



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO
RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CÁLIDO**

Herson Waldemar Martínez Tecún
Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, enero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO
RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CÁLIDO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HERSON WALDEMAR MARTÍNEZ TECÚN

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2010

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

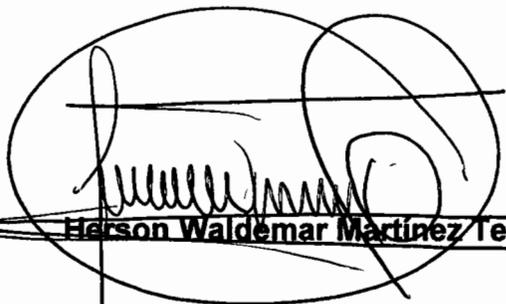
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Beber Aceituno
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CÁLIDO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de noviembre de 2008.



Herson Waldemar Martínez Tecun



Guatemala, 05 de Noviembre de 2 009

Ingeniero Sydney Alexander Samuels Milson
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECTOR

Ingeniero Samuels

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACION DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CÁLIDO**, elaborado con el estudiante **Herson Waldemar Martínez Tecùn**, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante Martínez Tecùn satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Inga. Dilma Yánet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA

Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera Civil
Col. 5947



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 19 de noviembre de 2009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

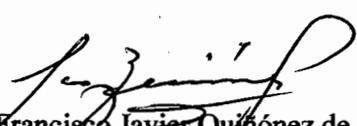
Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Evaluación del uso de aditivo reductor de agua de alto rango en concretos elaborados en clima cálido”**, realizado por el estudiante universitario **Herson Waldemar Martínez Tecún**, quien contó con la asesoría de la Ingeniera Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Martínez Tecún** cumple con los propósitos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES

USAC

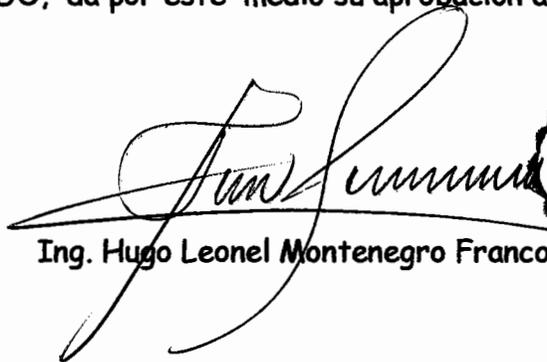
Cc archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Herson Waldemar Martínez Tecún, titulado EVALUACIÓN DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CÁLIDO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero de 2010

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CÁLIDO**, presentado por el estudiante universitario **Herson Waldemar Martínez Tecún**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, enero de 2010

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres:

Waldemar Martínez Franco y Ana Maria Tecún, con todo mi corazón les dedico este triunfo y gracias por apoyarme que Dios siempre los cuide.

Mis hermanos:

Yolanda, Roxana y Rócael, gracias por la ayuda y el apoyo brindado durante estos años de mi vida

Mis sobrinos:

Katy, Kimberly, Danilo y Fernanda, con mucho cariño.

Mis amigos:

Gracias por su amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS:	Gracias por darme fuerzas cuando las necesitaba, y haberme iluminado en esta parte de mi vida tan importante.
La Usac:	Templo del saber, gracias por la educación obtenida y formar de mí un profesional con deseo de aportar mi granito de arena y poder ayudar a mi querida Guatemala.
Mi asesora:	Por la ayuda y el tiempo tan valioso que le dedico a mi trabajo de graduación.
Dirección General de Caminos:	Gloriosa institución, gracias por brindarme un trabajo y proporcionarme la ayuda necesaria durante mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. CONCRETO	1
1.1. Definición	1
1.2. Generalidades	1
1.3. Tipos	1
1.3.1. Según su aplicación	1
1.3.2. Por su composición	2
1.3.3. Por su resistencia	2
1.3.4. Tempos de fraguado	2

1.3.5.	Peso unitario	3
1.3.6.	Apariencia	3
1.4.	Componentes	4
1.4.1.	Cemento	4
1.4.1.1.	Definición	4
1.4.1.2.	Fineza	4
1.4.1.2.1.	Ensayo Blaine de permeabilidad al aire (ASTM C-204)	4
1.4.1.3.	Usos	5
1.4.2.	Agua	6
1.4.3.	Agregados	7
1.4.3.1.	Definición	7
1.4.3.2.	Granulometría al agregado fino	7
1.4.3.3.	Granulometría al agregado	8
1.4.3.4.	Forma y textura superficial	8
1.4.3.5.	Características	9
1.4.4.	Aire	12
1.4.5.	Aditivos	13

1.5.	Control de calidad del concreto	13
1.5.1.	Definición	13
1.5.2.	Control de calidad al concreto fresco, en laboratorio.	13
1.5.3.	Ensayos para el control de calidad de los agregados	14
1.5.3.1.	Agregado grueso	14
1.5.3.2.	Agregado fino	14
1.5.4.	Tipos	15
1.5.4.1.	Trabajabilidad (ASTM C – 143)	15
1.5.4.1.1.	Definición	15
1.5.4.1.2.	Tipos	15
1.5.4.2.	Masa unitaria	16
1.5.4.3.	Temperatura (ASTM C-1064)	17
1.5.4.4.	Contenido de aire (ASTM C-136)	17
1.5.4.4.1.	Tipos	18
1.5.4.5.	Velocidad de endurecimiento (ASTM-403)	18
1.5.5.	Estado endurecido	19
1.5.5.1.	Ensayo a compresión	19
1.5.5.2.	Ensayo a flexión	19

	1.5.5.3.	Ensayos no destructivos	20
1.6.		Influencia del clima en el comportamiento del concreto	23
	1.6.1.	Dosificación	23
	1.6.2.	Mezclado	24
	1.6.3.	Transporte	24
	1.6.4.	Colocación	25
	1.6.5.	Curado	25
	1.6.6.	Clima cálido	25
		1.6.6.1. Definición	25
		1.6.6.2. Alta temperatura ambiental	26
		1.6.6.3. Temperatura del concreto	26
		1.6.6.3.1. Temperatura del cemento	26
		1.6.6.3.2. Temperatura de los agregados	27
		1.6.6.3.3. Temperatura del agua	27
		1.6.6.4. Baja humedad relativa	28
		1.6.6.5. Velocidad del viento	28
		1.6.6.6. Radiación solar	28
	1.6.7.	Clima frío	29

2. QUÍMICA EN LA CONSTRUCCIÓN	31
2.1. Antecedentes	31
2.2. Estado actual	31
2.3. Productos y aplicaciones	32
2.3.1. Rodasol impreso	32
2.3.2. Colorantes Químicos Copsa	33
3. ADITIVOS	35
3.1. Definición	35
3.1.1. Tipos	35
3.1.1.1. Plastificantes	35
3.1.1.2. Fluidificantes	35
3.1.1.3. Superfluidificantes	36
3.1.1.4. Otros aditivos	37
3.1.2. Ventajas	39
3.1.2.1. En el concreto fresco	39
3.1.2.2. En el concreto endurecido	39
3.2. Tipos según Normas ASTM C-494	40
3.2.1. Reductores de agua	40
3.2.2. Usos	41
3.2.3. Tipos	41

3.2.3.1.	Sika Viscocrete 20 HE	41
3.2.3.2.	Aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D	42
3.2.3.3.	Plastocrete-320	44
3.2.3.4.	Protex Ment R	44

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL 47

4.1.	Metodología y resultados	47
4.1.1.	Toma de muestras	47
4.1.2.	Características de los materiales (normas ASTM aplicables)	47
4.1.3.	Agregado grueso (Ensayos y Normas)	48
4.1.3.1.	Granulometría (ASTM C-33)	48
4.1.3.2.	Peso unitario volumétrico (ASTM C- 29)	49
4.1.3.3.	Peso específico (ASTM C-127)	50
4.1.3.4.	Porcentaje de absorción en agregados gruesos (ASTM C-127)	51
4.1.3.5.	% de vacíos	52
4.1.4.	Agregado fino (Ensayos y Normas)	53
4.1.4.1.	Granulometría Norma (ASTM C-136)	53
4.1.4.2.	Contenido de materia orgánica (ASTM C-40)	54
4.1.4.3.	Peso unitario volumétrico (ASTM C-29)	54
4.1.4.4.	Peso específico (ASTM C-128)	55

4.1.4.5.	% absorción (ASTM C-128)	55
4.1.4.6.	% pasa tamiz No. 200 (ASTM C-117)	56
4.1.4.7.	% de vacíos	57
4.1.5.	Cemento	57
4.1.6.	Aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D	57
4.1.6.1.	0.5%- 1.5% del peso del cemento	58
4.2.	Elaboración y evaluación de concretos	58
4.3.	Condiciones concretos (trabajabilidad, proporciones, dosificaciones aditivo)	62
4.4.	Condiciones de clima (temperatura y humedad relativa)	67
4.4.1.	Concreto en estado fresco	68
4.4.1.1.	Trabajabilidad (ASTM C-143).	68
4.4.1.2.	Masa unitaria (ASTM C-138)	70
4.4.1.3.	Temperatura (ASTM C-1064)	73
4.4.1.4.	Contenido de aire (ASTM C-231)	75
4.4.1.5.	Velocidad de endurecimiento (ASTM C-403)	78
4.4.2.	Concreto en estado endurecido 3, 7 y 28 días	83
4.4.2.1.	Flexión (ASTM C-78)	83
4.4.2.2.	Compresión (ASTM C-39) 3,7 y 28 días	85

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	91
5.1. Materiales	91
5.1.1. Cemento	91
5.1.2. Agregados	91
5.1.3. Aditivo	91
5.1.4. Economía	92
5.2. Concreto	92
5.2.1. Concreto fresco	92
5.2.1.1. Trabajabilidad	92
5.2.1.2. Masa unitaria	93
5.2.1.3. Temperatura	93
5.2.1.4. Contenido de aire	94
5.2.1.5. Velocidad de endurecimiento	94
5.2.2. Concreto endurecido	95
5.2.2.1. Ensayo a compresión	95
5.2.2.2. Ensayo a flexión	95

CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS	101
BIBLIOGRAFÍA	103
APÉNDICES	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Dosificación por peso de los materiales	59
2	Realización de la mezcla	60
3	Llenado de concreto en cilindros plásticos	61
4	Vigas para el ensayo velocidad de endurecimiento	62
5	Ensayo de asentamiento	69
6	Ensayo de la masa unitaria	70
7	Enrasamiento de la hoya para la masa unitaria	72
8	Ensayo de temperatura al concreto fresco	74
9	Equipo para el ensayo de contenido de aire	75
10	Ensayo del contenido de aire	77
11	Ensayo velocidad de endurecimiento	79
12	Máquina universal	83
13	Máquina para ensayo a compresión de muestras de concreto	86
14	Ensayo a compresión de una muestra de concreto	88
15	Probetas minutos después del ensayo a compresión	89

16	Informe de la sección de concretos CII USAC, caracterización de agregado grueso y fino	102
17	Informe de la sección de concretos del CII USAC, ensayos a compresión a 3, 7 y 28 días de edad	105
18	Informe de la sección de metales y productos manufacturados del CII USAC, ensayos a flexión en vigas de concreto, a 28 días de edad.	108

TABLAS

I	Fineza del cemento	4
II	Ensayos y normas aplicables a los agregados	11
III	Clasificación de los aditivos según la norma ASTM C-494	40
IV	Granulometría agregado grueso 3/8", realizado en el CII, USAC	48
V	Granulometría agregado grueso 1", realizado en el CII, USAC	48
VI	Ensayo de granulometría del agregado fino, realizado en el CII, USAC	53
VII	Peso materiales (metro cúbico), Bachada 1	63
VIII	Proporción en volumen, Bachada 1	63
IX	Peso materiales (Bachada 1)	64
X	Peso materiales (metro cúbico), Bachada 2	64
XI	Proporción en volumen, Bachada 2	65
XII	Peso materiales (Bachada 2)	65
XIII	Peso materiales (metro cúbico), Bachada 3	66
XIV	Proporción en volumen, Bachada 3	66

XV	Peso materiales (Bachada 3)	67
XVI	Resultados del ensayo de asentamiento	70
XVII	Resultados en el ensayo de la masa unitaria	73
XVIII	Resultados del ensayo velocidad de endurecimiento, aditivo 0ml/kg	80
XIX	Resultados del ensayo velocidad de endurecimiento, aditivo 2ml/kg	81
XX	Resultados del ensayo velocidad de endurecimiento, aditivo 6ml/kg	82
XXI	Ensayo a flexión, aditivo 0ml/kg a 28 días de edad	85
XXII	Ensayo a flexión, aditivo 2ml/kg a 28 días de edad	85
XXIII	Ensayo a flexión, aditivo 6ml/kg a 28 días de edad	85
XXIV	Ensayo a compresión, aditivo 0ml/kg	87
XXV	Ensayo a compresión, aditivo 2ml/kg	88
XXVI	Ensayo a compresión, aditivo 6ml/kg	88
XXVII	Resultados del ensayo del asentamiento, comparado con la resistencia a compresión a 28 días	93
XXVIII	Esfuerzo final del ensayo de velocidad de endurecimiento	95
XXIX	Resultados del ensayo a flexión	96

GLOSARIO

Agregados	Material granular inerte tal como la arena natural, arena artificial Grava y roca triturada que se utiliza para elaborar concreto o mortero.
Asentamiento	Medida de la consistencia del concreto utilizando el cono de Abrams
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales.
Densidad	Relación entre el volumen bruto y la masa, peso, de una unidad o espécimen.
Aditivos	Son aquellos materiales distintos al agua, los agregados o el cemento que se utilizan como ingredientes en concretos y morteros, y se añaden a la mezcla antes o durante su mezclado
clima cálido	Es definido por el Comité 305 del ACI como "una combinación de las condiciones que tienden a deteriorar la calidad del concreto en estado fresco o endurecido, mediante la aceleración de la

velocidad de pérdida de humedad y la velocidad de hidratación del cemento

Plastificantes

Estos son los sólidos disueltos en H₂O, sus propiedades permiten más trabajabilidad, disminuye la relación entre el agua y el cemento y disminuye la segregación cuando el transporte es muy largo o cuando hay grandes masas de concreto.

**Aditivo Sika
ViscoCrete PC
2100-D**

Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño para concreto.

Peso específico

El peso específico se define como la relación entre el peso del material y el volumen ocupado por las partículas del material incluyendo los poros. (Saturados y no saturados)

Porcentaje de vacíos

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre los agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario

**Análisis
metalográfico**

La metalografía es la ciencia que estudia las características estructurales o constitutivas de un metal o aleación relacionándolas con las propiedades físicas y mecánicas.

Defectología

Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de tensiones; detección de fugas.

Radiación solar

La radiación solar es uno de los factores climatológicos que muestra una gran influencia sobre la respuesta térmica de las estructuras de concreto, cualquier material expuesto a la intemperie en horas diurnas, gana energía calorífica como resultado de la radiación solar que incide sobre su superficie

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de medir las características físicas como las propiedades mecánicas en una mezcla de concreto con ninguna incorporación de aditivo, y dos mezclas de concreto con diferente dosificación de aditivo, y observar el efecto del clima cálido en el concreto en estado fresco y en el concreto endurecido.

Para este estudio de investigación se utilizó el aditivo Sika ViscoCrete PC2100-D, de acuerdo a procedimientos y especificaciones de las normas ASTM aplicables, este tipo de aditivo pertenece a la tercera generación y se fabrican a base de formulaciones orgánicas líquidas bajo la norma ASTM C-494, se obtuvo una buena trabajabilidad, plasticidad y una reducción del agua del 20% al 25% del contenido total del agua, para el diseño de mezcla se utilizó un $f'_{c_{28}} = 4000$ psi, un peso unitario igual a 2400 kg/m^3 , una combinación de agregado grueso de 1" y agregado grueso de 3/8", agregado fino, cemento y agua.

Las dosificaciones del aditivo se midieron a base del contenido del cemento, 2m/kg y 6ml/kg, obteniendo una mezcla de concreto mas fluida, cuando se le incrementaba el aditivo, siendo el ensayo del asentamiento el mas afectado, se espera que con este estudio las personas que se dedican a la construcción analicen y compararen entre usar y no algún tipo de aditivo, debido a que los costos se pueden incrementar.

