



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO
PREMEZCLADO Y CONCRETO FABRICADO EN SITIO PARA
OBRAS DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA DE INTERES
SOCIAL".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

A L A N N H E R N A N D E Z D I A Z

DIRECTOR DE TESIS ING. LUIS ZARATE ROCHA



MEXICO, D. F.

ABRIL DE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/106/03

Señor
ALANN HERNANDEZ DIAZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. LUIS ZARATE ROCHA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO PREMEZCLADO Y CONCRETO
FABRICADO EN SITIO PARA OBRAS DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA DE INTERES
SOCIAL"**

- INTRODUCCION
- I. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO
- II. PLANEACION Y PROGRAMACION DE OBRA
- III. ALTERNATIVAS DE FABRICACION DE CONCRETO
- IV. INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA LA FABRICACION DEL
CONCRETO
- V. COSTEO DE ALTERNATIVAS
- VI. CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria a 15 de Octubre del 2003.
EL DIRECTOR


M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/AJP/crc.

**"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO
PREMEZCLADO Y CONCRETO FABRICADO EN SITIO
PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE
INTERÉS SOCIAL"**

ALANN HERNÁNDEZ DÍAZ

DIRECTOR DE TESIS:
ING. LUIS ZÁRATE ROCHA

ASESOR:
ING. RODRIGO MORALES MUJICA

REVISIÓN:

ING. VICTOR DAMIÁN PINILLA MORÁN

ING. LUIS CANDELAS RAMÍREZ

M.I. ENRIQUE CÉSAR VÁLDEZ

M.I. FERNANDO FAVELA LOZOYA

A mis padres:

J. Pablo Hernández Sánchez

Julia Díaz Reynoso

Por sus desvelos, dedicación, cariño e infinita paciencia que me han dado a lo largo de mi vida. Gracias por tratar que sea mejor cada día. Gracias por darme la oportunidad de existir.

A mis hermanos:

Jorge
Tania
y
Diego

A todos mis tíos:

Por su cariño, palabras de aliento y apoyo.

A mis amigos y compañeros:

Gracias por su amistad, confianza y apoyo
en todo momento.

A mis profesores:

Por su trabajo noble y cotidiano.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a mi Facultad de Ingeniería por su abrigo de conocimientos.

ÍNDICE

	INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO I.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	1
	I.1 Fundamentos	1
	I.1.1 Agregados	1
	I.1.2 Cemento	4
	I.1.3 Dosificación del concreto	6
	I.1.4 Aditivos para concreto	12
	I.2 Ejemplo práctico	17
CAPÍTULO II.	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRA	18
	II.1 Concreto premezclado	19
	II.1.1 Programa de colados	21
	II.1.2 Programa de suministros	23
	II.1.3 Recepción de concreto	23
	II.1.4 Subcontratos	23
	II.2 Fabricación en sitio	24
	II.2.1 Programación de colados	24
	II.2.2 Programa de suministros	30
	II.2.3 Subcontratos	30
CAPÍTULO III.	ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN DE CONCRETO	31
	III.1 Plantas dosificadoras	31
	III.2 Autohormigoneras	34
	III.3 Mezcladores volumétricos	38
	III.4 Conclusión	45
CAPÍTULO IV.	INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO	46
	IV.1 Suministro de materiales	46
	IV.2 Obras civiles	50

	IV.3 Laboratorio	56
CAPÍTULO V.	COSTEO DE ALTERNATIVAS	76
	V.1 Concreto premezclado	78
	V.1.1 Costo directo	78
	V.1.2 Costos de administración, control y supervisión	79
	V.1.3 Análisis de riesgo	79
	V.1.4 Integración de costos	80
	V.2 Concreto fabricado en sitio	80
	V.2.1 Costo directo	81
	V.2.2 Costos de administración, control y supervisión	86
	V.2.3 Análisis de riesgo	87
	V.2.4 Integración de costos	88
CAPÍTULO VI.	CONCLUSIONES	96
	APÉNDICE	98
	Tablas	
	A Análisis de costo concreto hecho en obra	98
	B Análisis de costo concreto premezclado	106
	C Áreas bajo la curva normal	108
	D Resultados, resistencia a la compresión de cilindros de concreto	110
	BIBLIOGRAFÍA	111

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional es alarmante. Se estima que hoy hay una población mundial de 6 300 millones de habitantes, lo cual quiere decir que existen muchos problemas, principalmente en los países sobrepoblados, de alimentación, vivienda, educación, y que generan problemas de gran magnitud para las futuras generaciones, ya que se necesita una gran cantidad recursos para satisfacer a toda la población.

El crecimiento de las ciudades es tan rápido que hemos visto que tan sólo en el Valle de México, los cerros ya son un buen lugar para vivir, la poca educación y planeación de la familia ha hecho que algunas ciudades sean un verdadero caos.

El total de residentes permanentes en México al 14 de febrero del año 2000 (momento censal) era de 97 483 412 personas, lo que significa que la población se multiplicó por un factor de 7.2 entre 1900 y 2000, mientras que la mundial lo hizo en 3.7 y la de los países desarrollados en 2.2.¹

Vivienda

Se denomina vivienda al espacio físico requerido para que el hombre se pueda proteger de los fenómenos de la naturaleza de manera segura y lo más cómodamente posible.

Para lograr lo anterior, existe un cierto grupo de características que todo tipo de vivienda debe cumplir:

- 1) Debe proporcionar protección a sus ocupantes de agentes exteriores potencialmente agresivos (lluvia, viento, nieve, animales, entre otros).
- 2) Debe ofrecer condiciones de higiene suficientes para reducir las posibilidades de que sus ocupantes contraigan enfermedades cuyo origen sea imputable directa o indirectamente a la casa habitación.
- 3) Debe permitir cierto nivel de privacidad para el grupo que vive en ella.
- 4) Debe tener orden espacial que respete los modos y los medios con que la familia realiza sus actividades económicas y propiciar la expresión de las pautas culturales y hábitos de vida del grupo que ocupa la vivienda.

Problemática

En materia de vivienda, México enfrenta importantes desafíos:

- En 2000 el rezago habitacional acumulado era de 4.2 millones de viviendas.
- La demanda anual equivale a 650 mil, mientras que la oferta institucional oscila entre 200 mil y 250 mil viviendas.

¹ Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI)

- Las familias en pobreza extrema generalmente no son atendidas por los programas de vivienda, aún incluso con tasas de interés subsidiadas por considerarlas no sujetas de crédito.

Retos

- Generar viviendas para abatir el rezago y satisfacer la demanda de vivienda para las nuevas familias.
- Generar viviendas costeables para mayores sectores de la población.

La industrialización en la construcción es una forma que puede hacer cumplir los retos que se plantean, implicando, que se realicen pocos tipos de vivienda, la utilización de materiales que necesiten de menos mano de obra, la utilización de novedosos equipos para la construcción, lo cual se reflejaría con mayor cantidad de viviendas en menos tiempo y reduciría los costos de construcción.

El ingeniero, la construcción y la economía

Los esfuerzos de un ingeniero, que diseña una obra, y de un constructor, que construye la obra, están encaminados hacia el mismo fin, que es, la creación de algo que sirva en una forma satisfactoria el para el cual se construye.

Es el deber del ingeniero diseñar aquel proyecto que se aproxime más a la satisfacción de las necesidades del cliente al menor costo posible.

Algunas veces podrá cambiarse el diseño, modificar los requisitos de construcción, o revisar porciones de las especificaciones de manera que reduzca el costo del proyecto sin alterar su valor esencial. Un ingeniero que practique esta filosofía le estará rindiendo un verdadero servicio a su cliente. Así, es evidente que un ingeniero debe estar razonablemente familiarizado con los métodos y costos de construcción al diseñar un proyecto que vaya a construirse al menor costo posible.

En el mercado existe una gran variedad de equipos destinados a realizar una misma función dentro del ramo de la construcción. Los costos de adquisición de estos equipos destinados a facilitar el trabajo en la construcción en la gran mayoría de los casos son elevados, como cuesta dinero el ser propietario de una maquinaria, aunque no esté trabajando, el equipo ocioso representa una pérdida continua de capital para el dueño, por lo que antes de completar el diseño final, el ingeniero deberá considerar cuidadosamente los métodos y equipo que puedan emplearse para la construcción.

Los ingenieros deberán mantenerse informados sobre los desarrollos de los nuevos equipos de construcción, ya que esta información les permitirá modificar el diseño o los métodos de construcción para permitir la utilización económica del equipo.

En México existen actualmente varias empresas dedicadas a la construcción de vivienda de interés social, una amplia competencia en el mercado, por lo que un contratista que no se mantiene al día en sus conocimientos sobre equipos y métodos se encontrará pronto con que sus competidores le están sacando delantera en los contratos.

Concreto

El concreto es casi el único material de construcción que llega en estado plástico a la obra. Esta característica hace que sea muy útil en la construcción, ya que puede adoptar diversas formas dependiendo del molde en que se coloque, para pequeños trabajos o reparaciones, puede pedirse premezclado o mezclarse en sitio. Presenta una amplia variedad de texturas y colores y se utiliza para construir muchos tipos de estructuras, como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, grandes edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas, embarcaderos y muelles, aceras, silos o bodegas, comercios, casas e incluso barcos.

Otras características favorables del concreto son su resistencia, su larga duración y su bajo costo, que implica el utilizar otros medios para obtener las dos características anteriormente mencionadas. Si se mezcla con los materiales adecuados a través del diseño de mezcla adquiere diferentes propiedades (resistencia, fluidez, trabajabilidad, etc.). El concreto puede soportar fuerzas de compresión elevadas, su resistencia a la tensión es baja, pero reforzándolo con acero y realizando un diseño adecuado se puede hacer que la estructura sea tan resistente a las fuerzas de tensión como a la compresión. Su larga duración se evidencia en la conservación de columnas construidas por los egipcios hace más de 3 600 años, por lo que hoy en día es un material indispensable en la construcción de vivienda.

I. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

I.1 Fundamentos

El concreto es una piedra artificial compuesta de material aglutinante y de material de relleno (roca triturada, conocida como grava) y arena, estos dos últimos llamados agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

$$\text{AGLUTINANTE} = \text{AGUA} + \text{CEMENTO}$$

Los materiales se combinan hasta producir una mezcla densa, uniforme y plástica, lo que se conoce como una revoltura de concreto. De manera intrínseca se introduce un quinto elemento: el aire.

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

I.1.1 Agregados

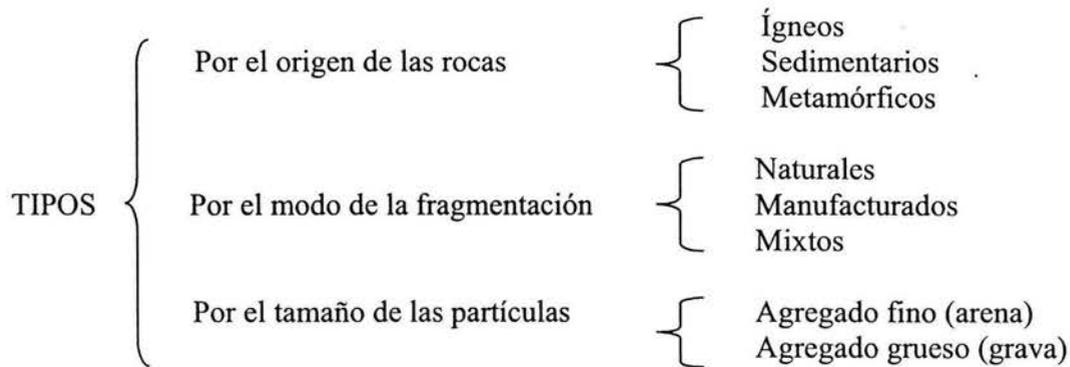
El agregado ocupa por lo menos tres cuartas partes del volumen del concreto, no es de extrañar que la calidad de los agregados sea de suma importancia. Los agregados no sólo limitan la resistencia del concreto, puesto que un agregado débil no constituye un concreto resistente, sino que sus propiedades afectan en gran medida tanto la durabilidad como el comportamiento estructural del concreto.

Proporcionan un relleno económico debido a que son más baratos que el cemento, por lo cual el ponerle la mayor cantidad de éstos y una menor cantidad de cemento, se puede reflejar en un ahorro económico en el total de la obra civil.

Pero no solamente los agregados proporcionan una ventaja económica ya que también brindan al concreto una mayor estabilidad volumétrica, mitigando los efectos que resultan de los cambios de humedad debidos al fraguado, traducándose en mayor resistencia a la acción de cargas, a la abrasión, filtración de humedad y a la afectación del clima.

Clasificación general de los agregados

Existen diversas características en los agregados, cuyas diferencias permiten clasificarlos e identificarlos, como se muestra a continuación (cuadro sinóptico y tabla I.1).



Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeada	Completamente desgastadas por el agua o totalmente formadas por fricción	Grava de río o de playa. Arena del desierto, de playa o acarreada por el viento
Irregular	Irregulares por naturaleza, parcialmente formadas por fricción o con bordes redondeados	Otras gravas, pizarra de superficie o subterránea
Escamosa	Materiales cuyo espesor es pequeño en comparación con sus otras dos Dimensiones	Roca laminada
Angular	Con bordes bien definidos, formados en las intersecciones de caras aproximadamente planas	Rocas trituradas de todos tipos, taludes detríticos y escoria triturada
Alargada	Material que suele ser, pero cuya longitud es bastante mayor que las otras dos dimensiones	-----
Escamosa y alargada	Material cuya longitud es bastante mayor que el ancho y el ancho bastante mayor que el espesor	-----

Tabla I.1.-Clasificación de la forma de las partículas según British Society 812: Parte 1:1975

Pruebas que se le tienen que hacer a los agregados

ARENA

- Contaminación
- Peso volumétrico suelto y compacto
- Densidad
- Granulometría y Módulo de finura
- Absorción
- Pérdida por lavado

GRAVA

- Granulometría y Módulo de finura
- Peso volumétrico
- Densidad
- Contaminación
- Absorción

Para realizar una buena granulometría se utilizan juegos de mallas, comúnmente se utiliza usadas el que se muestra en la tabla I.2, el tamaño máximo nominal de agregado (T.M.N.A.) está determinado principalmente por el diseño del armado de la estructura.

Generalmente el tamaño máximo de agregado que se elige para un concreto es el que se encuentre disponible económicamente y que además resulte compatible con las dimensiones de la estructura y el armado del acero de refuerzo.

Juego de mallas		
Malla No. [in]	Abertura [mm]	
3	76.20	
1 ½	38.10	
¾	19.05	GRAVA
3/8	9.53	
4	4.76	FRONTERA
8	2.38	
16	1.19	
30	0.60	
50	0.30	ARENA
100	0.15	
200	0.075	FRONTERA
CH	CHARAOLA	

Tabla I.2

El tamaño máximo del agregado es la malla inmediatamente superior donde el retenido acumulado es el 10% o más.

Para fines prácticos el tamaño máximo del agregado grueso recomendable para diferentes tipos de construcción es el que se indica a continuación (Tabla I.3).

Tipos de construcción	T.M.A. [in]
Muros de 10 [cm] con armado e instalaciones	3/8
Muros y Columnas reforzadas	3/4
Muros con poco refuerzo	1 1/2
Losas muy reforzadas	3/4
Losas con poco refuerzo	1 1/2
Contra traveses de cimentaciones	1 1/2

Tabla I.3

Módulo de finura (Arena)

Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados a través de 7 mallas normalizadas como “serie estándar” que van las aberturas desde 0.150 [mm] a 9.5 [mm] la más grande, dividida entre 100 y representa el tamaño promedio de la partícula. Se dice que la arena presenta un modulo de finura adecuado para un concreto convencional, si no es menor de 2.30 ni mayor de 3.10.

I.1.2 Cemento

La palabra cemento es el nombre de varias sustancias adhesivas, deriva del latín caementum, porque los romanos llamaban opus caementitium (obra cementicia) a la grava y a diversos materiales parecidos al concreto que usaban en sus morteros, aunque no eran la sustancia que los unía. La sustancia que los unía fue la de un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones y lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli, es el material que aun actualmente lo conocemos como puzolana.

En la actualidad el cemento se puede describir como un material en polvo que con la ayuda de agua adquiere propiedades cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.

De acuerdo con la definición que aparece en la Norma Oficial Mexicana (NOM), la utilización de mezclas de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, para obtener una materia prima homogénea de los materiales mencionados, llevándolos a un horno rotatorio ya sea en forma de polvo o lodo a una temperatura de 1 400 a 1 500 °C. La materia prima va sufriendo modificaciones hasta obtener fragmentos no mayores a 6 [cm] llamado clinker, una vez frío se muele con una reducida porción de yeso que tiene la finalidad de regular el fraguado, y con ello se obtiene el polvo fino gris que se conoce como Cemento Portland.

El nombre del cemento Portland le fue dado por la similitud que éste tenía con la piedra de la isla de Portland, situada en la costa del canal de la Mancha, en Dorset, al sur de Inglaterra.

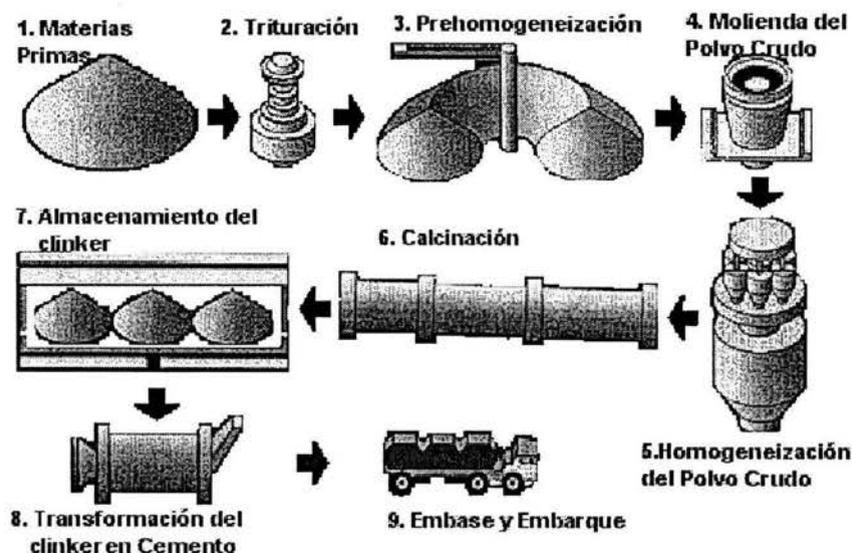


Figura I.1.- Proceso general de la elaboración del cemento.

De conformidad con lo anterior, a partir del clinker portland es posible fabricar tres principales grupos o clases de cementos hidráulicos para la elaboración de concreto:

- 1) Los cementos portland propiamente dichos, o portland simples, moliendo solamente el clinker y el yeso sin componentes cementantes adicionales.
- 2) Los cementos portland mezclados, combinando el clinker y el yeso con otro cementante, ya sea éste una escoria o una puzolana.
- 3) Los cementos expansivos que se obtienen añadiendo al clinker otros componentes especiales de carácter sulfatado, cálcico y aluminoso.

