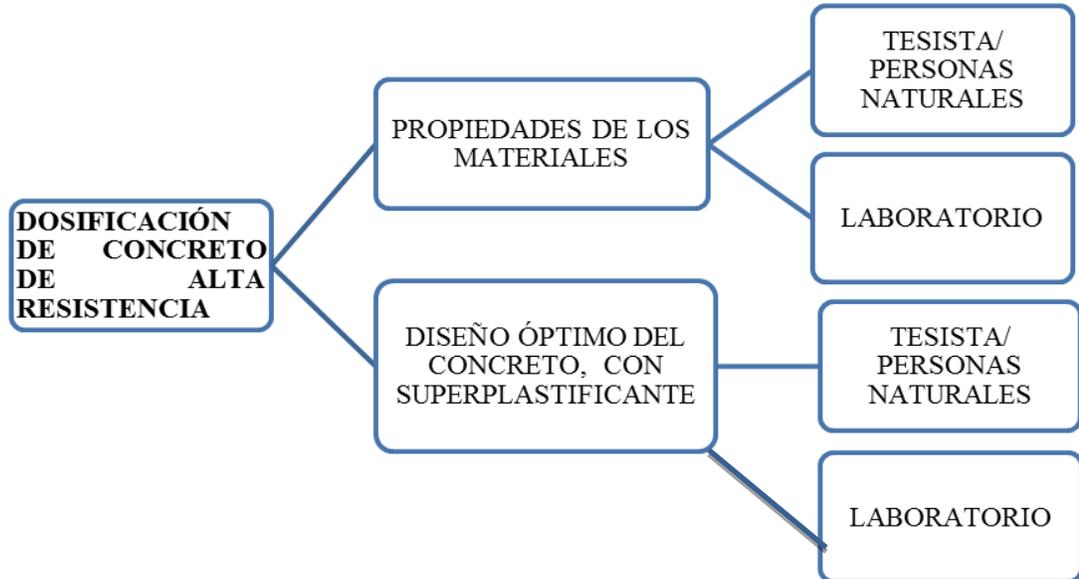
Tabla 23. Dosificación del concreto de alta resistencia

AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	AGREGADO FINO (kg)	AGREGADO GRUESO (kg)
9,29	44,25	23,01	36,07
0,21	1	0,52	0,82

ADITIVO (cm ³)
531,00

Elaborado por: Alex Salazar

6.5. DISEÑO ORGANIZACIONAL



6.6. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Durante la ejecución de esta propuesta, se procesó y se analizó todos los datos recopilados y todos los resultados obtenidos de los ensayos de los materiales; teniendo como resultado las características físicas y mecánicas de los agregados de la cantera de Hormigones Moreno; las mismas que permitieron determinar un diseño óptimo de concreto y de esta manera con el uso del superplastificante, alcanzar la resistencia de 50 Mpa.

Uno de los problemas presentados para la elaboración del concreto de alta resistencia, es el uso del superplastificante ya que se debió incorporar en porcentajes, a pesar de este problema se pudo lograr la resistencia deseada.

Es por ello que el desarrollo de esta investigación servirá para los profesionales de nuestra ciudad para la ejecución de importantes obras que se vayan a ejecutar.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

- ACI. (1991). Manual de Prácticas de Hormigón. USA.
- Alaejos, P. (1994). Selección de materiales para la fabricación de hormigones de alta resistencia. España.
- Córdova, M. (2013). Determinación y obtención de la curva esfuerzo vs. tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamiento de microsílíce y superplastificantes en la mezcla, utilizando agregados de la mina de Flores y cemento Chimborazo. Riobamba.
- INEN 156. (2009). Cemento hidráulico. Determinación de la densidad. Quito.
- INEN 1855. (2015). Hormigones, hormigón premezclado, requisitos. Quito.
- INEN 695. (2015). Áridos. Muestreo. Quito.
- INEN 696. (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Quito.
- INEN 697. (2010). Áridos. Determinación del material más fino que pasa el tamiz con aberturas de 75 μm (No. 200) mediante lavado. Quito.
- INEN 856. (2010). Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. Quito.
- INEN 857. (2010). Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. Quito.
- INEN 858. (2010). Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. Quito.

- INEN 862. (2010). Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad. Qito.
- Mix, R. (s.f.). Hormigón de Alta Resistencia. Ready Mix, 1-2.
- Murillo, A. (2006). Optimización de los materiales para Hormigones de Alta Resistencia. Bogotá.
- Nilson, A. (2001). Diseño de Estructuras de Concreto. Bogotá: Quebecor.
- Portugal, P. (2007). Tecnología del concreto de alta desempeño. Paris: Lafayette.
- Reina, J. (2010). Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido. El Salvador.
- Rivva, E. (2002). Concretos de Alta Resistencia. Lima: ICG.
- Romo, M. (s.f.). Fundamentos del Hormigón Simple. Ecuador.
- UNICON. (s.f.). Concreto de Alta Resistencia UNICON, Profesionales en concreto, 1-2.
- ASTM C31. (2003). Fabricación y curado en la obra de especímenes de concreto para ensayo.
- ASTM C33. Especificación normalizada para agregados para concreto.
- ASTM C136. Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.
- ASTM C192. Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.

CAPÍTULO VIII

8. APÉNDICES Y ANEXOS

8.1. CÁLCULOS DE ENSAYOS DE MATERIALES

8.1.1. MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ DE 75 μm (N° 200) EN EL AGREGADO FINO

a) Fórmula a utilizar en el cálculo:

$$A = \frac{B-C}{B} * 100$$

A=Porcentaje del material más fino que el fino que el tamiz 75 μm (N°200)

B=masa original seca en gramos

C=masa seca después de lavado en gramos

Peso del recipiente=151 g

Masa inicial seca (B)=454 g

Masa inicial seca +recipiente=440 g

Masa final seca después de lavado(C)= 436 g

$$A = \frac{289 - 285}{289} * 100$$

$$A=1,3\%$$

El Agregado cumple con las normas

MATERIALES MAS FINOS QUE EL TAMIZ 75um	PORCENTAJE MÁXIMO EN MASA
Para hormigones sometido a abrasión	3
Para cualquier otro hormigón	5

8.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO Y GRUESO.

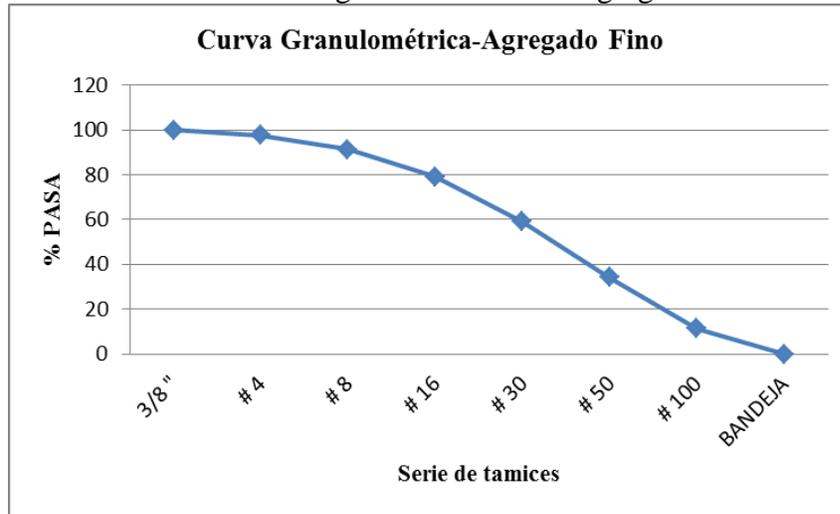
AGREGADO FINO (*Resumen*)

PESO DEL RECIPIENTE(g)	MASA SECA DE LA MUESTRA(g)	MASA SECA- RECIPIENTE(g)
394	776	382

TAMIZ	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	%RETENIDO REDONDEADO	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA
$\frac{3}{8}$	0	0	0	0	100
N°4	9	2	2	2	98
N°8	24	7	7	9	92
N°16	47	12	12	21	80
N°30	77	20	20	41	60
N°50	95	25	25	66	35
N°100	87	23	23	89	12
BANDEJA	43	11	11	100	1
SUMA	382	100	100		

TM	TNM	MÓDULO DE FINURA
$\frac{3}{8}$	N°8	2,23

Gráfico 1: Curva granulométrica del agregado fino



Elaborado por: Alex Salazar

AGREGADO FINO (Cálculos)