Los ensayos básicos realizados a las mezclas de concreto fueron: caracterización de agregados; al concreto en estado fresco: trabajabilidad, temperatura, contenido de aire, masa unitaria y velocidad de endurecimiento; ensayos al concreto endurecido; flexión y compresión.

OBJETIVOS

General

- Evaluar el impacto causado con en uso del aditivo reductor de agua de alto rango Sika *Viscocrete* PC 2100 - D, en mezclas de concreto elaborados en condiciones de clima cálido, de acuerdo a procedimientos y especificaciones a las normas técnicas aplicables ASTM.

Específicos:

1. Investigar cómo se comporta el concreto en estado fresco con la incorporación del aditivo Sika *Viscocrete* PC 2100 – D, trabajado en clima cálido, de acuerdo a las normas técnicas aplicables ASTM.
2. Elaborar mezclas de concreto con diferentes dosificaciones de aditivo, y qué incremento en la resistencia a la compresión y flexión se incrementa.
3. Comparar los costos de emplear este aditivo, y qué dosificación se puede utilizar para diferentes resistencias.

INTRODUCCIÓN

El uso de concreto tuvo su origen en las culturas romanas, griegas y egipcias, hoy en día el concreto es el más utilizado en el ámbito constructivo, sus ingredientes se obtienen fácilmente y se encuentran en muchos lugares del territorio guatemalteco, el concreto posee propiedades tanto físicas como mecánicas que lo hacen único a la hora de construir, su bajo costo permite que sea el mas indicado.

En la actualidad existen proyectos de construcción, que años atrás no se hubieran podido realizar debido a su gran magnitud, hoy en día existe un ingrediente llamado aditivo que le da al concreto diferentes cualidades, ya sea en estado fresco como estado endurecido, el aditivo utilizado en este estudio es el Sika ViscoCrete PC2100-D y una de sus mayores cualidades es el de incrementar la resistencia a compresión, los estudios se realizaron de acuerdo a los procedimientos y especificaciones de las normas ASTM aplicables.

Con este estudio se investigó acerca del uso del aditivo incorporado a la mezcla de concreto, y sus desventajas cuando es trabajado en clima cálido, y si el uso del Sika ViscoCrete PC2100-D proporciona las propiedades que indica la ficha técnica de dicho aditivo y que incremento económico existe en utilizarlo.

Con los datos obtenidos se analizó si el uso de aditivo proporciona un concreto de mejor calidad y estructuras más fuertes a los cambios de temperatura, dando como resultado edificaciones con mayor vida útil.

1. CONCRETO

1.1 Definición

El concreto se define como la mezcla de un material aglutinante (cemento hidráulico), un material aglomerante (agregado fino y grueso), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forman una piedra artificial y después de cierto tiempo, es capaz de soportar grandes esfuerzos a compresión.

1.2 Generalidades

Es el único material que llega en estado plástico a la obra, esta característica hace que sea muy útil en construcción, ya que puede moldearse de muchas formas, presenta una amplia variedad de texturas y colores, se utiliza para construir diferentes tipos de estructuras, como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y rompeolas e incluso barcos, otras características favorables del concreto son su resistencia, su bajo costo y su larga duración

1.3 Tipos

1.3.1 Según su aplicación:

- **Simple:** Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- **Armado:** Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- **Pretensado:** Resistencia a tracción: viguetas.

- **Postensado:** Resistencia a tracción: se introducen fundas.

1.3.2 Por su composición:

- **Ciclópeo:** con agregados de 50cm de diámetro.
- **Cascotes:** concreto de desechos y ladrillos.
- **Con aire incorporado:** en el concreto se le inyecta aire >6% V.
- **Refractario:** resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.

1.3.3 Por su resistencia:

- **Convencional:** 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- **De alta resistencia:** 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos.

1.3.4 Tiempos de fraguado

- **Aditivo retardante:** Mayor tiempo de manejabilidad de la mezcla, retardo controlado del fraguado inicial del concreto o mortero.
- **Aditivo reductor de agua:** Se caracterizan por su baja relación agua / cemento, una fluidez elevada, así como una cohesión óptima y una gran facilidad de autocompactación.

- Aditivo acelerante: Menor tiempo para alcanzar el fraguado inicial del concreto o mortero

1.3.5 Peso unitario

- **Ligero**, cuyo peso unitario se encuentre entre 1200 – 2000 kg/m³
- **Normal**, cuyo peso unitario se encuentre entre 2000 – 2800 kg/m³
- **Pesado**, cuyo peso unitario se encuentre entre >2800 kg/m³

1.3.6 Apariencia

- **Coloreados**: con propiedades plastificantes para el concreto, con acabados uniformes y mejora la resistencia en cualquiera de sus fases. Es válido para su empleo en cualquier concreto prefabricado destinado a pavimentos continuos, encofrados, proyectados, acabados decorativos, etc., independientemente de los tratamientos superficiales posteriores.
- **Impreso**: una técnica decorativa para pavimentos de concreto de mayor auge en la actualidad es la impresión mediante moldes aplicados a la superficie de concreto, dándole un acabado que semeja materiales nobles tales como piedra, pizarra, adoquín, losetas cerámicas, madera o, prácticamente, cualquier otro material.

1.4 Componentes

1.4.1 Cemento

1.4.1.1 Definición

El cemento es un material muy fino de color verdoso hecho de Silicato Tricálcico (C3S) y el Silicato Dicálcico (C2S), constituye el 75% del cemento, por eso la resistencia mecánica se debe a éstos dos compuestos, al mezclarlo con agua se libera calor, llamado calor de hidratación, que es el resultado de la reacción química exotérmica entre el cementante y el agua, formando una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad, tanto en el aire, como bajo agua.

1.4.1.2 Fineza

La fineza del cemento influye en el calor de hidratación liberado y en la velocidad de hidratación, a mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. La finura se determina mediante los siguientes ensayos:

Ensayo Blaine de permeabilidad al aire (ASTM C-204)

Tabla I. Fineza del cemento

Tipo de cemento	Finura Blaine m ² / kg
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

1.4.1.3 Usos

Tipo I: Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.

Tipo II: En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos (Ej. Estructuras de drenaje) y/o moderado calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable y en climas cálidos

Tipo III: Para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (Ej. adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

Tipo IV: Para estructuras se requiera bajo calor de hidratación, caso de Represas, centrales Hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

Tipo V: Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos, es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar, también en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos, estos cementos desarrollan resistencias mas lentamente que los cementos tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos .

1.4.2 Agua

Cuando el agua es mezclada con cemento se libera calor, llamado calor de hidratación, que es el resultado de la reacción química exotérmica entre el cementante y el agua, el calor generado por la hidratación del cemento incrementa la temperatura del concreto. Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto.

Agua que no se utiliza para elaborar mezclas de concreto

- El carbonato de sodio en el agua puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de las sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días
- Un concreto hecho con agua de mar, puede tener una resistencia temprana mayor que un concreto normal, sus resistencias a edades mayores (después de 28 días) pueden ser inferiores, esta reducción de resistencia puede ser compensada reduciendo la relación agua – cemento. El agua de mar no es adecuada para producir concreto reforzado con acero y no deberá usarse en concreto preforzados debido al riesgo de corrosión del esfuerzo, particularmente en ambientes cálidos y húmedos.
- La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, los

iones de cloruro atacan la capa de oxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino presente en el concreto. Los cloruros se pueden introducir en el concreto, ya sea con los compuestos del concreto separados – aditivos, agregados, cemento y agua, o a través de la exposición a las sales anticongelantes.

1.4.3 Agregados

1.4.3.1 Definición

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial, materiales que poseen una resistencia propia suficiente (resistencia del grano) no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico.

1.4.3.2 Granulometría al agregado fino

La que se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad, en general, si la relación agua – cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango de granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia, entre más uniforme, mayor será la economía. Estas especificaciones permiten que los porcentajes mínimos (en peso) del material que pasa la malla de *0.30mm No. 50*, reducidos a *15% y 0%*, respectivamente, siempre y cuando:

- El agregado que se emplee en un concreto que contenga más de 296 kg de cemento por metro cúbico.
- Que el modulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, el agregado fino se deberá rechazar a menos de que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones el agregado fino y grueso.
- La cantidad de agregado fino que pasa la malla de 0.30 mm (No. 50) afectan la trabajabilidad, la textura superficial, y el sangrado del concreto.

1.4.3.3 Granulometría al agregado grueso

El análisis granulométrico de una muestra de agregados se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Estas granulometrías se determinan haciendo pasar la muestra de agregados por una serie de tamices ordenados de mayor a menor abertura. El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía, comúnmente se necesita mas agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores.

1.4.3.4 Forma y textura superficial

- **Angular:** Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- **Sub angular:** Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.

- **Sub redondeada:** Considerable desgaste en caras y bordes.
- **Redondeada:** Bordes desgastados casi eliminados.
- **Muy redondeada:** Sin caras ni bordes.

La textura superficial depende de la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material pueden influir altamente en la resistencia a la flexión del concreto estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia, también se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto.

Respecto de la textura superficial éstas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítreo
- Cristalino

1.4.3.5 Características

• Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario, las bajas densidades indican que el material es poroso débil y de alta absorción al agua.

- **Porosidad**

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

- **Peso unitario**

Es el resultado de dividir la masa de las partículas entre su volumen total, dicho volumen dependerá del tipo de agregado que utilizemos, para agregado grueso ya sea para peso unitario suelto o compactado utilizaremos un recipiente cilíndrico con un volumen de 7litros y cuando utilizemos agregado fino el volumen será de 2.867litros incluyendo los vacíos, al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos, el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C-29. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de masa a volúmenes y viceversa, por ejemplo para un agregado grueso, pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

- **Porcentaje de vacíos**

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre los agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

- **Humedad**

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

Tabla II. Ensayos y normas aplicables a los agregados

Ensayo	Significado e importancia	Normas Aplicables
Muestreo de agregados	Mostrar de manera efectiva la naturaleza y las condición de los materiales que lo representan	ASTM D-75
Reducción de muestra	Reducción de muestra para prueba	ASTM D-702
Peso específico y absorción	Cálculo de volumen ocupado por el agregado en mezclas. La absorción es el cambio en el peso de un agregado debido al agua absorbida por los poros de las partículas	ASTM C-127, C-128
Peso unitario y vacíos	Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos.	ASTM C-29
Impurezas orgánicas	Suministra advertencia de impurezas orgánicas presentes en los agregados finos	ASTM C-40
Cantidad de material fino que pasa el tamiz núm. 200	Cantidad de material más fino, que no se puede calcular por la prueba C-136	ASTM C-117
Estabilidad en agregados	Determina la resistencia de los agregados en solución de sulfato de	ASTM C-88

	sodio. Simula la expansión de agua en la congelación. Juzga la firmeza o solidez de los agregados sujetos a la acción del clima	
Terrones de arena y partículas friables	Índice de terrones de arcilla y partículas friables	ASTM C-142
Abrasión en agregados gruesos	Índice de calidad de los agregados. Mide la degradación y el porcentaje de pérdida	ASTM C-131
Partículas planas y alargadas	Determina las características de la forma del agregado	ASTM D-4791

1.4.4 Aire

Cuando el concreto se encuentra en proceso de mezclado es normal que quede aire atrapado dentro de la masa, el cual posteriormente es liberado por los procesos de compactación a que es sometido el concreto una vez ha sido colocado. Usualmente entre el 1-3 % del volumen de la mezcla. La temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento afectan a las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, si la consistencia de la mezcla es mantenida por medio de adición de agua, se observa una reducción en la resistencia, la cual es explicada mediante un incremento de la porosidad del concreto debido al incremento de la relación agua/cemento o al incremento del contenido de aire.

1.4.5 Aditivos

Son aquellos materiales distintos al agua, los agregados o el cemento que se utilizan como ingredientes en concretos y morteros, y se añaden a la mezcla antes o durante su mezclado (Ver capítulo 3)

1.5 Control de calidad del concreto

1.5.1 Definición

Es el proceso de ensayo de muestras representativas del concreto suministrado a un proyecto, incluyen ensayos del concreto en estado plástico como asentamiento, contenido de aire, densidad (peso unitario), y temperatura, y ensayos en concreto endurecido como resistencia según los requerimientos del contrato o en las especificaciones del proyecto.

1.5.2 Control de calidad al concreto fresco, en laboratorio.

Controla y verifica con calidad el despacho del concreto premezclado que se realiza dentro del laboratorio, desde el momento en que se elabora la mezcla, salida de la planta y durante su traslado.

- Muestreo del concreto fresco ASTM C-172
- Prueba de Consistencia del concreto o prueba de revenimiento ASTM C-143
- Peso Volumétrico ASTM C-138
- Contenido de aire Método de Presión ASTM C-231

- Temperatura del concreto en estado fresco ASTM C-1064

1.5.3 Ensayos para el control de calidad de los agregados

1.5.3.1 Agregado grueso

- Granulometría
- Peso unitario volumétrico
- Peso específico
- % humedad
- % absorción
- % pasa tamiz 200
- % de vacíos
- Abrasión
- Desgaste por sulfato de sodio

1.5.3.2 Agregado fino

- Granulometría
- Contenido de materia orgánica
- Peso unitario volumétrico
- Peso específico
- % humedad
- % absorción
- % pasa tamiz 200
- % de vacíos
- Abrasión

- Desgaste por sulfato de sodio

1.5.4 Tipos

1.5.4.1 Trabajabilidad (ASTM C – 143)

1.5.4.1.1 Definición

Puede ser definida como “la propiedad que determina el esfuerzo necesario para manipular cierta cantidad de concreto en estado fresco con una mínima pérdida de homogeneidad”, el término “manipular” se refiere a todas las operaciones relacionadas con el manejo del concreto fresco, tales como el transporte, colocación, compactación, curado y en algunos casos el acabado, haciéndolo más manejable sin tener el riesgo de segregación.

1.5.4.1.2 Tipos

- Un método indirecto para determinar la trabajabilidad de una mezcla consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de asentamiento con el cono de Abrams.

Se han establecido 3 tipos de asentamientos:

- **Normal o verdadero:** Es el propio de una mezcla rica y con una correcta cantidad de agua, en este caso el concreto no sufre grandes deformaciones, sus componentes permanecen unidos debido al cemento que los liga.

- **Corte:** Se produce por un exceso de agua, la pasta pierde su poder aglutinante produciendo asentamientos mayores y reduciendo el coeficiente de rozamiento.
- **Desplomado:** Se produce cuando el concreto tiene mucha agua y es pobre en arena, el lugar de asiento se produce rotura por derrumbamiento y algunas veces por corte.

1.5.4.2 Masa unitaria

El propósito de este método de ensayo es determinar la masa por unidad de volumen de una muestra de agregado, la masa de un agregado debe ser siempre relacionada con el volumen específico. La masa unitaria de un agregado debe ser conocida para seleccionar las proporciones adecuadas en el diseño de mezclas de concreto. Este método permite la determinación de la masa unitaria de un agregado en la condición compactada (por apisonado externo o vibración) o en la condición suelta (como viene de una pala o cucharón) después de que el agregado ha sido secado hasta masa constante. Una masa volumétrica más baja puede indicar, 1) que los materiales han cambiado, 2) un mayor contenido de aire, 3) un mayor contenido de agua, 4) un cambio en las proporciones de los ingredientes y/o, 5) un menor contenido de cemento. Inversamente, la masa volumétrica más alta indicará lo contrario de las características del concreto antes mencionadas.

La prueba de masa volumétrica se debe usar para controlar concretos ligeros y pesados. Un cambio en la masa unitaria podría

afectar inversamente la bombeabilidad, colocación, acabado y resistencia de todos los tipos de concreto.

Ya que la prueba de la masa volumétrica es tan importante para regular la calidad del concreto, es fundamental que la prueba se realice de acuerdo con los procedimientos estándar especificados.

Se debe conocer el volumen exacto del contenedor; después de que la muestra de concreto se enrase al nivel del recipiente, todo el concreto adherido a la parte exterior del recipiente debe removerse antes de pesar la muestra.