El primer grupo constituye los cementos que se han utilizado tradicionalmente para la fabricación del concreto hidráulico en el país. Los del segundo grupo son cementos destinados al mismo uso anterior, y cuya producción se ha incrementado en los últimos 20 años, al grado que actualmente representan más de la mitad de la producción nacional.

Finalmente, los cementos del tercer grupo son más recientes y aún no se producen regularmente en México, si bien su utilización tiende a aumentar en EUA para las llamadas estructuras de concreto de contracción compensada. Así, mediante ajustes en la composición química del clinker, o por medio de la combinación con otros cementantes, o por la adición al clinker de ciertos materiales especiales, es factible obtener cementos con características y propiedades adecuadas para cada uso específico del concreto hidráulico.

En la fabricación de los concretos, se empleará cualquier tipo de cemento que sea congruente con la finalidad y características de la estructura, clase resistente 30 ó 40, que cumpla con los requisitos especificados en la norma NMXC-414-ONNCCE.

Tipos de cementos

Existen diferentes tipos de cementos de acuerdo a sus características y usos, los cuales proporcionan una adecuada mezcla de concreto para sus fines.

Tipos de cementos de acuerdo a la NMX-C-414-ONNCCE-1999.

Tipo	Denominación
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento Portland Escoria Granulada de alto horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de alto horno

Tabla I.4

La ASTM C150, clasifica al cemento en cinco tipos que son:

- Tipo I. Común; para uso general en construcciones de concreto, resistencia a la compresión, mínima de 130 [Kg/cm²] y 200 [Kg/cm²] a las edades de 3 y 7 días respectivamente.
- Tipo II. Modificado; destinado a construcciones de concreto expuestas a una acción moderada de los sulfatos, o cuando no se requiere un calor de hidratación moderada.
- Tipo III. De Resistencia Rapida; cuando se requiere una alta resistencia a temprana edad. Desarrolla un alto calor de hidratación.
- Tipo IV. De bajo calor; cuando se requiera un reducido calor de hidratación.
- Tipo V. De alta resistencia a los sulfatos; cuando se requiera una alta resistencia a la acción de los sulfatos. Usado en obras marítimas.

I.1.3 Dosificación del concreto

La dosificación de las mezclas para concreto es la determinación de la combinación más económica y práctica de los ingredientes para concreto que sea manejable en su estado plástico y que desarrolle las propiedades requeridas cuando endurezca.

Con el descubrimiento de la relación **agua-cemento** y el desarrollo de equipos para el mejoramiento de procesos de agregados, mezclado y el manejo de grandes volúmenes de concreto, así con el mejoramiento de los cementos, se ha podido avanzar en la dosificación de las mezclas de tal forma que la tecnología del concreto permite determinar las proporciones necesarias de ingredientes que cumplan las exigencias de cualquiera de las diversas instancias donde se aplique concreto.

Con una buena mezcla de concreto se puede tener una mejor colocación, consolidar y terminar fácil y correctamente, sin segregación peligrosa. Con la inclusión de aire en la tecnología del concreto, se ha hecho un avance que permite controlar la acción del congelamiento y modificar las propiedades térmicas del elemento, así como en los factores que influyen en la trabajabilidad.

Dosificación por peso

Para una buena dosificación es necesario seguir con un procedimiento, el cual nos lleva a la determinación adecuada de la mezcla de concreto, no sin antes tener en cuenta el uso y que tipo de concreto queramos en cuanto a su resistencia.

- a) Elección del revenimiento
- b) Tamaño máximo del agregado
- c) Cantidad de agua necesaria y contenido de aire
- d) Obtención de la relación agua-cemento
- e) Cálculo del contenido de cemento
- f) Estimación del volumen del agregado grueso
- g) Estimación del contenido de agregado fino
- h) Ajustes por humedad

Revenimiento

La elección del revenimiento es una medida de consistencia o de trabajabilidad, la cual permite que el concreto sea colocado en la sección deseada. Se considera conveniente tener un alto revenimiento cuando la sección es angosta y complicada, teniendo numerosas esquinas o partes inaccesibles. Lo mismo se aplica a elementos con secciones o aditamentos de acero empotrados o a casos en que la cantidad y el espaciamiento del acero de refuerzo hacen difícil el colado y la compactación.

De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcciones de Estructuras Concreto, para el control del concreto fresco el revenimiento nominal de los concretos no será mayor de 120 [mm]. Para permitir la colocación del concreto en lugares difíciles, o para que pueda ser bombeado, se autoriza aumentar el revenimiento nominal hasta un máximo de 180 [mm], mediante el uso de aditivo superfluidificante, de manera que no se incremente el contenido unitario de agua.

Si el revenimiento no está especificado, se puede elegir un valor apropiado para la obra de acuerdo a la siguiente tabla I.5 que puede usarse como guía general del revenimiento.

REVENIMIENTOS MÁS USADOS			
TIPO DE ESTRUCTURA	Revenimiento en [cm]		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Concreto en grandes masas: Puentes, presas, pavimentos, rellenos, cimientos, etc.	2	8	5
Concreto en trabes, losas y muros de grandes dimensiones.	8	12	10
Concreto en losas y columnas delgadas y difíciles de colar.	16	20	18
Concreto en columnas y muros de pequeñas dimensiones y con gran cantidad de armado e instalaciones, dificultando la correcta colocación del concreto.	14	20	17

Tabla I.5.- (El concreto Armado en las Estructuras Teoría Elástica, Vicente Pérez Alamá.)

Tamaño máximo del agregado (T.M.A.)

Generalmente, el tamaño máximo del agregado debe ser el mayor que se encuentre disponible económicamente y el que resulte compatible con las dimensiones de la estructura.

Como se puede ver en la (Tabla I.3) se recomiendan diferentes tamaños de agregados gruesos, pero lo más común como se observa en la práctica local es la utilización de grava con tamaño de 20 [mm] (3/4") o de 40 [mm] (1 1/2"). Esto se debe a la facilidad para poder colocarse en la estructura y a la economía.

La norma ACI-318 indica que el tamaño máximo del agregado grueso no será mayor que:

- a) 1/5 de la separación menor entre los lados de la cimbra
- b) 1/3 del peralte de la losa
- c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre el acero de refuerzo

En algunas ocasiones estas recomendaciones se descartan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede ser colocado sin que se formen cavidades o vacíos que afecten la estructura del concreto.

Para lograr los mejores resultados cuando se desea obtener un concreto de alta resistencia, deben reducirse los tamaños máximos de los agregados, ya que éstos producen mayores resistencias con una relación agua-cemento dada.

En cuanto a la arena, es poco frecuente especificar que se subdivida en fracciones para ser dosificada, debido principalmente a la dificultad y el alto costo que representa hacerlo con precisión en gran escala, por lo reducido de sus partículas.

Cantidad de agua necesaria y contenido de aire

La cantidad total de agua de mezclado se puede obtener un valor aproximado, mediante la (Tabla I.6) que muestra el agua total necesaria por metro cúbico de concreto con diferentes revenimientos para agregados de diversos tamaños máximos. Se muestra también la cantidad de agua para concreto con inductor de aire y los porcentajes de aire recomendados en los que están basadas las cantidades agua. El porcentaje de aire que se da es el esperado aproximado que se puede tener atrapado en el concreto.

En un dado caso, los ajustes necesarios para obtener la mezcla óptima se harán con los tanteos subsecuentes hasta lograr la combinación de materiales que dé la trabajabilidad deseada con la relación agua-cemento requerida. Si existe experiencia con los materiales a usar, dicha experiencia permitirá menos dependencia de la tabla I.6.

La inclusión de aire en el concreto produce como efecto secundario una cierta disminución en su resistencia a la compresión. Debido a ello, para definir el contenido de aire que conviene incluir, es necesario hacer compatible el requerimiento de incrementarlo para dar protección al concreto contra la congelación y el deshielo, con la conveniencia de reducirlo para no afectar su resistencia.

En México, solamente hay algunas regiones del norte de país donde durante el invierno se originan condiciones que justifican el uso de un aditivo inductor de aire en el concreto.

CANTIDAD DE AGUA EN [l / m ³]							
T.M.A. [mm]	10	13	20	25	40	50	75
REVENIMIENTO [cm]	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO						
2.5 a 5.0	207	199	187	178	160	155	142
7.5 a 10.0	228	216	201	193	175	170	157
15.0 a 17.5	243	228	213	202	185	180	169
CANTIDAD DE AIRE RETENIDO EN %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3
REVENIMIENTO [cm]	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO						
2.5 a 5.0	181	175	166	160	148	142	133
7.5 a 10.0	201	193	181	175	163	157	148
15.0 a 17.5	216	204	193	184	172	166	160
PROMEDIO TOTAL RECOMENDADO EN %	8	7	6	5	4.5	4	3.5

Tabla I.6.- (Proporcionamiento de mezclas de concreto, Cartilla del concreto, pag. 35)

Obtención de la relación agua-cemento

Para este paso es necesario conocer la (Tabla I.7) que muestra valores aproximados y relativamente conservadores, por lo que se tiene que conocer la resistencia a la compresión que se requiere y así obtendremos la relación agua-cemento.

RELACIÓN AGUA-CEMENTO VS. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS [Kg/cm ²]	REALACIÓN AGUA-CEMENTO EN PESO	
	SIN AIRE INCLUIDO	CON AIRE INCLUIDO
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Tabla I.7

Para condiciones de exposición severas, la relación agua-cemento debe mantenerse baja, aún cuando los requerimientos de resistencia puedan cumplirse con un valor mayor. Es por eso que se proporciona la (Tabla I.8) en los que se dan los valores máximos.

RELACIÓN AGUA-CEMENTO MÁXIMA PERMISIBLE PARA CONCRETO EXPUESTO A CONDICIONES SEVERAS		
TIPO DE ESTRUCTURA	Estructura continua o frecuentemente húmeda y expuesta a congelación y deshielo	Estructura expuesta al agua de mar o a sulfatos
Secciones delgadas (rieles, bordillos, durmientes, obras ornamentales) y secciones con menos de 3 [cm] de recubrimiento sobre el acero.	0.45	0.40
Todas las demás estructuras	0.50	0.45

Tabla I.8.- (Proporcionamiento de mezclas de concreto, Cartilla del concreto, pag. 32)

Cálculo del contenido de cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto se obtiene de las determinaciones efectuadas en los pasos c) y d). El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado, dividido entre la relación agua-cemento.

Estimación del volumen del agregado grueso

En la (Tabla I.9) se proporcionan los valores adecuados para este volumen de agregado. Se muestra un volumen de agregado seco y compactado con varilla por metro cúbico. Este volumen se convierte al peso seco del agregado grueso requerido por metro cúbico de concreto multiplicándolo por el peso volumétrico del agregado grueso, seco y compactado con varilla.

Para obtener un concreto más manejable, como el que se requiere cuando se utiliza bomba para su colocación o cuando se coloca el concreto en zonas congestionadas con acero de refuerzo, sería recomendable reducir hasta en un 10% el contenido estimado de agregado grueso que se había estimado, teniendo cuidado de cumplir con las recomendaciones resultantes de la relación agua-cemento y revenimiento.

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO				
MODULO DE FINURA	2.4	2.6	2.8	3.0
T.M.A. [mm]	VOLUMEN DEL AGREGADO			
10	0.50	0.48	0.46	0.44
13	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla I.9.- (Proporcionamiento de mezclas de concreto, Cartilla del concreto, pag. 35)

Estimación del contenido de agregado fino

El peso del volumen unitario de concreto se presupone o puede estimarse por experiencia, si no se cuenta con esa información se puede utilizar (Tabla I.10). El peso requerido de agregado fino es simplemente la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los otros ingredientes.

PESO ESTIMADO DE CONCRETO FRESCO EN [Kg/m ³]		
T.M.A. [mm]	CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO
10	2280	2190
13	2310	2230
20	2350	2280
25	2380	2310
40	2410	2350
50	2440	2370
75	2470	2400
150	2510	2440

Tabla I.10.- (Proporcionamiento de mezclas de concreto, Cartilla del concreto, pag. 36)

Ajustes por el contenido de humedad

Se debe considerar la humedad que tienen los agregados para pesarlos correctamente. Por lo general los agregados se encuentran húmedos y a su peso seco se debe aumentar el porcentaje de agua que contengan. El agua de mezclado que se agrega a la mezcla debe reducirse en una cantidad igual a la de la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción.

Para una satisfacción de concreto de acuerdo a los requerimientos de la obra, si se requieren hacer ajustes de mezclas se deben verificar las proporciones calculadas de mezcla con pruebas preparadas y probadas con base en las normas establecidas para pruebas a presión y compresión. Para cualquier tipo de obra de concreto es muy importante para obtener una duración del mismo el curado del concreto durante el proceso de endurecimiento del concreto.

I.1.4 Aditivos para concreto

La Norma ASTM C-125 define como un aditivo, a un material líquido distinto del agua, agregados, cemento hidráulico y fibras de refuerzo, que se utiliza como ingrediente del mortero o del concreto, y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, para modificar el comportamiento del concreto fresco y mejorar sus propiedades en el concreto endurecido.

Para lograr los efectos deseados o requeridos por el tipo de obra a realizar, se usa una gran variedad de aditivos que tentativamente podrían ser clasificados en seis grupos:

1. Acelerantes
2. Incluidores de aire
3. Reductores de agua y reguladores de fraguado
4. Minerales finamente divididos

5. Fluidificantes
6. Misceláneos

La especificación Estándar C494 de ASTM, “Aditivos Químicos para el Concreto”, clasifica los aditivos según su función en cinco tipos:

Tipo A: Aditivos reductores de agua.

Tipo B: Aditivos retardadores.

Tipo C: Aditivos acelerantes.

Tipo D: Aditivos reductores de agua y retardadores.

Tipo E: Aditivos reductores de agua y acelerantes.

Es muy importante la observación de los aspectos económicos que pueden surgir con la aplicación de un aditivo al concreto, cuidando los cambios de volumen que produce en la mezcla, es decir, si el uso del aditivo aumenta o disminuye el volumen de concreto. Ello se refleja en el costo de transportación, colado y acabado del concreto.

Frecuentemente, un aditivo permite la aplicación de métodos de construcción o de diseño menos costosos, para compensar cualquier incremento en el costo debido a su uso. Por ejemplo, del empleo de aditivos retardantes han resultado diseños nuevos y novedosos y económicos de unidades estructurales. Dichos aditivos permiten el ahorro de energía, permiten el colado de grandes volúmenes de concreto durante períodos mayores minimizando, de esta manera, la necesidad de cimbrar, colocar y unir unidades separadas. Las propiedades físicas que se requieren en concretos ligeros se logran comúnmente con pesos unitarios menores, mediante el uso de aditivos inclusores de aire y de aditivos reductores de agua.

Tres de los aditivos que son empleados con frecuencia en la construcción de obras de difícil acceso para la colocación del concreto, y a las necesidades de tiempo que se requieren además de los métodos empleados para su colocación, son los siguientes:

Aditivos acelerantes

Se emplean para acelerar el fraguado y el desarrollo de resistencia del concreto a temprana edad. La mayoría de los acelerantes que se emplean causan un incremento en la contracción por secado del concreto.

El mejor acelerante que se conoce es el cloruro de calcio (CaCl_2), la cantidad de cloruro de calcio añadida no debe exceder en ningún caso el 2% por peso del cemento, los acelerantes no se pueden utilizar como agentes anticongelantes. Debe cubrir los requisitos de la norma ASTM D 98 y también deberá ser muestreado y ensayado de acuerdo con la norma ASTM D 345.

El uso de cloruro de calcio o aditivos que contienen cloruros solubles no se recomienda en ciertas condiciones:

- a) En concreto presforzado, por los posibles riesgos de corrosión.
- b) En concreto en donde se va ahogar aluminio.
- c) En concreto donde se tenga contacto permanente con acero galvanizado.
- d) En concreto expuesto a suelos que contengan sulfatos.
- e) En donde no exista la posibilidad de decoloración en conjunción con el agregado y afecte cuestiones de apariencia.

Generalmente la aplicación de aditivos acelerantes es con fines económicos, ya que con frecuencia se pueden obtener los mismos resultados que con la aplicación de otros medios como puede ser: (1) con el empleo de cemento Portland de alta resistencia a edad temprana, (2) reduciendo la relación agua-cemento con el aumento de cemento, ó (3) curando a mayores temperaturas

Aditivos minerales

Este tipo de aditivos lo forman principalmente las calizas, bentonita, cal hidratada y talcos. Algunas de las mezclas para poder tener la trabajabilidad, plasticidad y bombeabilidad necesarias, deben contener dentro de su mezcla una cantidad de cemento Portland poco mayor que la requerida. Frecuentemente una porción de todo cemento adicional es sustituida cuando la mezcla se proporciona con un aditivo mineral adecuado. Su principal función es la de mejorar las características del concreto, aumentando la resistencia y la generación de calor.

La gran mayoría de los minerales utilizados poseen muy poco valor cementante con excepción de las Puzolanas que, con ayuda de la humedad, reaccionan químicamente junto con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias formando un compuesto con muy buenas propiedades cementantes.

Aditivos fluidificantes

A este tipo de aditivos se les puede decir que son reductores de agua, ya que sirven para aumentar el revenimiento de las mezclas de concreto sin alterar los contenidos originales de agua y de cemento, pero conservando la viscosidad de las mezclas para evitar su segregación por el aumento de fluidez.

El concreto fluidificado con aditivos prácticamente no requiere ser compactado en las formas tradicionales, y frecuentemente se logra acomodarse por simple gravedad, es decir, es autonivelante. De ésta característica derivan sus principales aplicaciones, que son aquellas donde existen dificultades de acceso para su colocación y/o compactación del concreto, o donde las formas son muy estrechas o variables, donde hay excesivo acero de refuerzo, etc.

La dosificación generalmente no excede el 1% con respecto al peso del cemento dependiendo del tipo de concreto que se elabore. Es de recomendarse el incorporar el

aditivo a la mezcla de concreto en el punto más cercano que sea posible al de la colocación final del concreto, debido a que cuando se presentan interrupciones o retrasos inesperados, el concreto fluidificado pierde demasiado revenimiento antes de ser colocado. No obstante es posible reponerle su revenimiento original con una nueva dosificación del aditivo. Se dice que es posible aplicar esta redosificación del aditivo, hasta en dos ocasiones consecutivas sobre la misma mezcla de concreto sin que se afecten sus características y propiedades potenciales, pero se considera recomendable verificar este comportamiento en caso necesario.