MASA INICIAL SECA (g)=382

a) CÁLCULO PARA MASA RETENIDA

MASA RETENIDA = MASA RETENIDA EN CADA TAMIZ - PESO DEL RECIPIENTE (g)

MASA RETENIDA=758-749

MASA RETENIDA=9 g

b) CÁLCULO DEL % RETENIDO

% RETENIDO

MASA INICIAL SECA	100%
MASA RETENIDA EN CADA TAMIZ	X

$$x = \frac{9 * 100}{382}$$

$$X=2$$

c) CÁLCULO DEL % RETENIDO ACUMULADO

% RETENIDO ACUMULADO = SUMA DEL % RETENIDO ENTRE EL PRIMERO CON EL SEGUNDO, EL SEGUNDO CON EL TERCERO Y ASÍ SUCESIVAMENTE

$$\% \text{RETENIDO ACUMULADO} = 0+2$$

$$\% \text{RETENIDO ACUMULADO} = 2\%$$

d) CÁLCULO DEL % PASA

$$\% \text{PASA} = 100\% - \% \text{RETENIDO ACUMULADO}$$

$$\% \text{PASA} = 100 - 2$$

$$\% \text{PASA} = 98\%$$

e) CÁLCULOS DEL TAMAÑO MÁXIMO

TAMAÑO MÁXIMO = ABERTURA DEL TAMIZ QUE PERMITE QUE PASE EL 100% DEL MATERIAL

$$\text{TAMAÑO MÁXIMO} = 3/8$$

f) CÁLCULOS DEL TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO = TAMAÑO DEL TAMIZ INMEDIATAMENTE SUPERIOR AQUEL CUYO PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO SEA MAYOR DEL 15%

$$\text{TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO} = \text{N}^{\circ} 8$$

g) CÁLCULO DEL MÓDULO DE FINURA

$$\text{MÓDULO DE FINURA} = \frac{\text{SUMATORIA \%RETENIDO ACUMULADO (SIN BANDEJA)}}{100}$$

$$\text{MÓDULO DE FINURA} = 223/100$$

$$\text{MÓDULO DE FINURA} = 2,23$$

El módulo de finura cumple con lo que indica la norma INEN 872 para áridos de hormigón.

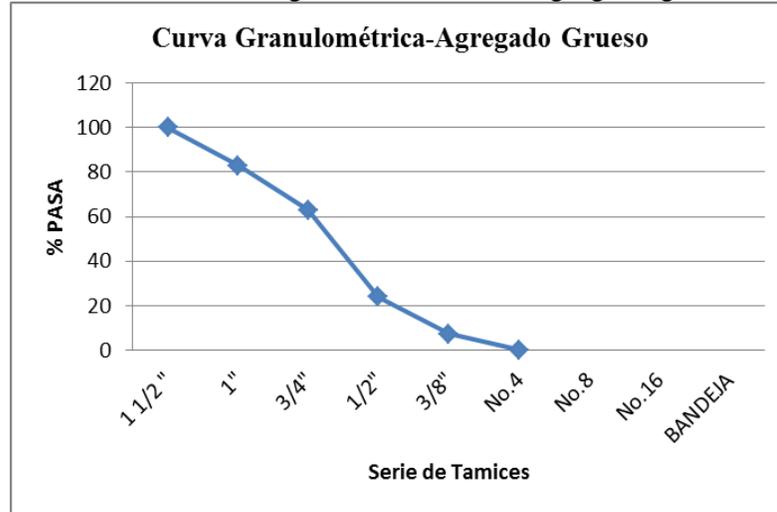
AGREGADO GRUESO

PESO DEL RECIPIENTE(g)	MASA SECA DE LA MUESTRA(g)	MASA SECA-RECIPIENTE(g)
498	2692	2194

TAMIZ	MASA RETENIDA (g)	% RETENIDO	% RETENIDO REDONDEADO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
1½	0	0	0	0	100
1	377	17	17	17	83
¾	434	20	20	37	63
½	859	39	39	76	24
⅜	364	17	17	93	7
Nº4	159	7	7	100	0
Nº8	1	0	0	0	0
BANDEJA	0	0	0	0	0
SUMA	2194	100	100	323	

TM	TNM	MÓDULO DE FINURA
1½	1½	3,23

Gráfico 2: Curva granulométrica del agregado grueso



Elaborado por: Alex Salazar

8.3. MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS. (Resumen).

MASA DEL RECIPIENTE DE 1/2pie ³ (kg)	MASA DEL RECIPIENTE DE 1pie ³	MASA DEL RECIPIENTE DE 1/2pie ³ +AGUA(kg)	MASA DEL RECIPIENTE DE 1/2pie ³ +AGUA(kg)
3,149	8,20	22,18	6,04

RECIPIENTE	VOLUMEN(m ³)	MASA DEL AGUA(Kg)
½	0,002	2,891
1	0,014	13,98

MUS	PESO 1 (kg)	PESO 2 (kg)	PROMEDIO(kg)
½	6,651	6,688	6,66
1	29,90	30,05	30,00
MUC			
½	6,905	6,902	6,90
1	32,15	30,65	31,40

AGREGADO	MUS	MUC	%VACÍOS
FINO	1755,50	1875,5	0,02
GRUESO	1557,14	1657,14	0,35

8.3.1. MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS (Cálculos-Agregado Grueso)

a) Masa unitaria (Agregado Grueso)

$$MUS \text{ Y } MUC = \frac{G - T}{V} \text{ Kg/m}^3$$

Dónde:

G=Masa del agregado más recipiente, en kg

T=Masa del recipiente expresado en kg

V=Volumen del recipiente expresado en m³

$$MUS \text{ Y } MUC = \frac{30,00 - 8,20}{0,014}$$

$$MUS = 1557,14 \text{ kg/m}^3$$

$$MUC = \frac{31,40 - 8,20}{0,014}$$

$$MUC = 1657,14 \text{ kg/m}^3$$

b) Porcentaje de vacíos (Agregado Grueso)

$$\%VACÍOS = \frac{S * W - M}{S * W}$$

M= Masa unitaria o masa compactada, en (kg/m³)

S= Gravedad específica o densidad relativa del agregado

W=Densidad del agua

$$\%VACÍOS = \frac{(2,40 * 998,35) - 1557,14}{2,40 * 998,35}$$

$$\%VACÍOS=0,35$$

c) Cálculos de volúmenes de recipientes

Agregado Grueso

INTERPOLACIÓN:

TEMPERATURA °C= (21,1-18,3) °C=2,8°C

DENSIDAD (kg/m³) = (998,54-997,94)=0,57 kg/m³

TEMPERATURA PARA INTERPOLAR (21,1-19,2)=1,9°C

2,8°C 0,57 kg/m³

1,9°C X

X=0,38

DENSIDAD DEL AGUA =997,97+0,38

DENSIDAD DEL AGUA=998,35 kg/m³

TEMPERATURA °C	DENSIDAD kg/m ³
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
23	997,54
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

$$\text{VOLUMEN} = \frac{\text{MASA DEL AGUA}}{\text{DENSIDAD DEL AGUA}}$$

MASA DEL AGUA=13,98 kg

DENSIDAD DEL AGUA=998,35 kg/m³

$$\text{VOLUMEN} = \frac{13,98}{998,35}$$

$$\text{VOLUMEN} = 0,014 \text{ m}^3$$

d) Masa unitaria (Agregado Fino)

$$\text{MUS} = \frac{6,66 - 3,149}{0,002}$$

$$\text{MUS} = 1755,5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{MUC} = \frac{6,90 - 3,149}{0,002}$$

$$\text{MUC} = 1875,50 \text{ kg/m}^3$$

e) Porcentaje de vacíos (Agregado Fino)

$$\% \text{VACÍOS} = \frac{S * W - M}{S * W}$$

$$\% \text{VACÍOS} = \frac{(1,81 * 998,35) - 1755,50}{1,81 * 998,35}$$

$$\% \text{VACÍOS} = 0,02$$

f) Cálculo de volumen de recipiente (Agregado fino)