1.5.4.3 Temperatura (ASTM C-1064)

Se aplica para medir la temperatura de mezclas de concreto fresco y puede ser usado para verificar la conformidad con un requerimiento especificado para la temperatura del concreto fresco en obra y en el concreto que contenga agregado de tamaño máximo nominal superior a 75 mm (3 plg) puede requerir hasta 20 minutos para la transferencia de calor del agregado al mortero.

1.5.4.4 Contenido de aire (ASTM C-136)

Este ensayo se realiza inmediatamente después de haber obtenido la masa unitaria en el mismo recipiente, mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total.

1.5.4.4.1 Tipos

- Método volumétrico, este método de prueba puede subestimar el contenido de aire, para ello se requiere la suma de suficiente alcohol para dispersar la espuma que se produce por el mezclado o agitación inicial, si la espuma es más del 2% de aire sobre el nivel del agua, el ensayo será considerado como no válido, por lo que se realizará un segundo ensayo utilizando una cantidad suficiente de alcohol, la adición del alcohol para dispersar la espuma a la marca cero después del llenado inicial no es permitida.
- Determinación del contenido de aire en el concreto fresco mediante el método de presión, determina el contenido de aire del concreto fresco, se basa en la medición del cambio de volumen de la mezcla, sometida a un cambio de presión. El equipo que se especifica para este ensayo es el tipo B de la norma ASTM C 231-78 (aparato tipo Washington), el que está equipado con un dial que registra directamente el contenido de aire, en %, con respecto al volumen de concreto.

1.5.4.5 Velocidad de endurecimiento (ASTM C-403)

Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero deben estar entre límites adecuados. Sin embargo, éstos dependen de diversos factores tales como las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra, hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos. La norma ASTM C-403 "*Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance*" (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de

mezclas de concreto por la resistencia a la penetración), indica el procedimiento para este ensayo.

1.5.5 Estado endurecido

1.5.5.1 Ensayo a compresión

Resistencia probetas normalizadas (cilindros), ASTM C-39, se toman datos del cilindro: peso, tamaño de cilindros y diámetros, se vierte azufre derretido en un molde, se coloca el cilindro de concreto apoyado en el molde y nivelando las dos caras del cilindro. Esto es importante para que la aplicación de la carga sea axial.

1.5.5.2 Ensayo a flexión

- a. El ensayo se realiza con la muestra en estado húmedo, haciendo girar las muestras sobre uno de los lados con respecto a la posición de vaciado.
- b. Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0.86 MPa/min y 1.21 MPa/min, hasta la rotura de la viga.
- c. Determinar el ancho promedio, altura promedio y ubicación de la línea de fractura de la viga en la zona de falla.

1.5.5.3 Ensayos no destructivos

Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de no destructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales, este ensayo implica un daño imperceptible o nulo. Los diferentes métodos de ensayos no destructivos se basan en la aplicación de fenómenos físicos tales como ondas electromagnéticas, acústicas, elásticas, emisión de partículas subatómicas, capilaridad, absorción y cualquier tipo de prueba que no implique un daño considerable a la muestra examinada, proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

Entre los ensayos no destructivos más comunes se encuentran:

La inspección por líquidos penetrantes: es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados. Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos. El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo

se remueve el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas. Las aplicaciones de esta técnica son amplias, y van desde la inspección de piezas críticas como son los componentes aeronáuticos hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico. Se pueden inspeccionar materiales metálicos, cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, entre otros. Una de las desventajas que presenta este método es que sólo es aplicable a defectos superficiales y a materiales no porosos.

Análisis metalográfico: La metalografía es la ciencia que estudia las características estructurales o constitutivas de un metal o aleación relacionándolas con las propiedades físicas y mecánicas

Porcentaje de absorción en agregados

Se toma una muestra representativa del material y se satura de agua durante 24 horas.

Tomar una cantidad mayor de 500 gr y colocar la muestra en horno durante 24 horas, para determinar el % de absorción

Los ultrasonidos: son utilizados tanto en aplicaciones industriales (medición de distancias, caracterización interna de materiales, ensayos no destructivos y otros), como en medicina (ecografía, fisioterapia).

Pruebas no destructivas superficiales

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad superficial de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND superficiales son:

Inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, electromagnetismo

Pruebas no destructivas volumétricas

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad interna de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND volumétricos son:

Radiografía Industrial, Ultrasonido Industrial, Emisión Acústica

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y sub-superficiales, así como bajo ciertas condiciones, la detección de discontinuidades superficiales.

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

- **Defectología:** Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; determinación de tensiones; detección de fugas.
- **Caracterización:** Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales; propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas); transferencias de calor y trazado de isoterma.
- **Metrología:** Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores de recubrimiento; niveles de llenado.

1.6 Influencia del clima en el comportamiento del concreto

La fabricación de concreto, en condiciones climáticas extremas, ya sean de altas temperaturas o de bajas temperaturas, influye de manera directa en sus características en cualquier etapa del mismo: mezclado, transporte, colocación, curado, así como en las propiedades físicas y mecánicas, ello constituye una preocupación tanto para los fabricantes como para los constructores, por las evidentes consecuencias negativas que puede tener esto sobre los aspectos técnicos y económicos, así mismo, dentro del sector de la construcción es muy conocido que se dan pérdidas de resistencia en los períodos estivales, ya que según los resultados que se obtienen en los laboratorios año tras año, se observa dicho fenómeno de forma recurrente.

1.6.1 Dosificación

- Debe considerarse la posibilidad de utilizar adiciones al concreto, como cenizas volantes, con el fin de ralentizar la elevación de la temperatura del concreto durante su fraguado.
- Debe tenerse en cuenta que la utilización de elevadas proporciones de aditivos plastificantes y/o superplastificantes puede causar retrasos en el fraguado del concreto.
- En caso de que vayan a producirse retrasos inevitables o que las distancias de transporte sean considerables, los aditivos utilizados deberán mantener su efecto durante el mayor tiempo posible.
- Dentro de los agregados disponibles desde una consideración económica, deben seleccionarse aquellos que produzcan una menor demanda de agua en el concreto, y que presenten unas propiedades térmicas más adecuadas.

1.6.2 Mezclado

Los factores relacionados con los procesos de producción, logísticos y de construcción, afectan las propiedades del concreto en climas cálidos, en este sentido deben estudiarse las secuencias de adición de los materiales para la producción del concreto de tal forma que durante el amasado inicial los agregados absorban la menor cantidad posible de agua de amasado, asimismo adicionar los aditivos en la etapa de amasado en la cual tengan un mejor efecto.

1.6.3 Transporte

La variación en la trabajabilidad del concreto debido a la prolongación del tiempo de transporte y al retraso en la colocación es inevitable, sobre todo en climas cálidos y secos, durante el trayecto de la planta a la obra, el concreto deberá ser agitado dentro del camión a las mínimas revoluciones posibles, de igual manera, en el aspecto constructivo es recomendable enfriar los moldes y encofrados en los cuales se colocará el concreto, En algunos lugares, para cumplir el objetivo de evitar un reamasado incontrolado del concreto, se utiliza una técnica para realizar la dosificación de concreto con más sequedad que el concreto normal de referencia y añadir en la obra el agua de retención (normalmente entre el 5 y el 10% del agua total de diseño de la mezcla), si es necesario, este procedimiento se especifica en las prácticas recomendadas del ACI, donde indican que después de transcurridos los primeros 60 minutos de transporte o de agitación prolongada, cualquier reamasado del concreto fresco produce un asentamiento significativamente menor que el obtenido cuando se añade al principio toda el agua.

1.6.4 Colocación

En la etapa de colocación en algunas ocasiones no se alcanzan los resultados esperados, construyendo estructuras de concreto reforzado con mayor contenido de poros en la masa interna y externa provocando una alta probabilidad de corrosión a temprana edad, reduciendo así la vida útil de las estructuras.

1.6.5 Curado

El curado a altas temperaturas, concluyen en la mayoría de las veces, que además de ocasionar pérdidas de resistencia a compresión, produce una distribución no homogénea de los productos de hidratación en toda la matriz cementante.

1.6.6 Clima cálido

1.6.6.1 Definición

El clima cálido es definido por el Comité 305 del ACI como “una combinación de las condiciones que tienden a deteriorar la calidad del concreto en estado fresco o endurecido, mediante la aceleración de la velocidad de pérdida de humedad y la velocidad de hidratación del cemento”, dichas condiciones se citan a continuación:

1.6.6.2 Alta temperatura ambiental

En el pasado, la temperatura máxima permisible a la que el concreto podía ser colocado estaba limitada, sin embargo, esta no es una restricción razonable para zonas geográficas, colocarlo durante la parte más fría del día y preferiblemente al tiempo en el cual la temperatura ambiente subirá después del fraguado del concreto, esto es, después de medianoche o en las primeras horas de la mañana, las razones para limitar el calor en la mezcla, tienen que ver con la retracción plástica, expansión térmica y reducción de resistencias mecánicas. La diferencia de temperatura máxima permitida, se debe minimizar la posible fisuración térmica; esto sucede cuando las contracciones debidas al enfriamiento de la superficie provocan tensiones tractivas.

1.6.6.3 Temperatura del concreto

1.6.6.3.1 Temperatura del cemento

Representa alrededor del 15% de la masa del concreto en peso, es recomendable no utilizar cementos de rápido endurecimiento y sí lo utilizáramos, que sean de moderado calor de hidratación, asimismo es común, junto con el aditivo, sobre dosificar, para de ésta forma compensar la resistencia que se perdió, debido a los ya mencionados efectos perjudiciales de las condiciones climatológicas. La temperatura del cemento (corroborado en laboratorio y en obra) no presenta un efecto significativo en las propiedades de los concretos, debido a su bajo calor específico y a su relativa baja proporción en las mezclas, presenta un efecto reducido en la temperatura de la mezcla, en este caso la temperatura de los agregados y del agua de amasado presenta mayor incidencia que el cemento.

1.6.6.3.2 Temperatura de los agregados

El mayor volumen del concreto lo constituyen los agregados, si se consigue una reducción de temperatura de los mismos, disminuiría de forma muy significativa el calor de la mezcla, sin embargo debido al calor específico de los agregados, la temperatura de estos puede ser controlada a tal grado de evitar la radiación solar directa sobre ellos, los expuestos directamente al sol, incrementan su temperatura en aproximadamente 4 °C a 5 °C comparados con los de la sombra, se resume que los agregados son los que aportan el mayor calor al concreto en estado fresco.

1.6.6.3.3 Temperatura del agua

El agua representa alrededor del 7,5% de la masa del concreto en peso, tiene la ventaja de controlarse más fácilmente, y a pesar de que se emplea en menores cantidades, el uso de agua fría ocasionara una moderada reducción en la temperatura de la mezcla, siempre que sea permisible puede agregarse hielo como reemplazo del agua de amasado, aunque solo es aplicable en casos muy específicos, ya que los costos se incrementan. En las regiones más cálidas normalmente se adiciona más agua para obtener una mayor consistencia, teniendo al final una resistencia menor, el efecto de la temperatura del agua en la trabajabilidad es menos marcado, sin embargo las trabajabilidades en este caso son mayores, asimismo a mayores consumos de cemento se tienen trabajabilidades menores, se concluye que la temperatura del agua no afecta la resistencia a compresión sobre cualquier edad del concreto.

1.6.6.4 Baja humedad relativa

- Resulta esencial tomar en consideración los efectos que estos factores climáticos ejercen sobre las propiedades del concreto, naturalmente, para minimizar o incluso eliminar la incidencia negativa que todos estos factores pueden producir en las prestaciones del material, es razonable pensar en la necesidad de conocer y comprender la forma en que estos actúan. Una baja humedad relativa, acelera la retracción plástica del concreto y si esta retracción está impedida se produce fisuración, la baja humedad relativa puede ocasionar problemas durante la fabricación, colocación, compactación y curado del concreto, de igual forma estas condiciones existentes en climas cálidos pueden también afectar al comportamiento del concreto en estado endurecido.

1.6.6.5 Velocidad del viento

- La velocidad del viento afecta a las propiedades del concreto en estado fresco, bajo el mecanismo principal de la evaporación del agua del concreto. Posteriormente este efecto tiene consecuencias sobre las propiedades del concreto en estado endurecido, principalmente sobre la resistencia mecánica y la durabilidad, ya que la hidratación del cemento no es completa, lo que disminuye las propiedades mecánicas y la impermeabilidad.

1.6.6.6 Radiación solar

- La radiación solar es uno de los factores climatológicos que muestra una gran influencia sobre la respuesta térmica de las estructuras de concreto, cualquier material expuesto a la intemperie en horas diurnas, gana energía calorífica

como resultado de la radiación solar que incide sobre su superficie. Durante la noche, tiene lugar una pérdida de la energía calorífica almacenada por el material, la radiación solar afecta a los agregados cuando se almacenan a la intemperie y al mismo tiempo, al concreto en estado fresco y en edades muy tempranas, respecto al efecto de la radiación solar sobre el concreto en estado fresco y en edades muy tempranas, tiene repercusiones negativas ya que, así mismo, incrementa la temperatura de la mezcla.

1.6.7 clima frío

Correspondiente a latitudes elevadas, con bajas temperaturas medias y variantes continental u oceánico, de inviernos secos o con lluvia todo el año, y se caracteriza por la gran amplitud térmica entre el día y la noche, predominando las bajas temperaturas. Las precipitaciones son escasas, inferiores a 200 mm. Se ubican en zonas continentales de gran altura, el clima frío afectará el concreto en diferentes formas, retardando el endurecimiento, y para ello podemos utilizar un acelerante de fraguado

2. QUÍMICA EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1 Antecedentes

Desde la época de los romanos, se empleo la química en la construcción y fueron los aditivos, agregados al concreto (cal y puzolanas), se cree que los primeros aditivos fueron la sangre de toro y la clara de huevo, los cuales se utilizaron para mejorar las características de la mezcla en estado plástico. Con el surgimiento del Cemento Pórtland moderno se tuvieron diferentes necesidades de desempeño para el concreto, lo que motivó el uso de aditivos para fraguados más regulares en el cemento (1875-90), en 1885 fue patentada la adición de cloruro de calcio como aditivo y en 1888 Candlot demostró que según la dosis este podría ser acelerante o retardante del fraguado. En 1905 los fluosilicatos se emplearon como endurecedores de superficie y se comenzó a observar la acción retardadora de la azúcar, ya en 1925 se utilizó en EE UU tierra de infusorios como adición en el concreto, los anticongelantes aparecieron en 1955, aun cuando la comercialización de estos productos data de 1910. En 1960 se inició el uso masivo de los aditivos plastificantes, para dar paso en la década de los 70 a los superplastificantes revolucionando la tecnología del concreto.

2.2 Estado actual

Según recientes estudios de mercado indican que la industria del concreto preparado actualmente requiere las siguientes características de los aditivos químicos:

- Reducir el agua necesaria en el concreto para mejorar la durabilidad.
- Hacer que el concreto tenga una hidratación más rápida con el objeto constructivo.
- Asegurar que el concreto permanezca trabajable el tiempo suficiente para ser transportado y colocado.
- Controlar la reología (Estudio de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos) del concreto con el objeto de facilitar las tareas de vaciado y colocación.

2.3 Productos y aplicaciones

2.3.1 Rodasol impreso

Copsa ha desarrollado el pavimento de concreto impreso, a base de Cementos Pórtland, áridos seleccionados, pigmentos y aditivos de gran pureza que dan como resultado un pavimento con una elevada resistencia a la abrasión y que presenta un excelente acabado estético que puede reemplazar a los pavimentos tradicionales, las nuevas técnicas de colorear y estampar superficies de concreto fresco permiten a los especialistas del mundo de la construcción: arquitectos, ingenieros y otros profesionales la incorporación de un nuevo concepto en paisajes urbanos ya sean rústicos o modernos, urbanizaciones, paseos, parques, plazas y calles peatonales, zonas recreativas, piscinas, zonas de tráfico rodado, etc., la forma de empleo del Rodasol Impreso consiste en la aplicación de una capa superficial endurecedora y coloreada para la que se utilizan productos preparados, premezclados y controlados en fábrica. A continuación se realiza la estampación de texturas mediante los moldes de neopreno (caucho sintético de gran resistencia mecánica y propiedades aislantes del calor y la oxidación, por lo que tiene usos industriales y en

materiales y prendas deportivas), con diseños de formas y despieces variados, lo que unido a la amplia gama de colores permite obtener una gran variedad de acabados superficiales.