Aditivos inclusores de aire

Los aditivos inclusores de aire se emplean para mejorar la durabilidad del concreto expuesto a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo. El aire incluido mejora en gran medida la resistencia del concreto al descascaramiento de la superficie causado por los agentes que se utilizan para remover el hielo. La trabajabilidad del concreto fresco también mejora de manera significativa, y se reducen la segregación y el sangrado.

El concreto con aire incluido contiene diminutas burbujas de aire distribuidas uniformemente en toda la pasta de cemento. La inclusión de aire en el concreto se puede producir usando un cemento inductor de aire, o con la introducción de un aditivo inductor de aire, o con una combinación de ambos métodos. Un cemento inductor de aire es un cemento Portland con una adición inclusora de aire molida conjuntamente con el clinker durante la fabricación. Por otra parte, los aditivos inclusores de aire se agregan directamente a los componentes del concreto antes y durante el mezclado.

Es recomendable su empleo donde sea necesaria la impermeabilidad. La inclusión de aire es particularmente efectiva en mezclas pobres, de lo contrario serían ásperas y difíciles de trabajar.

El mayor convencimiento sobre la necesidad de incorporar aire incluido en el concreto para reducir al mínimo el daño al concreto de estructuras por congelación y deshielo ha concluido con el mayor uso de bombas para colocar este concreto y el desarrollo de plumas más largas, debido a que no es raro que el concreto pierda un porcentaje de aire como resultado del manejo por cualquiera de los métodos convencionales.

El incremento en el contenido de aire por lo general aumenta el revenimiento. Las mezclas relativamente húmedas pueden, sin embargo, tener un factor de espaciamiento que es mayor y, por lo tanto, menos deseable que mezclas más secas. El incremento en la relación agua-cemento posiblemente provoca un incremento en el contenido de aire, mientras que otros factores se mantienen iguales, y hay menos aire incluido conforme aumenta la temperatura del concreto.

Para lograr la mayor uniformidad en una mezcla de concreto, es recomendable que los aditivos inclusores de aire se agreguen a la mezcla en forma de soluciones, en vez de en forma sólida. Generalmente sólo se requieren pequeñas cantidades de aditivo para incluir la

cantidad deseada de aire. Estas cantidades son del orden del 0.05% de componente activo por peso de cemento.

Los principales ingredientes que se utilizan en los aditivos inclusores de aire (ASTM C 260) se enlistan a continuación: sales de resinas de madera (resina Vinsol), algunos detergentes sintéticos, sales de lignina sulfonatada, sales de ácidos de petróleo, sales de material proteináceo, ácidos grasos y resinosos y sus sales, sulfonatos de alquilbenceno, sales de hidrocarburos sulfonatados.

Las especificaciones así como los métodos de ensaye para los aditivos inclusores de aire se presentan en las normas ASTM C 260 y C 233. Las adiciones inclusoras de aire que se emplean en la fabricación de cementos inclusores de aire, deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 226.

1.2 Ejemplo práctico

Se desea elaborar un metro cúbico de concreto para un muro, las consideraciones estructurales requieren que tengan un $f'c=150$ [kg/cm²], un revenimiento de 14 [cm] sin aire incluido para que pueda el concreto fluir a través de las diferentes instalaciones eléctricas y sanitarias que se encontrarán embebidas en el muro y un agregado grueso de 3/4". Se ha determinado que el peso del agregado grueso, compactado con varilla y seco, es de 1 600 [Kg/m³] y un módulo de finura de la arena de 2.8. Realizar la dosificación por peso de la mezcla de concreto. Las pruebas realizadas a los agregados indican una humedad total del 2% y una absorción del 0.5% en el agregado grueso y del 6% en el agregado fino con una absorción del 7% respectivamente.

- Como se indicó anteriormente el revenimiento es de 14 [cm].
- También ya se mencionó que el agregado grueso que se empleará es de 3/4" (20 mm).
- Puesto que la estructura no estará expuesta al intemperismo severo, se utilizará concreto sin aire incluido. La cantidad de agua de mezclado de acuerdo a la tabla No. 5 es de 213 [l/m³] el aire atrapado estimado es de 2%.
- De acuerdo a la tabla No.6 la relación agua-cemento para producir una resistencia $f'c= 150$ [Kg/cm²] en un concreto sin aire incluido será de 0.8.
- El contenido de cemento es obtenido con la información de los dos incisos anteriores por lo que:

$$\frac{213 \text{ [Kg/m}^3\text{]}}{0.8} = 266.25 \text{ [Kg / m}^3\text{]}$$

- La cantidad de agregado grueso se estima de acuerdo a la tabla I.8, para un agregado de fino de con 2.8 de modulo de finura y con un T.M.A grueso de 20 [mm], en dicha tabla se recomienda 0.62 [m³] de agregado grueso. Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

$$1\,600 \text{ [Kg/m}^3\text{]} \times 0.62 \text{ [m}^3\text{]} = 992 \text{ [Kg]}$$

- g) Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales restantes para completar un metro cúbico de concreto consistirán en arena y el aire que pueda quedar atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar con base en el peso o en el volumen absoluto, como se muestra a continuación:

Se observa en la tabla I.9 que un metro cúbico de concreto sin aire incluido se estima en 2350 [kg/m³].

Agua (de mezcla neta) =	213	[Kg]
Cemento =	266.25	[Kg]
Agregado grueso =	992	[Kg]
Total =		
	1471.25	[Kg]

Por lo tanto, el peso de la arena se estima en:

$$2350 - 1471.25 = 878.75 \text{ [Kg]} \text{ (seco)}$$

- h) Ajustes por humedad. Si se utilizan las proporciones de la mezcla de prueba basadas en el peso estimado del concreto, los ajustes en los pesos de los agregados son:

Agregado grueso (húmedo) =	992	(1.02)	=	1011.84 [Kg]
Agregado fino (húmedo) =	878.75	(1.06)	=	931.475 [Kg]

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe ser excluida del ajuste por adición de agua. De esta manera, la cantidad de agua superficial que aporta el agregado grueso es de $2 - 0.5 = 1.5\%$, y el agregado fino aporta $6 - 0.7 = 5.3\%$. Por lo tanto, el requerimiento estimado de agua de adición es:

$$213 - 992 (0.015) - 878.75 (0.053) = 151.55 \text{ [Kg]}$$

Los pesos estimados para el metro cúbico de concreto serán:

Agua (por añadir)	151.55	[l]
Cemento	266.25	[Kg]
Agregado grueso (húmedo)	1011.84	[Kg]
Agregado fino (húmedo)	931.475	[Kg]
Total		
	2361.12	[Kg]

Existen una gran cantidad de métodos empíricos de diseño de mezclas para obtener concretos con características específicas, sin embargo todos estos deben ser tomados solamente como referencias pues siempre requieren de pruebas de laboratorio para su afinamiento.

II. PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

Antes de 1957 la programación y el control de un proceso sólo era posible llevarse a cabo, con base en “diagramas de barras” o “diagrama de Gantt”, el cual consistía en predeterminar cuáles eran las actividades principales, cuál su duración y representarlas a cierta escala de manera que a cada actividad le correspondía un renglón de la lista, que generalmente establecía también el orden de ejecución de las actividades, situándose la barra representativa de cada actividad a lo largo de una escala de tiempos efectivos. Si después de emplear el criterio personal se obtenía una fecha de terminación igual a la presupuesta, se aceptaba dicho diagrama, en caso contrario y basado únicamente en la experiencia y la intuición del programador se reducía la dimensión de las barras hasta obtener la fecha de terminación deseada.

La técnica de la ruta crítica tuvo su origen entre 1956 y 1958 durante la búsqueda de la solución a 2 problemas diferentes pero simultáneos de planeación y control de proyectos, en los Estados Unidos.

Por un lado, la Marina de los Estados Unidos, al iniciar el proyecto del submarino atómico Polaris, reconoció que además de las dificultades de tipo científico y tecnológico, debía vencer el problema de la coordinación, programación y control de la labor de unos 250 contratistas directos y más de 9 000 subcontratistas, encargados cada uno de ellos de algún aspecto del trabajo total. Dada la no existencia de datos y antecedentes, las estimaciones de tiempos y costos debían hacerse con base en “probabilidades”. La empresa Booz, Allen, Hamilton desarrolló el sistema PERT (Program Evaluation and Review Technique).

Por otro lado la empresa E.I. du Pont de Nemours, bajo la dirección, de J.E. Nelly y M.R. Walter, desarrolló el sistema que originalmente se denominó PPS (Proyect Planning and Scheduling), y que evolucionó en lo que constituye el CPM, con la intención inicial de estructurar un mecanismo para la administración y el control de un programa muy amplio de construcción de plantas en toda América.

El *Critical Path Method* (CPM) es un sistema procesador de información con varios niveles de aplicación que puede utilizarse para producir la información requerida en la mayoría de las decisiones gerenciales, tanto de quien solicita los trabajos, como de quien los ejecuta tanto a nivel de dirección general, como de gerentes, superintendentes o sobrestantes; además de que la información que es posible obtener puede ser aprovechada por los responsables de las distintas áreas, como: costos, control de avance, compras y adquisiciones, operación de maquinaria, suministro de materiales, supervisión de subcontratistas, control de ingresos y egresos, fianzas en general, etc.

Ventajas del sistema PERT y CPM

- a) Suministran una base disciplinada, ordenada y metódica para la planeación de un proyecto.

- b) Permiten obtener una visión de conjunto muy clara del proyecto, en cuanto a los alcances del mismo, grado de complejidad, limitaciones, restricciones en cuanto a procedimientos y uso de recursos, etc.
- c) Son un vehículo importante para la evaluación de metas y objetivos y para la correcta selección de las alternativas a seguir.
- d) Eliminan en gran medida la posibilidad de omitir un trabajo, actividad o etapa que pertenezca al proyecto.
- e) Mostrando las interrelaciones entre las diferentes actividades, señalan y ubican las responsabilidades de los diferentes grupos o departamentos involucrados.
- f) Hace posible la “dirección por excepción” llamando la atención del ejecutivo sobre aquellas actividades que en realidad la requieran por presentar mayor riesgo de dificultades.
- g) Son lo suficientemente flexibles para permitir que sobre la marcha, puedan realizarse ajustes o actualizaciones del plan original en base a lo ya acaecido en cada una de las etapas y de la ejecución de los trabajos. De hecho, una de las principales ventajas la constituye el hecho de que permiten cuantificar y evaluar la magnitud y consecuencias de las desviaciones alcanzadas respecto al plan original.
- h) Para su implementación requieren relativamente de simples elementos de tipo matemático y pueden ser manejados “manualmente”, al menos hasta cierto nivel de magnitud.
- i) Su objetividad es muy alta en cuanto a la obtención e interpretación de la información que proporcionan.

II.1 Concreto premezclado

El concreto premezclado se dosifica y se mezcla fuera del sitio del proyecto y se entrega en el área de construcción en estado fresco y sin endurecer a pie de obra. Se puede manufacturar por cualquiera de los métodos:

- 1) El concreto de mezclado central se mezcla completamente en un mezclador estacionario y se entrega ya sea con un camión mezclador operando a velocidad de agitación, o con un camión especial no agitador.
- 2) El concreto de mezcla iniciada en planta fija y terminada en tránsito se mezcla parcialmente en un mezclador estacionario y se acaba de mezclar en un camión revolvedor.
- 3) El concreto mezclado en camión se mezcla totalmente en el camión revolvedor.

Pedidos preliminares

Independientemente de la importancia de un contrato, siempre es conveniente que el comprador comente con el proveedor los requisitos de su concreto antes de las fechas en que necesitará las entregas. Durante estas conversaciones preliminares deberán

proporcionársele al proveedor todos los detalles concernientes a cada una de las características, así como las cantidades aproximadas que se requerirán tanto semanal como diariamente.

Antes de aceptar la cotización del proveedor, el comprador debe pedir siempre los detalles de las proporciones de la mezcla, con el fin de confrontar éstas con los requisitos señalados en la especificación. En muchas ocasiones se dará el caso de que el encargado de recepción el concreto desee aprobar las proporciones de la mezcla propuesta, antes de confirmar el pedido.

Los detalles de las mezclas que se emplearán en la obra deben proporcionársele al proveedor con suficiente anticipación. Esto ayudará a asegurar que, al ordenar cargas individuales, el despachador de la casa proveedora sepa con precisión qué es lo que se solicita.

No deben dejarse los pedidos para el último momento, el proveedor también necesita organizarse; por lo tanto, se harán con la mayor anticipación posible: por lo menos 24 horas o más si es posible. Por ejemplo, no se puede esperar que si se llama por teléfono a la planta a primera hora de la mañana, la entrega sea surtida a las 10, pues es probable que el proveedor tenga ya comprometidos todos sus camiones para ese día.

Las empresas dedicadas a su elaboración y distribución requieren de cierta información indispensable para la entrega del concreto:

- a) Nombre de la constructora
- b) Dirección de la obra
- c) Nombre del contratista
- d) Autoridad especificadota
- e) Fecha de inicio y duración de la obra
- f) Volumen aproximado de concreto (promedio máximo) en m³
- g) Resistencia adecuada del concreto
- h) Tipo de concreto
- i) Grado de calidad (como se indica en la NOM-C-155)
- j) Revenimiento
- k) Tamaño máximo de agregado (T.M.A.)

El empleo exitoso del concreto premezclado depende de la estrecha cooperación que pueda haber entre el proveedor y el contratista durante todas las etapas comprendidas entre el pedido y la descarga del concreto. Asimismo, para aprovechar todas las ventajas que ofrece el empleo del concreto premezclado, se requiere una planeación de obra más cuidadoso, asegurándose de que el concreto sea ordenado en su momento, descargado y colado lo más pronto posible de su arribo a la obra.

II.1.1 Programa de colados

OBRA: COLINAS DEL SOL, QUERETARO.

PROGRAMA DE CONCRETO DEL 10 AL 15 DE NOVIEMBRE 2003

CIMENTACIONES

RESISTENCIA	150 kg/cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A.	37.5 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO	10 [cm]	8	8	8	8	8	0	40
Hora programada		14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	-	
Hora real de llegada		14:00	14:00	15:00	14:00	14:30	-	

MUROS P. BAJA (CON BOMBA)

RESISTENCIA	150 kg/cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A.	13 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO	18 [cm]	10	9.5	10	9.5	9.5	0	48.5
Hora programada		14:00	15:00	14:00	15:00	15:00	-	
Hora real de llegada		15:00	15:00	15:15	16:30	16:00	-	

LOSA DE ENTREPISO (CON BOMBA)

RESISTENCIA	150 kg/cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A.	20 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO	14 [cm]	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	0	32.5
Hora programada		14:00	15:00	14:00	15:00	15:00	-	
Hora real de llegada		15:30	15:00	15:15	16:30	15:30	-	

*RESISTENCIA RAPIDA A 3 DIAS

MUROS P. ALTA (CON BOMBA)

RESISTENCIA	150 kg/cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A.	13 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO	18 [cm]	13	7.5	13	13.5	13	0	60
Hora programada		15:00	14:00	15:00	14:00	15:00	-	
Hora real de llegada		16:00	14:00	15:30	14:00	15:00	-	

LOSA DE AZOTEA (CON BOMBA)

RESISTENCIA	150 kg/cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A.	20 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO	14 [cm]	6	3	6	6	6	0	27
Hora programada		15:00	14:00	15:00	14:00	15:00	-	
Hora real de llegada		16:00	14:30	15:30	18:00	15:00	-	

*RESISTENCIA RAPIDA A 3 DIAS

BANQUETA Y GUARNICIÓN

RESISTENCIA	150 kg/cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A.	20 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO	10 [cm]	0	10	0	0	15	0	25
Hora programada		-	11:00	-	-	10:00	-	
Hora real de llegada		-	12:00	-	-	11:30	-	

Obsérvese en la tabla anterior un programa de colado, en donde se puede solicitar el concreto con diferente T.M.A. y revenimiento a la misma hora debido a que la empresa que surte el concreto posee su propia flota de camiones para la entrega.

Se solicita una hora específica para surtir el concreto de acuerdo con el programa de obra, en ocasiones el camión que surte el concreto (olla) no llega a tiempo al lugar provocando retrasos, es muy importante mencionar que la olla de concreto sufre retrasos considerables por diferentes factores en la planta dosificadora. Los retrasos provocados hacen que se tenga que conciliar con los trabajadores dentro de la obra para que puedan esperar la llegada de la olla si es el caso en que su hora de salida está próxima, lo anterior trae como consecuencia sobrecostos, ya que produce si es el caso tiempos extra de trabajo o en la mayoría de los casos un pago en los alimentos de los trabajadores.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de retrasos que se tuvieron en la programación de obra anterior, los cuales llamaremos tiempos muertos debido a que en ese tiempo no se puede realizar otra actividad por parte del personal con respecto al programa de obra que se tiene.

TIEMPOS MUERTOS

CIMENTACIONES						
LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
00:00	00:00	01:00	00:00	00:30	00:00	01:30
MUROS P. BAJA (CON BOMBA)						
LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
01:00	00:00	01:15	01:30	00:00	00:00	03:45
LOSA DE ENTREPISO (CON BOMBA)						
LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
01:30	00:00	01:15	01:30	00:30	00:00	04:45
MUROS P. ALTA (CON BOMBA)						
LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
01:00	00:00	00:30	00:00	00:00	00:00	01:30
LOSA DE AZOTEA (CON BOMBA)						
LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
01:00	00:30	00:30	04:00	00:00	00:00	06:00
BANQUETA Y GUARNICIÓN						
LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
00:00	01:00	00:00	00:00	01:30	00:00	02:30
TOTAL DE TIEMPO MUERTO DURANTE LA SEMANA [h]						20:00

II.1.2 Programa de suministros

Los suministros requeridos para este caso son nulos debido a que a la empresa que suministra se le contrata la entrega del producto terminado.

II.1.3 Recepción de concreto

El jefe de concretos quién es el en cargado de realizar el programa de obra y hacer las llamadas telefónicas para solicitar el concreto, también revisa el concreto a su llegada, lo anterior se hace en una primera etapa que es, revisar la nota de remisión que se le entrega en la cual especifica el volumen solicitado, la hora de salida de la planta dosificadora y por consiguiente se anota su hora de llegada, la resistencia ($f'c$), el tamaño máximo de agregado, el revenimiento y si tiene alguna especificación el concreto como aditivos. En la segunda etapa se encarga de revisar que se haga correctamente la prueba de revenimiento, con la realización de las dos etapas anteriores se decide si es aceptado el concreto. Como tercera etapa y última se encarga de hacer cumplir que se coloque el concreto en los moldes para los cilindros de prueba y de verificar que no haya hecho falta volumen de concreto de acuerdo al solicitado.

II.1.4 Subcontratos

Los subcontratos son muy importantes debido a que son necesarios para la colocación y control del concreto. Es el caso del equipo de bombeo que se utilizará para colar muros y losas, cabe mencionar que en la gran mayoría de las empresas dedicadas a surtir concreto premezclado ofrecen el servicio de bombeo requerido, pero si es el caso de que se quiere contratar otra empresa para dar ese servicio se requiere de una programación para indicar el tiempo justo en que serán requeridos estos servicios.