MASA DEL AGUA=2,891 kg

DENSIDAD DEL AGUA=998,35 kg/m³

$$\text{VOLUMEN} = \frac{2,891}{998,35}$$

$$\text{VOLUMEN} = 0,002 \text{ m}^3$$

8.3.2. DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO.

TIPO DE MATERIAL	AGREGADO GRUESO
ORIGEN O FUENTE	MINA HORMIGONES MORENO
PROCEDIMIENTO UTILIZADO	CANASTILLA
MUESTRA SECA(g)	5534
MASA RECIPIENTE (g)	298
MASA(OD)+RECIPIENTE	5519
MASA (SSS)+RECIPIENTE	5600
MASA DE LA MUESTRA SUMERGIDA +CANASTILLA(g)	4728
MASA DE LA CANASTILLA	1598

a) Resumen

DENSIDADES	RESULTADOS
DENSIDAD RELATIVA (OD)	2,40
DENSIDAD RELATIVA (SSS)	2,44
DENSIDAD RELATIVA APARENTE	2,49
DENSIDAD (OD)	2396,04
DENSIDAD (SSS)	2435,97
ABSORCIÓN (%)	1,55
PESO ESPECÍFICO	2435,97
DENSIDAD APARENTE	2485,89

b) Fórmulas

(A) Masa de la muestra seca al horno (OD) (g)

(B) Masa de la muestra en estado (SSS) (g)

(C) Masa de la muestra sumergida (g)

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (OD)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA APARENTE} = \frac{A}{A - C}$$

DENSIDAD DEL AGUA A TEMPERATURA DE 19,2 ° C=998,35

$$\text{DENSIDAD APARENTE} = 998,35 \frac{A}{B - C}$$

$$\text{DENSIDAD (OD)} = 998,35 \frac{A}{B - C}$$

$$\text{DENSIDAD (SSS)} = 998,35 \frac{B}{B - C}$$

$$\text{ABSORCIÓN ABS (\%)} = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO} = \text{DENSIDAD (SSS)}$$

c) Cálculos

d) Densidad Relativa (OD)

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (OD)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (OD)} = \frac{(5519 - 298)}{(5600 - 298) - (4728 - 1598)}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (OD)} = 2,40$$

• **Densidad Relativa (SSS)**

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = \frac{5600 - 298}{(5600 - 298) - (4728 - 1598)}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = 2,44$$

• **Densidad Relativa Aparente**

$$\text{DENSIDAD RELATIVA APARENTE} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA APARENTE} = \frac{5519 - 298}{(5519 - 298) - (4728 - 1598)}$$

DENSIDAD RELATIVA APARENTE = 2,50

- **Densidad (OD)**

$$\text{DENSIDAD (OD)} = 998,35 \frac{(5519 - 298)}{(5600 - 298) - (4728 - 1598)}$$

$$\text{DENSIDAD (OD)} = 2396,04$$

- **Densidad (SSS)**

$$\text{DENSIDAD (SSS)} = 998,35 \frac{(5600 - 298)}{(5600 - 298) - (4728 - 1598)}$$

$$\text{DENSIDAD (SSS)} = 2435,37$$

- **Absorción**

$$\text{ABSORCIÓN ABS (\%)} = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$\text{ABSORCIÓN ABS (\%)} = \frac{5302 - 5221}{5221}$$

$$\text{ABSORCIÓN ABS (\%)} = 1,55$$

8.3.3. DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO FINO.

TIPO DE MATERIAL	AGREGADO FINO
ORIGEN O FUENTE	MINA HORMIGONES MORENO
PROCEDIMIENTO UTILIZADO	CONO PARA HUMEDAD SUPERFICIAL
MASA DEL RECIPIENTE(g)	299,00
MASA SECA AL HORNO + RECIPIENTE (g)	804,30
MASA DEL PICNÓMETRO LLENO DE AGUA (g)	1209,40
MASA DEL PICNÓMETRO LLENO DE LA MUESTRA (g)	1560,20
MASA DE LA MUESTRA (SSS)+RECIPIENTE (g)	629,00

a) Resumen

DENSIDADES	RESULTADOS
DENSIDAD RELATIVA (OD)	1,81
DENSIDAD RELATIVA (SSS)	2,26
DENSIDAD RELATIVA APARENTE	3,27
DENSIDAD (OD)	1807,01
DENSIDAD (SSS)	2256,25
ABSORCIÓN (%)	0,244
DENSIDAD APARENTE	3265,15

b) Cálculos

(A) Masa muestra seca al horno.

(B) Masa del picnómetro lleno de agua, hasta la muestra de calibración.

(C) Masa del picnómetro lleno con la muestra y agua, hasta la marca de calibración.

(S) Masa de muestra inicial en estado SSS.

c) Densidad Relativa (OD)

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (OD)} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (OD)} = \frac{(804,30 - 299)}{(1209,40 + 629 - 1560,20)}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (OD)} = 1,81$$

d) Densidad Relativa (SSS)

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = \frac{629}{1209,40 + 629 - 1560,20}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = 2,26$$

e) Densidad Relativa Aparente

$$\text{DENSIDAD RELATIVA APARENTE} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = \frac{(804,30 - 299)}{1209,40 + (804,30 - 299) - 1560,20}$$

$$\text{DENSIDAD RELATIVA (SSS)} = 3,27$$

f) Densidad (OD)

$$DENSIDAD(OD) = 998,35 * \frac{A}{B + S - C}$$

$$DENSIDAD(OD) = 1807,01$$

g) Densidad (SSS)

$$DENSIDAD (SSS) = 998,35 * \frac{S}{B + S - C}$$

$$DENSIDAD (SSS) = 2256,25$$

h) Densidad Aparente

$$DENSIDAD APARENTE = 998,35 \frac{A}{B + A - C}$$

$$DENSIDAD APARENTE = 998,35 \frac{(804,30 - 299)}{1209,40 + (804,30 - 299) - 1560,20}$$

$$\mathbf{DENSIDAD APARENTE = 3265,15 \text{ kg/m}^3}$$

i) Absorción

$$ABSORCIÓN \text{ ABS\%} = 100 * \frac{S - A}{A}$$

$$ABSORCIÓN \text{ ABS\%} = 100 * \frac{629 - 505,3}{505,3}$$

$$ABSORCIÓN \text{ ABS\%} = 0,244$$

8.4. CANTIDAD EVAPORABLE TOTAL DE HUMEDAD DEL AGREGADO MEDIANTE SECADO.

8.4.1. Resumen (Humedad)

FUENTE DE LA MUESTRA	HORMIGONES MORENO	HORMIGONES MORENO
TIPO DE MATERIAL	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
MASA DEL RECIPIENTE (g)	393	751
MASA INICIAL DEL AGREGADO + RECIPIENTE (g)	1935	6828
MASA SECA + RECIPIENTE(g)	1876	6813
MASA INICIAL DEL AGREGADO (g)	1542	6067
MASA SECA (g)	1483	6022
CANTIDAD EVAPORABLE	3,97	0,24

Calculo Agregado Fino:

$$P = 100 \frac{(W - D)}{D}$$

P=Cantidad evaporable total del agregado

W=Masa original del agregado

D=Masa seca de la muestra

$$P = 100 \frac{(1935 - 393) - (1876 - 393)}{(1876 - 393)}$$

$$P=3,97\%$$

Calculo Agregado Grueso:

$$P = 100 \frac{(6077 - 6062)}{6062}$$

$$P=0,24\%$$

8.5. DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO Y MASA UNITARIA DEL CEMENTO.

MASA DEL PICNÓMETRO (g)	A
MASA DEL PICNÓMETRO (g) +CEMENTO (g)	B
MASA DEL PICNÓMETRO (g) +CEMENTO (g)+GASOLINA(g)	C
MASA DEL PICNÓMETRO CALIBRADO (g)	D
MASA DEL CEMENTO	$E=B-A$
MASA DE LA GASOLINA	$F=D-A$
MASA DE LA GASOLINA HASTA LA MARCA DE CALIBRACIÓN	$G=C-B$
PESO ESPECÍFICO DE LA GASOLINA	$H=F/500$
VOLUMEN DE LA GASOLINA	$I=G/H$
VOLUMEN DEL CEMENTO	$J=500-I$
PESO ESPECÍFICO	$K=E/J$

- A) Masa del picnómetro vacío =157,10 g
- B) Masa del picnómetro + cemento=297,70 g
- C) Masa del picnómetro+ cemento + gasolina=627,80 g
- D) Masa del picnómetro calibrado=524,00 g

a) Masa del cemento

$$E=B-A$$

$$E= (297,70-157,10) \text{ g}$$

$$E=140,60 \text{ g}$$

b) Volumen de la gasolina

$$I=G/H$$

$$I=330,19/0,73$$

$$I=449,85 \text{ cm}^3$$

c) Peso específico

$$K=E/J$$

$$K=140,6/50,14$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO (K)} = 2,80 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{MUS DEL CEMENTO} = \frac{G - T}{V} * kg/m^3$$

$$\text{MUS DEL CEMENTO} = 1139.29 kg/m^3$$

8.6. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

8.6.1. DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN)

DATOS

Relación A/C	0,25	
# de cilindros	12	10 kg
Diseño	Hormigones Moreno	
Asentamiento (cm)	11	
% AG	64	
% AF	36	

(ASTM C192: 5.5.-
Número de especímenes:
Usualmente tres o más
especímenes son
moldeados para cada edad
de ensayo y condiciones de
ensayo, a menos que se
especifique de otra manera.