Por último, después del lavado y limpieza del pavimento, se aplica la resina selladora para su curado. Dichas resinas pueden ser coloreadas, obteniéndose un pavimento continuo de alta calidad, uniformidad y agradable acabado estético.

Las principales ventajas del pavimento de Rodasol Impreso son su durabilidad, adaptabilidad a interiores y exteriores, gran resistencia a las inclemencias meteorológicas y su bajo costo de mantenimiento.

2.3.2 Colorantes Químicos Copsa

El colorante químico ácido es una disolución acuosa de sales metálicas que penetran y reaccionan con los productos químicos del concreto curado y de los revestimientos cementosos, produciendo depósitos insolubles coloreados en los poros.

Crea efectos de color irregular, jaspeados o traslúcidos muy semejantes a las tonalidades de la piedra natural o la pátina del concreto envejecido, con una amplia variedad de combinaciones y diseños.

Formulado para añadir color al concreto sin colorear o para modificar el color del concreto coloreado, el colorante químico Copsa da lugar a una reacción química con la superficie del concreto curado produciendo efectos de colores singulares y permanentes. Los colores jaspeados que se obtienen son únicos para cada superficie de concreto y dependen de la composición química, del diseño de la mezcla, de la porosidad, de la edad y de la textura del concreto y del color del sustrato.

El color del concreto coloreado químicamente ofrece mayor duración y resistencia a la abrasión que el de aquellas superficies tratadas con colorantes químicos acrílicos u otros tipos de pinturas que se desgastan rápidamente.

Como consecuencia de la reacción química con el concreto, los colores conseguidos con los colorantes químicos Copsa se integran en la superficie, no se decoloran, ni desconchan, ni fisuran y se desgastarán sólo en la medida que lo haga el concreto sobre el que están aplicados.

Aplicación:

- Envejecimientos decorativos de concreto impreso y pulido nuevos.
- Restauración de concreto impreso y concreto pulido viejos con acabados decorativos.
- Zonas interiores: centros comerciales, tiendas, restaurantes, discotecas, etc.
- Zonas exteriores: aceras, paseos, accesos a chalets, piscinas, etc.
- Urbanizaciones.

3. ADITIVOS

3.1 Definición

El ACI 212 lo define como: “un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico, que se usa como un componente de concretos y morteros el cual se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado”.

3.1.1 Tipos

Existen tres tipos o clases de aditivos: Plastificantes, Fluidificantes y Superfluidificantes.

3.1.1.1 Plastificantes

Estos son los sólidos disueltos en H₂O, sus propiedades permiten más trabajabilidad, disminuye la relación entre el agua y el cemento y disminuye la segregación cuando el transporte es muy largo o cuando hay grandes masas de concreto.

Estos pueden ser usados: Inyectados, proyectados, o pretensados.

3.1.1.2 Fluidificantes

Estos son formulaciones orgánicas líquidas, al igual que la anterior sus propiedades permiten mas trabajabilidad, disminuye la relación entre el agua y el cemento.

Estos pueden ser utilizados en concretos bombeados, largos transportes., concretos con armaduras.

Se Clasifican en:

1ª Generación - 70% Rendimiento cementicio.

2ª Generación - 75% Rendimiento cementicio.

3ª Generación - 100% Rendimiento cementicio.

3.1.1.3 Superfluidificantes

Estos son formulaciones orgánicas líquidas, estos pertenecen a la tercera generación.

Tipos:

Aceleradores de fraguado: Cloruros [Cl_2Ca (más eficaz), ClNa , ClAl , ClFe], Hidróxidos, Carbonatos., Silicatos.

Retardadores de fraguado: Existen dos tipos: Inorgánicos (ZnO , PbO , PO_4H_3 , BO_4H_3), Orgánicos (ácido orgánico, glicerina). Estos dependen del tipo, cantidad de cemento, dosificación y la relación entre el agua y el cemento.

Consiste en reacciones químicas en las que aparece una película alrededor del cemento, impidiendo que se hidrate.

Aceleradores de endurecimiento: Son los que modifican la resistencia mecánica, este a su vez puede producir efectos secundarios: Bajan la resistencia final y puede originar retracciones.

3.1.1.4 Otros aditivos.

Colorantes: Pigmento que se le añade al cemento para modificar el color y está formado por óxidos metálicos.

Deben cumplir con:

- tener un alto poder de coloración.
- gran facilidad para mezclarse con el cemento.
- que sea insoluble en el agua.
- que sean estables a la luz y al ambiente.
- además de a los ambientes agresivos, que no alteren el proceso de fraguado del concreto.

Anticongelantes: Es cuando el concreto está a bajas temperaturas y se utilizará hasta una temperatura de -14°C .

Impermeabilizantes: Son repelentes al agua y actúan cerrando el sistema poroso del concreto mediante unas sustancias químicas en el fraguado del concreto. Este no es totalmente efectivo.

➤ Usos

Capaces de disolverse en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores del 5% de la masa de cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del concreto en su estado

fresco y/o en condiciones de trabajo. En la actualidad los aditivos permiten la producción de concretos con características diferentes a los tradicionales, han dado un creciente impulso a la construcción.

Los aditivos son especificados para concretos con una alta exposición a cloruros, estos materiales pueden, por ejemplo, reducir el ingreso de cloruros, incrementar el tiempo al que inicia la corrosión o reducir la corrosión en el acero de refuerzo.

Aun cuando el concreto es producido con las normas más restrictivas de construcción, los cloruros estarán presentes en el mismo e iniciarán la corrosión del acero de refuerzo, inclusive aunque el humo de sílice incorporado en el concreto extiende el tiempo en que inicia la corrosión, es necesario añadir protección por medio de aditivos al concreto cuando se requieren diseños con tiempos de vida extendidos, cabe decir que los inhibidores de corrosión son sustancias químicas en forma de aditivos que reducen la corrosión del metal, su trabajo consiste en disminuir el rango de corrosión.

Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de:

- Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación.
- Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte, y puesta en obra del concreto.
- Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.

- Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado como por ejemplo:

1. Cantidad de agua

2. Tiempo de fraguado
3. Resistencia a compresión
4. Resistencia a flexión
5. Deformación por contracción
6. Inalterabilidad (durabilidad)

3.1.2 Ventajas

3.1.2.1 En el concreto fresco

- Incrementar la trabajabilidad sin aumento de agua o reducir el contenido de agua con similar trabajabilidad.
- Retardar o acelerar el fraguado.
- Modifica la trabajabilidad
- Disminuir la exudación
- Reducir la segregación
- Mejorar la actitud al bombeo

3.1.2.2 En el concreto endurecido

- Acelerar una resistencia temprana.
- Incrementar la resistencia.
- Mejorar la durabilidad frente a exposición severa respecto a las condiciones climáticas.
- Disminuir la permeabilidad.
- Producir expansión o controlar la contracción.
- Incrementar la adherencia con las barras de acero de refuerzo.

- Impedir la corrosión de las barras de refuerzo.
- Controlar la reacción álcali-agregado

3.2 Tipos según Normas ASTM C-494

Tabla III. Clasificación de los aditivos según la norma ASTM C-494

Tipo	Descripción
A	Reductores de agua
B	Retardantes
C	Acelerantes
D	Reductores de agua y retardantes
E	Reductores de agua y acelerantes
F	Reductores de agua de alto rango
G	Reductores de agua de alto rango y retardantes

3.2.1 Reductores de agua

Son empleados con la finalidad de reducir la cantidad de agua de la mezcla requerida, para producir un concreto con cierto asentamiento, también permiten reducir la relación agua-cemento, los reductores de agua reducen el contenido de agua de 5% a 10%; permitiendo modificar las condiciones de fraguado, dependiendo de su composición química estos aditivos pueden disminuir, incrementar o no tener ningún efecto en la exudación.

3.2.2 Usos

- Reductor de agua de alto rango para concretos y morteros
- Mayor manejabilidad del concreto
- Mayores resistencias a la compresión y a la flexión
- Menor relación A/C
- Excelente fluidificante

➤ Aplicación

- Concretos de altas resistencias a edades tempranas
- Prefabricados, con óptima utilización de formaletas
- concreto liquido transportado por bomba
- Construcción de elementos laminares reforzados
- Concretos superfluidificados para formaletas estrechas y/o altas concentraciones de acero
- Concretos autonivelantes para pisos o placas
- Estructuras sometidas a ambientes agresivos

3.2.3 Tipos

3.2.3.1 Sika Viscocrete 20 HE

Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño para concreto, se utiliza en la producción de concretos de altas prestaciones en prefabricación, obras y plantas de concreto premezclado, se caracterizan por su

baja relación agua/cemento, una fluidez elevada, así como una cohesión óptima y una gran facilidad de autocompactación.

El Sika Viscocrete 20 HE se utiliza en:

- Concretos con una gran reducción de agua.
- Concretos de altas prestaciones.
- Concretos de altas resistencias iniciales.
- Prefabricados de concreto.

La importante reducción de agua unida a su elevada fluidez da lugar a concretos de muy altas cualidades

3.2.3.2 Aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D

- Aditivo reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño para concreto.
- Aditivo líquido reductor de agua de alto rango y superplastificante de alto desempeño de tercera generación para concretos. No contiene cloruros. Cumple con la norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1017 Tipo I.

➤ **Usos**

- se utiliza en la producción de concretos de alto desempeño en obras y plantas de concreto premezclado.
- Los concretos elaborados con **Sika Viscocrete PC2100-D** se caracterizan por su baja relación agua/ cemento, una fluidez elevada, buena permanencia de fluidez, así como una cohesión óptima y una gran facilidad de autocompactación.
- Concretos de altas resistencias.

➤ **Ventajas**

Combina diferentes mecanismos de acción. La absorción en la superficie de finos así como su mejor dispersión durante el proceso de hidratación producen los siguientes efectos:

- Alta compactación, es conveniente para la producción de concretos autocompactantes.
- Alta reducción de agua, produciendo concretos de altas resistencias y gran impermeabilidad.
- Disminución de la retracción del concreto.
- Reduce la velocidad de la carbonatación del concreto.

3.2.3.3 Plastocrete–320

Aditivo reductor de agua-plastificante y retardante de fraguado, puede usarse en la elaboración de todo tipo de concretos premezclados y para concretos con transporte a largas distancias sin pérdida de trabajabilidad

➤ Ventajas

- Aumenta la trabajabilidad y plasticidad del concreto.
- Permite reducir entre el 5% al 10% del agua de mezclado.
- Aumenta las resistencias mecánicas contra testigo sin aditivo.
- Permite el transporte de concretos a largas distancias.

3.2.3.4 Protex Ment R

Aditivo reductor de agua y retardador de fraguado para el concreto

➤ Características y propiedades

- Mejora la trabajabilidad del concreto aumentando la fluidez y manteniéndola durante un tiempo mayor.
- Se obtiene elevado nivel de asentamiento de la mezcla de manera tal que se reduce o evita la compactación de la misma.
- Evita la segregación de los concretos de mayor asentamiento.
- Reduce la exudación de agua.

- Incrementa las resistencias mecánicas finales en concretos de igual contenido de cemento.
- Aumenta la cohesión y adherencia del concreto a la armadura.
- Disminuye la contracción por secado y por lo tanto la posibilidad de fisuramientos.
- Facilita la hidratación del cemento, siendo las mezclas trabajables con menor cantidad de agua.
- Mantiene la consistencia durante 40 a 50 minutos dependiendo estos valores de la temperatura, humedad y condiciones ambientales y de los materiales.

➤ Usos

- En concretos para estructuras de grandes dimensiones o concreto en masa.
- Para pavimentos de concreto o concretos en general en climas cálidos.
- Transportar concreto a largas distancias.
- Aumentar las resistencias mecánicas con respecto a un concreto de partida sin aditivo.
- En concretos destinados a la construcción de estructuras en general que tengan que ser transportados o bombeados.
- concreto visto con excelente acabado, pavimentos, pisos, etc.

➤ Ventajas

- Mayor economía (altas reducciones de cemento)
- Aumento de la resistencia a la compresión
- Mejor textura del concreto al desencofrar
- Mayor durabilidad del concreto endurecido

- Menor exudación y segregación
- Alto incremento de la resistencia a edades tempranas
- Mayor altura de bombeo y eficiencia
- Menor permeabilidad
- Menor contracción
- Menor tendencia a la fisuración
- Mayor resistencia al ataque químico

➤ **Desventajas**

- El costo de utilizar un ingrediente extra y el efecto de ello sobre los costos de puesta en obra del concreto
- Los efectos económicos del aditivo sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto; así como sobre la magnitud y velocidad de ganancia de resistencia
- La posibilidad de emplear procedimientos menos costosos, o diseños más avanzados
- Todos aquellos aspectos que puedan justificar el mayor costo del concreto debido al empleo del aditivo.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1 Metodología y Resultados

4.1.1 Toma de muestras

La mezcla se realizó en una superficie de concreto, para evitar la contaminación de los agregados, realizada la mezcla de concreto en estado fresco, se realizaron los ensayos de trabajabilidad, temperatura, masa unitaria y contenido de aire, se procedió a colocar el concreto en cilindros plásticos de H= 30cm y diámetro= 15cm, tomando 9 muestras (cilindros), para cada dosificación, para el ensayo a compresión a 3,7 y 28 días de edad, además se fundieron 3 vigas para el ensayo a flexión a 28 días.

Después de 24 horas, las muestras fueron desencofradas y sumergidas en agua, para iniciar el proceso de curado.

4.1.2 Características de los materiales (normas ASTM aplicables)

Los materiales utilizados son de procedencia de la trituradora "Agregua", se utilizó arena de río y agregado grueso de 1" y 3/8", los cuales se obtienen de la planta de trituración ubicada en la ruta CA-02 km 62.5 carretera a Santa Lucia Cotzumalguapa, Cemento UGC, Aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D.

4.1.3 Agregado grueso (Ensayos y Normas)

4.1.3.1 Granulometría (ASTM C-33, especificaciones de agregados para el concreto)

- Colocar la muestra en horno durante 24 horas para tener una muestra seca.
- Se toma una cantidad considerable de la muestra, luego se procede a colocarla en la tamizadora y se agita por 5 minutos.

Resultados de la granulometría del agregado grueso de 3/8", realizado en el CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería), USAC.

Tabla IV. Granulometría del agregado grueso 3/8", ensayo realizado en el CII, USAC

Tamiz No.	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16
% Que pasa	100.00	99.05	98.02	11.43	0.00	0.00

Resultados de la granulometría del agregado grueso de 1", realizado en el CII, USAC

Tabla V. Granulometría del agregado grueso 1", ensayo realizado en el CII, USAC

Tamiz No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8
% Que pasa	100.00	99.37	70.14	20.66	8.68	1.76	0.00

4.1.3.2 **Peso unitario volumétrico (ASTM C- 29, método de prueba para peso de unidad y vacíos en agregados)**

- Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total del recipiente, para agregado grueso el volumen es de 7litros y para agregado fino es de 2.867litros, incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos, el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C- 29. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa, por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento

Procedimiento

Para este ensayo se utiliza un recipiente de 7 litros de volumen, existen dos tipos: peso unitario suelto y peso unitario compactado.

Peso unitario suelto:

Peso material 1 = 9080g

Peso material 2 = 9090g

Peso material 3 = 9119.95g

Peso Unitario suelto1= $(9080 \text{ g} / 7\text{l}) = 1297.14\text{kg} / \text{m}^3$

Peso Unitario suelto2= $(9090 \text{ g} / 7\text{l}) = 1298.57\text{kg} / \text{m}^3$

Peso Unitario suelto3= $(9119.95 \text{ g} / 7\text{l}) = 1302.85\text{kg} / \text{m}^3$

Promedio

P.U.S. A.G. 3/8"= $(1297.14 + 1298.57 + 1302.85) / 3 = 1299.58 \text{ kg} / \text{m}^3$

Peso unitario suelto del agregado grueso de 1"

P.U.S. A.G. 1" = 1,393.71kg/m³

Peso unitario compactado:

Se tara el recipiente y este se llena en tercios, en cada tercio se compacta el material con 25 golpes y finalmente se pesa con el material.