En caso de que sea necesario se deberá contratar a un laboratorio que realizará las pruebas necesarias al concreto para determinar su resistencia, esto es en el caso de que se tenga la duda del concreto que fue entregado.

Se deberán tomar muestras de concreto en moldes, para su prueba de resistencia de acuerdo con las cantidades y tiempos que se mencionan en la NOM-C-155.

II.2 Fabricación en sitio

Se dice que una planeación para fabricación de concreto en sitio es menos cuidadoso que el de concreto premezclado. En ocasiones se tienen mayores holguras en el tiempo en las etapas para su desarrollo en la obra, pudiéndose tener algunos retrasos en los tiempos para los colados, pero siempre que se tenga una buena planeación traducirán una mayor efectividad en el desarrollo del proyecto.

La fabricación en sitio genera mayor independencia en los programas de colados, a diferencia del caso en que se utilice concreto premezclado, en el cual las actividades se programan de acuerdo con los tiempos de llegada y en general el programa de suministro del concreto.

II.2.1 Programación de colados

En la siguiente tabla se muestra el programa de colados de concreto, fabricado con un mezclador volumétrico².

El siguiente programa de obra está sustentado en el proceso constructivo de los tiempos de ejecución de cimentación, muros y losa. La cimbra se coloca cuando el armado y habilitado de muros se encuentra terminado, y se coloca también la cimbra de losa y se habilitan acero e instalaciones de la misma debido al sistema de cimbrado monolítico de muros y losa que se utiliza. En consecuencia, es necesario una vez terminado de colar los muros proseguir con la colocación del concreto en la losa.

El tiempo de utilización del equipo es el tiempo que se emplea en colocar los materiales en el equipo y el tiempo que tarda en entregar el concreto. Sólo se cargan los agregados necesarios para completar el lote por entregar debido a que el mezclador solo puede producir 7.64 m³ de concreto por carga de materiales³, lo anterior se hace con el objeto de dejar el mezclador listo para cambiar el tamaño máximo de agregado que se requiera para la siguiente entrega. El ciclo de carga incluye traslado desde y hacia el frente.

2,3 Ver capítulo III

AJUSTES EN TIEMPOS DE UTILIZACIÓN DEL MEZCLADOR

OBRA: COLINAS DEL SOL, QUERETARO

DESTINO DEL CONCRETO	ACCIÓN	T.M.A. [mm]	CANTIDAD A PRODUCIR [m ³]	TIEMPO	
				INICIO	FIN
CIMENTACIONES	TIRO DE MEZCLA	37.5	4	08:00	08:20
	RECARGA	37.5	4	08:20	08:50
	TIRO DE MEZCLA	37.5	4	08:50	09:10
BANQUETA Y GUARNICIÓN	RECARGA	20	6	09:10	09:50
	TIRO DE MEZCLA	20	6	09:50	10:20
	RECARGA	20	6	10:20	11:00
	TIRO DE MEZCLA	20	6	11:00	11:30
MUROS P. BAJA (CON BOMBA)	RECARGA	13	5	11:30	12:00
	TIRO DE MEZCLA	13	5	12:00	12:30
	RECARGA	13	5	12:30	13:00
	TIRO DE MEZCLA	13	5	13:00	13:30
LOSA DE ENTREPISO (CON BOMBA)	RECARGA	20	7	13:30	14:10
	TIRO DE MEZCLA	20	7	14:10	14:40
MUROS P. ALTA (CON BOMBA)	RECARGA	13	7	14:40	15:20
	TIRO DE MEZCLA	13	7	15:20	16:00
	RECARGA	13	7	16:00	16:40
	TIRO DE MEZCLA	13	7	16:40	17:20
LOSA DE AZOTEA (CON BOMBA)	RECARGA	20	6	17:20	18:00
	TIRO DE MEZCLA	20	6	18:00	18:30

OBRA: COLINAS DEL SOL, QUERETARO**PROGRAMA DE CONCRETO DEL 19 AL 26 DE ENERO 2004**

CIMENTACIONES							
RESISTENCIA 150 kg/ cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A. 37.5 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO 10 [cm]	8	8	8	8	8	0	40
Hora programada	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	-	
Hora real de llegada	08:00	08:00	08:00	08:00	08:00	-	
Tiempo de utilización del equipo	01:10	01:10	01:10	01:10	01:10		

El proceso de preparación de una cimentación dura aproximadamente 6 horas, que incluye trazo, excavación, nivelación, habilitado, armado y colocación de acero de refuerzo e instalaciones, y cimbrado.

En este caso el mezclador se carga con agregado grueso para 7 m³ y regresa a recargar para un metro cúbico y quedar libre para la siguiente entrega con diferente agregado.

El mezclador se deja preparado con todos los materiales el día anterior, para iniciar el colado a primera hora.

Como el colado es a las 8:00 [h], se deja preparada la cimentación la tarde anterior.

BANQUETA Y GUARNICIÓN							
RESISTENCIA 150 kg/ cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A. 20 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO 10 [cm]	12	12	12	12	12	0	60
Hora programada	09:50	09:50	09:50	09:50	09:50		
Hora real de llegada	09:50	09:50	09:50	09:50	09:50		
Tiempo de utilización del equipo	02:20	02:20	02:20	02:20	02:20		

Para colar banquetas y guarniciones no es necesario realizarlo diariamente, es uno de los procesos constructivos que se realizan conforme se termina de construir en obra negra el total de la vivienda planta baja y planta alta, en caso de ser necesario por cuestiones de tiempo este proceso se podría mover al día sábado. Los días que no se hagan banquetas y guarniciones se puede fabricar y colar relleno fluido para dar pendiente a la losa de azotea.

MUROS P. BAJA (CON BOMBA)							
RESISTENCIA 150 kg/ cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A. 13 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO 18 [cm]	10	10	10	10	10	0	50
Hora programada	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	-	
Hora real de llegada	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	-	
Tiempo de utilización del equipo	02:00	02:00	02:00	02:00	02:00		

El cimbrado de muros de planta baja es un proceso laborioso debido que además de hacer el armado de la cimbra hay que haber colocado previamente las instalaciones eléctricas y sanitarias. El proceso de armado

de la cimbra dura aproximadamente 6 horas. Hay que recordar que los muros planta baja y la losa de entrepiso son procesos ligados, por lo cual hay que considerar que el tiempo de armado de la cimbra debe incluir colocado de instalación eléctrica, así como armado de acero de refuerzo de la losa.

En el concreto para muros también es necesario que se haga la recarga de materiales, hacer sólo la recarga suficiente para terminar de completar el pedido y así dejar libre para cargarlo con el agregado de 20 [mm] necesario para losa.

Para poder colar a la hora programada es necesario empezar a realizar las actividades de muros planta baja a las 6:00 [h] del mismo día.

LOSA DE ENTREPISO (CON BOMBA)

RESISTENCIA 150 kg/ cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A. 20 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO 14 [cm]	7	7	7	7	7	0	35
Hora programada	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10	-	
Hora real de llegada	14:10	14:10	14:10	14:10	14:10	-	
Tiempo de utilización del equipo	01:10	01:10	01:10	01:10	01:10	-	

***RESISTENCIA RAPIDA A 3 DIAS**

MUROS P. ALTA (CON BOMBA)

RESISTENCIA 150 kg/ cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A. 13 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO 18 [cm]	14	14	14	14	14	0	70
Hora programada	15:20	15:20	15:20	15:20	15:20	-	
Hora real de llegada	15:20	15:20	15:20	15:20	15:20	-	
Tiempo de utilización del equipo	02:40	02:40	02:40	02:40	02:40		

En los muros de planta alta como de la losa de azotea se cuenta con un promedio de tiempo para la colocación de acero e instalaciones y armado de cimbra, la cual también es monolítica, de 7 horas. Hay que mencionar que este proceso se realiza en las viviendas que fueron coladas en la planta baja con una diferencia de por lo menos 72 horas. En muros planta alta es necesario realizar recarga de materiales, recordando que el material que importa en cuanto a sólo cargar lo necesario es el agregado grueso para siempre tener disponible el mezclador para la siguiente carga con diferente T.M.A.

Para poder colar a la hora programada es necesario empezar a realizar las actividades de muros planta alta a las 9:00 [h] del mismo día.

LOSA DE AZOTEA (CON BOMBA)

RESISTENCIA 150 kg/ cm ²	LUNES	MARTES	MIERC	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL
T.M.A. 20 [mm]	[m ³]						
REVENIMIENTO 14 [cm]	6	6	6	6	6	0	30
Hora programada	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	-	
Hora real de llegada	18:00	18:00	18:00	18:00	18:00	-	
Tiempo de utilización del equipo	01:10	01:10	01:10	01:10	01:10		

***RESISTENCIA RAPIDA A 3 DIAS**

Como se pudo observar en el programa de colados anterior es muy importante tener en mente los tiempos de retraso que se pueden presentar en el suministro de concreto debido a lo apretado en los tiempos de utilización del mezclador para poder realizar todas las actividades requeridas ya que, en caso de presentarse, no se podrán realizar otras actividades de suministro debido a que el mezclador se encontrará ocupado. Se debe buscar eliminar los tiempos de ocio que presenta el equipo los días sábados en que no es utilizado.

A continuación se muestra un programa de utilización del mezclador en la obra El Faro donde se requiere mayor cantidad de concreto para realizar cada uno de los colados durante el día, agregando la necesidad de fabricar concreto para vialidades.

AJUSTES EN TIEMPOS DE UTILIZACIÓN DEL MEZCLADOR

OBRA: EL FARO, LEÓN GUNAJUATO.

DESTINO DEL CONCRETO	ACCIÓN	T.M.A. [mm]	CANTIDAD [m ³]	TIEMPO	
				INICIO	FIN
CIMENTACIONES	TIRO DE MEZCLA	37.5	4	08:00	08:20
	RECARGA	37.5	4	08:20	08:50
	TIRO DE MEZCLA	37.5	4	08:50	09:10
ARROYO VEHICULAR	RECARGA	37.5	6	09:10	09:50
	TIRO DE MEZCLA	37.5	6	09:50	10:20
BANQUETA Y GUARNICIÓN	RECARGA	20	3	10:20	10:40
	TIRO DE MEZCLA	20	3	10:40	11:00
MUROS P. BAJA (CON BOMBA)	RECARGA	13	7	11:00	11:40
	TIRO DE MEZCLA	13	7	12:00	12:30
	RECARGA	13	7	12:30	13:10
	TIRO DE MEZCLA	13	7	13:10	13:40
LOSA DE ENTREPISO (CON BOMBA)	RECARGA	20	5	13:40	14:10
	TIRO DE MEZCLA	20	5	14:10	14:40
	RECARGA	20	5	14:40	15:10
	TIRO DE MEZCLA	20	5	15:10	15:40
MUROS P. ALTA (CON BOMBA)	RECARGA	13	7	15:40	16:20
	TIRO DE MEZCLA	13	7	16:20	16:50
	RECARGA	13	7	16:50	17:30
	TIRO DE MEZCLA	13	7	17:30	18:10
	RECARGA	13	3	18:10	18:30
	TIRO DE MEZCLA	13	3	18:30	18:50
LOSA DE AZOTEA (CON BOMBA)	RECARGA	20	5	18:50	19:20
	TIRO DE MEZCLA	20	5	19:20	19:50
	RECARGA	20	4	19:50	20:20
	TIRO DE MEZCLA	20	4	20:20	20:50

Nótese que la utilización del mezclador es continua, y utilizándolo para todas las actividades implica terminar de colar a las 20:50 horas, lo cual ya no es práctico ni conveniente.

En la siguiente tabla se muestra el tiempo de utilización del mezclador eliminando la elaboración del concreto para losa de entrepiso y losa de azotea, dejando estos últimos para la utilización de concreto premezclado.

AJUSTES EN TIEMPOS DE UTILIZACIÓN DEL MEZCLADOR

OBRA: EL FARO, LEÓN GUNAJUATO.

DESTINO DEL CONCRETO	ACCIÓN	T.M.A. [mm]	CANTIDAD [m3]	TIEMPO	
				INICIO	FIN
CIMENTACIONES	TIRO DE MEZCLA	37.5	4	08:00	08:20
	RECARGA	37.5	4	08:20	08:50
	TIRO DE MEZCLA	37.5	4	08:50	09:10
ARROYO VEHICULAR	RECARGA	13.75	6	09:10	09:50
	TIRO DE MEZCLA	13.75	6	09:50	10:20
BANQUETA Y GUARNICIÓN	RECARGA	20	3	10:20	11:00
	TIRO DE MEZCLA	20	3	11:00	11:30
MUROS P. BAJA (CON BOMBA)	RECARGA	13	7	11:30	12:10
	TIRO DE MEZCLA	13	7	12:10	12:40
	RECARGA	13	7	12:40	13:20
	TIRO DE MEZCLA	13	7	13:20	13:50
MUROS P. ALTA (CON BOMBA)	RECARGA	13	7	13:50	14:30
	TIRO DE MEZCLA	13	7	14:30	15:00
	RECARGA	13	7	15:00	15:40
	TIRO DE MEZCLA	13	7	15:40	16:10
	RECARGA	13	3	16:30	16:50
	TIRO DE MEZCLA	13	3	16:50	17:10

Como se pudo ver, con este programa sí se puede terminar de colar en un tiempo razonable.

II.2.2 Programa de suministros

Los suministros que se deben tomar en cuenta son los de agregados, cemento, agua, aditivos, muy importantes debido a que si alguno falta produce un retraso en la elaboración del concreto. Lo anterior es sin tomar en cuenta los suministros necesarios para el funcionamiento interno del equipo que se utilizará para la fabricación del concreto.

Los suministros se pueden traer del banco de agregados más cercano extrayéndolos por nuestra cuenta, comprándoselos a las empresas dedicadas a la elaboración de concreto ejemplo, CEMEX o adquiriéndolos con proveedores locales.

De cualquier forma que se adquieran los suministros se deberá contar con un almacén en donde se puedan tener las cantidades necesarias para satisfacer las necesidades diarias, programando que nunca se tenga el almacén con una capacidad inferior al 50%. En el capítulo cuatro se establecen formas de suministro de materiales tanto para el almacén como para el equipo a utilizar.

II.2.3 Subcontratos

Existen diversos subcontratos que se deben realizar para todos aquellos proveedores de los materiales que se necesitan para la elaboración del concreto, así como de la renta del silo para el almacenamiento del cemento, renta del equipo de bombeo, laboratorio de pruebas para el concreto, proveedores para los insumos del equipo se utilizará para la fabricación del concreto como son refacciones, combustible, etc.

En el capítulo cinco se ilustra cómo todos estos elementos se integran en el costo unitario del concreto.

III. ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN DE CONCRETO

Se entienden como alternativas de fabricación del concreto aquéllas en donde el usuario tiene que ver con la fabricación del concreto, es decir la diferencia del concreto premezclado y las tres alternativas que se presenta en esta tesis radica en que el concreto premezclado como se le dice en el lenguaje técnico, se considera un producto terminado completamente dosificado y mezclado, listo para ser únicamente colocado por el usuario tal como llega de la planta central. Mientras que en las tres alternativas propuestas, el usuario además de realizar el cálculo de la dosificación por peso de los materiales que serán utilizados para hacer la mezcla de concreto, deberá vigilar el proceso de fabricación para obtener los resultados de manejabilidad y de resistencia que la estructura diseñada así lo requiera.

III.1 Plantas dosificadoras

Una planta dosificadora es una fábrica de concreto, en la cual se producen lotes. Un lote se refiere a la suma de componentes utilizados en la operación de mezclado del concreto; por ejemplo, una carga de camión revolvedora, o un ciclo en la revolvedora de la planta, cuando se trata de una planta central de mezclado.

Existen en el mercado una gran variedad de modelos y marcas de plantas dosificadoras, su característica principal radica en que los materiales deben ser dosificados cuidadosamente a través de su peso, a demás de la separación de agregados, contar con unidades dosificadoras de cemento y en la mayoría de las ocasiones utilizar camiones revolvedores para completar su mezcla. Sus diferencias principales radican en el volumen de concreto que pueden producir por hora, además de la cantidad de agregados y cemento que pueden manejar en sus tolvas receptoras, por último si se trata de una planta dosificadora móvil o portátil de poco perfil (Figura III.2) o una planta permanente de gravedad (Fotografía III.1).

Descripción general del proceso de una planta dosificadora de concreto

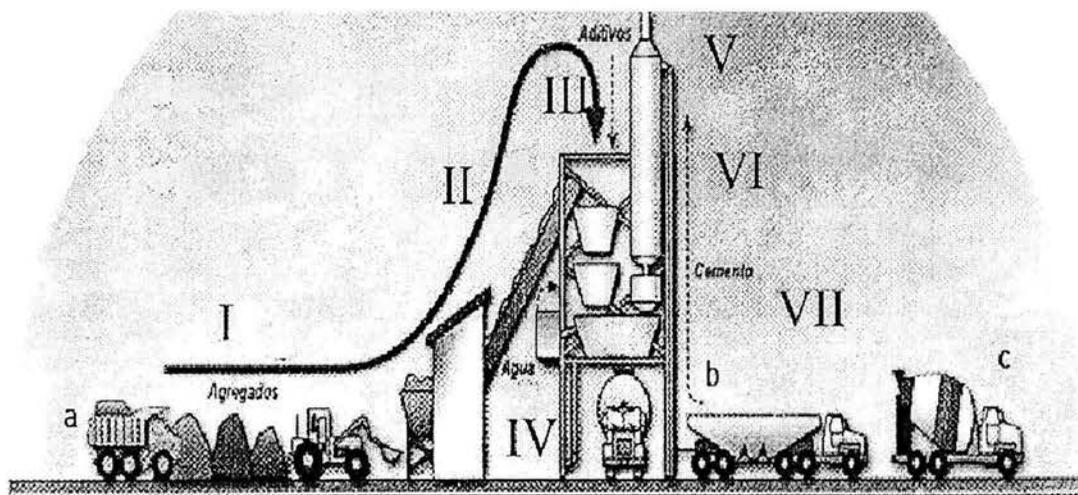


Figura III.1.-Descripción General del Proceso de una Planta Dosificadora de Concreto.

- I. Los agregados son transportados de un almacén por un cargador frontal a una tolva inferior receptora de agregados.
- II. En ocasiones esa misma tolva inferior sirve como balanza de los agregados dependiendo del modelo de la planta dosificadora, en caso contrario los agregados pasan a un depósito pesador superior por medio de una banda transportadora o caen al depósito pesador que se encuentra debajo de la tolva receptora de los agregados.
- III. Los agregados una vez pesados son transportados por una banda dosificadora para ser vaciados al camión revolvedor.
- IV. El agua es pesada y vaciada al camión revolvedor a través de una manguera alimentadora.
- V. Los aditivos son medidos (en litros) y vaciados directamente al camión revolvedor mediante una tubería instalada especialmente para ese producto.
- VI. El cemento es almacenado en un silo, posteriormente vaciado a una tolva báscula y luego se descarga directamente al camión revolvedor, lo anterior es efectuado por gravedad y en caso contrario se utiliza un tornillo sin fin para transportar el cemento de su depósito a la tolva báscula.
- VII. El camión revolvedor mantiene en movimiento su olla al estar recibiendo los materiales, terminando el proceso de dosificación al mezclarlos.

