

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA**



**COMPARACION ENTRE EL CONCRETO 5,000
Y EL CONCRETO IPM.**

TESIS

**PRESENTADA A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR:

RUBEN EDUARDO LOPEZ CIFUENTES

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 1,997

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA Central**

08

T(4107)

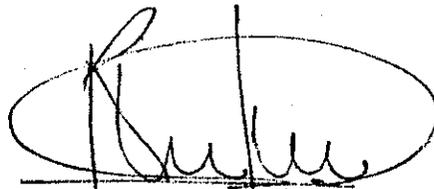
C04

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con las leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**COMPARACION ENTRE EL CONCRETO 5,000
Y EL CONCRETO IPM.**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería con fecha 30 de septiembre de 1,996.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'R' followed by several loops and a vertical line, all contained within a large, horizontal oval shape.

Rubén Eduardo López Cifuentes.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA**



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA:

**DECANO
VOCAL PRIMERO
VOCAL SEGUNDO
VOCAL TERCERO
VOCAL CUARTO
VOCAL QUINTO
SECRETARIO**

**ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS
ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
BR. VICTOR RAFAEL LOBOS ALDANA
BR. WAGNER GUSTAVO LOPEZ CACERES
ING. GILDA M. CASTELLANOS DE ILLESCAS**

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

**DECANO
EXAMINADOR
EXAMINADOR
EXAMINADOR
SECRETARIO**

**ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
ING. MERCEDES GARCIA
ING. JUAN ADOLGO ECHEVERRIA
ING. FERNANDO VALENZUELA
ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ**



Guatemala, 19 de Mayo de 1,997.

Ingeniero.
Francisco Javier Quiñonez.
Coordinador del Area de Materiales.
Escuela de Ingeniería Civil.
Facultad de Ingeniería.

Ingeniero Quiñonez.

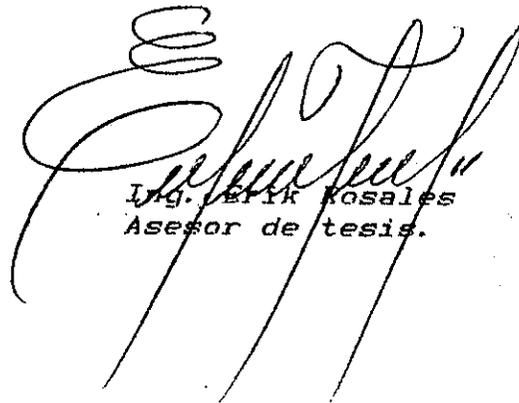
Por este medio me permito manifestarle que hemos terminado en forma satisfactoria el proyecto propuesto como trabajo de tesis del Estudiante RUBEN EDUARDO LOPEZ CIFUENTES titulado

COMPARACION ENTRE EL CONCRETO 5,000 Y EL CONCRETO IPM.

Se trata del estudio comparativo entre los dos tipos de cemento que actualmente se producen en nuestro medio. Estos resultados resolverán las dudas del público consumidor sobre las ventajas y desventajas en su uso.

Por lo anteriormente expuesto, me permito recomendarlo para su aprobación, no sin antes considerarme corresponsable del contenido del mismo.

Atentamente,



Ing. Erik Rosales
Asesor de tesis.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,
29 de mayo de 1,997

Ingeniero Jack Douglas Ibarra,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil,
Facultad de Ingeniería.

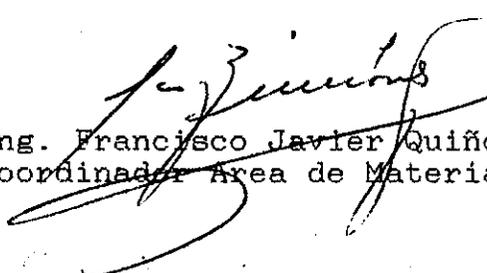
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis **COMPARACION ENTRE EL CONCRETO 5,000 Y EL CONCRETO IPM**, desarrollado por el estudiante universitario **Rubén Eduardo López Cifuentes**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Erik Rosales.

Considero que el trabajo cumple con los objetivos para los cuales fué planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Francisco Javier Quiñónez
Coordinador Área de Materiales

FJQ/lpc



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del asesor Ing. Erick Rosales Torres y del Coordinador del Area de Materiales, Ing. Francisco Javier Quiñónez, del trabajo de tesis del estudiante Rubén Eduardo López Cifuentes, titulado COMPARACION ENTRE EL CONCRETO 5,000 Y EL CONCRETO IPM, da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, julio de 1,997.

JDIS/bbdeb.



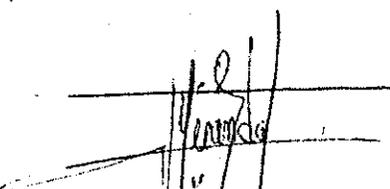
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grado de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis **COMPARACION ENTRE EL CONCRETO 5,000 Y EL CONCRETO IPM**, del estudiante Rubén Eduardo López Cifuentes, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO

Guatemala, julio de 1,997



/bbdeb.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Alfonso Rubén López y María Emilia Cifuentes de López, con todo mi amor para ellos, como agradecimiento por su esfuerzo, amor y comprensión.

A MI HERMANA: Ana Violeta López Cifuentes (E.P.D), por su ejemplo de constancia, dedicación y amor, como un homenaje a su memoria.

AGRADECIMIENTO

A DIOS: Por su infinito amor para con nosotros y permitirme alcanzar esta meta.

A MIS TIOS: Alfonso Cifuentes y Zoila Alfaro de Cifuentes, por el apoyo incondicional brindado para hacer posible este triunfo.

AL INGENIERO: Erick Rosales, Jefe del Departamento de Concreto del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, asesor de este trabajo de tesis, por el tiempo y conocimiento empleados para la realización del presente trabajo.

AL INGENIERO: Emilio Beltranena, Jefe del Laboratorio de Cementos Progreso, S.A. por su colaboración para la realización del presente trabajo de tesis.