Peso material 1 = 9550g

Peso material 2 = 9560.70g

Peso material 3 = 9619.54g

Peso Unitario compactado1= (9550g /7l) = 1364.28kg/ m³

Peso Unitario compactado2= (9560.70g /7l) = 1365.80kg/ m³

Peso Unitario compactado3= (9619.54g /7l) = 1374.22kg/ m³

P.U.C. A.G. 3/8" = (1364.28 + 1365.80 + 1374.22)/ 3 = 1368.10 kg /m³

Peso unitario compactado del agregado grueso de 1"

P.U.C. A.G. 1" = 1,415.95kg/m³

4.1.3.3 Peso Especifico (ASTM C-127, método de prueba para gravedad específica y absorción del agregado grueso)

El peso específico se define como la relación entre el peso del material y el volumen ocupado por las partículas del material, incluyendo los poros (Saturados y no saturados)

El peso específico aparente es el más utilizado, ya que determina la cantidad de agregado en peso que se necesita para fabricar un metro cúbico de concreto. El rango en el que se deben encontrar los agregados y su peso específico es: 2.4-2.9 g /cm³

Procedimiento

- Se realiza con material en estado seco-saturado
- Se le toma el peso de la probeta de 500ml
- Luego se agregan 200g de material.
- Se agrega agua hasta 500 ml y se toma el peso de estos.
- Se agita la probeta para evitar todo vacío dentro del material.
- Por último se pesa la probeta solamente hasta 500ml

$$\gamma_e = \frac{\text{peso material}}{\text{Peso material} + (\text{peso probeta} + \text{H}_2\text{O}) - (\text{peso prob.} + \text{Mat.} + \text{H}_2\text{O})}$$

Peso específico para el agregado grueso de 3/8"

$$\gamma_e = 2.43$$

Peso específico para el agregado grueso de 1"

$$\gamma_e = 2.49$$

4.1.3.4 Porcentaje de absorción en agregados gruesos (ASTM C-127)

- Se toma una muestra representativa del material y se satura durante 24 horas

- Se destila el material y se separa en 3 muestras para tener un material seco saturado.
- Tomar una cantidad mayor de 500g y colocar la muestra en horno durante 24 horas, para determinar el % de absorción.

$$\% \text{ absorción} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso final}}$$

$$\% \text{ absorción agregado } 3/8'' = 4.66\%$$

$$\% \text{ absorción agregado } 1'' = 0.72\%$$

4.1.3.5 % de Vacíos

$$\% \text{ de vacíos } 3/8'' = \frac{\text{peso específico} \cdot 1000 - \text{peso unitario compactado}}{\text{Peso específico} \cdot 1000}$$

$$\% \text{ de vacíos } 3/8'' = \frac{2.43 \cdot 1000 - 1,368.10 \text{ kg /m}^3}{2.43 \cdot 1000}$$

$$\% \text{ de vacíos } 3/8'' = 43.66\%$$

$$\% \text{ de vacíos } 1'' = 43.19\%$$

4.1.4 Agregado fino (Ensayos y Normas)

4.1.4.1 Granulometría Norma (ASTM C-136, método de análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos)

- Para realizar este ensayo es necesario que el material se encuentre en condición seca, por lo que se coloca en el horno durante 24h.
- Posteriormente se pesan 500g del material, para colocarlo en los siguientes tamices: #4, #8, #16, #30, #50, #100 y fondo, que conforman la batería de tamices que establece la norma.
- Se toma una cantidad considerable de la muestra, luego se procede a colocarla en la en tamizadora y se agita durante 5 minutos.
- Pesar las cantidades del material retenido en cada tamiz.

Tabla VI. Ensayo de granulometría al agregado fino, ensayo realizado en el CII, USAC

Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
% Que pasa	100.00	97.30	90.88	81.97	62.09	31.58	9.04

4.1.4.2 Contenido de materia orgánica (ASTM C-40, método de ensayo par las impurezas orgánicas en agregados finos para el concreto)

- En una probeta se colocan 150ml de material en estado seco y se le agregan 50ml de Hidróxido de sodio al 3% de pureza durante 24h y después de este tiempo se toma cierta porción de líquido y se compara con una tabla de colores donde dependiendo del color que tenga es el grado de contaminación del material.

Resultado del contenido de materia orgánica realizado en el CII

Materia orgánica = 1.00

4.1.4.3 Peso unitario volumétrico (ASTM C-29)

Peso unitario suelto

En este ensayo se llena el recipiente con el agregado fino y se pesa, volumen del recipiente es de 2.867l

Peso unitario suelto=1513.54kg/m³

Peso unitario compactado

Se tara el recipiente y este se llena en tercios, en cada tercio se compacta el material con 25 golpes y finalmente se pesa con el material.

Peso unitario compactado=1655.53kg/m³

4.1.4.4 Peso específico (ASTM C-128, método de prueba para gravedad específica y absorción del agregado fino)

- Se realiza con material en estado seco-saturado
- Se le toma el peso de la probeta de 500ml
- Luego se agregan 200g de material
- Se agrega agua hasta 500 ml y se toma el peso de estos
- Se agita la probeta para evitar todo vació dentro del material
- Por último se pesa la probeta solamente hasta 500ml

$$\gamma_e = \frac{\text{peso material}}{\text{Peso material+ (peso probeta+H2O)-(peso prob.+Mat.+H2O)}}$$

$\gamma_e = 2.68$

4.1.4.5 % Absorción (ASTM C-128)

- Se utiliza material en condición seco-saturado.
- Se pesan 500g de material y se coloca en el horno durante 24h.
- Después de 24horas se toma el peso, habiéndose evaporado toda humedad.

$$\% \text{humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso final}}$$

% absorción= 0.32

Este resultado nos indica que el agregado fino, es un material poco absorbente.

4.1.4.6 % pasa tamiz No. 200 (ASTM C-117, método de prueba para material mas fino que pasa tamiz 75-um (No. 200) en agregados minerales por lavado)

(a) Objeto

Este método de ensayo describe el procedimiento para determinar la cantidad total de material más fino que el tamiz N° 200 en los agregados.

(b) Equipo

1. Tamices N° 16 y N° 200
2. Recipiente para sumergir la muestra
3. Homo a temperatura constante (105 °C)

(c) Procedimiento

Se pesan 500g de material en condiciones seco, luego por decantación se lava en los tamices No. 40 y No. 200, el material que queda retenido en ambos tamices se coloca en un recipiente y se deja en el homo durante 24hrs y se pesa al día siguiente

(d) Cálculos

El porcentaje de material más fino que el tamiz No. 200 se determinará por medio de la fórmula siguiente:

Por ciento de material que pasa por el tamiz No. 200= (Peso original - Peso seco después de lavar)/Peso original.

$$\% \text{ pasa tamiz } 200 = \frac{500\text{g} - 477.80\text{g}}{500\text{g}} = 0.044$$

% pasa tamiz No. 200 = 4.44%

4.1.4.7 % de Vacíos

$$\% \text{ de vacíos} = \frac{\text{peso específico} \cdot 1000 - \text{peso unitario compactado}}{\text{Peso específico} \cdot 1000}$$

$$\% \text{ de vacíos} = \frac{2.68 \cdot 1000 - 1655.53}{2.68 \cdot 1000}$$

$$\% \text{ de vacíos} = 38.31\%$$

4.1.5 Cemento

Se utilizó Cemento UGC 4000psi por el motivo que en Guatemala, las construcciones a base de concreto se trabajan con este tipo de cemento, siendo el más utilizado para elaborar morteros en general y concreto armado, con la mezcla de concreto y la incorporación de aditivo reductor de agua se obtendrán datos para conocer sus ventajas y desventajas, este tipo de cemento cumple con la norma ASTM C -1157 y COGUANOR NGO 41001.

4.1.6 Aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D

Se utilizaron dosificaciones según ficha técnica del aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D, el producto cumple con la norma ASTM C-494

- Dosificaciones
 - Bachada control 0 aditivo **B1**
 - Bachada dosificación 2 ml/kg cemento **B2**
 - Bachada dosificación 6 ml/kg cemento **B3**

4.1.6.1 0.5%- 1.5% del peso del cemento

Las dosificaciones que se utilizaron son las siguientes: 0 ml/kg, 2ml/kg y 6ml/kg

Bachada 1 Cemento: 32 kg

Aditivo: 0ml/kg

Bachada 2 Cemento: 29 kg

Aditivo: 2ml/kg

Cantidad de aditivo: (2ml/kg) (29kg)= 58ml

Bachada 3 Cemento: 32 kg

Aditivo: 6ml/kg

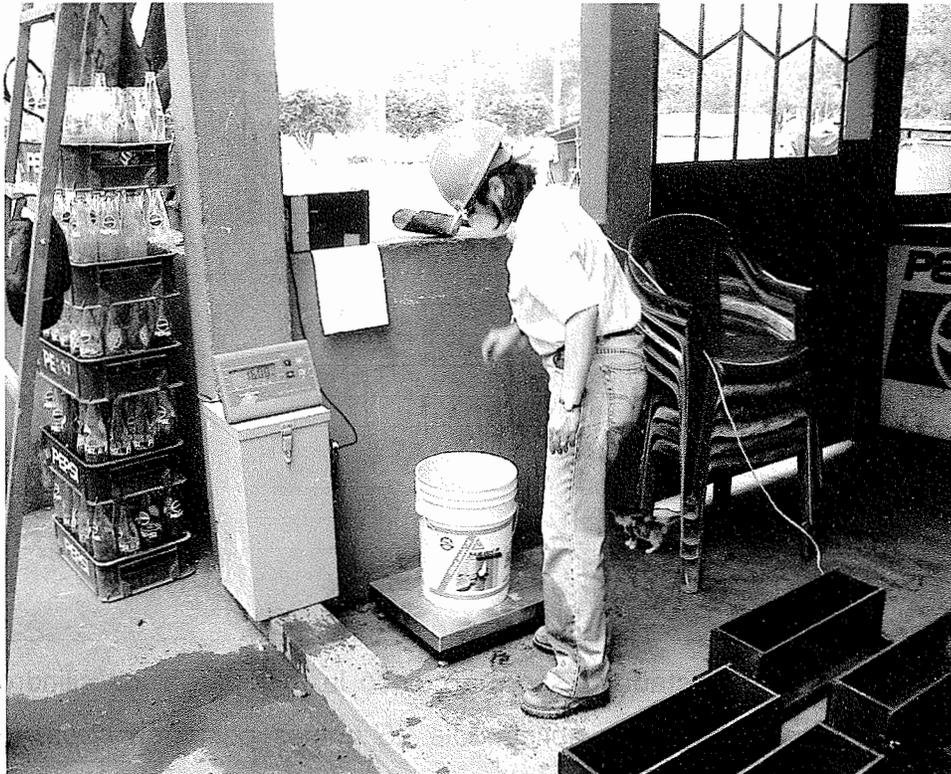
Cantidad de aditivo: (6ml/kg) (32kg)= 192ml

4.2 Elaboración y evaluación de concretos

La mezcla fue elaborada en el Municipio de Escuintla, departamento Escuintla, la primera bachada se realizó a las 10:50AM, dicha mezcla de concreto se trabajo a mano (pala, azadón), debido a que no se contaba con una máquina mezcladora, cuando se realizó el concreto se obtuvo una temperatura ambiente de 28.7°C, velocidad del viento 3.3km/hra aproximadamente, humedad relativa

85%, datos obtenidos por los boletines del INSIVUMEH. Se dosificó el material para elaborar el concreto (arena, pedrín cemento agua y aditivo), según diseño de mezcla, se utilizó un peso unitario de 2400kg/m^3 , con un $f'c= 4000\text{psi}$.

Figura 1. Dosificación por peso de los materiales, el pesaje se realizó con una balanza digital, para obtener cantidades exactas de los materiales destinados a la mezcla de concreto



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

Se procedió a homogenizar los agregados, teniendo el concreto terminado en estado fresco, se realizaron los ensayos siguientes: contenido de aire, trabajabilidad, temperatura del concreto, masa unitaria, estos ensayos se le realizaron a la mezcla de concreto con aditivo y sin aditivo.

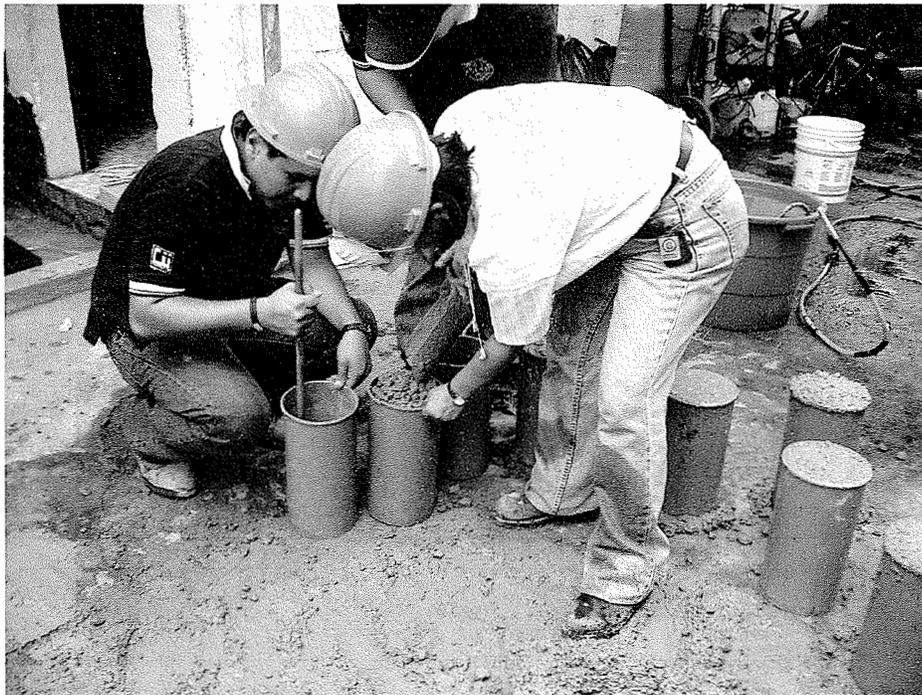
Figura 2. Homogenización de los materiales (arena, piedrín, cemento y agua), se realizó manualmente con pala y azadón en una base de concreto.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

Luego de los ensayos en estado fresco, se colocó la mezcla en los cilindros plásticos, en capas igual a $H/3$ y aplicándole 25 golpes por cada capa, los cilindros contaban con las siguientes dimensiones $H=30\text{cm}$ y $\text{Diámetro}=15\text{cm}$, para cada diseño de mezcla se realizaron 9 cilindros y una viga, utilizados para el ensayo a compresión y ensayo a flexión, los cilindros se ensayaron a 3, 7 y 28 días de edad y el ensayo a flexión a 28 días de edad.

Figura 3. Llenado de concreto en cilindros plásticos sin ninguna incorporación de aditivo, se utilizaron 9 probetas de concretos por cada diseño de mezcla, con un total de 27 muestras.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

Después se procedió a colocar la mezcla en el tamiz de $\frac{1}{4}$ ", para obtener el material que pasa por el tamiz de $\frac{1}{4}$ ", el cual se utilizó para colocarlo en los moldes de vigas de acero, con las siguientes dimensiones: $L= 53.50\text{cm}$ $a= 15.30\text{cm}$ y $h=15.30\text{cm}$, estas vigas fueron utilizadas para el ensayo de Velocidad de endurecimiento.