Transporte de materiales

- a. Los agregados son llevados al almacén por un camión de volteo desde un banco de materiales.
- b. El silo de cemento es suministrado a granel por un camión especial.
- c. El camión revolvedor tiene la función además de terminar de mezclar los materiales, la de transportar el concreto a pie de obra.

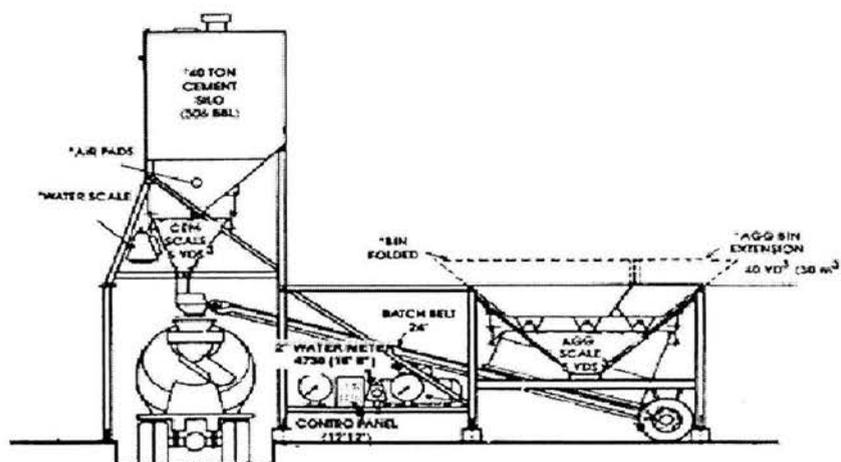
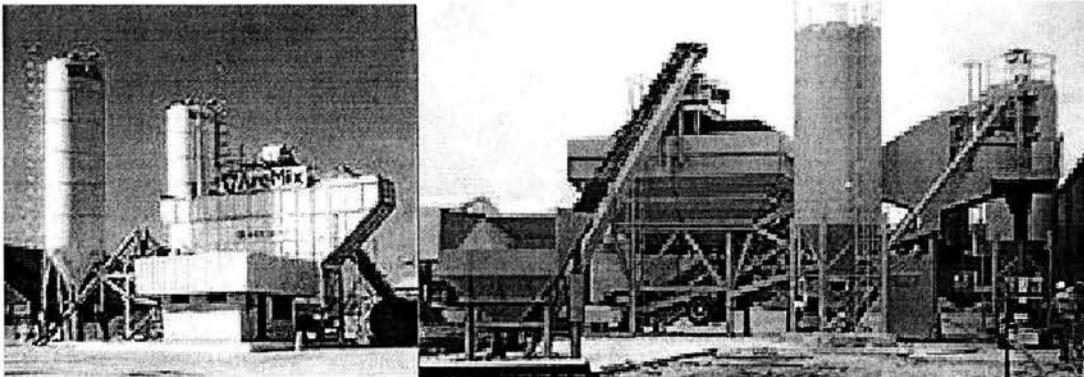


Figura III.2.- Planta dosificadora portátil con capacidad de producción de 60 [m³/ hr] de concreto, obsérvese las diferentes tolvas receptoras de agregados y los sistemas medidores de dosificación de los materiales, así como el transporte de los materiales al camión revolvedor par hacer la mezcla.



Fotografía III.1.- Se observan dos diferentes marcas y modelos de plantas dosificadoras de concreto con capacidad de producción de más de 80 [m³/hr] de concreto.

Los sistemas de dosificación que se utilizan en las plantas dosificadoras pueden ser distintos según la marca y el modelo del fabricante pero tienen en común que los materiales como los agregados y el cemento, son dosificados en las cantidades requeridas por la mezcla siempre por sus equivalentes en peso.

El agua y los aditivos siempre se dosifican con un equipo independiente del que se utiliza para dosificar cemento o agregados, la mayoría de las especificaciones permiten que el agua se dosifique por peso o por volumen. Los sistemas volumétricos de dosificación del agua pueden ser tanques calibrados con manómetros visuales o medidores de agua. Los aditivos líquidos se pueden dosificar visualmente, mediante automatización de un recipiente con medidor visual, con un medidor volumétrico o mediante un sistema con velocidad de flujo calibrada.

Los factores que afectan la selección del sistema apropiado de dosificación son: 1) tamaño de la obra; 2) volumen /hora requerido; 3) normas de rendimiento que se requieren en la dosificación.

La capacidad productiva de una planta se determina por una combinación de detalles tales como: sistemas de manejo de materiales, tamaño del silo, tamaño de la tolva dosificadora y tamaño y número de la mezcladora de la planta. El equipo disponible se clasifica en tres categorías generales: manual, semiautomático y totalmente automático.

Rango de Volúmenes

La producción de las diferentes marcas y modelos que se pueden encontrar en el mercado de plantas dosificadoras, ya sean estacionarias o portátiles, varía entre: 25-30 [m³/h], 40 [m³/h], 60-75 [m³/h] y 80 [m³/h].

De acuerdo a diferentes estudios se especifica que para poder instalar una planta dosificadora de concreto se debe cumplir con una producción de 6000 [m³/mes].

Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- De acuerdo a los sistemas de control que utilizan para la dosificación de los materiales, pueden dar al usuario una gran certidumbre de producir un concreto con las características programadas.
- Pueden producir cualquier diseño de mezcla de concreto que se requiera.
- Se producen grandes volúmenes de concreto en poco tiempo.

Desventajas:

- Se requiere de un espacio de terreno con una superficie adecuada para su montaje y puesta en operación, además de ser necesario un espacio para que el camión revolvedor pueda maniobrar y el cargador frontal realice su trabajo de carga de agregados.
- Si no se producen grandes volúmenes de concreto, es un equipo sobrado.
- Requiere de un camión revolvedor para transportar la mezcla de concreto.
- Una vez solicitado el concreto en la obra no se deben tener retrasos de colocación debido a que la mezcla pierde sus propiedades.
- Si la volumetría no está calculada con precisión, puede haber sobrantes de concreto premezclado, con el problema que implica su disposición.
- Altos costos de instalación (obras civiles).

III.2 Autohormigoneras

Las autohormigoneras son un equipo móvil que cuenta con una pala dosificadora de agregados, un tambor u olla giratoria para mezclar los ingredientes, generalmente cuentan con depósitos abastecedores de agua y una bomba para agregar agua a la mezcla, mandos llamados (desde el suelo) que permiten rotar el tambor, elevar la pala y cuenta también con una cabina para operador con diferentes mandos.

Son un equipo útil para la fabricación y distribución de poco volumen de concreto por hora, debido a que dependen del tamaño de la olla para la mezcla de los ingredientes.

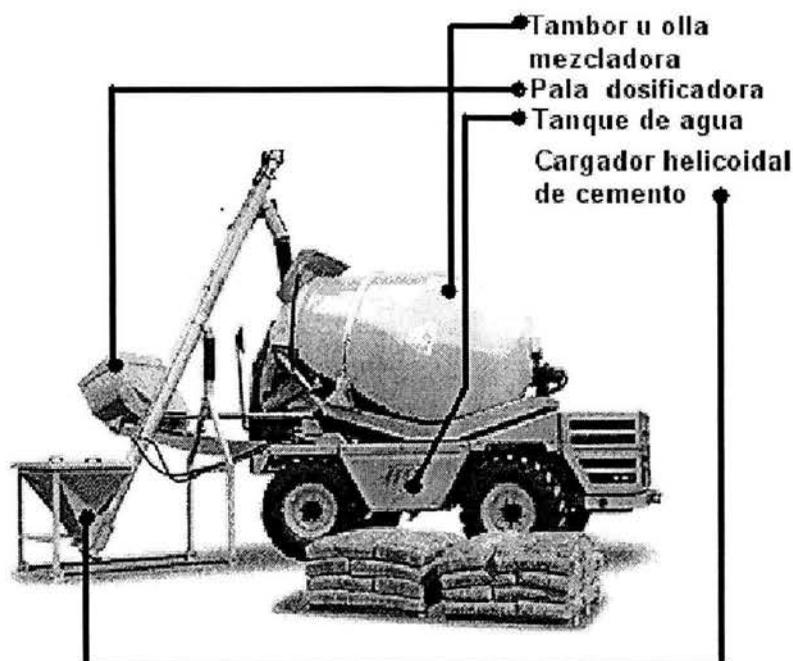


Figura III.3.-Descripción general de una autohormigonera.

Carga de materiales:

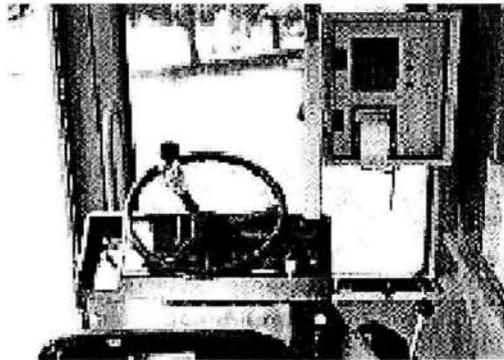
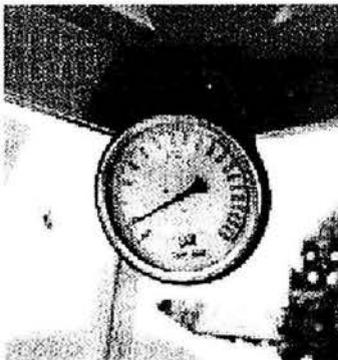
- Los agregados son cargados generalmente por su pala dosificadora, la cual se inclina para que la autohormigonera al empujar la pala cargue los agregados. Posteriormente es elevada la pala hidráulicamente y descarga los agregados en la olla; (Fotografía III.1).
- El cemento es suministrado por diversos sistemas cargadores externos a la autohormigonera. Uno puede ser el transportador helicoidal (Figura III.3), el cual lleva el cemento a la olla desde una tolva que se encuentra a nivel del suelo. Otra forma puede ser utilizando cemento a granel, con la instalación de un silo para descargar en la tolva del transportador helicoidal o descargar directamente en la olla.
- El agua tiene que ser suministrada por medios externos ya sea por medio de un tanque que llene los tanques especiales con los que cuenta la autohormigonera por gravedad, o colocando un equipo especial de bombeo, dependiendo de la marca éste puede incluir un sistema de bombeo el cual succiona con una manguera hacia los tanques el agua de un medio externo.
- Los aditivos se suministran en forma manual o por sistemas medidores independientes a la autohormigonera.



Fotografía III.1.- Obsérvese como la pala es la encargada de cargar los agregados e introducirlos a la olla.

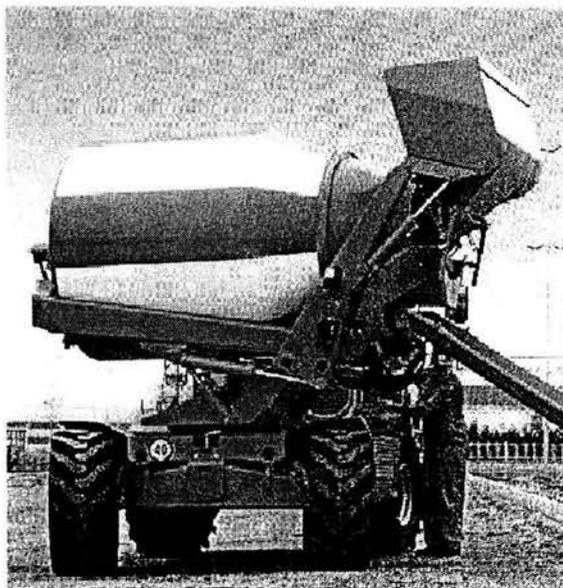
Dosificación de materiales:

- a) Los agregados son dosificados por medio de la misma pala la cual por medio de sistemas hidráulicos, permiten pesar los agregados introducidos en la olla o tambor, estos sistemas cuentan con un rango de incertidumbre del peso de los materiales del 8% (Fotografía III.3). Existen para mayor control de la cantidad de cada uno de los componentes que se introducen en la olla, un sistema de pesado electrónico que permite el control mas exacto de los materiales introducidos en la olla, el cual contiene una impresora para certificar las cantidades suministradas (Fotografía III.4).
- b) El agua suministrada en los tanques con los que cuenta la autohormigonera, así como el agua que se introduce en la olla es medida por un sistema contador de litros electrónico.
- c) El cemento es dosificado por peso.



Fotografía III. 3.- (Izquierda) Se observa el sistema hidráulico que permite pesar el material dentro de la olla. Fotografía III.4.- (Derecha) En la parte superior derecha de la cabina se encuentra el sistema eléctrico que sirve para la dosificación por peso de los materiales.

La entrega de concreto a pie de obra es hecho por la misma autohormigonera por medio de una canaleta, en los equipos que lo permiten la olla se mueve dando un giro sobre la unidad en la que se encuentra montada para facilitar su entrega ya sea a nivel del suelo o en una bomba para ser distribuido el concreto Fotografía (III.5).



Fotografía III.5.- La autohormigonera puede girar y elevar su olla para la descarga del concreto.

Rango de Volúmenes

Existen autohormigoneras que pueden producir concreto desde: 10.5 [m³/h], 11 [m³/h] y 12 [m³/h].

Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Elimina la necesidad de contar con un cargador frontal para introducir los agregados en la olla.
- Elimina la pérdida de tiempo por retraso en la entrega de concreto premezclado.
- Facilidad de empleo y manipulación de una sola persona.
- Gran maniobrabilidad tanto para carga de materiales como para la descarga del concreto, debido a la dirección en sus cuatro ruedas.
- Conjunta en un solo equipo las funciones de carga, mezclado y transporte.

Desventajas:

- Poca confiabilidad en los sistemas hidráulicos de pesaje de materiales, por lo que pueden elaborarse únicamente morteros y concretos de baja resistencia.
- Los sistemas de pesaje pierden su calibración con facilidad.
- Si la volumetría no está calculada con precisión, puede haber sobrantes de concreto premezclado, con el problema que implica su disposición.
- No puede autocargarse la totalidad de los materiales, sigue requiriendo de un silo para la carga de cemento.

III.3 Mezcladores volumétricos.

Un mezclador volumétrico simplemente definido, es una maquina móvil que entrega un volumen específico de material controlado a una proporción constante para producir un producto en particular. Éste puede ser concreto normal, concreto de alta resistencia, concreto ligero, mortero y cualquier otro concreto que se pueda fabricar en una planta concretera; (Fotografía III.6).

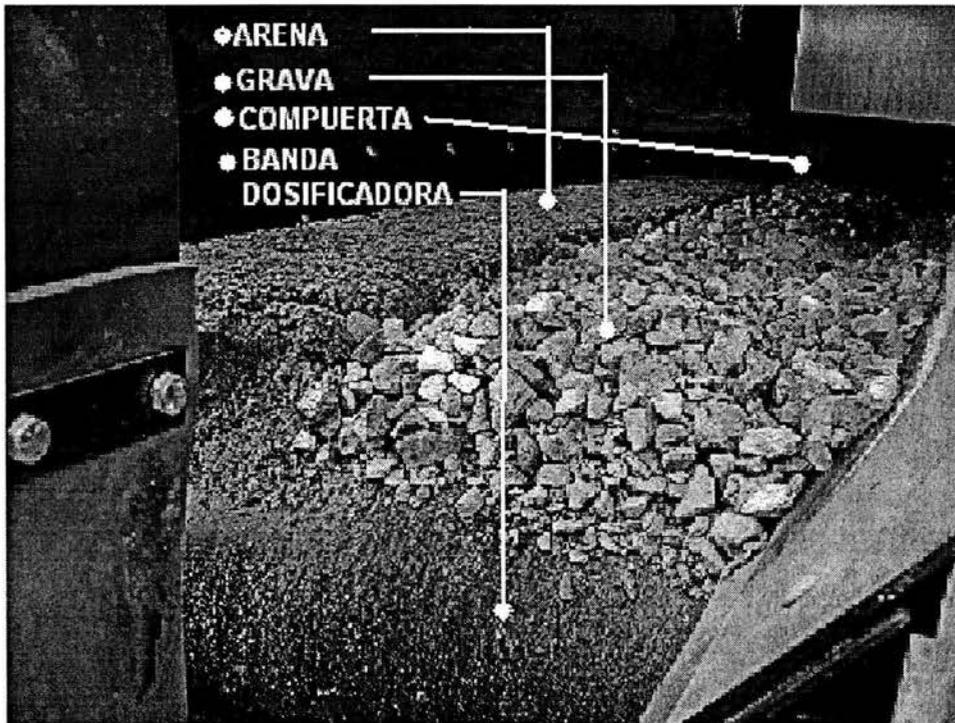
Se inventó a mediados de 1960 por Harold Zimmerman, a través del tiempo han evolucionando y siendo utilizados principalmente en lugares de difícil acceso y donde se requiere un concreto que alcance su fraguado y endurecimiento en poco tiempo. Por ejemplo en la guerra del Golfo Pérsico para reparar las pistas de aterrizaje después de los bombardeos, para la reparación de los túneles del tren montándolos en carros de ferrocarril, se han montado en barcasas para reparar apoyos de puentes, en la reparación de carreteras y donde se requiere poco concreto sin tener grandes desperdicios.

En la actualidad cuentan con la aprobación de organismos como la ASTM y el ACI, los cuales desarrollaron normas y estándares de producción de estas máquinas para que produzcan concreto de alta calidad. En los últimos años se han desarrollado para producir mayor volumen de concreto, llegando a producir con sus cajas de agregados y cemento llenas, hasta 8 [m³] de concreto.

El mezclado volumétrico es una técnica de mezclar concreto, donde los ingredientes secos se guardan en cajas por separado en el sistema de la planta, opuesto a como se mezcla un lote en una planta central. Llegando una vez al sitio de la construcción, los ingredientes se proporcionan “volumétricamente” por una cadena o banda alimentadora y un sistema de compuertas ajustables que permite el paso de los agregados (Fotografía III.7). Los ingredientes son mezclados en un tornillo sin fin en poco tiempo mientras son descargados.



Fotografía III.6.- Vista lateral de un mezclador volumétrico, nótese que el equipo ésta montado en un camión. Del lado derecho se observa el operador de la unidad el cual también es quien maneja el tablero de control que se encuentra en la parte trasera de la unidad.



Fotografía III.7.- Vista de la parte trasera del mezclador volumétrico.