INDICE GENERAL

<i>Lista de ilustraciones.</i>	I
<i>Glosario</i>	III
<i>Introducción.</i>	V
<i>Objetivos.</i>	VI

Capítulo número uno: MARCO TEORICO

<i>1.1 Qué es el cemento Portland IPM.</i>	1
<i>1.2 Qué es el cemento Portland I-5,000.</i>	1
<i>1.3 Categorías de resistencia.</i>	2
<i>1.4 Diferencia entre el cemento Portland IPM y 5,000.</i>	2

Capítulo número dos: MARCO METODOLOGICO

<i>2.1 Metodología del estudio.</i>	4
<i>2.2 Materiales utilizados en el estudio.</i>	5
<i>2.3 Elaboración de mezclas.</i>	6
<i>2.4 Diagrama de seguimiento del estudio.</i>	7
<i>2.5 Datos de la realización de mezclas.</i>	8
<i>2.6 Rendimientos de las mezclas.</i>	10

Capítulo número tres: TABULACION DE RESULTADOS

<i>3.1 Resultados: ensayos a compresión a 3 días, con cilindros de concreto IPM.</i>	12
--	----

3.2 Resultados: ensayos a compresión a 3 días, con cilindros de concreto 5,000.	13
3.3 Resultados: ensayos a compresión a 7 días, con cilindros de concreto IPM.	13
3.4 Resultados: ensayos a compresión a 7 días, con cilindros de concreto 5,000.	14
3.5 Resultados: ensayos a compresión a 28 días, con cilindros de concreto IPM.	14
3.6 Resultados: ensayos a compresión a 28 días, con cilindros de concreto 5,000.	15
3.7 Promedios de resistencia para mezclas de bajo contenido de cemento.	15
3.8 Promedios de resistencia para mezclas de mediano contenido de cemento.	15
3.9 Promedios de resistencia para mezclas de alto contenido de cemento.	16
 Capítulo número cuatro: ANALISIS Y EVALUACION DE RESULTADOS	
4.1 Comparación de resistencias de concretos con cementos IPM y 5,000, para la mezcla de bajo contenido de cemento.	17
4.2 Comparación de resistencias de concretos con cementos IPM y 5,000, para la mezcla de mediano contenido de cemento.	18
4.3 Comparación de resistencias de concretos con cementos IPM y 5,000, para la mezcla de alto contenido de cemento.	19

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

4.4 Comparación de resistencias de concretos fabricados con cementos IPM y 5,000, para mezclas de bajo, mediano y alto contenido de cemento.	20
4.5 Análisis económico.	22
Conclusiones.	24
Recomendaciones.	26
Apéndice número uno: FORMULAS Y FACTORES DE CONVERSION	27
Apéndice número dos: DATOS DE LOS AGREGADOS	28
Apéndice número tres: NORMAS UTILIZADAS	30
Bibliografía.	32

LISTA DE ILUSTRACIONES

GRAFICAS:

- 1.- *Diagrama de seguimiento del estudio. (pag. 7)*
- 2.- *Gráfica número uno: comparación para mezclas de bajo contenido de cemento. (pag. 17)*
- 3.- *Gráfica número dos: comparación para mezclas de mediano contenido de cemento. (pag. 18)*
- 4.- *Gráfica número tres: comparación para mezclas de alto contenido de cemento. (pag. 19)*
- 5.- *Gráfica número cuatro: comparación de resistencias para los tres tipos de mezclas del estudio. (pag. 20)*

TABLAS:

- 1.- *Datos de realización de mezclas: mezclas de bajo contenido de cemento IPM. (pag. 8)*
- 2.- *Datos de realización de mezclas: mezclas de bajo contenido de cemento 5,000. (pag. 8)*
- 3.- *Datos de realización de mezclas: mezclas de mediano contenido de cemento IPM. (pag. 9)*
- 4.- *Datos de realización de mezclas: mezclas de mediano contenido de cemento 5,000. (pag. 9)*
- 5.- *Datos de realización de mezclas: mezclas de alto contenido de cemento IPM. (pag. 9)*
- 6.- *Datos de realización de mezclas: mezclas de alto contenido de cemento 5,000. (pag. 9)*

- 7.- *Rendimientos de las mezclas: rendimiento del cemento para las 3 mezclas del estudio. (pag. 10)*
- 8.- *Resultados: ensayos a compresión a 3 días, con cilindros de concreto IPM. (pag. 12)*
- 9.- *Resultados: ensayos a compresión a 3 días, con cilindros de concreto 5,000. (pag. 13)*
- 10.- *Resultados: ensayos a compresión a 7 días, con cilindros de concreto IPM. (pag. 13)*
- 11.- *Resultados: ensayos a compresión a 7 días, con cilindros de concreto 5,000. (pag. 14)*
- 12.- *Resultados: ensayos a compresión a 28 días, con cilindros de concreto IPM. (pag. 14)*
- 13.- *Resultados: ensayos a compresión a 28 días, con cilindros de concreto 5,000. (pag. 15)*
- 14.- *Promedios de resistencia: para mezclas de bajo contenido de cemento. (pag. 15)*
- 15.- *Promedios de resistencia: para mezclas de mediano contenido de cemento. (pag. 15)*
- 16.- *Promedios de resistencia: para mezclas de alto contenido de cemento. (pag. 16)*
- 17.- *Comparación de resistencias: de concretos con cementos IPM y 5,000 para la mezcla de bajo contenido de cemento. (pag. 17)*
- 18.- *Comparación de resistencias: de concretos con cementos IPM y 5,000 para la mezcla de mediano contenido de cemento. (pag. 18)*
- 19.- *Comparación de resistencias: de concretos con cementos IPM y 5,000 para la mezcla de alto contenido de cemento. (pag. 19)*

GLOSARIO

CALOR DE HIDRATACION: *calor producido por la reacción química del cemento, al entrar en contacto con el agua.*

CEMENTO: *se llama cementos a los materiales que al entrar en contacto con el agua, forman cuerpos cristalinos capaces de aglomerar a otros materiales inertes.*

CILINDROS DE CONCRETO: *son cilindros elaborados con concreto, con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, los cuales son usados en laboratorio para comprobar la resistencia que alcanza el concreto con que fueron realizados.*

CURADO: *proceso mediante el cual se mantiene un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que puedan desarrollarse las propiedades deseadas del concreto.*

FRAGUADO: *proceso exotérmico en virtud del cual la pasta acuosa de un aglomerante, adquiere trabazón y consistencia iniciales.*

PUZOLANAS: *material silícico o sílico-aluminoso que por si mismo posee poco o ningún poder cementante, pero finamente dividido y en presencia*

de humedad, reacciona químicamente con la cal a cierta temperatura para formar un compuesto que posee propiedades cementantes.

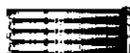
SULFATOS: sustancias dañinas, que al entrar en contacto con el cemento alteran los aluminatos y silicatos del cemento, formando compuestos que disminuyen la calidad del concreto, causando deterioro rápido por expansiones, o produciendo reacciones que afectan la resistencia y durabilidad del concreto.

INTRODUCCION

Los métodos modernos de construcción requieren de materiales resistentes, que llenen especificaciones técnicas, cada día más exigentes.

El concreto ocupa un lugar importante en la construcción actual, debido a la facilidad de lograr resistencias diferentes, utilizando una misma materia prima. El siguiente trabajo compara los concretos fabricados con cemento Portland IPM y cemento Portland 5,000, de la fábrica Cementos Progreso, S.A. Para lograr el mejor aprovechamiento de las características de cada uno de estos cementos, conocer su categoría de resistencia real y la variación de la resistencia en función del tiempo, y así, obtener un concreto eficiente y deseable que satisfaga los requisitos de resistencia y condiciones de servicio del diseñador.

Teniendo presente la importancia de la fabricación del concreto en obra, se utilizó en la realización de las mezclas en laboratorio, el proporcionamiento volumétrico, para obtener resultados que podamos utilizar en el trabajo de campo de la construcción Guatemalteca, y así, poder fabricar concretos económicos que cumplan con los requerimientos técnicos de las estructuras.