Figura 4. Vigas para el ensayo velocidad de endurecimiento, se realizaron tres vigas de concreto, una por cada diseño de mezcla, las cuales se utilizaron para el ensayo a flexión.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

4.3 Condiciones concretos (Trabajabilidad, proporciones, dosificaciones aditivo)

Bachada 1: Se realizó un diseño de mezcla para un concreto $f_c = 4000\text{psi}$, utilizando 0ml/kg de aditivo, este concreto se identificó como Bachada control de calidad, en todas las bachadas se utilizó un 60% del agregado grueso de 1" y 40% del agregado de 3/8", el porcentaje se calculó en base al peso total del agregado grueso, para un volumen de concreto $V = 0.086\text{m}^3$

Tabla VII. Peso de materiales (metro cúbico), Bachada 1

Cemento	371.4 kg
Agregado G. 1"	664.7 kg
Agregado G. 3/8"	443.18 kg
Arena	738.6 kg
Agua	182 l
Aditivo	0 cc

Tabla VIII. Proporción en volumen, Bachada 1

Cemento	Arena	A.G. de 1"	A.G. de 3/8"	Agua
1	1.99	1.81	1.22	0.49

Tabla IX. Peso de materiales (Bachada 1)

Cemento	32.00 kg
Agregado G. 1"	58.00 kg
Agregado G. 3/8"	39.00 kg
Arena	63.50 kg
Agua	16l
Aditivo	0 cc

Bachada 2: se realizó un diseño de mezcla para un concreto $f'_c = 3000\text{psi}$, utilizando 2ml/kg de Aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D.

Las proporciones fueron las siguientes:

Tabla X. Peso de materiales (metro cúbico), Bachada 2

Cemento	328.57 kg
Agregado G. 1"	634.17 kg
Agregado G. 3/8"	422.78 kg
Arena	830.47 kg
Agua	184l
Aditivo	657.1 cc

Tabla XI. Proporción en volumen, Bachada 2

Cemento	Arena	A.G. de 1"	A.G. de 3/8"	Agua
1	2.48	1.9	1.27	0.42

Tabla XII. Peso de materiales (Bachada 2)

Cemento	29.00 kg
Agregado G. 1"	55.00 kg
Agregado G. 3/8"	36.00 kg
Arena	72.00 kg
Agua	13l
Aditivo	58.00 cc

Bachada 3: se realizó un diseño de mezcla para un concreto $f'c = 4000\text{psi}$, utilizando 6ml/kg de Aditivo Sika ViscoCrete PC 2100-D.

Tabla XIII. Peso de materiales (metro cúbico), Bachada 3

Cemento	371.4 kg
Agregado G. 1"	664.7 kg
Agregado G. 3/8"	443.18 kg
Arena	738.6 kg
Agua	182l
Aditivo	2,228.4 cc

Tabla XIV. Proporción en volumen, Bachada 3

Cemento	Arena	A.G. de 1"	A.G. de 3/8"	Agua
1	1.99	1.81	1.22	0.4

Tabla XV. Peso de materiales (Bachada 3)

Cemento	32.00 kg
Agregado G. 1"	58.00 kg
Agregado G. 3/8"	39.00 kg
Arena	63.50 kg
Agua	11.24l
Aditivo	192.00 cc

4.4 Condiciones de clima (temperatura y humedad relativa)

La mezcla se realizó el 02 de junio del año 2009. Según boletín del INSIVUMEH que cuenta con la Estación Sabana Grande, ubicada en el departamento de Escuintla, municipio de Escuintla, que tiene como función registrar datos de las condiciones climáticas en esa zona geográfica, la temperatura máxima para este mes del año varía entre 28.7°C y 28.9 °C, temperatura mínima entre 18.9 °C y 19.3 °C, un intervalo de humedad relativa de 82.0% a 86.0%, velocidad del viento con un valor igual a 3.3 km/hr.

4.4.1 Concreto en estado fresco

4.4.1.1 Trabajabilidad (ASTM C-143, método de ensayo para la caída de concreto de Cemento Pórtland).

Procedimiento "método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams"

Aparatos

- a. Cono de Abrams; molde de forma tronco cónica de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm de diámetro en la base superior; altura de 30 cm provisto de agarraderas y aletas de pie.
- b. Varilla compactadora de acero lisa de 5/8" de diámetro con punta semiesférica y de aproximadamente 60 cm de longitud, lisa.

Procedimiento

- a. Colocar el molde humedecido superficialmente seco sobre una superficie plana no absorbente.
- b. Llenar el concreto en tres capas de aproximadamente 1/3 del volumen total cada capa.
- c. Compactar cada capa con la barra mediante 25 golpes uniformes en toda la sección.
- d. Enrasar el molde una vez terminada de compactar la última capa por exceso, esto se puede hacer utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

- e. Levantar el molde en dirección vertical, y medir inmediatamente la diferencia entre la altura del molde y la altura del concreto fresco. Esta operación debe hacerse entre 5 a 10 seg máximo, evitar movimientos laterales o torsionales.
- f. De observarse un asentamiento tipo corte este ensayo deberá desecharse y realizarse uno nuevo con otra parte de la mezcla. Si se vuelve a cortar, el concreto carece de plasticidad y cohesión y no es valido para este ensayo.
- g. Se golpea con la varilla en el centro del molde y se puede observar como es la cohesión de la mezcla.

Figura 5. Ensayo de asentamiento, se observó que el incremento de aditivo reductor de agua aumentaba la plasticidad y el asentamiento.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

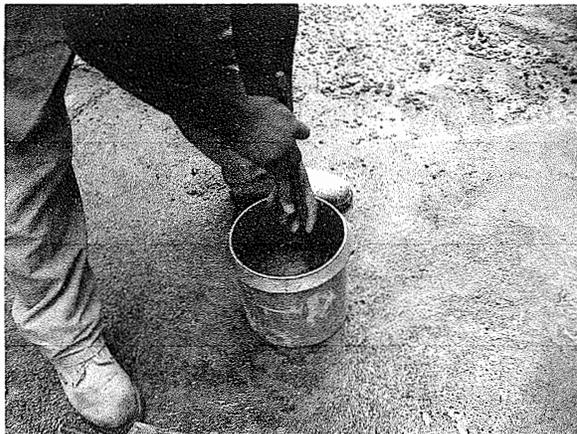
Tabla XVI. Resultados del ensayo de asentamiento

No. de bachada	Asentamiento (cm)
B1	16
B2	25
B3	30

4.4.1.2 Masa unitaria (ASTM C-138, método de ensayo para la unidad de peso, el rendimiento y contenido de aire (gravimétrico) del concreto)

1. Determine el peso del recipiente vacío (en kg) que ha de usarse.
2. Coloque el concreto en el recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen.

Figura 6. Ensayo de la masa unitaria, se utilizó un recipiente cilíndrico de 7 litros de volumen, este ensayo se le realizó a cada mezcla de concreto.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

- a) Llene el recipiente a aproximadamente $1/3$ de su volumen.
- b) Varille la capa 25 veces en todo su espesor, pero sin golpear con fuerza el fondo del recipiente. Distribuya el varillado uniformemente en toda la sección transversal del recipiente.
- c) Golpee ligeramente la parte exterior del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de hule para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación.

3. Para la segunda capa:

- a) Llene el recipiente a aproximadamente $2/3$ de su volumen.
- b) Varille la capa 25 veces, penetrando la primera capa aproximadamente 25 mm distribuya el varillado uniformemente en toda la sección transversal del recipiente.
- c) Golpee ligeramente el exterior del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de hule para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación.

4. Para la tercera capa:

- a) Agregue material evitando que se derrame.
- b) Varille la capa 25 veces, penetrando la segunda capa aproximadamente 25 mm, distribuya el varillado uniformemente en toda la sección transversal del recipiente.
- c) Golpee ligeramente el exterior del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de hule para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación.

5. Después de compactar la tercera capa se considera óptimo, agregar aproximadamente 3mm de concreto por encima de la parte superior del recipiente.

Se puede agregar o remover material representativo según sea necesario previamente al enrasado.

6. Enrase la parte superior de la superficie del concreto y de un acabado suavemente con la placa plana de enrasado, dejando el recipiente lleno

justamente a nivel.

7. Limpie completamente el exterior del recipiente y determine la masa (kg) del recipiente lleno con concreto.

Figura 7. Enrasamiento de la hoya cilíndrica, la cual se utilizó en el ensayo de la masa unitaria, después se empleó en el ensayo del contenido de aire.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

8. Calcule la densidad (masa unitaria) del concreto en el recipiente, restando el peso del recipiente vacío, dividir entre el volumen del recipiente y registre el resultado en kg /m^3

Tabla XVII. Resultados en el ensayo de la masa unitaria

No. de bachada	Masa unitaria (kg/m ³)
B1	2,271
B2	2,297
B3	2,310

4.4.1.3 Temperatura (ASTM C-1064, método de prueba para la temperatura de Cemento Pórtland recién surtido el concreto)

Procedimiento

- a. Coloque el dispositivo medidor de temperatura en la mezcla de concreto fresco de modo que la porción del sensor de temperatura este sumergido un mínimo de 3 pul (75 mm).
- b. Presione suavemente el concreto superficial alrededor del dispositivo medidor de temperatura de modo que la temperatura del aire ambiental no afecte la lectura.
- c. Deje el dispositivo medidor de temperatura en la mezcla de concreto fresco por un período mínimo de 2 min hasta que la temperatura se estabilice, entonces lea y registre la temperatura.
- d. Complete la medición de la temperatura en el concreto fresco dentro de los 5 minutos después de obtener la muestra.

Figura 8. Ensayo de temperatura al concreto fresco, se insertó el medidor de temperatura segundos después de terminar la mezcla de concreto, este ensayo se realizó en todas las mezclas.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

a. Temperatura en la Bachada 1, Aditivo 0ml/kg

T = 29° C

b. Temperatura en la Bachada 2, Aditivo 2ml/kg

T = 28 ° C

c. Temperatura en la Bachada 3, Aditivo 6ml/kg

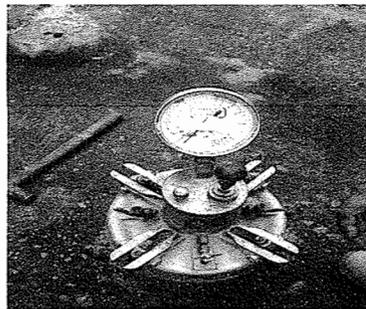
T= 28 ° C

4.4.1.4 Contenido de aire (ASTM C-231, método de prueba para contenido de aire del concreto recién surtido por el método de presión)

Equipo:

Medidor tipo B.- la operación principal de este medidor consiste en igualar el volumen de aire y la presión conocida en una cámara con el volumen desconocido de aire de la muestra de concreto. Un medidor de aire que consiste en un recipiente de forma cilíndrica y una sección superior que lo cubre. El recipiente debe ser de metal u otro material no reactivo al cemento, debe tener un diámetro de 0.75 a 1.25 veces la altura y una capacidad por lo menos de 0.20 ft³. La forma en que trabaja este medidor consiste en igualar un volumen conocido de aire a una presión conocida en una cámara de aire hermética con el volumen de aire desconocido de la muestra de hormigón. La aguja en el medidor de presión se calibra en términos de porcentajes de aire de presión en la cual se igualan ambas presiones. Se han usado satisfactoriamente presiones operacionales de 7.5 a 30.0 psi (51 a 207 kPa).

Figura 9. Equipo para el ensayo de contenido de aire, fue proporcionado por el CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería), y operado por el personal del mismo.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

Fuente: Propia, Escuintla, 2009

Procedimiento

1. Seleccionar una muestra representativa.
2. Humedecer el interior del tazón y colocarlo en una superficie plana nivelada y firme
3. Llenar el recipiente con tres capas de igual volumen, sobrellenando ligeramente la última capa.
4. Compactar cada capa con 25 penetraciones de la punta semihemisférica de la varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección.
5. Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente con la varilla.
6. Compactar la segunda y tercera capa penetrando 1 pulgada (25mm) de la capa anterior.
7. Golpear firmemente los lados del tazón de 10 a 15 veces con el mazo, después de compactar cada capa, para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra.
8. Enrasar el concreto utilizando la regla enrasadora apoyada sobre el borde superior del molde; y luego limpie el exceso de muestra del borde del recipiente.
9. Limpiar y humedecer el interior de la cubierta antes de acoplarla con las mordazas a la base; las mordazas se sujetan dos a la vez y en cruz.
10. Abrir ambas llaves de purga.
11. Cerrar la válvula principal de aire entre la cámara y el tazón y abrir ambas llaves de purga a través de la cubierta.

Figura 10. Ensayo del contenido de aire, realizado inmediatamente después de la masa unitaria, con el propósito de obtener resultados más exactos.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

12. Inyectar agua a través de una de las llaves de purga hasta que se salga por la otra.
13. Continuar inyectando agua por la llave de purga, mientras mueve y golpea el medidor para asegurar que todo el aire es expulsado.
14. Cerrar la válvula de escape de aire y bombear aire dentro de la cámara hasta que el manómetro este en la línea de presión inicial.
15. Esperar unos segundos para que el aire comprimido llegue a una temperatura normal y se establezca la lectura de presión.
16. Ajustar el manómetro en la línea de presión inicial por bombeo o deje escapar aire si es necesario dando ligeros golpes con la mano.
17. Cerrar ambas llaves de purga.
18. Abrir la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón.
19. Dar pequeños golpes en los lados del tazón con el mazo.

20. Leer el porcentaje de aire, golpeando con la mano ligeramente el manómetro para estabilizar la lectura.
21. Cerrar la válvula de aire principal y abrir las llaves de purga para descargar la presión, antes de remover la cubierta.
22. Calcular correctamente el contenido de aire.

a. Contenido de aire en la Bachada 1, Aditivo 0ml/kg

% aire = 5.7%

b. Contenido de aire en la Bachada 2, Aditivo 2ml/kg

% aire = 5.6%

c. Contenido de aire en la Bachada 3, Aditivo 6ml/kg

% aire = 5.2%

4.4.1.5 Velocidad de endurecimiento (ASTM C-403, método de ensayo para la hora de colocación de mezclas de concreto de resistencia a la penetración)

Se utilizaron 3 vigas, en dosificaciones de 0ml/kg, 2ml/kg y 6ml/kg, este ensayo cubre la determinación del tiempo del fraguado del concreto con revenimiento mayor a cero, por medio de la medición de la resistencia a la penetración del mortero tamizado de la mezcla de concreto.

Figura 11. Ensayo velocidad de endurecimiento, el tiempo de duración para este ensayo duró en un intervalo de tiempo de 7 a 8 horas aproximadamente, para cada viga.



Fuente: Propia, Escuintla, 2009

Al terminar el llenado de cilindros con mezcla de concreto, se colocó la mezcla en la viga de metal, inmediatamente después se le aplica una carga dando como resultado igual a cero, al transcurrir el tiempo y fraguando el concreto la resistencia fue aumentando.