El concreto mientras es producido y sale del mezclador puede ser entregado en la tolva de una bomba de concreto o ser tirado directamente a la cimbra destinada para el colado. Cuenta con un sistema en el tablero de control que permite al cilindro moverse en forma vertical y horizontal para facilitar la entrega del concreto, destacando que puede ser detenida su producción de concreto cuantas veces sea necesaria dependiendo de la cantidad de concreto que se requiera en el momento de su colocación; obsérvese lo anterior (Fotografía III.8 y Fotografías III.11, III.12).

Carga de los materiales:

- Los agregados tienen que ser suministrados previamente por un cargador frontal desde un almacén, cada uno de los agregados en su correspondiente contenedor.
- El cemento puede ser cargado por medio de un silo, por un cargador helicoidal o un camión especial para cemento a granel por la parte superior de su caja especial contra agua.
- El agua cuenta con un tanque de plástico especial en la parte delantera de las cajas de agregados, la cual debe suministrarse por la parte superior ya sea por medio de una pipa o un tanque por gravedad.
- Los aditivos cuentan con tanques especiales a un costado del camión, listos para que sean suministrados a través de un sistema de tuberías directamente en la mezcla.

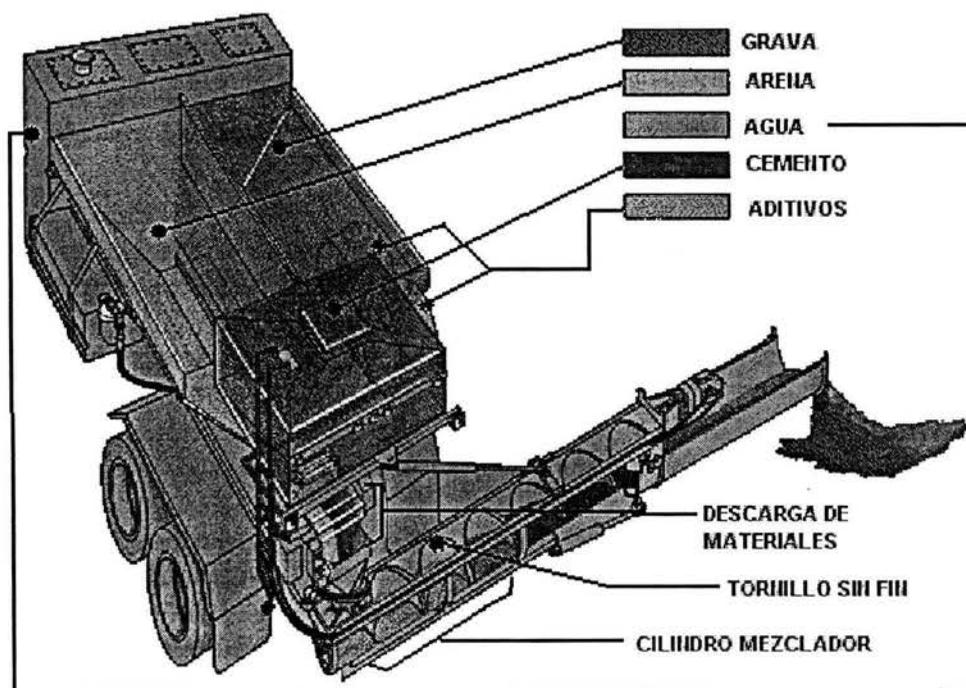
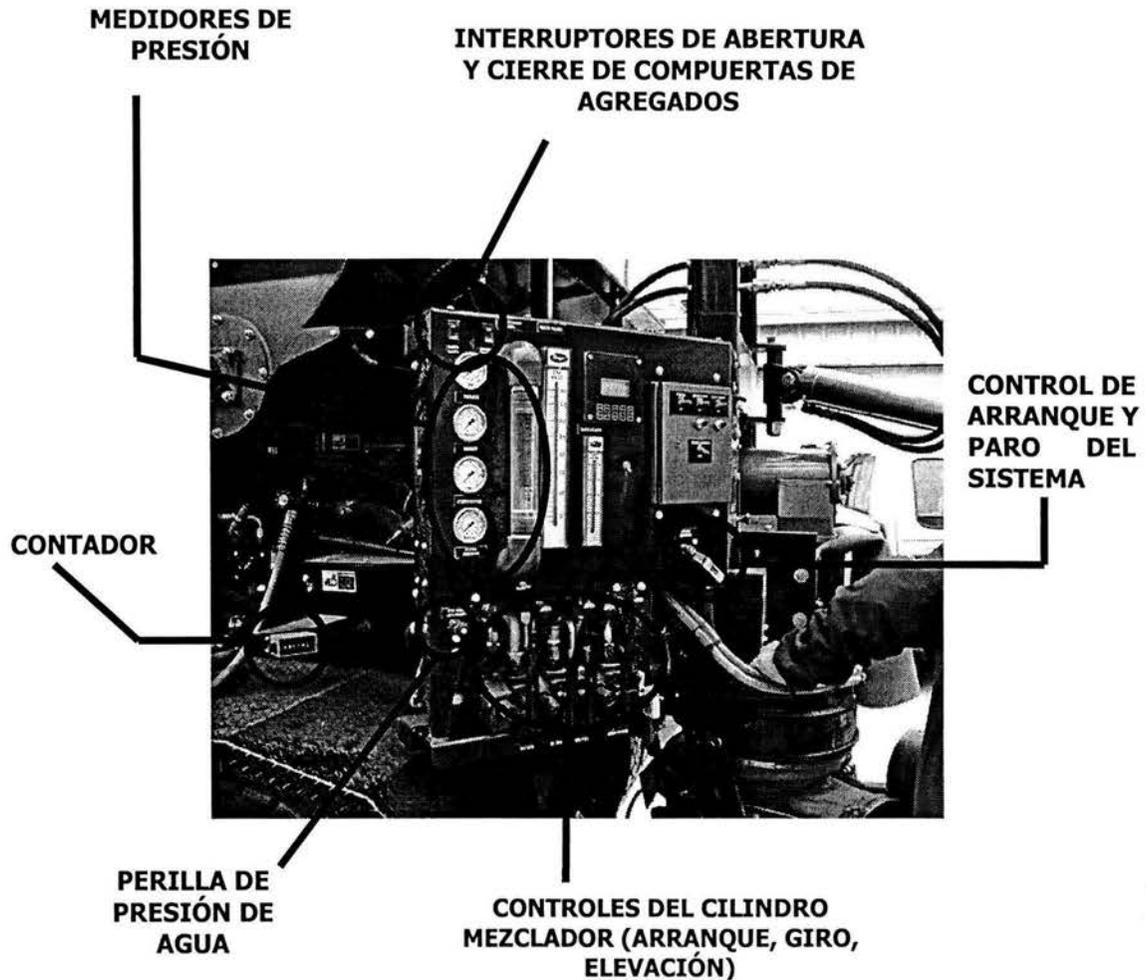


Figura III.4.- Diagrama general de compartimientos para materiales de un mezclador volumétrico.

Procedimiento de dosificación del sistema:

Fotografía III.8.- Tablero de control.

- a) La operación total del equipo se hace desde el panel de control. Una vez obtenido nuestro cálculo de proporcionamiento de mezcla y saber la cantidad de material que se requiere para elaborar nuestro concreto. El cemento es suministrado por el sistema en una cantidad constante la cual no varía para cualquier tipo de concreto que se realiza. Por lo que es necesario realizar una medición de cuanto cemento el sistema proporciona en un tiempo determinado, pesando el cemento que se obtuvo en el tiempo propuesto. Una vez realizada esta operación tres veces obteniendo un promedio se puede saber cuanto cemento se agregará a nuestra mezcla.
- b) Con el mismo tiempo que se le dio al sistema que proporciona el cemento se deberá calibrar el sistema de los agregados haciendo pasar por las compuertas un volumen de cada uno de los agregados y de acuerdo al contador que se tiene del sistema el cual marca las revoluciones que la banda transportadora dio y con la abertura de la compuerta, el material se recoge y es pesado obteniendo relación abertura-masa que se asume lineal. Esta operación se realiza tres veces para confirmar los datos

obtenidos sacando un promedio, para obtener el flujo de agregados que requiere la mezcla.

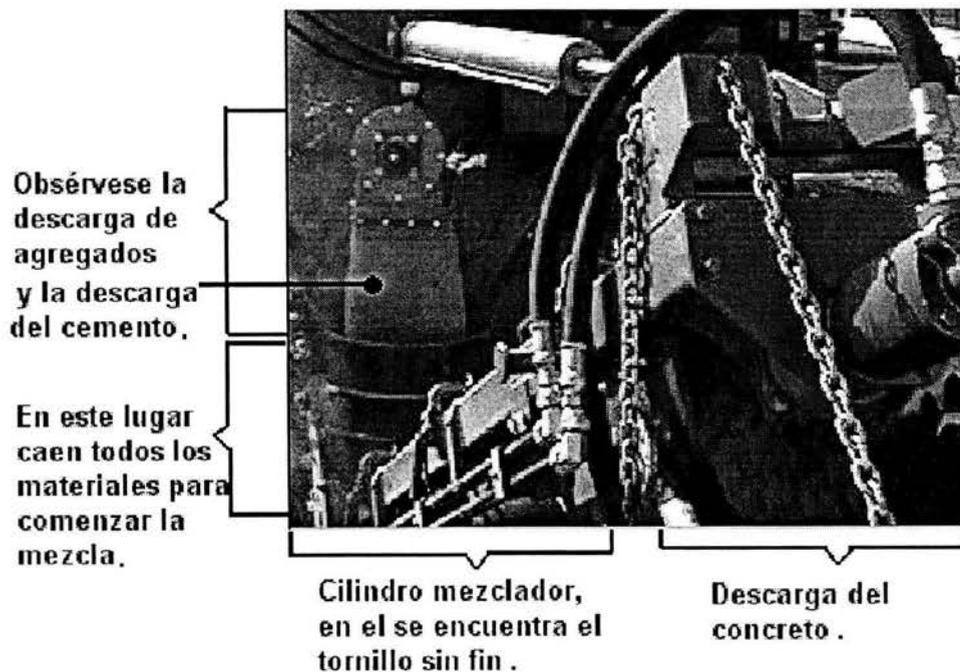
- c) El agua es dosificada por un sistema a presión que se puede regular, es necesario realizar un aforo con el tiempo que se ha estado utilizando para calibrar el sistema, regulando la cantidad de agua hasta obtener la deseada.
- d) Los sistemas de aditivos líquidos agregan las cantidades requeridas por la mezcla, realizando también una calibración del sistema.

Mezclado

Una vez que se han programado los parámetros del equipo conforme a la mezcla (flujo de cemento, abertura de las compuertas de agregados y presión del agua), se procede al mezclado.

Con el arranque de la máquina, controlado con una palanca localizada en el panel de control, se accionan al mismo tiempo la banda transportadora de agregados, el dispensador de cemento, el flujo de agua y la rotación del tornillo en el cilindro mezclador.

Todos los materiales son completamente agregados al mismo tiempo al tornillo sin fin para producir concreto de alta calidad. Este proceso permite una distribución completa de los ingredientes con una uniformidad óptima a lo largo de toda la mezcla, nótese lo anterior (Figura III.4 y Fotografía III.9).



Fotografía III.9

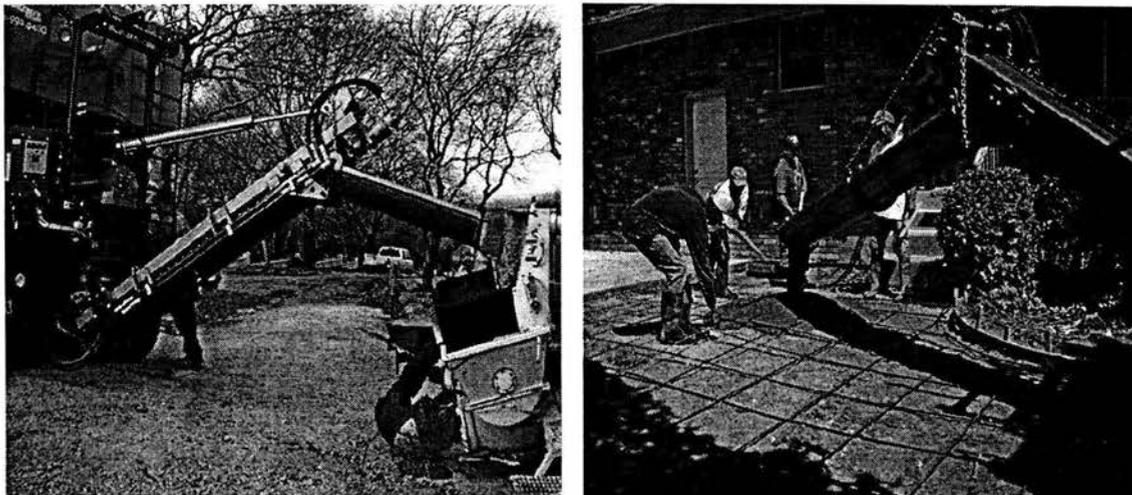
La cantidad de concreto producido es calculada por un contador el cual imprime un boleto que también ayuda a la calibración del mezclador.

Se debe primero ‘purgar’ el equipo, vaciando de 10 a 20 litros de concreto, para asegurarse que la mezcla sea completamente homogénea y con las características deseadas (Fotografía III.10).



Fotografía III.10.- Tiro de mezcla para purgar el sistema y verificar la mezcla.

Este sistema parte de la idea de que el medir y producir concreto por una unidad de volumen no es nuevo, y que desde hace tiempo se ha producido concreto usando volumen en lugar del peso como el común denominador. Por ejemplo, el diseño de mezcla más básico es 1 palada de cemento, 2 paladas de arena y 3 de grava, las cuales son proporciones a través de volumen.



Fotografías III.11 y III.12.- En las fotografías se muestra la forma de entregar el concreto a pie de obra, notando que el sistema del tornillo es ajustable a cierto nivel. En el lado izquierdo obsérvese cómo el tornillo descarga el concreto por una canaleta a la tolva de la bomba. Del lado derecho nótese que también se entrega el concreto a nivel del suelo si se requiere.

Rango de Volúmenes

Se puede decir que una vez establecido el flujo, la mezcladora puede trabajar ininterrumpidamente si así se desea. Con flujo constante, el equipo puede producir 10 [yd³] (unos 7.64 m³) en 9 minutos, lo cual significa casi 1 [m³/min]. Por ello se establece que su volumen de producción de concreto por ciclo (carga de materiales, transporte, y tiro) es de 9.2 [m³/h].

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Realiza la mezcla de concreto en lugar y a la hora que se requiere.
- La versatilidad que significa el mezclado en sitio respecto al concreto premezclado, minimizando así la influencia de factores externos en los ciclos de colado (llegada de la bomba, tiempo de espera limitado de la misma, etc.)
- Realiza el volumen de concreto requerido únicamente, sin tener desperdicios.
- La posibilidad de hacer variaciones en la mezcla simultáneamente al colado. Por ejemplo, con una misma carga se puede suministrar el concreto de los muros de una vivienda y posteriormente cambiar la mezcla para la losa, si es que el proyecto especifica un concreto distinto.
- Se puede detener y reanudar la producción de concreto cuantas veces sea necesario sin problema alguno, para tomar descansos en la colocación del concreto.
- Se puede hacer la carga de materiales y el mezclado del concreto a lugares distantes, dado que el mezclador está montado en un camión que permite su transporte a velocidades aceptables (40-50 km/hr).

Desventajas:

- El proceso de calibración no es sencillo del todo. Se debe calibrar la dosificación de cada uno de los materiales antes de cada uso, lo cual sí puede implicar tiempos muertos a considerar. Toda la calibración se refiere a unidades de conteo adimensionales (el contador avanza conforme a la banda transportadora de agregados), no sencillas de ligar con referencias dimensionales (masa, volumen, gasto, etc.)
- La variación de los parámetros es tan sencilla desde el panel de control que existe el riesgo de otorgar mezclas distintas a las especificadas si no se trabaja con riguroso cuidado.
- Posible subutilización de la capacidad del equipo en obras de vivienda, en las cuales a una hora pico se va a requerir un volumen importante de concreto con probablemente muchos tiempos muertos.
- En ocasiones se pueden llegar a tener mezclas poco homogéneas.

III.4 Conclusión

La elección de un método para la fabricación en sitio del concreto, depende de un sinnúmero de factores que dentro de la obra pueden traducirse en efectividad, ahorro de tiempo y dinero. Las tres alternativas que se presentaron ofrecen la factibilidad de elaborar concreto con la calidad que se requiere para la construcción de vivienda de interés social, pero cabe resaltar que lo que se requiere en este tipo de obra es la facilidad de tener a pie de obra un concreto con las características requeridas en el tiempo justo y volumen necesario para ser colocado.

El concreto es un producto de mezcla de materiales que una vez mezclados, no se pueden estar demasiado tiempo en espera, ya que pierde sus propiedades. Con lo anterior se quiere decir que en la obra surgen retrasos en la colocación del concreto y/o no se cuenta con el en el momento en que se requiere. Analizando los beneficios e inconvenientes que ofrecen cada una de las alternativas, se hace constar que el método que reúne las características de facilidad para tener en obra un concreto fácil de elaborar en el momento que se requiere y con la cantidad suficiente que pueda satisfacer las necesidades que se tienen para colar una vivienda de interés social, es el Mezclador Volumétrico. La diferencia fundamental respecto a las otras alternativas analizadas, es que los materiales llegan a pie de obra sin haber sido mezclados, y el concreto se va fabricando en las cantidades requeridas.

En los dos capítulos subsecuentes se estudiará más a fondo la factibilidad de fabricar concreto en obra con la alternativa seleccionada, respecto al concreto premezclado.

IV. INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO

IV.1 Suministro de materiales

Para realizar un concreto de calidad se requiere que los materiales a utilizar, estén al alcance y en buen estado. Para poder suministrar los materiales al Mezclador Volumétrico es necesario contar con ciertos equipos e instalaciones adecuadas para que se realicen los suministros de materiales con facilidad y en un tiempo mínimo.

Agregados

Los agregados son suministrados desde el banco de materiales previamente elegido por el usuario o simplemente el que la empresa contratada para abastecer de agregados a nuestro almacén así lo predispongan; con apoyo de topografía de precisión, geofísica y perforando barrenos para ubicar a los materiales es como se crea un banco de materiales.



Fotografía IV.1.- Banco de agregados.

La grava y la arena naturales, usualmente se excavan o se dragan de alguna mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino. Los agregados se lavan y se gradúan en la mina, en el banco de materiales o en la planta. Se puede esperar cierta variación en el tipo, calidad, limpieza, granulometría, contenido de humedad así como en otras propiedades por lo que es necesario realizarles algunas pruebas.

Los agregados son llevados desde el banco de materiales hasta el almacén y depositados allí por un camión de volteo, el cual únicamente se encarga de vaciarlos y el trabajo del

cargador frontal es el de realizar bien los montones de agregados para que no exista segregación de materiales.