OBJETIVOS

Generales:

- 1. Contribuir al conocimiento del concreto fabricado con el cemento 5,000 de la fábrica Cementos Progreso, S.A. para que pueda ser utilizado de la mejor manera.*
- 2. Crear parámetros comparativos de fácil comprensión entre los concretos elaborados con cementos IPM y 5,000.*
- 3. Hacer una comparación desde un punto de vista económico, para conocer la variación de resistencia vrs. costo del concreto para los dos tipos de cemento del estudio.*

Específicos:

- 1. Conocer la variación de la resistencia de los concretos hechos con cemento Portland IPM y el cemento Portland 5,000, utilizando la misma proporción en las mezclas.*
- 2. Conocer la variación de la resistencia del concreto elaborado con los dos tipos de cemento, a edades tempranas.*
- 3. Brindar un concepto claro de las diferencias de los concretos elaborados con cemento Portland IPM y el cemento Portland 5,000.*
- 4. Brindar parámetros comparativos que puedan ser utilizados en la realización de concreto en obra, para lograr concretos de mayor resistencia al precio más económico.*

CAPITULO NUMERO UNO MARCO TEORICO

1.1 Qué es el cemento Portland IPM:

Este es un cemento Portland con adición del 15% de toba volcánica (puzolana natural), que cumple con los requisitos de las normas para cementos hidráulicos mezclados, ASTM C595 y COGUANOR NGO 41001. El número 1 significa que es para uso general en la construcción y las siglas (PM) significan modificado con puzolanas.

El cemento tipo IPM de Cementos Progreso, S.A. corresponde a una categoría de resistencia de 4,000 psi. Las características de este tipo de cemento son su mayor resistencia al ataque de sulfatos y un menor calor de hidratación, estas características en relación con el cemento Portland ordinario tipo I.

1.2 Qué es el cemento Portland I - 5,000

Este es un cemento Portland tipo I, de excelente calidad para casos donde se requieren estructuras con mayores resistencias mecánicas, como en edificios altos, puentes, etc; o cuando se requiera un mayor aumento de resistencias a edades tempranas que las que se obtienen con el cemento Portland IPM.

El cemento Portland 5,000 de Cementos Progreso, S.A. corresponde a una categoría de resistencia de 5,000 psi, y cumple con los requisitos de la norma ASTM C150 y COGUANOR NGO 41005, esto quiere decir que es un cemento Portland sin adiciones de otros constituyentes principales o secundarios.

1.3 Categorías de resistencia:

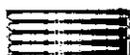
Las categorías de resistencia, representan grados o niveles de resistencia en que se clasifican los cementos para ayudar al usuario a escoger lo que realmente necesita. Las categorías son aplicables a cualquier marca y tipo de cemento. En Guatemala se puede encontrar en el mercado las categorías de 4,000 psi y 5,000 psi. Es importante definir que cualquier tipo de cemento, sea I, IPM u otro, independientemente de su composición química y tengan o no adiciones pueden tener categorías de resistencia de 3,000 psi, 4,000 psi, 5,000 psi u otra.

1.4 Diferencias entre el cemento Portland IPM y 5,000:

Los cementos Portland IPM y cemento Portland 5,000 son dos clases diferentes de cementos en cuanto a su composición química y categoría de resistencia. El cemento Portland IPM es un cemento con adición de una puzolana natural adecuada, teniendo una categoría de resistencia de 4,000 psi. Mientras que el cemento Portland 5,000 es un cemento que no contiene adiciones y tiene una categoría de resistencia de 5,000 psi.

Ambos cementos son para uso general en la construcción y sus características de fineza, tiempo de fraguado normalizado en pasta de cemento medido por el aparato de Vicat y de expansión en autoclave son similares.

El color del cemento puede variar dependiendo de las materias primas usadas en la fabricación, y por el momento el color del cemento Portland 5,000 es un poco más oscuro que el cemento Portland IPM. El desarrollo de resistencia con relación al tiempo es parecido, pero la mayor resistencia que alcanza el cemento Portland 5,000 a todas las edades, hace que a igualdad de contenidos de cemento haya aumentos del orden de 20% o más en las resistencias de las mezclas con cemento Portland 5,000, por lo tanto el desencofrado puede hacerse en menos tiempo.



Esto significa que si se desea mantener la resistencia obtenida con cemento Portland IPM puede ahorrarse el 20% o más de cemento.

CAPITULO NUMERO DOS MARCO METODOLOGICO

2.1 Metodología del estudio:

Para la realización del estudio comparativo, entre los concretos elaborados con los cementos Portland IPM y 5,000 de la fábrica cementos Progreso, S.A. se utilizaron los siguientes parámetros.

- a.- La comparación entre los concretos elaborados con cementos IPM y 5,000, se realizará comparando la resistencia a la compresión de cilindros de concretos, elaborados con mezclas hechas con la misma cantidad y calidad de agregados, variando únicamente la clase de cemento.
- b.- Para tener parámetros comparativos suficientes, se realizaron tres tipos diferentes de mezclas: una de bajo contenido de cemento (aprox. 7 sacos de cemento por metro cúbico de concreto), otra de mediano contenido de cemento (aprox. 8 sacos de cemento por metro cúbico de concreto) y una de alto contenido de cemento (aprox. 9 sacos de cemento por metro cúbico de concreto).
- c.- Para conocer la diferencia de resistencia de los dos tipos de concreto en función del tiempo, y teniendo como objetivo del estudio, conocer la variación de la resistencia en los primeros días de fraguado, se realizaron los ensayos de compresión en los cilindros de concreto a 3 y 7 días, complementando con el ensayo a 28 días para conocer la categoría de resistencia que obtienen los dos tipos de concreto.
- d.- Se elaboraron cilindros de comprobación, para cada tipo de concreto, para tener un espacio muestral mayor, y obtener datos confiables. (mezclas paralelas)

e.- El diseño de las mezclas se realizó con el método del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

f.- Para la elaboración de las mezclas de los dos tipos de concreto, se utilizó el proporcionamiento volumétrico de los agregados, con el objeto de obtener datos que se puedan utilizar en el trabajo de campo de la construcción.

2.2 Materiales utilizados en el estudio:

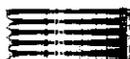
Para la elaboración de las mezclas de concreto, se utilizaron los siguientes materiales:

(Ver apéndice número dos, sobre datos de los agregados)

a.- Agregado fino: el agregado fino utilizado, fue arena de la empresa Prohinsa, la cual se mantuvo con una humedad constante durante la elaboración de todas las mezclas.

b.- Agregado grueso: el agregado grueso utilizado en el estudio comparativo, fue pedrín de caliza de una pulgada de la Pedrera, el cual se mantuvo en condiciones semejantes durante la elaboración de todas las mezclas del estudio

c.- Cemento: Los cementos utilizados, fueron cemento Portland IPM (4,000 psi), y el cemento Portland 5,000 (5,000 psi). Ambos cementos fabricados por Cementos Progreso, S.A.