Tabla XVIII. Resultados del ensayo velocidad de endurecimiento, aditivo 0ml/kg

Velocidad de endurecimiento, aditivo 0ml/kg			
Hora	Área (plg ²)	Carga(lb)	Esfuerzo (lb/plg ²)
11:40 a.m.	1	25	25
12:10 p.m.	1	55	55
12:40 p.m.	1	60	60
01:10 a.m.	1	70	70
01:40 p.m.	1	75	75
02:10 p.m.	0.5	80	160
02:40 p.m.	0.25	30	120
03:00 p.m.	0.25	50	200
03:10 p.m.	0.25	53	212
03:30 p.m.	0.25	57	228
03:40 p.m.	0.25	60	240
03:55 p.m.	0.1	45	450
04:10 p.m.	0.1	65	650
04:40 p.m.	0.1	70	700
05:10 p.m.	0.05	96	1920
05:40 p.m.	0.05	105	2100
06:10 p.m.	0.05	115	2300
06:40 p.m.	0.05	117	2340
07:00 p.m.	0.05	0	0

Tabla XIX. Resultados del ensayo velocidad de endurecimiento, aditivo 2ml/kg

Velocidad de endurecimiento, aditivo 2ml/kg			
Hora	Área (plg ²)	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/plg ²)
12:15 p.m.	1	0	0
12:45 p.m.	1	0	0
01:15 p.m.	1	35	35
01:45 a.m.	1	40	40
02:15 p.m.	1	50	50
02:45 p.m.	1	60	60
03:15 p.m.	0.5	40	80
03:45 p.m.	0.5	60	120
04:15 p.m.	0.5	70	140
04:45 p.m.	0.25	58	232
05:15 p.m.	0.25	70	280
05:45 p.m.	0.25	80	320
06:15 p.m.	0.25	95	380
06:22 p.m.	0.1	45	450
06:30 p.m.	0.1	75	750
06:45 p.m.	0.1	90	900
07:30 p.m.	0.1	99	990
07:50 p.m.	0.1	101	1010
08:10 p.m.	0.05	80	1600
08:20 p.m.	0.05	115	2300
08:30 p.m.	0.05	0	0

Tabla XX. Resultados del ensayo velocidad de endurecimiento, aditivo 6ml/kg

Velocidad de endurecimiento aditivo 6 ml/kg			
Hora	Área (plg ²)	Carga (lb)	Esfuerzo(lb/plg ²)
01:05 p.m.	1	0	0
01:35 p.m.	1	0	0
01:55 p.m.	1	0	0
02:25 p.m.	1	0	0
02:55 p.m.	1	25	25
03:25 p.m.	1	40	40
03:55 p.m.	1	48	48
04:25 p.m.	1	50	50
04:55 p.m.	0.5	55	110
05:25 p.m.	0.5	68	136
05:55 p.m.	0.5	80	160
06:25 p.m.	0.25	85	340
06:55 p.m.	0.25	90	360
07:05 p.m.	0.1	45	450
07:25 p.m.	0.1	65	650
08:20 p.m.	0.1	75	750
08:40 p.m.	0.1	80	800
09:10 p.m.	0.05	75	1500
09:45 p.m.	0.05	90	1800

4.4.2 Concreto en Estado endurecido, ensayo a 3, 7 y 28 días de edad.

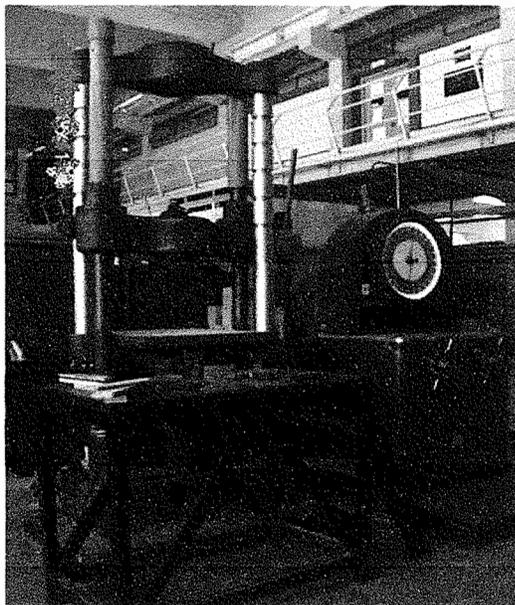
4.4.2.1 Flexión (ASTM C-78, método de ensayo para la resistencia a la flexión del concreto usando viga simple con un tercer punto de carga)

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo

aparatos:

- a. Máquina de ensayo, capaz de mantener la velocidad de carga continua y uniforme.
- b. Aparatos de carga, capaz de mantener la distancia de apoyos con aproximación de 2.0mm.
- c. Placas de carga y apoyo

Figura 12. Máquina Universal



Fuente: Propia, CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería), 2009

Procedimiento

- a. El ensayo se realiza con la muestra en estado húmedo, haciendo girar las muestras sobre uno de los lados con respecto a la posición de vaciado.
- b. Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0.86 MPa/min. y 1.21 MPa/min., hasta la rotura de la viga.
- c. Determinar el ancho promedio, altura promedio, y ubicación de la línea de fractura de la viga en la zona de falla.

Expresión de los resultados

M_r = Módulo de rotura, en MPa

P = Carga máxima de rotura, en kg.-f.

L = Luz libre entre apoyos, en cm

b = Ancho promedio de la viga, en cm

h = Altura promedio de la viga, en cm

$$M_r = 3PL/2bh^2$$

Tabla XXI. Ensayo a flexión a 28 días de edad, aditivo 0ml/kg

Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Carga a flexión(kg)	Modulo de ruptura(kg/cm ²)
53.43	15.43	15.33	1,900	41

Tabla XXII. Ensayo a flexión a 28 días de edad, aditivo 2ml/kg

Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Carga a flexión(kg)	Modulo de ruptura(kg/cm ²)
53.43	15.43	15.33	2,202	47

Tabla XXIII. Ensayo a flexión a 28 días de edad, aditivo 6ml/kg

Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Carga a flexión(kg)	Modulo de ruptura(kg/cm ²)
53.43	15.20	15.20	2,300	51

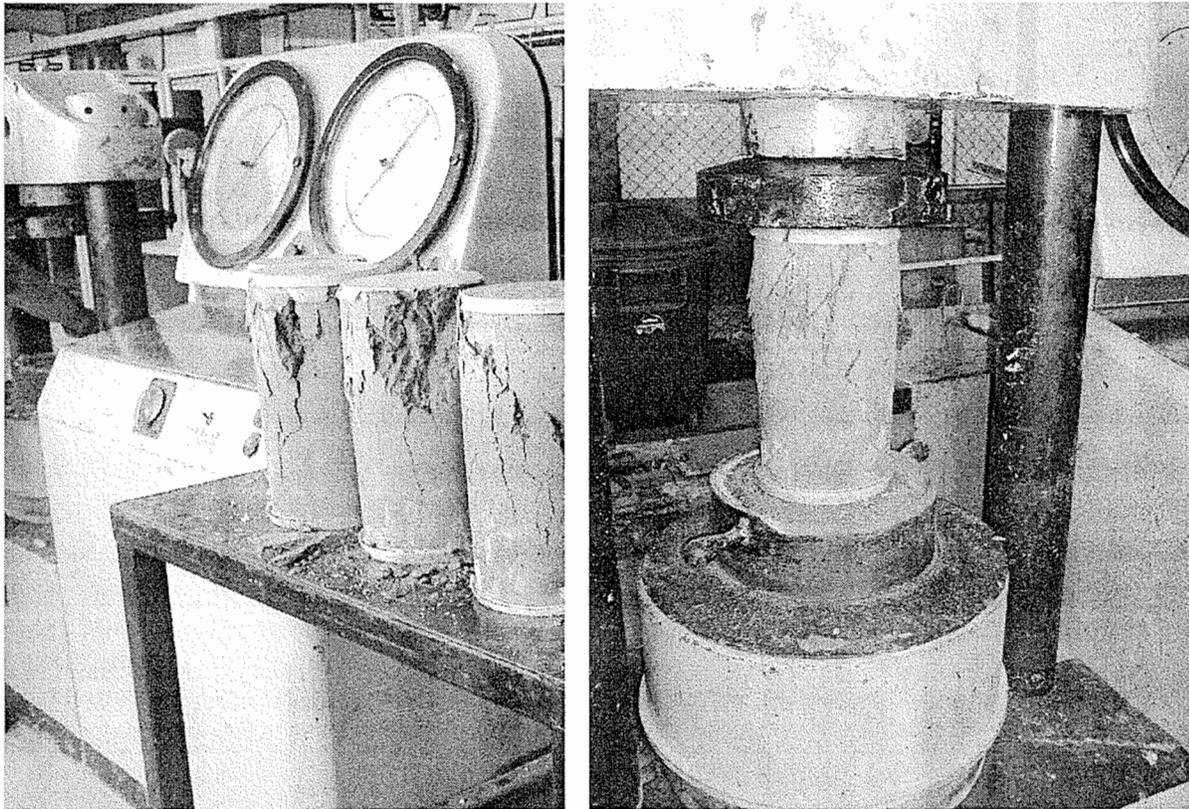
4.4.2.2 Compresión (ASTM C-39, método de ensayo para la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto) 3,7 y 28 días de edad

“Ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto”

aparatos:

- a. Máquina de ensayo capaz de mantener la velocidad de carga continua y uniforme.

Figura 13. Máquina para ensayo a compresión de muestras de concreto. Fallas típicas observadas en los ensayos.



Fuente: Propia, CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería), 2009

Procedimiento

- a. Medir el diámetro y la altura de la probeta cilíndrica
- b. Colocarle a la parte superior e inferior del cilindro, azufre derretido y esperar a que este completamente seco, con esto se logra que la carga sea axial.
- b. Colocar la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y centrar sobre el mismo.
- c. Aplicar la carga en forma continua y constante evitando choques la velocidad de carga estará en el rango de 0.14 a 0.34 Mpa/s.

d. Anotar la carga máxima, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del concreto.

Expresión de los resultados

Rc = Resistencia de rotura a la compresión.

P = Carga máxima de rotura en kilogramos.

A = Área de la superficie de contacto

$$Rc = P/A$$

Resultados obtenidos en el CII(Centro de Investigaciones de Ingeniería), para los ensayos a compresión a 3, 7 y 28 días de edad, con aditivo Sika ViscoCrete PC2100-D, en dosificaciones de 0ml/kg, 2ml/kg y 6ml/kg del peso del cemento.

Tabla XXIV. Ensayo a compresión, aditivo 0ml/kg

Edad (días)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (lb/plg ²)
3	116	1,654
7	146	2,087
28	205	3,142

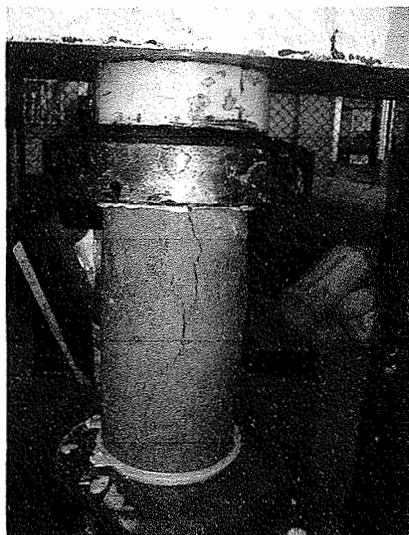
Tabla XXV. Ensayo a compresión, aditivo 2ml/kg

Edad (días)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (lb/plg²)
3	136	1,938
7	163	2,329
28	248	3,532

Tabla XXVI. Ensayo a compresión, aditivo 6ml/kg

Edad (días)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia (lb/plg²)
3	165	2,354
7	208	2,967
28	286	3,966

Figura 14. Ensayo a compresión de una muestra de concreto.



Fuente: Propia, CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería), 2009

Figura 15. Probetas de concreto minutos después del ensayo a compresión.



Fuente: Propia, CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería), 2009

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Materiales

5.1.1 Cemento

Se utilizó Cemento Pórtland UGC 4000psi, por el motivo que en la construcción guatemalteca es el más utilizado y posee buenas características en la trabajabilidad.

5.1.2 Agregados

La compañía "Agregua" cuenta con bancos de materiales (agregado grueso y fino) en casi todo el territorio nacional y es una de las más grandes proveedoras para los proyectos de construcción en Guatemala, debido a su calidad, costo y las distancias cortas que existen de los bancos de material a la obra, lo cual reduce costos de transporte.

5.1.3 Aditivo

La incorporación de ingredientes extras a la mezcla de concreto, en este estudio se utilizó el aditivo reductor de agua de alto rango, ayuda considerablemente a que se obtenga un concreto en estado fresco con mejores características en la trabajabilidad, reducción de vacíos y que a largo plazo el concreto endurecido obtenga mayor vida útil y con un menor mantenimiento, se observó en el concreto endurecido el incremento de hasta 25% de su resistencia a la compresión comparado con la bachada control **B1=3,142psi**, **B3=3,966psi** a 28 días de edad y este resultado está directamente proporcional con la cantidad de aditivo que se dosifique a la mezcla de concreto, a mayor cantidad de aditivo, mayor resistencia a compresión y flexión.

5.1.4 Economía

Los resultados obtenidos en el ensayo de la resistencia a compresión, indica que la incorporación de aditivo a la mezcla de concreto incrementa considerablemente su resistencia en un 25% aproximadamente dependiendo de la dosificación del Sika Viscocrete PC2100-D, la comparación se realizó con la bachada control (dosificación 0ml/kg) y la mezcla de 6ml/kg, las resistencias a compresión a 28 días de edad fueron **B1=3,142psi** y **B3=3,966psi**, los costos para un metro cúbico de concreto sin adición de aditivo es el siguiente: (BC= Q 741.00) y la mezcla con incorporación de aditivo 6ml/kg (B3= Q 732.00), la economía se relaciona en una reducción de 1.2% de ahorro en dinero por metro cúbico de concreto cuando se utiliza el Sika Viscocrete PC2100-D con una dosificación de 6ml/kg, las mezclas se diseñaron para una resistencia de **$f'c_{28} = 4000\text{psi}$** , se disminuyo el agua entre un 20% y 25% ahorrando un promedio de 36 a 40 litros de agua por metro cúbico de concreto, el ahorro en dinero respecto a la reducción del agua no está incluida en los datos antes mencionados debido a que los precios varían respecto al lugar en donde se construya el proyecto.

5.2 Concreto

5.2.1 Concreto fresco

5.2.1.1 Trabajabilidad

Los datos obtenidos en los ensayos, indicaron que cuando se incrementa la cantidad de aditivo también crece la trabajabilidad y se obtiene un mayor asentamiento, en mezclas normales los asentamientos muy altos provocan perdida de resistencia en el concreto endurecido, en este estudio, la bachada con mayor aditivo obtuvo el mayor asentamiento y a la vez la mayor resistencia.

Tabla XXVII. Resultados del ensayo de asentamiento, comparado con la resistencia a compresión a 28 días de edad.

Tipo de Bachada	Asentamiento (cm)	Resistencia a compresión(kg/cm ²) a 28 días de edad
B1	16	205
B2	25	248
B3	30	286

5.2.1.2 Masa unitaria

El incremento en la masa unitaria fue mínima comparado con la bachada control, este resultado indica una densidad normal según el intervalo de 2000 – 2800 kg/m³, esto demuestra que los agregados utilizados contenían una porosidad baja, y que el aditivo influye de manera mínima en la masa unitaria, **B1=2,271 kg/m³, B2=2,297kg/m³, B3=2,310 kg/m³**

5.2.1.3 Temperatura

Este es un factor muy importante en el concreto fresco, debido a que una alta temperatura ocasiona un fraguado rápido y una resistencia a temprana edad, que mas adelante provoque perdida de resistencia en el concreto endurecido, el uso de aditivo no repercute en este tipo de ensayo y no importa la cantidad que se le aplique, esto se refleja en los resultados obtenidos que son los siguientes.

B1=29° C

B2=28° C

B3=28° C

5.2.1.4 Contenido de aire

El contenido de aire aumenta la resistencia a los ciclos hielo-deshielo del concreto que lo contiene, hace que se varían sus propiedades reológicas, aumentando la cohesión, con lo cual se reduce la tendencia a la segregación y la exudación, lo que facilita su puesta en obra.

De acuerdo a los ensayos realizados a la mezcla, indica que a mayor cantidad de aditivo, el contenido de aire disminuye, siendo estos los resultados.

B1=5.7%, B2=5.6%, B3=5.2%

5.2.1.5 Velocidad de endurecimiento

En este ensayo se observó que el aditivo produjo una disminución en el esfuerzo y un mayor tiempo para poder alcanzarlo, a diferencia de la bachada control, que obtuvo un mayor esfuerzo en un tiempo menor, según datos obtenidos.

Tabla XXVIII. Resultados obtenidos en el esfuerzo final del ensayo de velocidad de endurecimiento

Tipo de Bachada	Tiempo total (min)	Esfuerzo (lb/plg ²)
B1	440	2340
B2	495	2300
B3	520	1800

5.2.2 Concreto endurecido

5.2.2.1 Ensayo a compresión

Se comprobó que según ficha técnica del aditivo, mencionaba un incremento en el ensayo a compresión en estado endurecido, que a mayor cantidad de aditivo mayor resistencia, podemos decir que el aditivo Sika ViscoCrete PC2100-D disminuye los costos en 1.2% por metro cúbico de concreto, garantiza un buen rendimiento en la resistencia a compresión, teniendo estructuras mas durables, se obtuvieron estos resultados en el concreto endurecido, **B1= 3,142psi, B2= 3,532.55psi, B3=3,966psi**, las resistencias antes descritas se obtuvieron a 28 días de edad.

5.2.2.2 Ensayo a flexión

La resistencia a flexión aumento con una mayor cantidad de aditivo, esto indica que las resistencias están directamente proporcionales en el incremento del Sika ViscoCrete PC2100-D a mayor aditivo, mayor resistencia.