Los agregados se deben inspeccionar en el momento de la entrega en cuanto a:

- Terrones de arcilla
- Recubrimientos de arcilla
- Granulometría
- Forma de la partícula

La presencia de terrones de arcilla es notoria, y las cargas que los contengan deben ser rechazadas. Los recubrimientos de arcilla en las partículas del agregado deben revisarse cuidadosamente, pues hasta una pequeña proporción reduce la resistencia del concreto; estos recubrimientos se deben a lavado insuficiente en la planta.

Si se está utilizando agregado grueso de un sólo diámetro, revisar las entregas para asegurarse de que no se hayan enviado equivocadamente una carga de agregado graduado. Asimismo, verificar si una orden de agregado graduado no ha sido cambiada por una de agregado de un sólo diámetro, las equivocaciones ocurren con frecuencia y no es fácil rectificar si el material ha sido descargado o apilado.

Una vez que los agregados se encuentran en el almacén son recogidos por un cargador frontal, el cual se encarga de colocar cada uno de los agregados en las cajas del mezclador volumétrico. El proceso de suministro dura entre 9 y 15 minutos, teniendo los agregados a una distancia máxima de 20 [m] del equipo (Fotografías IV.2 y IV.3).



Fotografía IV.2 (Izquierda).- El cargador frontal se encarga de recoger los materiales. Fotografía IV.3 (Derecha).- Obsérvese como descarga los agregados el cargador frontal en el mezclador volumétrico.

Cemento

El suministro de cemento necesariamente deberá hacerse por medio de cualquiera de las principales empresas mexicanas fabricantes de cemento las cuales pueden abastecer cemento de buena calidad y con las características que se requieren para la elaboración del concreto.

En la actualidad se cuenta con la disponibilidad de silos portátiles para cemento a granel. El cemento a granel es suministrado por vehículos presurizados que impulsan el cemento dentro del silo (Figura IV.1). Por cada tonelada de cemento que se introduce en el silo deben poder escapar 20 [m³] de aire, de lo contrario pueden desarrollarse presiones excesivas dentro del silo que reduzcan la velocidad de suministro. Para que este aire escape sin producir nubes de polvo, todos los silos están provistos de filtros de aire que deben limpiarse apropiadamente después de cada entrega de cemento, para evitar que se tapen y se vuelvan inservibles.

La carga del cemento al mezclador volumétrico se recomienda que se haga con un silo, con la ayuda de un transportador helicoidal. El silo deja caer el cemento a una tolva de un transportador helicoidal (Fotografías IV.4, IV.5 y VI.6). Puede hacerse también de forma manual ya que el mezclador cuenta en su parte superior con una compuerta la cual tiene una rejilla rompesacos, si bien no se recomienda debido a que para subir los sacos y romperlos uno a uno se requiere de tiempo y fuerza de trabajo mayores. Con el transportador helicoidal, la carga del cemento toma entre 10 y 20 minutos.



Fotografía IV.4 (Izquierda).- Se muestra un silo con forma de un prisma triangular, el cual es el que se encarga de abastecer de cemento.
Fotografía IV.5 (Derecha).-Nótese como el cemento es descargado por la parte superior del mezclador en la cual se encuentra la abertura con su tapa.



Fotografía IV.6.- Se muestran las partes de un silo de forma cilíndrica.

Agua

Cuando la obra se localiza en las inmediaciones de un centro de población, es muy probable que exista abastecimiento de agua en la localidad, del cual pueda disponerse para fabricar el concreto. Al referirse a esta red de suministro público, es pertinente distinguir entre el agua para uso doméstico y para uso industrial. La primera por lo general reúne condiciones físico-químicas de potabilidad, salvo eventuales fallas en el aspecto bacteriológico que pueden hacerla impropia para el consumo humano, pero no afectan al concreto. El agua para uso industrial es abastecida por medio de camiones cisterna (pipas), por lo común no es potable, no sólo en el aspecto bacteriológico sino también en el aspecto físico-químico, pues frecuentemente proviene del tratamiento de aguas negras o es agua reciclada de procesos industriales, por lo cual puede contener sustancias dañinas al concreto. Por tal motivo, siempre es necesario verificar la calidad del agua de uso industrial, a menos que tenga antecedentes de uso con buen éxito en la fabricación de concreto.

Se sugiere que el tanque de agua del mezclador se abastezca por medio de una pipa (Fotografía IV.7), con objeto de asegurar que el total de los insumos que requiere el equipo puedan cargarse en no más de 40 minutos sin necesidad de trasladar el mezclador volumétrico.

Debido a que en la práctica no se tiene previsto con un tiempo exacto el momento en que se requiera el abastecer de agua al mezclador, ya que no se puede tener a cualquier hora la disposición de la pipa. Se recomienda contar con un tanque elevado que provea de agua al mezclador cuando así lo requiera, se sugiere que el tanque cuente con una capacidad de 5000 [1].

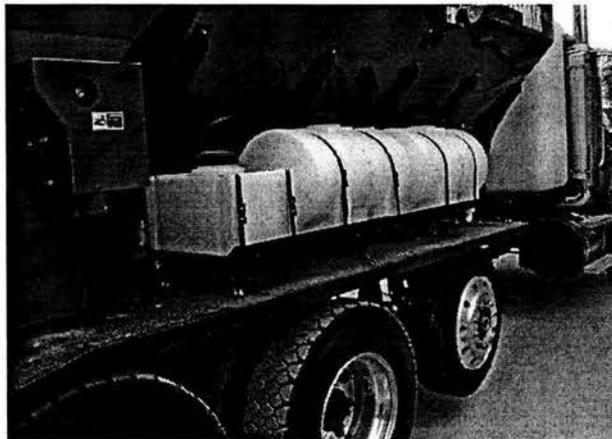


Fotografía IV.7.- Se observa un camión cisterna mejor conocido como pipa el cual abastecerá de agua a los tanques.

Aditivos

Existen diferentes empresas encargadas de la elaboración y suministro de aditivos las cuales suministran los aditivos generalmente en tambos o botes de 18 litros.

Se recomienda que los aditivos sean únicamente cargados si la mezcla de concreto que se entregará requiriera de algún aditivo o si la programación de entregas de concreto incluya alguna mezcla con aditivo. El mezclador cuenta con tres tanques abastecedores de aditivos como se observa en la fotografía VI.8.



Fotografía IV.8.- Observense los tanques con los que cuenta el mezclador para los aditivos.

IV.2 Obras civiles

Siempre que se realiza una obra de gran importancia es necesario además de los trabajos que forman la obra final, la realización de obras civiles que permiten el trabajo de todo el equipo y personal que se requiere para desarrollar la obra que se tiene proyectada y debido a que el mezclador volumétrico se encuentra montado en un camión, es necesario para que éste funcione correctamente la creación de algunas obras civiles. Principalmente de caminos de acceso a donde se requiere el concreto, así como el lugar donde se encuentre el almacén de materiales para el abastecimiento de ellos con las facilidades que se necesiten.

Por lo anterior, la realización de obras civiles que se mencionan a continuación se verá retribuida su construcción en el transcurso de la obra, en la ganancia de tiempo y pérdida de materiales, así como de un mejor control en la calidad del concreto.

Obras para materiales

Agregados

Se requiere de un almacén en buen estado para recibir y guardar los agregados con las siguientes características.

- Terreno suficiente para que el camión surtidor de agregados pueda depositarlos, tomando en cuenta que generalmente son transportados por camiones de volteo o por tractores con remolque para grandes volúmenes.
- El suelo del almacén donde se descargarán los agregados debe ser un suelo duro y seco. Si en el lugar no existe un lugar así, es preferible colocar sobre el área en que serán almacenados los agregados una capa de concreto pobre de 10 [cm], extendiéndolo en una superficie conveniente para guardar si se requiere diferentes tamaños de agregado grueso. Hay que darle a la losa de concreto una inclinación hacia los bordes exteriores para que el exceso de humedad pueda escurrir. En un momento dado revisando las características del lugar se puede realizar únicamente una compactación del suelo (Figura IV.2 y Fotografía IV.9). Vale la pena efectuar este trabajo desde el inicio de la obra, ya que su costo será compensado en gran medida por el ahorro en material. Ya que se ha visto que se puede llegar a perder en suelo hasta 30 [cm] de agregado
- Generalmente se colocan los agregados muy juntos y esto provoca que se mezclen entre sí, por lo que es necesario colocar mamparas o divisiones entre las distintas porciones de agregados, que deben tener la suficiente altura para prevenir el entre mezclado de los materiales. Se recomienda que se utilicen elementos insertados en el suelo de acero de sección H y entre ellos piezas de madera que impidan el paso del material. Pero para mayor seguridad se pueden hacer muros de tabique o block para mayor eficacia (Figuras IV.3 y IV.4).
- Es importante recordar que se requiere de un cargador frontal para suministrar los materiales al mezclador volumétrico. Si se cuenta con un cargador frontal que permita la suficiente elevación para arrojar los agregados a las cajas receptoras del mezclador, sin afectar al mezclador con algún golpe no se tendrá inconveniente, en dado caso contrario, se recomienda realizar un lugar donde el mezclador pueda colocarse de tal forma que el almacén cuente con un desnivel lo suficientemente alto para permitir al cargador frontal suministrar los agregados sin temor a dañar el equipo (Fotografía IV.10).

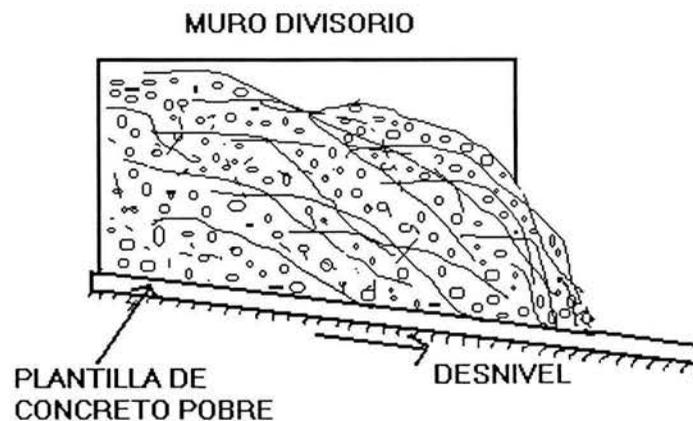


Figura IV.2

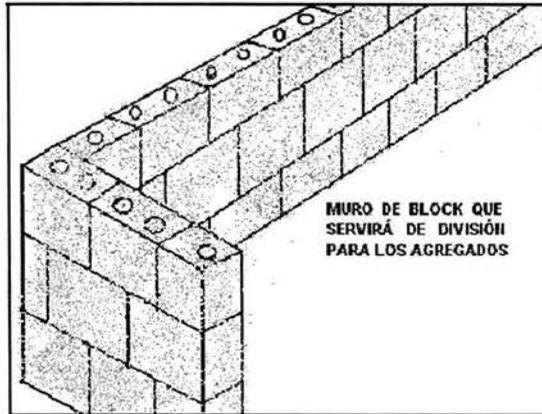


Figura IV.3.

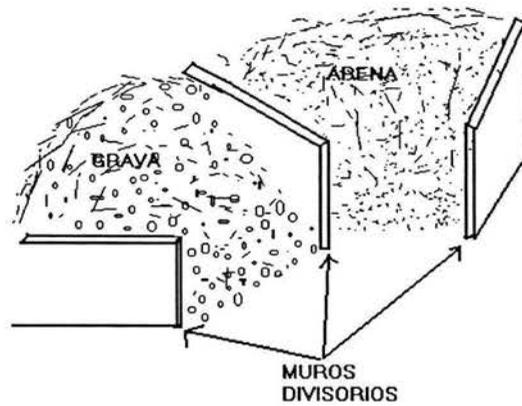


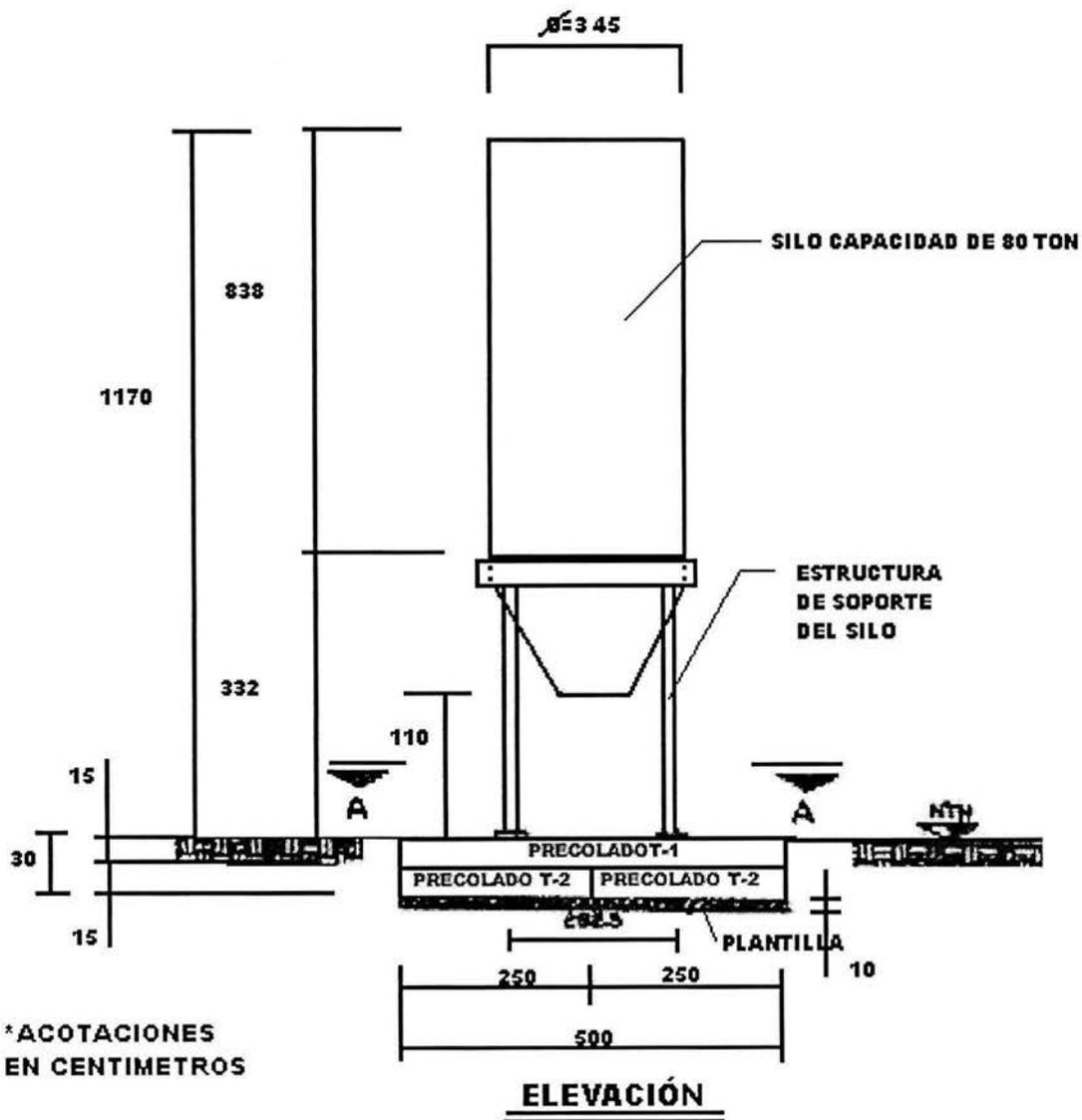
Figura IV.4

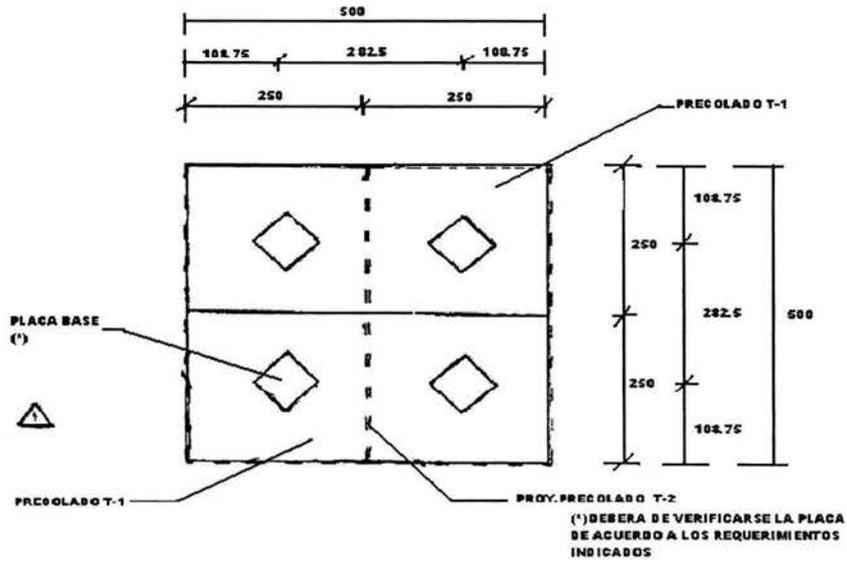


Fotografía IV.9 (Izquierda).- Se muestra un almacén de agregados, en el suelo (A) se muestra hasta dónde está colocado el firme de concreto para que los agregados sean guardados y el cargador frontal pueda maniobrar. Fotografía IV.10 (Derecha).- Obsérvese el desnivel que existe entre el mezclador y el cargador frontal para cargar los agregados sin que exista algún problema.

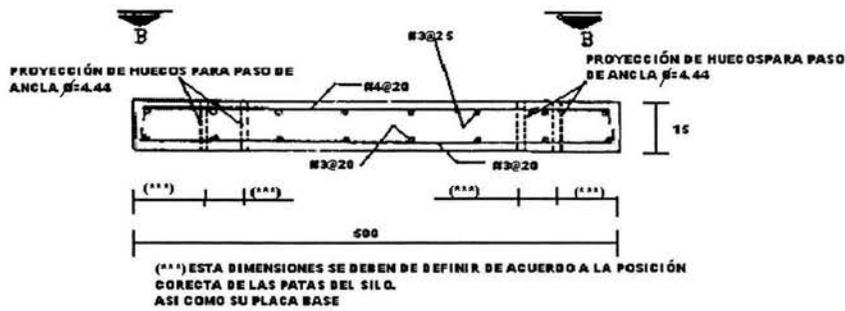
Cemento

- El cemento debe contar con un silo para protegerlo, que debe colocarse sobre una cimentación con la capacidad de soportar una carga de al menos 80 toneladas para garantizar la seguridad del silo, es por eso que se sugiere se construya una cimentación a base de placas precoladas, como se muestra en los planos siguientes.