2.3 Elaboración de mezclas:

Para la elaboración de las mezclas, se utilizó el proporcionamiento en volumen de los agregados, sirviendo como recipiente de medida, la cubeta plástica de 5 galones (recipiente donde viene envasado el aceite para motor). Este recipiente es de uso común en la elaboración de concreto en obra, en la construcción de viviendas y obras de pequeña embergadura.

Con el objeto de brindar parámetros que podamos utilizar con facilidad para la elaboración de concreto en este tipo de obras, se presentan los diseños de las mezclas del estudio, utilizando la cubeta plástica de 5 galones como recipiente de medida: (1 cubeta = 21 litros)

MEZCLA DE BAJO CONTENIDO DE CEMENTO (A)

Aproximadamente 7 sacos de cemento / metro cúbico.

Cantidades por saco de cemento:

4 1/2 cubetas de arena.

4 3/4 cubetas de piedrín.

1 1/4 cubetas de agua. (mezcla teórica)

MEZCLA DE MEDIANO CONTENIDO DE CEMENTO (B)

Aproximadamente 8 sacos de cemento / metro cúbico

Cantidades por saco de cemento: (1 cubeta = 21 litros)

4 cubetas de arena.

4 1/4 cubetas de piedrín.

1 cubeta de agua. (mezcla teórica)

MEZCLA DE ALTO CONTENIDO DE CEMENTO (C)

Aproximadamente 9 sacos de cemento / metro cúbico.

Cantidades por saco de cemento:

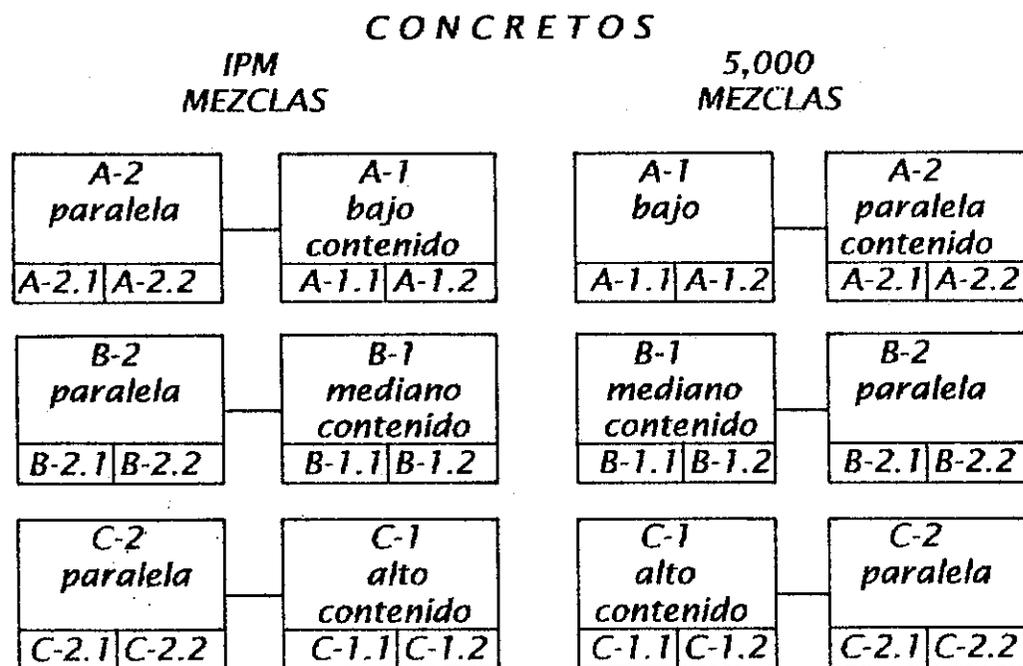
3 1/2 cubetas de arena.

3 3/4 cubetas de pedrín.

3/4 cubeta de agua. (mezcla teórica)

2.4 Diagrama de seguimiento del estudio:

A continuación se presenta un diagrama de seguimiento del estudio y las simbologías usadas por mezclas y cilindros.



2.5 Datos de la realización de mezclas:

A continuación se presentan los datos obtenidos de la elaboración de cada una de las mezclas de concreto, para cada uno de los tipos de cemento.

CONCRETO	MEZCLA (A)	ASENTAMIENTO cm.	PESO UNITARIO kg/m ³	AGUA REAL litros
IPM	bajo contenido cemento	9.00	2,315.71	23
IPM paralela	bajo contenido cemento	9.00	2,308.57	23.5
5,000	bajo contenido cemento	8.00	2,275.71	22.5
5,000 paralela	bajo contenido cemento	9.00	2,287.14	23

El mezclado del concreto se realizó a máquina, en la sección de Prefabricados del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En la elaboración de cada una de las mezclas de concreto del estudio, se mantuvo el control de calidad de laboratorio, tomándose en cuenta para ello de todas las recomendaciones del método de diseño de mezclas.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CONCRETO	MEZCLA (B)	ASENTAMIENTO cm.	PESO UNITARIO kg/m ³	AGUA REAL litros .
IPM	mediano contenido cemento	10.00	2,321.43	21.5
IPM paralela	mediano contenido cemento	10.50	2,324.29	21.5
5,000	mediano contenido cemento	10.50	2,305.71	21.5
5,000 paralela	mediano contenido cemento	10.50	2,308.57	21.5

CONCRETO	MEZCLA (C)	ASENTAMIENTO cm.	PESO UNITARIO kg/m ³	AGUA REAL litros .
IPM	alto contenido cemento	10.50	2,308.57	21
IPM paralela	alto contenido cemento	10.00	2,318.57	21
5,000	alto contenido cemento	10.50	2,294.29	20.5
5,000 paralela	bajo contenido cemento	10.50	2,294.29	20.5

2.6 Rendimiento de las mezclas:

a.- Rendimientos para mezclas de bajo contenido de cemento:

CONCRETO	SUMATORIA DE MATERIALES	PESO UNITARIO kg/m ³	VOLUMEN MASADA	RENDIMIENTO sacos/m ³
IPM	307.9 kg	2,315.71	0.133	7.52
IPM paralela	308.4 "	2,308.57	0.134	7.48
5,000	307.4 "	2,275.71	0.135	7.40
5,000 paralela	307.9 "	2,287.14	0.134	7.42

b.- Rendimientos para mezclas de mediano contenido de cemento:

CONCRETO	SUMATORIA DE MATERIALES	PESO UNITARIO kg/m ³	VOLUMEN MASADA	RENDIMIENTO sacos/m ³
IPM	280.2 kg	2,321.43	0.121	8.28
IPM paralela	280.2 "	2,324.29	0.121	8.29
5,000	280.2 "	2,305.71	0.122	8.22
5,000 paralela	280.2 "	2,308.57	0.121	8.23

c.- Rendimientos para mezclas de alto contenido de cemento:

CONCRETO	SUMATORIA DE MATERIALES	PESO UNITARIO kg/m³	VOLUMEN MASADA	RENDIMIENTO sacos/m³
<i>IPM</i>	<i>253.5 kg</i>	<i>2,308.57</i>	<i>0.109</i>	<i>9.10</i>
<i>IPM paralela</i>	<i>253.5 "</i>	<i>2,318.57</i>	<i>0.109</i>	<i>9.14</i>
<i>5,000</i>	<i>253.0 "</i>	<i>2,294.29</i>	<i>0.110</i>	<i>9.06</i>
<i>5,000 paralela</i>	<i>253.0 "</i>	<i>2,294.29</i>	<i>0.110</i>	<i>9.06</i>

CAPITULO NUMERO TRES TABULACION DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los ensayos a compresión a que fueron sometidos cada uno de los cilindros de concreto, hechos con cada una de las clases de mezclas del estudio.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los cilindros de concreto, tanto IPM como 5,000, están dados en el Sistema Inglés de medidas, para tener el seguimiento de la categoría de resistencia que obtiene el concreto, y poder relacionarla fácilmente con las categorías de 4,000 psi y 5,000 psi, correspondientes a cada uno de los cementos involucrados en el estudio comparativo. Los factores de conversión al Sistema Internacional, se presentan en el apéndice 1.

3.1 RESULTADOS: ensayos a compresión a 3 días, con cilindros de concreto IPM.

CILINDRO	DIAMETRO plg.	CARGA libras.	ESFUERZO psi.	ESFUERZO PROMEDIO
A-1.1	5.98	30,000	1,068.14	
A-1.2	5.98	31,500	1,121.55	A
A-2.1	5.98	30,000	1,068.14	1,099.30
A-2.2	5.98	32,000	1,139.35	
B-1.1	5.98	32,000	1,139.35	
B-1.2	5.98	35,000	1,246.16	B
B-2.1	5.98	38,000	1,352.98	1,290.67
B-2.2	5.98	40,000	1,424.19	
C-1.1	5.98	56,500	2,011.66	
C-1.2	5.98	57,000	2,029.47	C
C-2.1	5.98	50,000	1,780.23	1,904.85
C-2.2	5.98	50,500	1,798.03	

3.2 RESULTADOS: ensayos a compresión a 3 días, con cilindros de concreto 5,000.

CILINDRO	DIAMETRO plg.	CARGA libras.	ESFUERZO psi.	ESFUERZO PROMEDIO
A-1.1	5.98	45,000	1,620.01	
A-1.2	5.98	38,500	1,370.78	A
A-2.1	5.98	46,000	1,637.81	1,522.09
A-2.2	5.98	41,000	1,459.79	
B-1.1	5.98	54,500	1,940.45	
B-1.2	5.98	54,500	1,940.45	B
B-2.1	5.98	50,000	1,780.23	1,829.19
B-2.2	5.98	46,500	1,655.62	
C-1.1	5.98	80,000	2,848.37	
C-1.2	5.98	79,500	2,830.57	C
C-2.1	5.98	69,500	2,474.52	2,674.80
C-2.2	5.98	71,500	2,545.73	

Los ensayos de compresión se realizaron en el laboratorio del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cumpliendo con la norma ASTM C-39-72.

3.3 RESULTADOS: ensayos a compresión a 7 días, con cilindros de concreto IPM.

CILINDRO	DIAMETRO plg.	CARGA libras.	ESFUERZO psi.	ESFUERZO PROMEDIO
A-1.1	5.98	41,500	1,477.59	
A-1.2	5.98	50,500	1,798.03	A
A-2.1	5.98	49,000	1,744.63	1,673.42
A-2.2	5.98	47,000	1,673.42	
B-1.1	5.98	54,000	1,922.65	
B-1.2	5.98	49,500	1,762.43	B
B-2.1	5.98	59,000	2,100.67	1,998.31
B-2.2	5.98	62,000	2,207.49	
C-1.1	5.98	81,000	2,883.98	
C-1.2	5.98	81,500	2,901.78	C
C-2.1	5.98	80,000	2,848.37	2,861.73
C-2.2	5.98	79,000	2,812.77	

3.4 RESULTADOS: ensayos a compresión a 7 días, con cilindros de concreto 5,000.

CILINDRO	DIAMETRO plg.	CARGA libras.	ESFUERZO psi.	ESFUERZO PROMEDIO
A-1.1	5.98	71,000	2,527.93	
A-1.2	5.98	73,000	2,599.14	A
A-2.1	5.98	69,000	2,456.72	2,501.23
A-2.2	5.98	68,000	2,421.12	
B-1.1	5.98	89,500	3,186.62	
B-1.2	5.98	89,000	3,168.81	B
B-2.1	5.98	77,000	2,741.55	2,959.63
B-2.2	5.98	77,000	2,741.55	
C-1.1	5.98	106,000	3,774.09	
C-1.2	5.98	116,500	4,147.94	C
C-2.1	5.98	106,000	3,774.09	3,903.16
C-2.2	5.98	110,000	3,916.51	

3.5 RESULTADOS: ensayos a compresión a 28 días, con cilindros de concreto IPM.

CILINDRO	DIAMETRO plg.	CARGA libras.	ESFUERZO psi.	ESFUERZO PROMEDIO
A-1.1	5.98	76,500	2,705.95	
A-1.2	5.98	76,500	2,723.76	A
A-2.1	5.98	78,000	2,777.16	2,741.56
A-2.2	5.98	77,500	2,759.36	
B-1.1	5.98	82,500	2,937.38	
B-1.2	5.98	77,500	2,759.36	B
B-2.1	5.98	87,500	3,115.41	2,977.44
B-2.2	5.98	87,000	3,097.60	
C-1.1	5.98	116,000	4,130.14	
C-1.2	5.98	114,000	4,058.93	C
C-2.1	5.98	118,000	4,201.35	4,147.94
C-2.2	5.98	118,000	4,201.35	

El curado de los cilindros de concreto, se llevo a cabo por inmersión total, en piletas de curado de concreto, del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

3.6 RESULTADOS: ensayos a compresión a 28 días, con cilindros de concreto 5,000.

CILINDRO	DIAMETRO plg.	CARGA libras.	ESFUERZO psi.	ESFUERZO PROMEDIO
A-1.1	5.98	118,000	4,201.35	
A-1.2	5.98	113,500	4,041.13	A
A-2.1	5.98	101,500	3,613.87	3,840.85
A-2.2	5.98	98,500	3,507.06	
B-1.1	5.98	123,500	4,397.17	
B-1.2	5.98	120,500	4,290.36	B
B-2.1	5.98	120,500	4,290.36	4,263.66
B-2.2	5.98	114,500	4,076.73	
C-1.1	5.98	152,500	5,429.71	
C-1.2	5.98	155,000	5,518.72	C
C-2.1	5.98	157,500	5,607.73	5,487.57
C-2.2	5.98	151,500	5,394.10	

3.7 Promedios de resistencia para mezclas de bajo contenido de cemento (A)

No. días	I P M	5,000
3	1,099.30 psi	1,522.09 psi
7	1,673.42 psi	2,501.23 psi
28	2,741.56 psi	3,840.85 psi

3.8 Promedios de resistencia para mezclas de mediano contenido de cemento. (B)

No. días	I P M	5,000
3	1,290.67 psi	1,829.19 psi
7	1,998.31 psi	2,959.63 psi
28	2,977.44 psi	4,263.66 psi

3.9 Promedios de resistencia para mezclas de alto contenido de cemento (C)

<i>No. días</i>	<i>IPM</i>	<i>5,000</i>
<i>3</i>	<i>1,904.85 psi</i>	<i>2,674.80 psi</i>
<i>7</i>	<i>2,861.73 psi</i>	<i>3,903.16 psi</i>
<i>28</i>	<i>4,147.94 psi</i>	<i>5,487.57 psi</i>

CAPITULO NUMERO CUATRO ANALISIS Y EVALUACION DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del análisis y evaluación de los resultados obtenidos en los ensayos a compresión, para cada una de las diferentes mezclas de los dos tipos de concreto.