DESCRIPCIÓN	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
D _{ss} (g/cm ³)	2,26	2,44
% absorción	0,24	1,55
% humedad	3,97	0,24
δ a.comp (g/cm ³)	1,88	1,66
δ cemento (g/cm ³)	2,80	
δ suelta cemento (g/cm ³)	1,13	

CÁLCULOS

1.- **Agregado grueso**

AG (kg) =	120
-----------	-----

2.- **Agregado fino**

$$AF = \frac{\text{Peso } AG * \% \text{ mezcla } AF}{\% \text{ mezcla } AG}$$

AF (kg) =	67,50
-----------	-------

3.- **Porcentaje de vacíos de la mezcla**

$$d_{ss} = d_{ss}AF * \% \text{ mezcla } AF + D_{ss}AG * \% \text{ mezcla } AG$$

d _{ss} (g/cm ³) =	2,3752
--	--------

$$\% \text{ vacio} = 1 - \frac{d_{APARENTE(MEZCLA)}}{d_{SSS(MEZCLA)}}$$

% vacío =	20,85
------------------	-------

4.- Volumen aparente de la mezcla

$$Vol.ap.mezcla = \frac{Peso AG + Peso AF}{d_{ap.compactada}}$$

Vol. Ap. Mezcla (cm3)	99734,04
----------------------------------	----------

5.- Volumen de vacíos o de la pasta

$$Vol.pasta = \frac{Vol(mezcla) * \% \text{ vacio}}{100}$$

Vol. Pasta (cm3) =	20793,32
---------------------------	----------

6.- Relación A/C

A/C =	0,25
--------------	------

7.- Densidad de la pasta

$$Dp = \frac{1 + A/C}{\frac{1}{d_{cemento}} + A/C}$$

Dpasta (g/cm3) =	2,059
-------------------------	-------

8.- Peso de la pasta

$$Pp = (Vol.pasta * d \text{ pasta})$$

Pp (g) =	42809,78
-----------------	----------

9.- Cantidad de agua

$$Agua = \frac{P_{pasta} * A / C}{1 + A / C}$$

Agua (g) =	8561,96
------------	---------

10.- Cantidad de cemento

$$Cemento = \frac{P_{pasta} * 1}{1 + A / C}$$

Cemento (g) =	34247,82
---------------	----------

11. - Dosificación inicial

AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)
8,56	34,25	67,50	120

12.- Corrección por humedad

$$C_{AF} = \frac{P_{AF} * (100 + \% Humedad_{AF})}{100 + \% Abs_{AF}}$$

$$C_{AG} = \frac{P_{AG} * (100 + \% Humedad_{AFG})}{100 + \% Abs_{AG}}$$

CAF =	70,01	>	67,50	-2,51
CAG =	118,45	<	120	1,55
Cagua =	7,60			

13.- Dosificación final

AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)
7,598	34,248	70,012	118,452

14.- Redondeo

AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)
7,50	34,25	70,00	118,45
0,22	1	2,04	3,46

Fórmula a utilizar en el cálculo

Relación Agua-Cemento (A/C)

	AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	AF(kg)	AG(kg)
Dosificación	7,50	34,25	70,00	118,45
Unidades de cemento	0,22	1	2,04	3,46

Asentamiento (cm)	14	Antes de aditivo
Agua (kg)	3	
A/C =	0,25	

1.- Cantidad de cemento

C (kg)=	12,00
---------	-------

2.- Dosificación corregida

Agua (kg)	10,50
Cemento (kg)	46,25
AF (kg)	70,00
AG (kg)	118,45

3.- Unidades de cemento

Agua (kg)	0,23
Cemento (kg)	1,00
AF (kg)	1,51
AG (kg)	2,56

4.- Asentamiento Real

A(cm)	14	Antes de aditivo
-------	----	------------------

5.- Dosificación por m3

Densidad del hormigón

δ_H (kg/m ³) =	2800
-----------------------------------	------

6.- Cantidad de cemento

$$Cant.cemento = \frac{\delta_H}{(Agua + Cemento + AF + AG)}$$

Cant. Cemento (kg)	528,14
---------------------------	--------

7.- Dosificación por unidades de cemento corregido

Agua (kg)	119,90
Cemento (kg)	528,14
AF (kg)	799,35
AG (kg)	1352,61

8.- Cantidad de cemento por sacos

Cant. Cemento (sacos)	10,56
------------------------------	-------

9.- Dosificación al peso por cada saco de cemento

Agua (kg)	11,35
Cemento (kg)	50,00
AF (kg)	75,68
AG (kg)	128,05

10.- Dosificación en volumen aparente sin compactar por cada saco de cemento

Agua (kg)	11,35
Cemento (kg)	44,25
AF (kg)	33,48
AG (kg)	52,48

10.- Dosificación en unidades de cemento

AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)
11,35	44,25	33,48	52,48
0,26	1	0,76	1,19

Nota: En la primera iteración de cálculo para la dosificación óptima del CAR, no se obtuvo la resistencia de 50Mpa, por tanto se trabajó con otra relación de A/C.

8.6.2. DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (DOSIFICACIÓN ÓPTIMA)

DATOS

Relación A/C	0,20
# de cilindros	12
Diseño	Hormigones Moreno
Asentamiento (cm)	15
% AG	64
% AF	36

10 kg

(ASTM C192: 5.5.-

Número de especímenes:

Usualmente tres o más especímenes son moldeados para cada edad de ensayo y condiciones de ensayo, a menos que se especifique de otra manera.

DESCRIPCIÓN	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
D _{ss} (g/cm ³)	2,26	2,44
% absorción	0,24	1,55
% humedad	3,97	0,24
δ a.comp (g/cm ³)	1,88	1,66
δ cemento (g/cm ³)	2,80	
δ suelta cemento (g/cm ³)	1,13	

CÁLCULOS

1.- Agregado grueso

AG (kg) =	120
-----------	-----

2.- Agregado fino

$$AF = \frac{\text{Peso } AG * \% \text{ mezcla } AF}{\% \text{ mezcla } AG}$$

AF (kg) =	67,50
-----------	-------

3.- Porcentaje de vacíos de la mezcla

$$d_{ss} = d_{ss} \cdot AF * \% \text{ mezcla } AF + D_{ss} \cdot AG * \% \text{ mezcla } AG$$

dsss (g/cm3) =	2,3752
-----------------------	--------

$$\% \text{ vacio} = 1 - \frac{d_{\text{APARENTE(MEZCLA)}}}{d_{\text{SSS(MEZCLA)}}$$

% vacío =	20,85
------------------	-------

4.- Volumen aparente de la mezcla

$$\text{Vol.ap.mezcla} = \frac{\text{Peso AG} + \text{Peso AF}}{d_{\text{ap.compactada}}}$$

Vol. Ap. Mezcla (cm3)	99734,04
------------------------------	----------

5.- Volumen de vacíos o de la pasta

$$\text{Vol.pasta} = \frac{\text{Vol(mezcla)} * \% \text{ vacio}}{100}$$

Vol Pasta (cm3) =	20793,32
--------------------------	----------

6.- Relación A/C

A/C =	0,20
--------------	------

7.- Densidad de la pasta

$$Dp = \frac{1 + A/C}{\frac{1}{d_{\text{cemento}}} + A/C}$$

Dpasta (g/cm3) =	2,154
-------------------------	-------

8.- Peso de la pasta

$$Pp = (\text{Vol.pasta} * d_{\text{pasta}})$$

Pp (g) =	44785,62
-----------------	----------

9.- Cantidad de agua

$$Agua = \frac{P_{pasta} * A / C}{1 + A / C}$$

Agua (g) =	7464,27
------------	---------

10.- Cantidad de cemento

$$Cemento = \frac{P_{pasta} * 1}{1 + A / C}$$

Cemento (g) =	37321,35
---------------	----------

11. - Dosificación inicial

AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)
7,46	37,32	67,50	120

12.- Corrección por humedad

$$C_{AF} = \frac{P_{AF} * (100 + \% Humedad_{AF})}{100 + \% Abs_{AF}}$$

$$C_{AG} = \frac{P_{AG} * (100 + \% Humedad_{AFG})}{100 + \% Abs_{AG}}$$

CAF =	70,01	>	67,50	-2,51
CAG =	118,45	<	120	1,55
Cagua =	6,50			

13.- Dosificación final

AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	AF(kg)	AG(kg)
6,501	37,32	70,01	118,45