Tabla XXIX. Resultados del ensayo a flexión

Tipo de Bachada	Modulo de ruptura (kg/cm ²)
B1	41
B2	47
B3	51

CONCLUSIONES

1. El aditivo Sika ViscoCrete PC2100-D reduce los costos en 1.2% por metro cúbico de concreto, de acuerdo al estudio realizado.
2. Con los resultados obtenidos en el estudio, se observó que la incorporación del Sika ViscoCrete PC2100-D a la mezcla de concreto trabajado en clima cálido, no afecta a ninguno de los ensayos realizados al concreto en estado fresco.
3. La utilización de este aditivo mejoró las propiedades en la mezcla del concreto en estado fresco, proporcionando una mejor plasticidad y una buena trabajabilidad, el ensayo del asentamiento fue el más sobresaliente comparado con los otros ensayos del concreto en estado fresco.
4. La resistencia a la compresión se incrementó en un 25% aproximadamente, con la incorporación del Sika ViscoCrete PC2100-D, utilizando la dosificación de 6ml/kg, este resultado fue comparado con el concreto que no utilizó este tipo de aditivo.
5. La resistencia a la flexión se incrementó en un 17%, utilizando el Sika ViscoCrete PC2100-D en una dosificación de 6ml/kg, resultado comparado con la mezcla de concreto que no utilizó aditivo.
6. Con la incorporación del aditivo Sika ViscoCrete PC2100-D, se redujo considerablemente la cantidad de agua, en un 20% a 25% por metro cúbico de concreto.

RECOMENDACIONES

1. Cumplir con las indicaciones del aditivo y disminuir el porcentaje de agua que se indique, esto servirá para que el concreto obtenga un período de vida más prolongado.
2. Cuando se requiera de un concreto $f'_{c_{28}} = 4000\text{psi}$, utilizar la dosificación de 6ml/kg del peso del cemento, de acuerdo a los datos obtenidos.
3. Al utilizar el Sika ViscoCrete PC2100-D, el ahorro es relativamente pequeño, pero se obtiene un concreto con la resistencia requerida y una estructura más durable.

REFERENCIAS

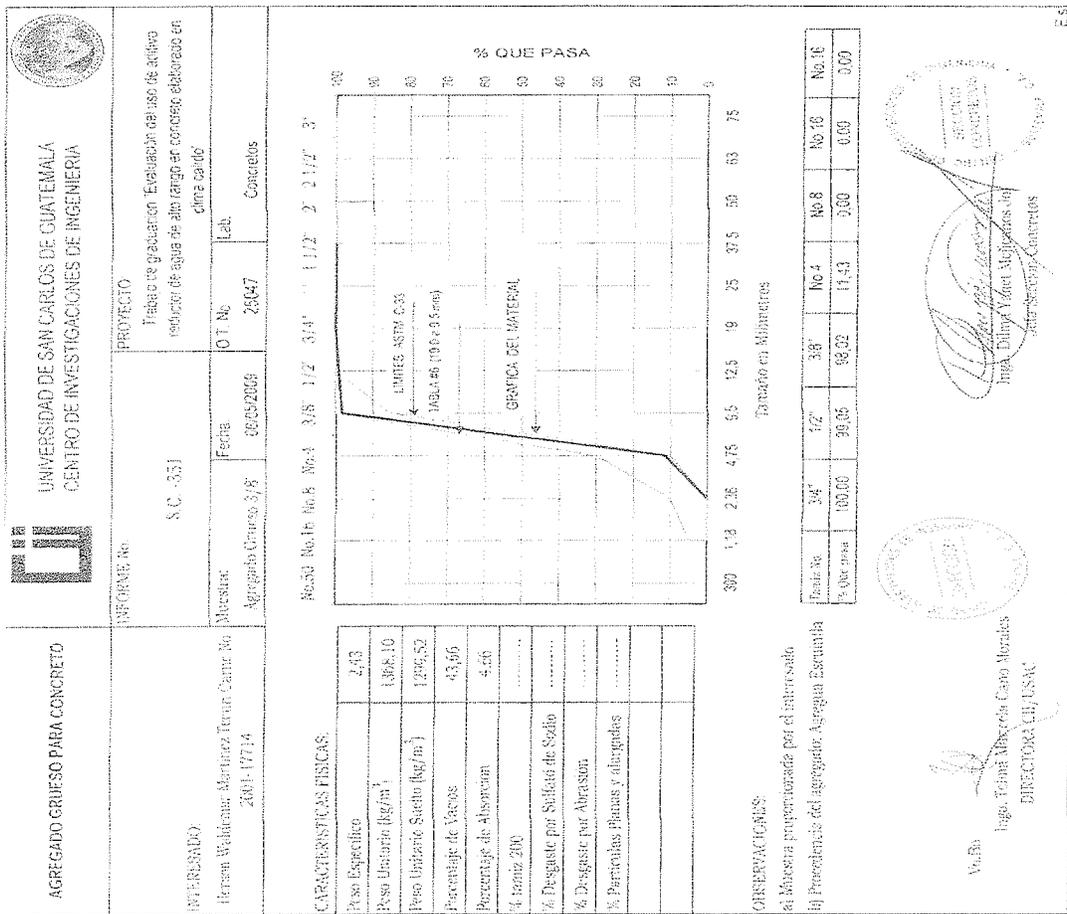
1. Ecuté Bantes, Francisco Javier. Evaluacion y variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas una en Escuintla y la otra en Tecun Uman Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.
2. Ortiz de León, Evelyn Elizabeth. Calidad de los agregados producidos en Guatemnala Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
3. American Society for Testing and Material (ASTM); ASTM International, West Conshohocken, PA, USA. Octubre, 2004.
4. SIKA. Documento técnico SIKA VisCocrete. Concreto autocompactante.
5. Boletines del INSIVUMEH, 2008.

BIBLIOGRAFÍA

1. MANUAL DEL INGENIERO CIVIL. Tomo I. Mac Graw Hill: México. sección 5-6.
2. Sánchez de Guzmán, Diego. **Tecnología del concreto y del mortero**. 5 ed. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Bhandar Editores Ltda., 2001. 349 pp.
3. SIKA. Documento técnico SIKA Viscocrete. Concreto autocompactante.
4. American Society for Testing and Material (ASTM); **ASTM International**, West Conshohocken, PA, USA. Octubre, 2004.
5. http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_no_destructivo.

APÉNDICES

Figura 16. Informe de la sección de concretos CII USAC, caracterización de agregado grueso y fino.



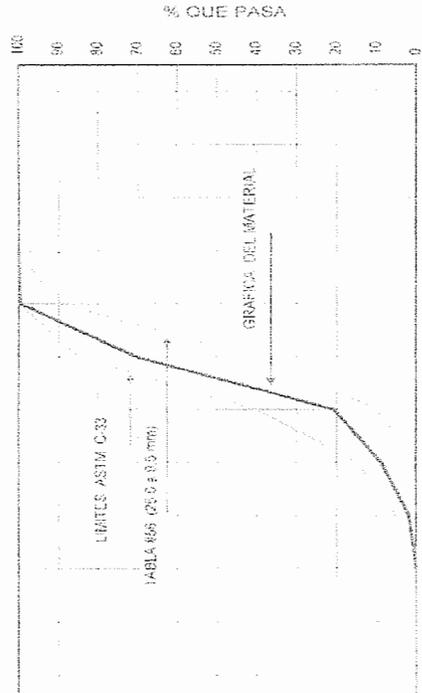
 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</p>		<p style="text-align: center;">PROYECTO Trabajo de graduación "Evaluación del uso de aditivo reductor de agua de alto rango en concreto elaborado en clima cálido"</p>																						
<p style="text-align: center;">INFORME No. S. C. -350</p>		<p style="text-align: center;">O.T. No. 24895</p>																						
<p style="text-align: center;">Muestra Agregado Grueso 1"</p>		<p style="text-align: center;">Libro Concretos</p>																						
<p style="text-align: center;">Fecha 25/04/2009</p>		<p style="text-align: center;">No. 50 No. 16 No. 8 No. 4 3/8" 1/2" 3/4" 1" 1 1/2" 2" 2 1/2" 3"</p>																						
<p style="text-align: center;">AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO</p>		<p style="text-align: center;">LABORES No. 50 No. 16 No. 8 No. 4</p>																						
<p style="text-align: center;">INTE-RESADO. Herson Velázquez Méndez Escobar</p>		<p style="text-align: center;">LABORES No. 50 No. 16 No. 8 No. 4</p>																						
<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:</p>		<p style="text-align: center;">LABORES No. 50 No. 16 No. 8 No. 4</p>																						
Peso Específico	2.49																							
Peso Unitario (kg/m ³)	1413.95																							
Peso Unitario Sucho (kg/m ³)	1393.71																							
Porcentaje de Vacíos	43.19																							
Porcentaje de Absorción	0.72																							
% Tamiz 200	0.00																							
% Desgaste por Sulfito de Sodio																							
% Desgaste por Abrasión																							
% Partículas Planas y alargadas																							
% Partículas Livianas																							
<p style="text-align: center;">OBSERVACIONES:</p>		<p style="text-align: center;">Tamaño en milímetros</p>																						
<p>a) Muestra preparada por el interesado.</p>		<table border="1"> <tr> <td>Tamiz No</td> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> <td>3/4"</td> <td>3/8"</td> <td>No. 4</td> <td>No. 8</td> </tr> <tr> <td>% que pasa</td> <td>100.00</td> <td>89.37</td> <td>70.14</td> <td>20.66</td> <td>8.68</td> <td>1.75</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.00</td> </tr> </table>		Tamiz No	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 8	% que pasa	100.00	89.37	70.14	20.66	8.68	1.75							0.00
Tamiz No	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 8																		
% que pasa	100.00	89.37	70.14	20.66	8.68	1.75																		
						0.00																		
<p>b) Proportación del agregado Agregado Escumado</p>		<p style="text-align: center;">Director Ing. César Alfonso García Guerra DIRECTOR AJ. CI-UEAC</p>																						

Figura 17. Informe de la sección de concretos del CII USAC, ensayos a compresión a 3, 7 y 28 días de edad.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO
NORMA ASTM C-39
INFORME No. S. C - 908
HOJA 1/1

O. T. No. 24887

INTERESADO: Herson Waldemar Martínez Tecun, Carne 2001-17714
 ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION
 PROYECTO: Trabajo de Graduación "Evaluación del Uso de Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango en Concreto Elaborado en Clima Cálido."
 DIRECCION: Ciudad
 FECHA: 02 de septiembre de 2009

No. de muestra CENSA	No. cilindro de laboratorio	FECHA DE HERRA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA MPa
1	10-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12,638	15,220	118.43	1684.38
2	11-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12,650	15,207	117.38	1669.86
3	12-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12,627	15,157	118.13	1600.10
4	13-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12,751	15,153	160.91	2148.40
5	14-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12,702	15,397	138.87	1975.14
6	15-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12,625	15,043	150.57	2141.61
7	16-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12,802	15,253	320.92	3142.22
8	17-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12,595	15,197	176.06	2489.88
9	18-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12,850	15,123	320.95	3192.80

OBSERVACIONES:

- a) Agregado proveniente de ADREGUA
- b) El interesado proporciono el material para la mezcla.
- c) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 10 cm
- d) La temperatura del concreto fue de 29 °C

Atentamente,


 Inga Tarma Yanceta Cano Morales
 Directora CIIUSAC


 Inga Delfa Yanet Mejicanos del
 Jefe Sección de Concretos

Ve Se

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA USAC
 Edificio IUSAC, Facultad de Ingeniería, Zona 12
 Calle principal 24887, Zona 12, P.O. Box 1390, T. 5020, T. 5020, F. 5020
 Pagina web: www.usac.edu.gt



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39
INFORME No. S. C. - 809
HOJA 1/1

O.T. No. 24887

INTERESADO: Herson Waldemar Martínez Tecun Carne 2001-17714
ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Evaluación del Uso de Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango en Concreto Elaborado en Clima Cálido"
DIRECCION: C. José
FECHA: 02 de septiembre de 2009

No. CILINDRO (Caja)	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESOS EN kg	DIAMETRO (N. cm)	RESISTENCIA kgf/cm ²	RESISTENCIA lb/inch ²
1	19-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12.698	15.093	139.43	1983.21
2	20-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12.574	15.140	141.10	2006.84
3	21-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12.617	15.157	128.22	1823.84
4	23-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12.544	15.243	164.05	2333.25
5	23-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12.486	15.177	194.24	2735.95
6	24-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12.624	15.180	162.91	2317.11
7	25-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12.697	15.189	245.62	3493.45
8	26-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12.571	15.187	235.39	3347.95
9	27-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12.650	15.193	264.06	3758.21

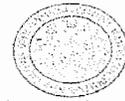
OBSERVACIONES:
a) Agregado proveniente de AGREGUA
b) El interesado proporciono el material para la mezcla
c) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 25 cm
d) Se utilizo 2 mkg de aditivo V. scocrete PC2100-D
e) La temperatura del concreto fue de 26 °C
Atentamente,

Inga. Diana Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos.

vo. 50

Inga. Telma Mercedes Carró Morales
Directora CI/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA S.A.C.
P.O. Box 153, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono: (01) 2440 993, Fax: (01) 2440 996, E-mail: USAC@usac.edu.gt
Página web: http://www.usac.edu.gt



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39
INFORME No. S. C. - 910
HOJA 1/1

O.T. No 24887

INTERESADO: Herson Waldemar Martínez Tecun Carné 2001-17714
ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Evaluación del Uso de Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango en Concreto Elaborado en Clima Caldo."
DIRECCION: Ciudad
FECHA: 20 de agosto de 2009.

No. CILINDRO OFIRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE FECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/in ²
1	28-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12,776	15,147	166,15	2363,12
2	29-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12,825	15,083	165,44	2353,14
3	30-09	02/06/09	3	Control de Calidad	12,752	15,090	164,86	2344,83
4	31-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12,720	15,230	204,17	2903,86
5	32-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12,742	15,153	207,50	2951,31
6	33-09	02/06/09	7	Control de Calidad	12,794	15,183	214,20	3048,55
7	34-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12,840	15,157	290,37	4130,01
8	35-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12,867	15,227	290,20	4127,55
9	36-09	02/06/09	28	Control de Calidad	12,702	15,233	278,75	3964,65

OBSERVACIONES : a) Agregado proveniente de AGREGUA
b) El interesado proporciono el material para la mezcla
c) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 30 cm.
d) Se utilizo 6 ml/kg de aditivo Viscocrete PC2100-D
e) La temperatura del concreto fue de 28°C

Asentamiento:

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos

Ve. Ec.

Inga. Teima Marcela Cano Morales
Directora CIUSAC

Figura 18. Informe de la sección de metales y productos manufacturados del CII USAC, ensayos a flexión en vigas de concreto, a 28 días de edad.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 734-M

O.P. No. 254405080

INTERESADO: HERSON WALDEMAR MARTINEZ TECUN. CARNE 200117714
 PROYECTO: EVALUACION DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE ALTO RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CALIDO
 PROVEEDOR: *****
 ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO.
 FECHA: GUATEMALA, 07 DE JULIO DE 2009.

1. ANTECEDENTES

El estudiante Herson Waldemar Martinez Tecun con numero de carne 2001-17714 solicita a este Centro Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de flexión a 03 vigas de concreto.
 Los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de graduación "EVALUACION DEL USO DE ADITIVO REDUCTOR DE ALTO RANGO EN CONCRETOS ELABORADOS EN CLIMA CALIDO".

2. RESULTADOS ENSAYO

Identificación	Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Carga a Ruptura kg	Módulo de Ruptura kg/cm ²
Fecha de ensayo 09/07/09 viga 1	53.43	15.43	15.43	2.262	46.87
Fecha de ensayo 09/07/09 viga 2	53.43	15.20	15.20	2.305	60.89
Fecha de ensayo 09/07/09 viga 3	53.43	15.43	15.33	2.262	46.87

Atentamente,

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez,
Jefe Sección de Metales y

Vo.Bo.

Ing. Tereza Margarita Cufi Morales,
DIRECTORA CII

/chr