4.1 Comparación de resistencias de concretos con cementos IPM y 5,000 para la mezcla de bajo contenido de cemento:

No. días	IPM	5,000
3	1,099.30 - 100%	1,522.09 - 138.46%
7	1,673.42 - 100%	2,501.23 - 149.47%
28	2,741.56 - 100%	3,840.85 - 140.09%

La resistencia esta dada en psi.

GRAFICA NUMERO UNO: (ref. 4.1)

Comparación para mezcla de bajo contenido de cemento.

RESISTENCIA

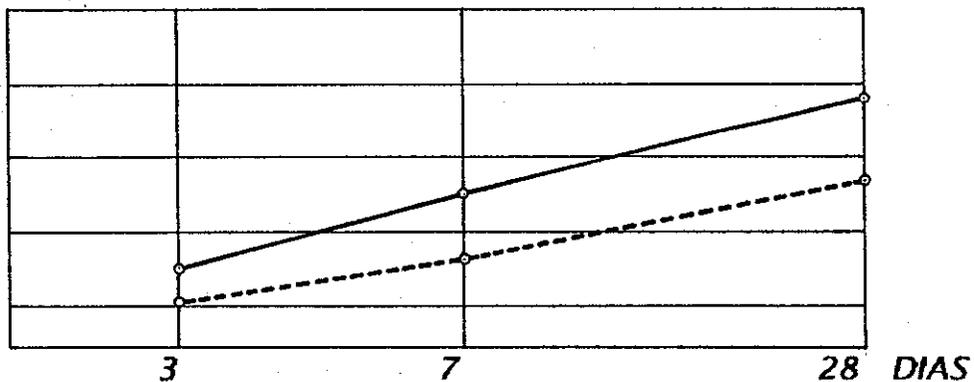
5,000 PSI

4,000 PSI

3,000 PSI

2,000 PSI

1,000 PSI



CONCRETO IPM -----

CONCRETO 5,000 _____

Los resultados de la gráfica número uno, muestran un aumento de resistencia del concreto 5,000, de un 38.5% a un 49.5% respecto de la resistencia alcanzada por el concreto IPM, marcándose la mayor diferencia a los 7 días de fraguado.

4.2 Comparación de resistencias de concretos con cementos IPM y 5,000 para la mezcla de mediano contenido de cemento:

No. días	IPM	5,000
3	1,290.67 - 100%	1,829.19 - 141.72%
7	1,998.31 - 100%	2,959.63 - 148.11%
28	2,977.44 - 100	4,263.66 - 143.20%

La resistencia esta dada en psi.

GRAFICA NUMERO DOS: (ref. 4.2)

Comparación para mezcla de mediano contenido de cemento.

RESISTENCIA
6,000 PSI

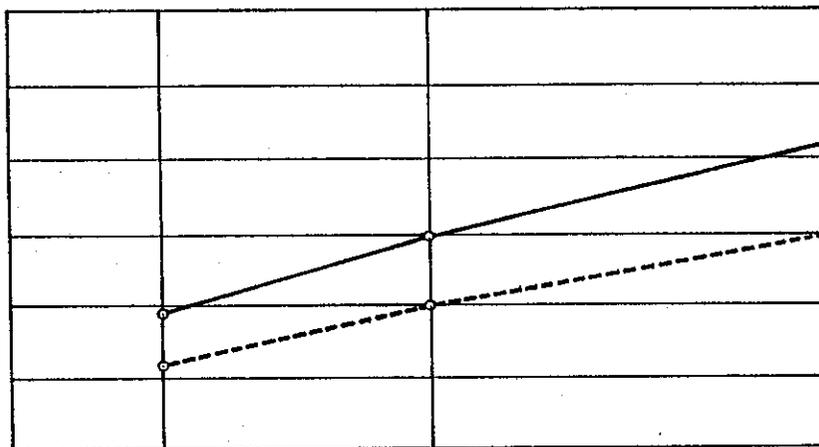
5,000 PSI

4,000 PSI

3,000 PSI

2,000 PSI

1,000 PSI



CONCRETO IPM -----

CONCRETO 5,000 _____

28 DIAS

Los resultados de las mezclas de mediano contenido de cemento presentados en la gráfica dos, muestran un incremento de resistencia que varía entre un 41.7% y 48.1% del concreto 5,000 respecto del concreto IPM. Marcándose el mayor aumento en resistencia a los 7 días de fraguado.

4.3 Comparación de resistencias de concretos con cementos IPM y 5,000 para mezclas de alto contenido de cemento.

No. días	IPM	5,000
3	1,904.85 - 100%	2,674.80 - 140.42%
7	2,861.73 - 100%	3,903.16 - 136.39%
28	4,147.94 - 100%	5,487.57 - 132.29%

La resistencia esta expresada en psi.

GRAFICA NUMERO TRES: (ref. 4.3)

Comparación para mezcla de alto contenido de cemento.

RESISTENCIA
6,000 PSI

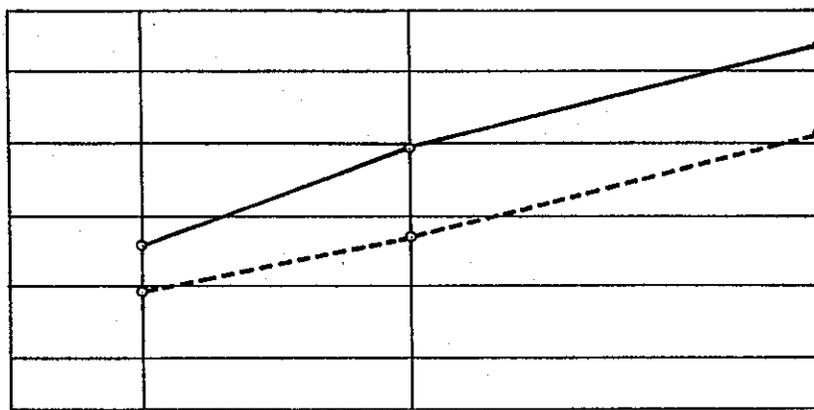
5,000 PSI

4,000 PSI

3,000 PSI

2,000 PSI

1,000 PSI



28 DIAS

CONCRETO IPM ----- CONCRETO 5,000 —————

El análisis de la gráfica anterior muestra el incremento de resistencia conseguida con el concreto fabricado con cemento Portland 5,000 para cualquiera de las tres mezclas del estudio y para todas las edades del concreto. Los incrementos de resistencia varían entre 32.3% y 49.5%, marcándose los aumentos de resistencia mayores en los primeros 7 días de fraguado.