14.- Redondeo

AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	AF(kg)	AG(kg)
6,50	37,30	70,00	118,45
0,17	1	1,877	3,18

Fórmula a utilizar en el cálculo

Relación Agua-Cemento (A/C)

	AGUA (kg)	CEMENTO (kg)	AF(kg)	AG(kg)
Dosificación	6,50	37,30	70,00	118,45
Unidades de cemento	0,17	1	1,877	3,18

Asentamiento (cm)	18
Agua (kg)	6
A/C =	0,2

1.- Cantidad de cemento

C (kg)=	30,00
---------	-------

2.- Dosificación corregida

Agua (kg)	12,50
Cemento (kg)	67,30
AF (kg)	70,00
AG (kg)	118,45

3.- Unidades de cemento

Agua (kg)	0,19
Cemento (kg)	1,00
AF (kg)	1,04
AG (kg)	1,76

4.- Asentamiento Real

A(cm)	22
-------	----

5.- Dosificación por m3

Densidad del hormigón

δ_H (kg/m ³) =	2800
-----------------------------------	------

6.- Cantidad de cemento

$$Cant.cemento = \frac{\delta_H}{(Agua + Cemento + AF + AG)}$$

Cant. Cemento (kg)	702,48
---------------------------	--------

7.- Dosificación por unidades de cemento corregido

Agua (kg)	130,48
Cemento (kg)	702,48
AF (kg)	730,66
AG (kg)	1236,38

8.- Cantidad de cemento por sacos

Cant. Cemento	
(sacos)	14,05

9.- Dosificación al peso por cada saco de cemento

Agua (kg)	9,29
Cemento (kg)	50,00
AF (kg)	52,01
AG (kg)	88,00

10.- Dosificación en volumen aparente sin compactar por cada saco de cemento

Agua (kg)	9,29
Cemento (kg)	44,25
AF (kg)	23,01
AG (kg)	36,07

10.- Dosificación en unidades de cemento

AGUA (kg)	CEMENTO(kg)	AF(kg)	AG(kg)	ADITEC SF-106 (cm³)
9,29	44,25	23,01	36,07	531,00
0,21	1	0,52	0,82	

8.7. RESISTENCIAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN).

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN)

Mina =	Hormigones Moreno
f _c (MPa) =	50

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
1	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	176,71	47931,00	271,23	27,12
2	04/11/2015	11/11/2015	7	15,10	29,90	179,08	49891,00	278,60	27,86
3	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	176,71	52035,00	294,46	29,45
Promedio						177,50	49952,33	281,43	28,14

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN)

Mina =	Hormigones Moreno
f _c (MPa) =	50

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
4	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	30,00	176,71	63875,00	361,46	36,15
5	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	29,90	176,71	63832,00	361,22	36,12
6	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	30,00	176,71	66761,00	377,79	37,78
Promedio						176,71	64822,67	366,82	36,68

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN)

Mina =	Hormigones Moreno
f _c (MPa) =	50

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
7	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,00	176,71	72661,00	411,18	41,12
8	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,10	176,71	70687,00	400,01	40,00
9	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,00	176,71	71100,00	402,34	40,23
Promedio						176,71	71482,67	404,51	40,45

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN)

Mina =	Hormigones Moreno
f _c (MPa) =	50

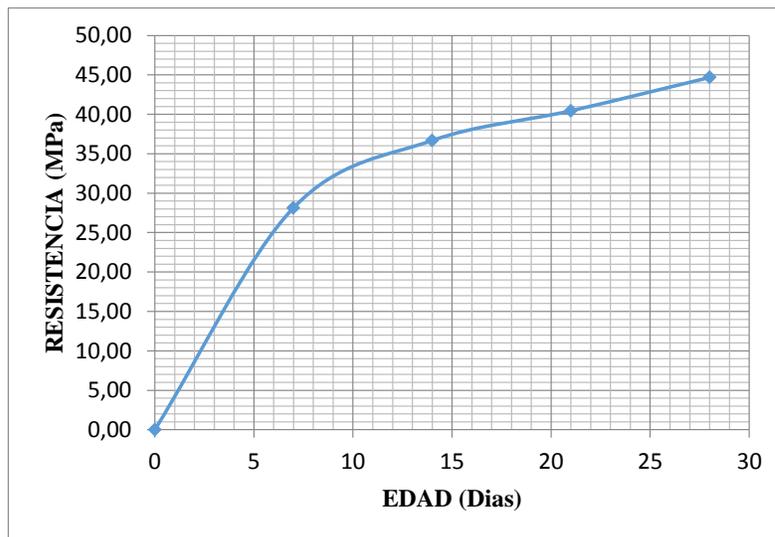
No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
10	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	79727,00	451,16	45,12
11	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	78216,00	442,61	44,26
12	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	78895,00	446,45	44,65
Promedio						176,71	78946,00	446,51	44,65

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (PRIMERA ITERACIÓN)

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
A	04/11/2015	04/11/2015	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	177,50	49952,33	281,42	28,14
C	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	30,00	176,71	64822,67	366,82	36,68
D	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,10	176,71	71482,67	404,51	40,45
E	04/11/2015	02/12/2015	28	15,10	30,00	176,71	78946,00	4446,51	44,65

Nota: En la primera iteración de cálculo para la dosificación óptima del CAR, no se obtuvo la resistencia de 50Mpa, por tanto se trabajó con otra relación de A/C; para de esta manera cumplir con el objetivo de la investigación.

Resistencia vs. Tiempo



8.8. RESISTENCIAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA (DOSIFICACIÓN ÓPTIMA).

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Mina =	Hormigones Moreno
f_c (MPa) =	50

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
1	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	176,71	60967,00	345,00	34,50
2	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	176,71	61655,00	348,90	34,89
3	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	176,71	60050,00	339,81	33,98
Promedio						176,71	60890,67	344,57	34,46

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Mina =	Hormigones Moreno
f _c (MPa) =	50

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
4	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	30,00	176,71	76970,00	435,56	43,56
5	04/11/2015	18/11/2015	14	15,10	29,90	179,08	80180,00	447,74	44,77
6	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	30,00	176,71	79152,00	447,91	44,79
Promedio						177,50	78767,33	443,74	44,37

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Mina =	Hormigones Moreno
f _c (MPa) =	50

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
7	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,00	176,71	88022,00	498,10	49,81
8	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,00	176,71	87510,00	495,21	49,52
9	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,00	176,71	85741,00	485,19	48,52
Promedio						176,71	87091,00	492,83	49,28

RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

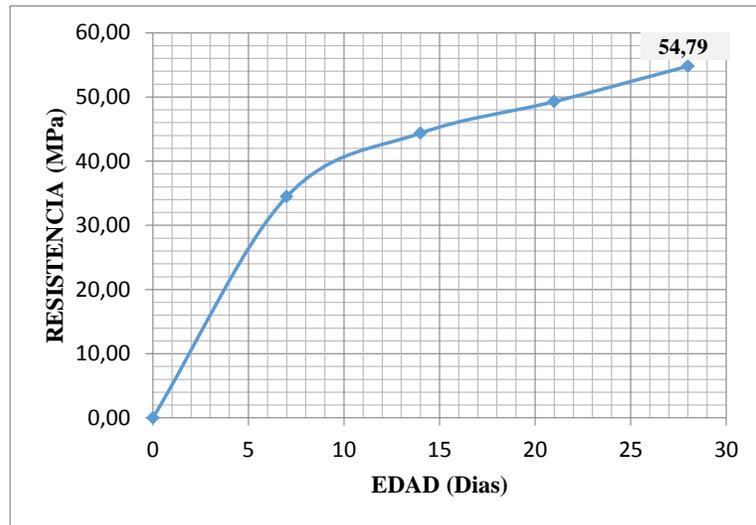
Mina =	Hormigones Moreno
f _c (MPa) =	50