Las resistencias obtenidas con mezclas de bajo contenido de cemento 5,000 a 28 días alcanzan ya categorías de resistencia de más de 3,500 psi, y son mayores que las resistencias alcanzadas por las mezclas de bajo y mediano contenido de cemento IPM a la misma edad. Las de mediano contenido de cemento IPM alcanzaron categorías de resistencia de 2,900 psi, por lo que usando cemento 5,000, se alcanzan resistencias mayores con mezclas de 7 sacos de cemento, que las obtenidas con mezclas de 8 sacos de cemento IPM, diferencia que alcanza poco más de 600 psi.

Los resultados del estudio comparativo muestran que ya para mezclas de 9 sacos de cemento por metro cúbico la categoría de resistencia que la fábrica Cementos Progreso, S.A. ofrece, ha sido superada en un 9.75% para la mezcla de concreto 5,000 y en un 3.69% para la mezcla de concreto IPM, por lo que para mezclas de 10, 11 y 12 sacos de cemento por metro cúbico de concreto, se pueden alcanzar categorías de resistencia mucho mayores que las ofrecidas por la fábrica.

En la gráfica número cuatro se puede apreciar la similitud entre las curvas de resistencia de las mezclas de alto contenido de cemento IPM y la de mediano contenido de cemento 5,000, si se toma en consideración que la mezcla de mediano contenido de cemento necesita aproximadamente 8 sacos de cemento por metro cúbico y la de alto contenido de cemento necesita aproximadamente 9 sacos de cemento por metro cúbico, en la fabricación de un metro cúbico de concreto para una categoría de resistencia de 4,000 psi, se tendrá un ahorro de un saco de cemento, si elaboramos el concreto con cemento 5,000.

Para los tres tipos de mezclas del estudio, podemos apreciar que los incrementos de resistencia mayores, del concreto elaborado con cemento Portland 5,000, respecto del concreto elaborado con cemento Portland IPM, se da, en los primeros días de fraguado, parámetro importante en la construcción actual, por disminuir el tiempo de desencofrado de los elementos de concreto, en obra, y disminuir el número de unidades destruidas en el manejo y traslado de elementos prefabricados como bloques, bovedillas, adoquines, etc.

4.5 Análisis económico:

Para el análisis económico, se toma como punto de comparación, la elaboración de un metro cúbico de concreto. Se condiciona la resistencia de diseño especificada f_c a 4,000 psi.

Revisando la gráfica cuatro se puede observar que la mezcla de mediano contenido de cemento 5,000, alcanza una resistencia de 4,263.66 psi y la mezcla de alto contenido de cemento IPM alcanza una resistencia de 4,147.94 psi a 28 días. Tomando estos dos tipos de mezclas, podemos comparar los costos de la fabricación de concreto tanto IPM como 5,000 que cumpla con un f_c de 4,000 psi.

El cemento 5,000 tiene un costo aproximado de un 8% mayor en relación al costo del cemento IPM.

a.- Costo de un metro cúbico de concreto f_c 4,000 psi, con cemento Portland IPM.

Material	Cantidad	Costo
Arena	0.50 m	Q 22.50
Piedrín	0.63 m	Q 69.30
Cemento IPM	9 sacos	Q 208.44
	TOTAL	Q 300.24

b.- Costo de un metro cúbico de concreto f'c 4,000 psi, con cemento cemento 5,000.

<i>Material</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo</i>
<i>Arena</i>	<i>0.55 m</i>	<i>Q 24.75</i>
<i>Piedrín</i>	<i>0.63 m</i>	<i>Q 69.30</i>
<i>Cemento 5,000</i>	<i>8 sacos</i>	<i>Q 200.00</i>
	<i>TOTAL</i>	<i>Q 294.05</i>

Se puede observar que el concreto elaborado con cemento Portland 5,000 es más económico, que el concreto elaborado con cemento IPM, una diferencia de Q 6.19 por metro cúbico. Si tomamos en cuenta que el costo mayor en las obras civiles es el concreto, se puede tener ahorros considerables utilizando cemento 5,000 psi, en obras donde se necesiten grandes cantidades de concreto.

CONCLUSIONES

- 1.- *El concreto elaborado con cemento 5,000, alcanza mayores resistencias que el concreto elaborado con cemento IPM, en igualdad de condiciones. Aumentos que están entre 32.3% y 49.5%.*
- 2.- *El concreto elaborado con cemento 5,000, alcanza, ya para mezclas de 9 sacos de cemento por metro cúbico, resistencias mayores a los 5,000 psi.*
- 3.- *Para la elaboración de concretos de alta resistencia y para la fabricación de elementos que necesiten lograr altas resistencias a edades tempranas, es adecuado el uso del cemento Portland 5,000.*
- 4.- *Cuando se tenga la seguridad de la calidad de los agregados, que se utilizan para la elaboración del concreto, se puede obtener un ahorro en el costo del concreto si se utiliza para su fabricación cemento Portland 5,000.*
- 5.- *Las mezclas de concreto elaboradas con cemento Portland IPM,*

necesitan una mayor cantidad de agua para lograr el asentamiento propuesto, que las mezclas de concreto elaboradas con cemento Portland 5,000.

6.- El concreto elaborado con cemento Portland IPM, alcanza, ya para mezclas de 9 sacos de cemento por metro cúbico, resistencias mayores a los 4,000 psi.

8.- Las mezclas de concreto Portland 5,000, alcanzan mayores resistencias en los primeros días de fraguado, que las mezclas de concreto Portland IPM. Las mayores diferencias de resistencia entre los dos tipos de concreto se observan al séptimo día de fraguado.

RECOMENDACIONES

- 1.- *Se recomienda el uso de cemento Portland 5,000 para la elaboración de concretos que serán utilizados en estructuras que serán sometidas a esfuerzos altos.*

- 2.- *Es conveniente el uso de cemento Portland 5,000 en estructuras o elementos que necesiten mayores resistencias a edades tempranas.*

- 3.- *Se recomienda el uso de cemento Portland IPM para la elaboración de concretos, que serán utilizados en la construcción de viviendas populares, donde el control de calidad de los agregados del concreto, no exista.*

- 4.- *Es conveniente el uso de concretos fabricados con cemento Portland 5,000 en obras civiles de gran embergadura, donde el costo del concreto sea un factor a considerar.*

APENDICE NUMERO UNO FORMULAS Y FACTORES DE CONVERSION

Rendimiento de mezclas:

$$\text{VOLUMEN DE MASADA} = \frac{\text{SUMATORIA DE MATERIALES}}{\text{PESO UNITARIO}}$$

Esfuerzo en cilindros de concreto:

$$\text{ESFUERZO} = \frac{\text{CARGA}}{\text{AREA}}$$

Carga: dato obtenido de la maquina de ensayo, dado en libras.