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
10	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	97370,00	551,00	55,10
11	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	97190,00	549,98	55,00
12	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	96458,00	542,82	54,28
Promedio						176,71	97006,00	547,93	54,79

RESUMEN (RESISTENCIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA)

No. CILINDROS	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c (MPa)
				D (cm)	h (cm)				
A	04/11/2015	04/11/2015	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	04/11/2015	11/11/2015	7	15,00	30,00	176,71	60890,67	344,57	34,46
C	04/11/2015	18/11/2015	14	15,00	30,00	177,50	78767,33	443,75	44,37
D	04/11/2015	25/11/2015	21	15,00	30,10	176,71	87091,00	492,83	49,28
E	04/11/2015	02/12/2015	28	15,00	30,00	176,71	97006,00	547,93	54,79

Resistencia vs. Tiempo



8.9. MÓDULO DE ELASTICIDAD

8.9.1. CONCRETO NORMAL (210 kg/cm²)

$$E = 15000\sqrt{f'c}$$

f'c (MPa) =	21,00
f'c (kg/cm ²) =	210,00

E (kg/cm²) =	217370,65
--------------------------------	------------------

8.9.2. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

$$E = 15000\sqrt{f'c}$$

f_c (MPa) =	54,79
f_c (kg/cm ²) =	547,93
E (kg/cm ²) =	351120,11

8.10. RELACIÓN COSTO – BENEFICIO, DEL CONCRETO NORMAL vs. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.

8.10.1. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DEL CONCRETO NORMAL

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : 1

UNIDAD: M3

DETALLE: CONCRETO NORMAL (210 kg/cm²)

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0,20
Concretera	1,00	3,50	3,50	1,000	3,50
SUBTOTAL M					3,70

MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
MAESTRO DE OBRA EO C1	1,00	3,57	3,57	1,000	3,57
ALBAÑIL EO D2	1,00	3,22	3,22	1,000	3,22
PEON EO E2	6,00	3,18	19,08	1,000	19,08
SUBTOTAL N					25,87

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
CEMENTO	saco	7,000	7,60	53,20
AGREGADO FINO (ARENA DE RÍO)	m3	0,650	10,00	6,50
AGUA	m3	0,600	1,00	0,60
AGREGADO GRUESO (CANTO RODADO)	m3	0,950	10,00	9,50
SUBTOTAL O				69,80

TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	99,37
INDIRECTOS (%) 25,00%	24,84
COSTO TOTAL DEL RUBRO	124,21
VALOR	124,21

8.10.2. ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO : 2

UNIDAD: M3

DETALLE: CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 5% de M.O.					0,20
Concretera	1,00	3,50	3,50	5,000	17,50
SUBTOTAL M					17,70

MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
MAESTRO DE OBRA EO C1	1,00	3,57	3,57	5,000	17,85
ALBAÑIL EO D2	1,00	3,22	3,22	5,000	16,10
PEON EO E2	6,00	3,18	19,08	5,000	95,40
SUBTOTAL N					129,35

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
CEMENTO	saco	14,000	7,60	106,40
AGREGADO FINO (ARENA DE RÍO)	m3	0,520	10,00	5,20
AGUA	m3	0,210	1,00	0,21
AGREGADO GRUESO (CANTO RODADO)	m3	0,820	10,00	8,20
ADITEC SF-106	lt	7,430	6,00	44,58
SUBTOTAL O				164,59

TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
SUBTOTAL P				0,00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	311,64
INDIRECTOS (%) 25,00%	77,91
COSTO TOTAL DEL RUBRO	389,55
VALOR	389,55

8.11. REGISTRO FOTOGRÁFICO

REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (INEN 696, ASTM C136, ASTM C33)



CONTENIDO DE HUMEDAD (INEN 862)



REGISTRO FOTOGRÁFICO

MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS (INEN 858)



**DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS (INEN 856, INEN 857)
AGREGADO GRUESO**

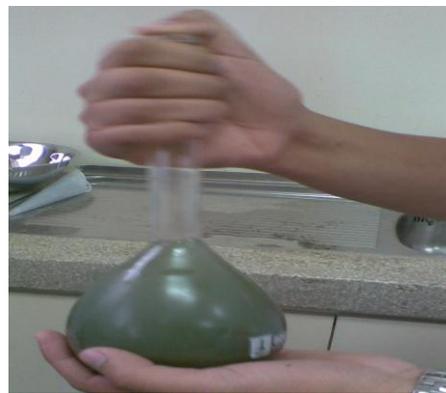


REGISTRO FOTOGRÁFICO

AGREGADO FINO



PESO ESPECÍFICO Y MASA UNITARIA SUELTA DEL CEMENTO



REGISTRO FOTOGRÁFICO

ELABORACIÓN DE LA MEZCLA



ASENTAMIENTO



REGISTRO FOTOGRÁFICO

ELABORACIÓN DE CILINDROS



CILINDROS EN LA PISCINA DE CURADO



ROTURA DE CILINDROS



ROTURA DE CILINDROS



RESISTENCIA OBTENIDA (CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA-PRIMERA ITERACIÓN)

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 469.72 kN
Vel-Esf: 0.22 MPa/s
Esfuerzo: 27.12 MPa

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 488.93 kN
Vel-Esf: 0.23 MPa/s
Esfuerzo: 27.86 MPa

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 509.94 kN
Vel-Esf: 0.25 MPa/s
Esfuerzo: 29.45 MPa

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 625.98 kN
Vel-Esf: 0.30 MPa/s
Esfuerzo: 36.15 MPa

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 625.55 kN
Vel-Esf: 0.30 MPa/s
Esfuerzo: 36.12 MPa

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 654.26 kN
Vel-Esf: 0.31 MPa/s
Esfuerzo: 37.78 MPa

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 692.73 kN
Vel-Esf: 0.33 MPa/s
Esfuerzo: 40.00 MPa

COMP. CIL. 150x300mm.
Fuerza: 712.08 kN
Vel-Esf: 0.34 MPa/s
Esfuerzo: 41.12 MPa

RESISTENCIA OBTENIDA (CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA-PRIMERA ITERACIÓN)

COMP.CIL.150x300mm
Fuerza: 696.78 kN
Vel-Esf: 0.33 MPa/s
Esfuerzo: 40.23 MPa

COMP.CIL.150x300mm.
Fuerza: 781.32 kN
Vel-Esf: 0.37 MPa/s
Esfuerzo: 45.12 MPa

COMP.CIL.150x300mm.
Fuerza: 766.52 kN
Vel-Esf: 0.33 MPa/s
Esfuerzo: 44.25 MPa

COMP.CIL.150x300mm
Fuerza: 773.17 kN
Vel-Esf: 0.34 MPa/s
Esfuerzo: 44.65 MPa

RESISTENCIA OBTENIDA (CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA-DOSIFICACIÓN ÓPTIMA)

COMP.CIL.150x300mm
Fuerza: 597.48 kN
Vel-Esf: 0.29 MPa/s
Esfuerzo: 34.58 MPa

COMP.CIL.150x300mm
Fuerza: 604.22 kN
Vel-Esf: 0.30 MPa/s
Esfuerzo: 34.89 MPa

COMP.CIL.150x300mm.
Fuerza: 588.49 kN
Vel-Esf: 0.28 MPa/s
Esfuerzo: 33.98 MPa

COMP.CIL.150x300mm
Fuerza: 754.31 kN
Vel-Esf: 0.36 MPa/s
Esfuerzo: 43.56 MPa

COMP.CIL.150x300mm
Fuerza: 775.69 kN
Vel-Esf: 0.38 MPa/s
Esfuerzo: 44.79 MPa

COMP.CIL.150x300mm.
Fuerza: 785.76 kN
Vel-Esf: 0.37 MPa/s
Esfuerzo: 44.77 MPa

RESISTENCIA OBTENIDA (CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA-DOSIFICACIÓN ÓPTIMA)



8.12. ANEXOS.

8.12.1. HOJA TÉCNICA DE ADITIVO ADITEC SF-106.

DESCRIPCIÓN:

Aditivo líquido superplastificante, reductor de agua de alto rango.

DATOS TÉCNICOS:

Densidad (g/cm³): 1.17 ± 0.01
 pH: 12 a 13
 Líquido color pardo.
 No contiene cloruros.
 Cumple los requerimientos de la norma ASTM C-494, Tipo F.