Area: dato que se obtiene de las características físicas de los cilindros de prueba.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Los datos de los esfuerzos que alcanzaron los cilindros de concreto, del estudio, se presentaron en libras / pulgadas cuadradas (psi). Esto con el objeto de tener un seguimiento de la resistencia del concreto, respecto de su categoría de resistencia nominal. Por lo que a continuación se presentan las conversiones necesarias para obtener los datos en el sistema internacional de medidas.

$$1 \text{ pulgada} = 2.54 \text{ centímetros}$$

$$1 \text{ pulgada cuadrada} = 6.45 \text{ centímetros cuadrados}$$

$$1 \text{ libra} = 0.45 \text{ kilogramos}$$

$$1 \text{ psi} = 6894.76 \text{ pascales}$$

APENDICE NUMERO DOS DATOS DE LOS AGREGADOS

Agregado fino: ARENA DE PROHINSA

Peso específico = 2.50

Peso unitario = 1,271.00 kg/m³

Peso unitario suelto = 1,191.00 kg/m³

Porcentaje de vacíos = 41.12

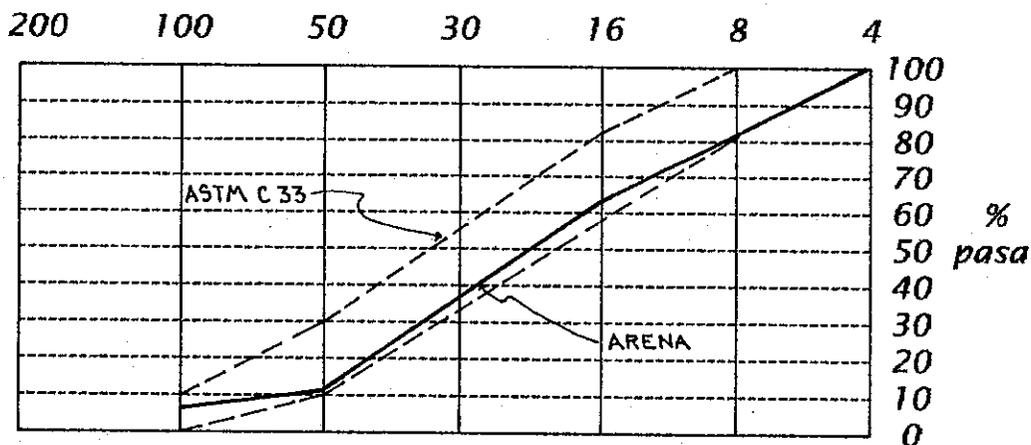
Porcentaje de absorción = 4.41

Porcentaje que pasa tamiz 200 = 2.96

Modulo de finura = 3.2

tamaño en milímetros

TAMIZ	9.4	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
% PASA	100	96.6	79.0	58.5	31.5	10.65	2.73



Agregado grueso: PIEDRIN DE CALIZA

Peso específico = 2.58

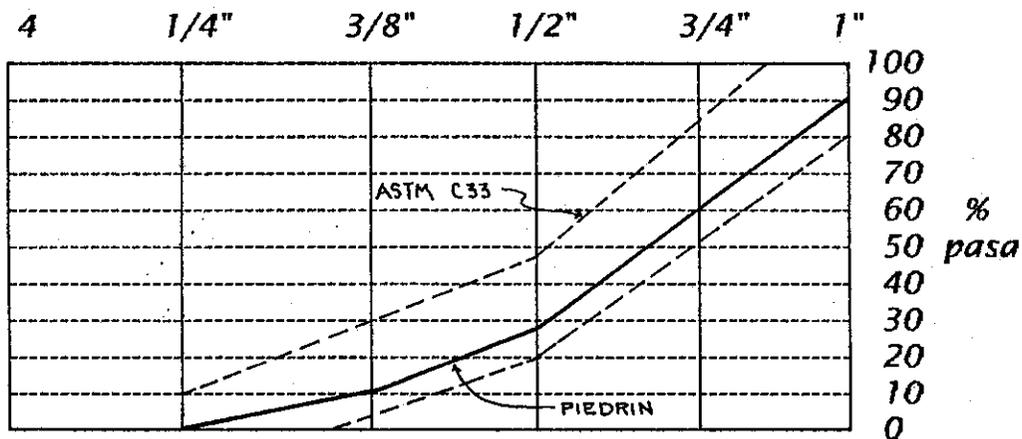
Peso unitario = 13471.0 kg/m³

Peso unitario suelto = 1301.85 kg/m³

% de vacíos = 42.9

% de absorción = 4.23

TAMIZ	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	No4
% PASA	100	66.0	23.0	9.00	1.76	0.74



Los ensayos de los agregados fueron realizados en el Centro de investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

APENDICE NUMERO TRES NORMAS UTILIZADAS

MOLDES

ASTM C - 470 - 73T

Especificaciones para los moldes a utilizar para la realización de cilindros de concreto.

FABRICACION Y CURADO

ASTM C - 192 - 69

Para la fabricación y curado de muestras de prueba de concreto en laboratorio.

COMPRESION

ASTM C - 39 - 72

Prueba para determinar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

NIVELACION

ASTM C - 617 - 73

Para la preparación de las cabezas de las muestras de concreto.

CEMENTO PORTLAND

ASTM C 150

Definición y características del cemento Portland tipo I.

CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO

ASTM C 595

Definición y características del cemento Portland con adiciones de puzolana natural.

BIBLIOGRAFIA

- ARRIOLA MONZON. *Control de la calidad del concreto. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala, 1,995.*
- ACC. *Asociación centroamericana del cemento y del concreto Pruebas de control para la calidad del concreto. Folleto "Tac 7". San José de Costa Rica. 1,990.*
- ACC. *Asociación centroamericana del cemento y del concreto Características fundamentales del concreto. Folleto "Tac 2". San José de Costa Rica. 1,990.*
- ACC. *Asociación centroamericana del cemento y del concreto. Cementos Portland. Folleto. San José de Costa Rica. 1,985.*
- BELTRANENA, Emilio. *Agregados para concreto. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala), Guatemala 1,955.*
- GONZALES DE LA COTERA. *Cementos puzolánicos. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Perú). Lima, 1,963.*
- MERRITT, Frederick S. *Manual del ingeniero civil. 3ra edición Ed. McGraw-Hill. Mexico, 1,992.*
- NAWY, Edward G. *Concreto Reformado. Ed. Prentice-Hall. México, 1,992.*
- SECRETARIA DEL GRUPO LATINOAMERICANO DE LA RILEM. *Cementos empleados en los países latinoamericano Revista. Buenos Aires, Argentina, 1,970.*