USOS:

- ADITEC SF-106 es recomendado para todos los hormigones donde se requiera características de fraguado normal, alta plasticidad y desarrollo rápido de resistencias.
- El SF-106 es compatible con los cementos Portland que cumplen con las especificaciones ASTM, ASSHTO, o JCRD.
- El SF-106 no promueve la corrosión del acero de refuerzo en el concreto, no daña el concreto prefabricado o el concreto vaciado en el sistema de losas y techos hechos de acero galvanizado.
- El SF-106 incrementa la retención del asentamiento, este permite que sea dosificado en planta de concreto.

MODO DE EMPLEO:

Adicionarlo al hormigón o mortero con la última parte del agua de amasado y extender el tiempo de mezclado un mínimo de 5 minutos hasta obtener una mezcla fluida.

Nunca añadir directamente al cemento o a los agregados secos.

DOSIFICACIÓN:

Se recomienda entre 400 a 800 cc por saco de cemento de 50 kg.

BENEFICIOS:

- Mejores resistencias inicial y final que con otros aditivos superplastificantes.
- Mayor módulo de elasticidad.
- Confiabilidad en la integridad estructural del concreto terminado.

RECOMENDACIONES:

Se recomienda hacer ensayos con los materiales a usar y en las condiciones de la obra para determinar la dosis óptima.

La dosificación dependerá del incremento de asentamiento y resistencia requeridos.

La elaboración del hormigón fluido exige una buena distribución granulométrica del agregado.

GUAYAQUIL: Km 6½- Av. Juan Tarma Marengo, Calle 3ra. TELÉFONOS: (04)225 4160 – 225 4021
 CASHLA: 09-01-10857. E-MAIL: servicio@aditec-ec.com
 QUITO: Tadeo Benítez OE 1-942 y Vicente Duque. TELÉFONOS: (02)247 9552 – 280 8776.
 E-MAIL: clientes.QUITO@aditec-ec.com
 CUENCA: Av. de las Américas y Daniel Alvarado. TELÉFONO: (07)284 1590
www.aditec-ec.com



PRECAUCIONES:

Dosificaciones superiores a las recomendadas pueden causar retardo.

PRESENTACIÓN:

Envase plástico de 20 kg.
Envase metálico de 240 kg.

ALMACENAMIENTO:

Un año en el envase cerrado y en sitio fresco y bajo techo.

ADITEC ECUATORIANA Cía. Ltda. mantiene la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo.

AD-01/03-2009

Aditec
Círculo de Gestión del Cliente

ADITEC SF-106
Superplastificante de hormigón



GUAYAQUIL: Km 6½- Av. Juan Tena Marmago, Calle 3ra. TELEFONOS: (04)225 4160 – 225 4021
CASHLA: 09-01-10857. E-MAIL: servicio@aditec-ec.com
QUITO: Tadeo Benítez OE 1-942 y Vicente Duque. TELEFONOS: (02)247 9552 – 280 8776.
E-MAIL: plasticos@aditec-ec.com
CUENCA: Av. de las Américas y Daniel Alvarado. TELEFONO: (07)284 1590
www.aditec-ec.com

HOJA DE SEGURIDAD DE SF 106

ADITEC ECUATORIANA CÍA. LTDA.



1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y DEL PROVEEDOR:		MSDS Nº: 39
NOMBRE COMERCIAL:	ADITIVO	TELÉFONOS DE EMERGENCIA: 6026090 - 6026088- 6026085
NOMBRE QUÍMICO:	MEZCLA	
SINÓNIMOS:	N/A	
USO RECOMENDADO DEL PRODUCTO QUÍMICO Y RESTRICCIONES DE USO: ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE		
NOMBRE DEL PROVEEDOR:	ADITEC ECUATORIANA CIA LTDA.	
DIRECCIÓN DEL PROVEEDOR:	Km 5 1/2 Juan Tanco Marango y Calle 3ra.	
TELÉFONOS DEL PROVEEDOR:	6026090	
FÓRMULA QUÍMICA:	MEZCLA	
NÚMERO DE CAS:	N/A	
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN SGA:		

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROSOS:			
CLASIFICACIÓN SGA DE LA SUSTANCIA / MEZCLA: 3 CLASES			
ELEMENTOS DE LA ETIQUETA SGA. INCLUIDAS RECOMENDACIONES DE PREVENCIÓN Y PRECAUCIÓN:			
SÍMBOLOS O DESCRIPCIÓN DE LOS PELIGROS: Nocivo en caso de ingestión.			

3. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS:					
SUSTANCIA	%	NUM. CAS*	LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL		
			TLV*	TLV-TWA*	
sal de polifosfato de sodio	78-92	36 290-04-7			

4. PRIMEROS AUXILIOS	
INHALACIÓN: X	CONTACTO CON LA PIEL: X
CONTACTO CON LOS OJOS: X	INGESTIÓN: X
INHALACIÓN:	Puede causar irritación a las vías respiratorias.
CONTACTO CON LA PIEL:	Puede causar una leve irritación a la piel.
CONTACTO CON LOS OJOS:	Puede causar una leve irritación
INGESTIÓN:	Puede ser perjudicial si es ingerido.
OTROS: (CARCINOGENESIS, MUTAGÉNESIS, TETRAOGENESIS, ETC)	N/A
SOBREEXPOSICIÓN REPETIDA:	CAUSA REACCIÓN ALÉRGICA /SENSIBILIZACIÓN, EFECTOS CUTÁNEOS ADVERSOS (COMO AGOTAMIENTO DE LA GRASA, ERUPCIÓN O IRRITACIÓN),N/A
PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS	
INHALACIÓN: Mover a la persona a un lugar fresco y ventilado. Busque atención médica si la persona no se siente bien, mantener abiertas las vías respiratorias. Afloje la ropa, como un collar, una corbata, un cinturón	
CONTACTO CON LA PIEL: Lavarse la piel con abundante agua. Quitar la ropa y zapatos contaminados y enjuagarse con bastante agua. Si la irritación persiste ir al médico.	
CONTACTO CON LOS OJOS: No permitir frotarse los ojos, enjuagarse inmediatamente los ojos con agua por varios minutos permitiendo el levantar y bajar los párpados de y siga enjuagando, si persiste la irritación ocular, consulte al médico.	
INGESTIÓN: Lavar la boca con agua , remover la dentadura si tiene. Si la persona esta consciente dar de tomar agua al ambiente pequeñas cantidades pero si se siente mal dejar de darle agua. No inducir al vómito, nunca dar nada a una persona inconsciente.	
INFORMACIÓN PARA EL MÉDICO: Sin peligros que requieren medidas especiales de primeros auxilios.	

HOJA DE SEGURIDAD DE SF 106

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

ES INFLAMABLE ?		PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C): N/A	TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C): NO HAY DATOS	
SI:	NO: X		LIM. SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD(%)	NO HAY DATOS
LIM. INFERIOR DE INFLAMABILIDAD(%)	NO HAY DATOS	MEDIOS DE EXTINCIÓN RECOMENDADOS:		
CO ₂		POLVO QUÍMICO SECO X		AGUA PULVERIZADA X
ESPUMA		OTROS		NO APLICABLE
PROCEDIMIENTOS ESPECIALES PARA COMBATIR INCENDIOS:		UTILIZAR AGUA EN FORMA DE LLOVINA O NEBLINA		
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:		MASCARILLA DE GASES, GUANTES, GAFAS, BOTAS		
PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA:		NO SE DESCOMPONE		

6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL:

PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA:	AISLAR EL ÁREA
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL QUE DEBE USARSE:	MASCARILLA DE GASES, GUANTES, GAFAS, BOTAS
PRECAUCIONES MEDIOAMBIENTALES:	NO BOTAR AL AMBIENTE
MÉTODO Y MATERIALES DE AISLAMIENTO Y LIMPIEZA:	RECOGER CON ARENA SECA Y GUARDARLA EN UN TANQUE

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

DURANTE LA MANIPULACION:	NO COMER, BEBER O FUMAR.
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO SEGURO:	MANTENER EN UN ÁREA VENTILADA
INCOMPATIBILIDADES:	NINGUNA
OTRAS PRECAUCIONES:	N/A

8. CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN INDIVIDUAL

CONTROL DE INGENIERÍA APROPIADOS:	VENTILACIÓN ADECUADA
VENTILACIÓN LOCAL:	EN TODA EL ÁREA.
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:	MASCARILLA DE GASES, GUANTES, GAFAS, BOTAS
PROTECCIÓN RESPIRATORIA:	MASCARILLA DE GASES
PROTECCIÓN DE OJOS:	GAFAS
PROTECCIÓN DE LAS MANOS:	GUANTES DE NEOPRENO
OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:	N/A
PARAMETROS DE CONTROL:	LIMITES O VALORES DE CORTE O EXPOSICION OCUPACIONALES O BIOLÓGICOS.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

ESTADO FÍSICO:	LÍQUIDO	
APARIENCIA Y COLOR:	líquido color pardo	
TEMPERATURA DE FUSIÓN (°C):	NO DETERMINADO	
TEMPERATURA DE EBULICIÓN (°C):	NO DETERMINADO	
SOLUBILIDAD EN AGUA:	soluble	
OLOR:	CARACTERÍSTICO	
% DE VOLÁTILES POR VOLUMEN:	NO DETERMINADO	
PRESION DE VAPOR A 20°C (mm de Hg):	NO DETERMINADO	
DENSIDAD DE VAPOR:	MÁS PESADO QUE EL AIRE: x	MÁS LIVIANO QUE EL AIRE:
TASA DE EVAPORACIÓN:	MÁS RÁPIDO:	MÁS LENTO QUE EL BUTIL ACETATO: x
DENSIDAD RELATIVA:	1.16 - 1.20	
pH:	12 A 13	
SOLUBILIDAD (ES):	EN AGUA	
COEFICIENTE DE REPARTO N-OCTANO/AGUA:	N/A	
TEMPERATURA DE IGNICIÓN ESPONTÁNEA:	N/A	
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN:	N/A	

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD		
ESTABILIDAD QUÍMICA:	ESTABLE: x	INESTABLE:
POSIBILIDADES DE REACCIONES PELIGROSAS:	N/A	
MATERIALES INCOMPATIBLES:	agentes oxidantes fuertes, ácidos fuertes y bases fuertes.	
PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA:	N/A	
POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:	OCURRIRÁ:	NO OCURRIRÁ: X
CONDICIONES QUE SE DEBEN EVITAR:	contacto con agentes oxidantes.	

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA	
DESCRIPCIÓN:	LD50> 2000mg/kg. oral
INFORMACIÓN SOBRE LAS VÍAS PROBABLES DE EXPOSICIÓN:	N/A
SINTOMAS RELACIONADOS CON LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y TOXICOLÓGICAS:	N/A
EFFECTOS INMEDIATOS, RETARDADOS Y CRÓNICAS PRODUCIDOS POR UNA EXPOSICIÓN A CORTO Y LARGO PLAZO:	Posible irritación en la piel
MEDIDAS NUMÉRICAS DE TOXICIDAD:	N/A

12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA	
BIOGRADABILIDAD/PERSISTENCIA:	DBO 5 es 24000 mg/lit (para 94% sólidos.)
BIOTOXICIDAD:	NO HAY DATOS
POTENCIAL DE BIOACUMULACIÓN:	NO HAY DATOS
MOVILIDAD EN EL SUELO:	NO HAY DATOS
OTROS EFECTOS ADVERSOS:	NO HAY DATOS
COMPORTAMIENTO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO:	NO HAY DATOS

13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE PRODUCTOS	
	Evitar la dispersión de material derramado, su contacto con el suelo, el
	ENVIARLOS A INCINERAR
PROCEDIMIENTOS DE MANEJO Y MÉTODOS DE ELIMINACIÓN:	
PROCEDIMIENTOS DE ELIMINACIÓN DE RECIPIENTES CONTAMINADOS:	ENVIARLOS A INCINERAR

14. INFORMACIÓN RELATIVA DE TRANSPORTE	
DESIGNACIÓN OFICIAL DE TRANSPORTE DE LAS NACIONES UNIDAS:	
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN: NU	NO REGULADO
CLASES DE PELIGROS EN EL TRANSPORTE:	N/A
GRUPO DE EMBALAJE/ENVASE SI SE APLICA:	N/A
CONTAMINANTE MARINO (SI / NO):	SI
PRECAUCIONES ESPECIALES DURANTE EL TRANSPORTE:	NINGUNA

15. INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN	
SALUD 2	INFLAMABILIDAD 0

16. OTRA INFORMACIÓN	
LA INFORMACIÓN FACILITADA SE CONSIDERA CORRECTA Y CONFIABLE, PERO SE PRESENTA SIN GARANTÍA O RESPONSABILIDAD POR	

ELABORADO POR:	HENRY PESANTES	FECHA:	01/06/2015
REVISADO POR:	MARIA DE LOURDES PACHECO	FECHA:	08/06/2015

ADITEC ECUATORIANA

—TARJETA DE EMERGENCIA

NOMBRE COMERCIAL DEL MATERIAL:

SF-106

MSDS* No.39

DESCRIPCIÓN: LÍQUIDO PARDOS USADO COMO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE ALTO REDUCTOR DE AGUA

RIESGOS DEL PRODUCTO EN CASO DE DERRAME: Evitar contacto con agentes oxidantes fuertes. Evitar exceso de calor.

PROTECCIÓN BÁSICA RECOMENDADA: APARATO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMO CON MASCARILLA FACIAL COMPLETA Y TRAJE PROTECTOR

EN CASO DE ACCIDENTE

SI OCURRE ESTO

HAGA LO SIGUIENTE

DERRAMES O FUGAS

Evitar comer, fumar, beber en las áreas donde se manipula el producto, ventilación apropiada, no ingerir, evitar el contacto con ojos y piel, lavar la piel contaminada. Evitar que el producto vaya al alcantarillado.

FUEGO

Podrían existir los siguientes productos de combustión: SO₂ y SO₃, óxidos de carbono CO y CO₂. Puede producir vapores tóxicos. Extinguir con cualquier Extintor de PQ3, CO₂, agua.

EXPOSICIÓN

Mover a la persona a un lugar fresco y ventilado. Busque atención médica si la persona no se siente bien, mantener abiertas las vías respiratorias. Afloje la ropa, como un collar, una corbata, un cinturón. Retirar la ropa contaminada, lavar con abundante agua las zonas afectadas piel, ojos. Si la persona está inconsciente dar de tomar agua a temperatura ambiente.

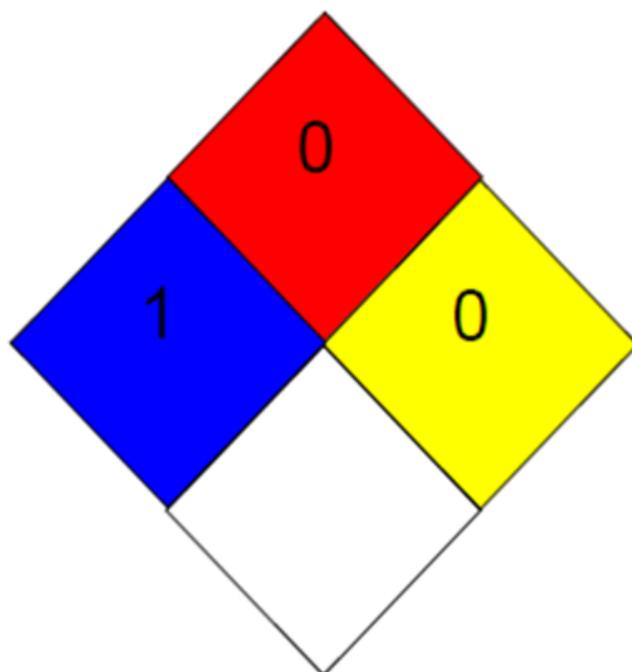
ELABORADO POR : HENRY PESANTES

FECHA: 01 DE JUNIO DEL 2015

HOJA DE SEGURIDAD DE SF 106

ANEXO D
MODELO DE ROTULO DE RIESGO
ROMBO DE IDENTIFICACION N.F.P.A 704 HAZMAT

ETIQUETA PARA LOS ENVASES



NOTA: LAS ETIQUETAS PARA ENVASES :

- * NO DEBEN SER MENORES A LOS 100MM POR 100MM.
- * EL COLOR INDICA EL TIPO DE RIESGO EXISTENTE CON LAS SUSTANCIAS Y EL NÚMERO INDICA EL NIVEL DE RIESGO.