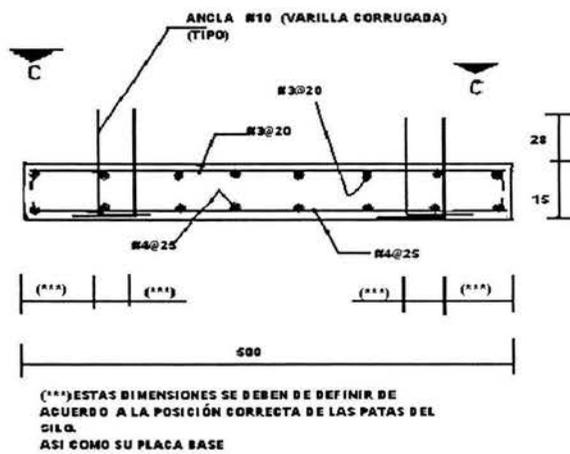




VISTA A-A (PLANTA)



**PRECOLADO T-1
(ELEVACIÓN)**



**PRECOLADO T-2
ELEVACIÓN**

Hay que tener en mente que el lugar en donde se coloque el silo permita abastecer con facilidad al mezclador y que el camión especial para suministrar cemento a granel al silo pueda llegar a él sin problema alguno (Figura IV.1).



Figura IV.1.- Transporte especial para cemento a granel y abastecedor del silo.

Agua

- Se requiere de un tanque que suministre agua por gravedad para llenar el tanque del mezclador. Este tanque puede ser de plástico, si se cuenta en el sitio con un lugar elevado donde se pueda colocar el tanque y que el mezclador se pueda colocar sin problema para ser abastecido no se requerirá de ninguna obra en especial. En caso contrario se deberá realizar una base (estructura de concreto armado, madera o estructura metálica), que cuente con cuatro columnas y una plataforma en lo alto, con una altura mayor a la del mezclador volumétrico en donde se pueda colocar el tanque para suministra el agua por gravedad.
- Si en el sitio no se cuenta con agua con la suficiente presión para logra abastecer al tanque será necesario instalar un equipo de bombeo para llenar el tanque en el momento que se requiera.
- Si no se cuenta con agua potable en el lugar se deberá contar con tanques o tambos para que una pipa o cualquier otro sistema pueda abastecer de agua a los tanques o tambos.

Laboratorio

Es necesario crear un lugar para que se puedan realizar las pruebas preliminares para los agregados y las pruebas de resistencia al concreto, por lo que es conveniente la construcción de un laboratorio de campo el cual debe contar con características mínimas para que se pueda trabajar con el equipo y especímenes de prueba, por lo que se debe construir:

- Un cuarto de no mínimo 4 x 3 [m], techado con lamina y con una puerta de metal para evitar cualquier incidente de robo.
- Un tanque de agua hecho de concreto o bien de tabique con aplanado para evitar filtración, con medidas que pueden variar según los especímenes de prueba que se deseen guardar. Se recomienda unas medidas de 1 x 1.5 [m] y 1 [m] de altura.

- Es necesario contar con una mesa de trabajo, esta mesa se puede hacer con base de tabique y colando una plancha de concreto con un espesor de 5 [cm], esto se recomienda para que se pueda tener un lugar resistente y sin problemas de desnivel.
- Se recomienda que el piso del lugar este bien compactado si el suelo del lugar lo permite para realizar un buen trabajo dejarlo así, en caso contrario hacer un piso de concreto pobre con un espesor de 8 [cm].

Obras para el Mezclador Volumétrico

Se recomienda que se realice un cobertizo para que cuando no sea utilizado el mezclador pueda ser resguardado de problemas climáticos que puedan dañar sus partes. También sirve para proteger a los agregados que no se hayan podido utilizar en su totalidad evitando que se contaminen y cambien su humedad por la acción de una lluvia. Este cobertizo puede ser una estructura de metal con techo de laminas con una altura no mayor a los 3.5 [m], si es posible con piso de concreto pobre con espesor de 10 [cm].

Si el lugar permite contar con un área de 800 [m²] en donde se puedan realizar todas las obras civiles que se han mencionado, no existirá problema alguno ni se tendrán que realizar grandes trabajos. Si es necesario crear el área, primeramente se hará un despalme de terreno, siguiéndole una nivelación y compactación para poder instalar lo necesario (Figura IV.5). Para mayor seguridad de las instalaciones se deberá colocar una malla ciclónica en el perímetro del terreno que se acondicionara.

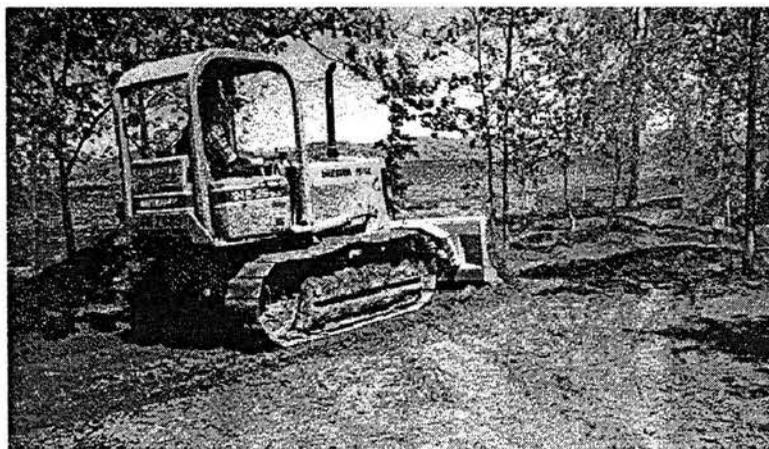


Figura IV.5.- Es necesario en ocasiones realizar trabajos de nivelación y compactación del área.

IV.3 Laboratorio

En el laboratorio de campo se harán las distintas pruebas que determinen la calidad y propiedades tanto de los insumos como del concreto producido, así como el diseño y cálculo del proporcionamiento de concreto.

Para garantizar la elaboración de un concreto de calidad, es necesaria la realización de las siguientes pruebas de campo y de laboratorio.

Agregados

La importancia de usar el agregado fino o grueso del tipo y calidad adecuados no puede subestimarse, puesto que la arena y la grava juntas constituyen alrededor de las tres cuartas partes del concreto. El primer paso para elaborar un buen concreto es, obviamente, verificar que los agregados sean adecuados. Aunque se efectúe un muestreo bien diseñado, no se puede asegurar que cada lote entregado al almacén de materiales sea de la misma calidad aunque se haya graduado y lavado antes de la entrega, ya que puede sufrir variaciones.

Muestreo de agregados

Cada carga entregada de material debe ser revisada visualmente a su llegada y cualquier variación que se juzgue excesiva debe ser comunicada al jefe de planta y éste decidir si se le debe hacer algunas pruebas.

Lo más importante al tomar una muestra de agregado es que debe ser de tamaño apropiada y representativa de todo el lote. La cantidad mínima para medir el contenido de humedad son: agregado fino 13 [kg], agregado grueso de diámetro máximo de 20 [mm] es de 25 [kg], de diámetro máximo de 40 [mm] es de 50 [kg]. Para pruebas de granulometría: agregado fino es 0.2 [kg] y para un diámetro máximo de 20 [mm] será de 2 [kg].

Las muestras deben tomarse siguiendo el procedimiento siguiente:

- 1) Extraer una porción del agregado con un cucharón, de al menos diez lugares diferentes y a distintas alturas de la pila. Evitar las áreas de segregación cercanas a la base de la pila del agregado grueso; si se observa mucha variación en el agregado o si la pila es muy elevada, tomar otros tres o cuatro cucharones completos.
- 2) Mezclar bien las muestras combinadas, haciendo una pila cónica sobre una superficie dura y limpia.
- 3) Aplanar ligeramente la pila y dividirla en cuatro partes, en cruz.
- 4) Desechar dos cuartas partes o puestos y mezclar bien los dos restantes.
- 5) Continuar haciendo pilas, cuarteando, desechando y mezclando, hasta obtener la cantidad deseada.

En caso de contar con un cuarteador, no es necesario hacer el cuarteo a mano, ya que la caja cuenta con compartimientos y conductos que separan la muestra en la forma deseada.

Los métodos para determinar el contenido de humedad son los siguientes:

- Método de la Charola. Para agregados finos y gruesos. Los materiales son una charola o platillo de metal, una estufa de gas o algo para calentar ligeramente, un varilla agitadora de vidrio o metal y una báscula para pesar hasta 2 [kg]. Procedimiento, se pesan 2 [kg] de agregado grueso o 0.5 [kg] de arena, se coloca ésta en la charola, se pone a calentar agitándola con frecuencia con la varilla hasta que desaparezca la humedad de la superficie de los fragmentos del agregado, por

evaporación del agua. Tiempo de dilatación 10 minutos. Cuando el agregado esté seco se vuelve a pesar inmediatamente; la diferencia entre el peso inicial W y el peso seco W_d , es el peso de la humedad que estaba en la superficie de las partículas del agregado. Realizando la siguiente operación.

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{W - W_d}{W_d} \times 100$$

- El método Rápido. El equipo consiste en un bote hermético, en el que se mezcla la muestra con cloruro de calcio, la presión creada por el gas que se desprende al hacerse la mezcla, se registra en un manómetro en el que se lee directamente el porcentaje del contenido de humedad por peso. El método es rápido y sencillo y una respuesta precisa para la cantidad de agregado probado; desafortunadamente, el tamaño de la muestra que admite es pequeño, por lo que no se garantiza que sea representativa de todo el lote. Se recomienda repetir varias veces la prueba con muestras tomadas de diferentes lugares de la pila, y promediar los resultados individuales.

Prueba de Finos para Arena

La prueba de finos a la arena es muy importante ya que gracias a la inspección visual y a la prueba de mano, se considera que una carga de arena contiene una cantidad excesiva de arcilla o finos, es importante debido a que en la arena fina se requiere demasiada agua, por la presencia de las arcillas, la cual provoca cambio de volumen (expansión o contracción). Por ello, que es mejor que se someta a prueba antes de que sea descargada; una muestra tomada y aprobada mediante las pruebas de asentamiento, puede dar una idea en un lapso de 10 minutos, tiempo en el que puede fácilmente esperar el camión. Esta corta demora es preferible a que se tenga que remover totalmente la carga inadecuada después de que ha sido descargada.

- La prueba de Asentamiento. Esta prueba no debe llevarse a cabo con arenas de roca triturada; para efectuarla hay que utilizar preferentemente una probeta graduada de 250 [ml], y seguir los siguientes pasos.
 1. Verter en la probeta unos 50 [ml] de solución de agua con sal (una cucharadita para 570 [ml]).
 2. Verter arena en la probeta hasta que el nivel de ésta llegue a la marca de 100 [ml].
 3. Agregar más agua salada hasta llegar a 150 [ml].
 4. Agitar bien la probeta.
 5. Colocar la probeta sobre una superficie nivelada y golpearla ligeramente hasta que la parte superior de la arena quede nivelada.
 6. Dejarla reposar por tres horas.
 7. Medir el volumen de la capa de finos y el volumen de la arena así:

$$\frac{\text{altura de la capa de finos}}{\text{altura de la columna de arena}} \times 100 = \text{porcentaje del contenido de finos}$$

8. El contenido de finos no debe ser mayor del 8%; si es mayor hay que comunicarlo y decidir si hay que realizar otra prueba más detallada.

Agua para Concreto

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. En el primer caso es del uso interno como agua de mezclado, y en el segundo se emplea exteriormente cuando el concreto se cura con agua. Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferente importancia sobre el concreto, es usual que se recomiende emplear igual calidad en ambos casos. Así, normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar, para evitar que se subestime esta segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

Una práctica bastante común consiste en utilizar el agua potable para fabricar concreto sin ninguna verificación previa, suponiendo que toda agua que es potable también es apropiada para elaborar concreto; sin embargo, hay ocasiones en que esta presunción no se cumple, porque hay aguas potables aderezadas con citratos o con pequeñas cantidades de azúcares, que no afectan su potabilidad pero pueden hacerlas inadecuadas para la fabricación de concreto. En todo caso, la consideración contraria pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

Verificación de Calidad

La verificación de la calidad del agua de uso previsto para elaborar el concreto debe ser una práctica obligatoria antes de iniciar la construcción de obras importantes, como es el caso de las centrales para generar energía eléctrica o en nuestro caso por la fabricación de grandes cantidades de concreto para la fabricación de las casas de interés social. Sin embargo, puede permitirse que esta verificación se omita en las siguientes condiciones:

- El agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y no se le aprecia olor, color ni sabor; no obstante que no posea antecedentes de uso en la fabricación de concreto.
- El agua procede de cualquier otra fuente de suministro que cuenta con antecedentes de uso en la fabricación de concreto con buenos resultados, y no se le aprecia olor, color ni sabor.

Por el contrario, la verificación de calidad del agua, previa a su empleo en la fabricación de concreto, debe ser un requisito ineludible en los siguientes casos:

- El agua procede de la red local de suministro para uso doméstico y, aunque posee antecedentes de uso en la fabricación de concreto, se le aprecia cierto olor, color o sabor.
- El agua procede de cualquier fuente de suministro sin antecedentes de uso en la fabricación de concreto, aunque no manifieste olor, color ni sabor.

Si el agua no procede de una fuente de suministro de agua potable, se puede juzgar su aptitud como agua para concreto mediante los requisitos físico-químicos contenidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM-C-122 o ASTM C-94), recomendados especialmente para aguas que no son potables. En la tabla IV.1 se reproducen los límites especificados en dichas normas, para las sales e impurezas que con mayor frecuencia se hallan presentes en las aguas que no son potables, a fin de que no se excedan en el agua que se utilice para la elaboración de concreto.

Notas de la tabla VI.1:

- Las aguas que exceden los límites señalados para cloruros, sulfatos y magnesio, podrán emplearse si se demuestra que la concentración calculada de estos compuestos en el agua total de la mezcla, incluyendo el agua de absorción de los agregados, u otros orígenes, no excede dichos límites.
- El agua se puede usar siempre y cuando las arenas que se empleen en el concreto acusen un contenido de materia orgánica cuya coloración sea inferior a 2, de acuerdo con el método de la NOM-C-88.
- Cuando se use cloruro de calcio (CaCl_2) como aditivo acelerante, la cantidad de éste debe tomarse en cuenta para no exceder el límite de cloruros de esta tabla.

Inicio de la tabla IV.1

IMPUREZAS	MÁXIMA CONCENTRACIÓN TOLERADA. ASTM C-94	CEMENTOS RICOS EN CALCIO	CEMENTOS SULFATORRESISTENTES
		NOM C – 122-1982	NOM C – 122 - 1982
Carbonato de sodio y potasio	1,000 ppm	-----	-----
Cloruro de sodio	20,000 ppm	-----	-----
Cloruro como Cl (concreto preesforzado)	500 ppm	400(c)	600(c)
Cloruro como Cl (concreto húmedo o con elementos de aluminio, metales similares galvanizados.)	1,000 ppm	700(c)	1,000(c)
Sulfato de sodio	10,000 ppm	-----	-----
Sulfato como $\text{SO}_4 <$	3,000 ppm	3,000	3,500
Carbonato de calcio y magnesio, como ion bicarbonato	400 ppm	600	600
Cloruro de magnesio	40,000 ppm	-----	-----
Sulfato de magnesio	25,000 ppm	-----	-----
Cloruro de calcio (por peso de cemento de concreto)	2%	-----	-----
Sales de hierro	40,000 ppm	-----	-----

Yodato, arrestando, fosfato y borato de sodio	100 ppm	-----	-----
PH	6.0 a 8.0	No menor de 6.0	No menor de 6.5
Hidróxido de sodio (por peso de cemento de concreto)	0.50%	-----	-----
Hidróxido de potasio (por peso de cemento de concreto)	1.20%	-----	-----
Azúcar	500 ppm	-----	-----
Aceite mineral (por peso de cemento de concreto)	2%	-----<	-----
Agua con algas	0	-----	-----
Materia orgánica	20 ppm	150(b)	150(b)
Agua de mar (contenido total de sales para concreto no reforzado)	35,000 ppm	-----	-----
Agua de mar para concreto reforzado o preesforzado	No recomendable	-----	-----
Álcalis totales como Na+	-----	300	450
Dióxido de carbono disuelto CO ₂	-----	5<	3
Sólidos en suspensión en agua natural	2,000 ppm	2,000	2,000
Sólidos en suspensión en agua reciclada	-----	50,000	50,000
Magnesio como Mg ⁺⁺	-----	100	150
Total de impurezas en solución	-----	3,500	4,000

Tabla IV.1.- Tolerancias de concentraciones de impurezas en el uso de agua para concreto.

Para el caso específico de la fabricación de elementos de concreto preesforzado, hay algunos requisitos que son más estrictos en cuanto al límite tolerable de ciertas sales que pueden afectar al concreto y al acero de preesfuerzo, lo cual también se contempla en las NOM-C-252(47) y NOM-C-253(48).

Hay otras fuentes de suministro de agua para elaborar el concreto en sitios alejados de los centros de población, como son los pozos, manantiales corrientes superficiales (arroyos y ríos), almacenamientos naturales (lagos y lagunas) y almacenamientos creados artificialmente (vasos de presas). Salvo que existan antecedentes de uso del agua en la fabricación de concreto con buenos resultados, debe verificarse invariablemente su calidad antes de emplearla.

Efectos en el concreto fresco

Cohesión y manejabilidad

La cohesión y manejabilidad de las mezclas de concreto son características que contribuyen a evitar la segregación y facilitar el manejo previo y durante su colocación en las cimbras. Consecuentemente, son aspectos del comportamiento del concreto fresco que adquieren relevancia en obras donde se requiere manipular extraordinariamente el concreto, o donde las condiciones de colocación son difíciles y hacen necesario el uso de bomba o el vaciado por gravedad.

Prácticamente, la finura es la única característica del cemento que puede aportar beneficio a la cohesión y la manejabilidad de las mezclas de concreto, por tanto, los cementos de mayor finura como el portland tipo III o el portland-puzolana serían recomendables en este aspecto. Sin embargo, existen otros factores con efectos más decisivos para evitar que las mezclas de concreto segreguen durante su manejo y colocación. Entre tales factores puede mencionarse la composición granulométrica y el tamaño máximo del agregado, el consumo unitario de cementante, los aditivos inclusores de aire y el diseño de la mezcla de concreto.

Pérdida de revenimiento

Este es un término que se acostumbra usar para describir la disminución de consistencia, o aumento de rigidez, que una mezcla de concreto experimenta desde que sale de la mezcladora hasta que termina colocada y compactada en la estructura. Lo ideal en este aspecto sería que la mezcla de concreto conservara su consistencia (o revenimiento) original durante todo este proceso, pero usualmente no es así y ocurre una pérdida gradual cuya evolución puede ser alterada por varios factores extrínsecos, entre los que destacan la temperatura ambiente, la presencia de sol y viento, y la manera de transportar el concreto desde la mezcladora hasta el lugar de colado.

Para unas condiciones de trabajo dadas, la evolución de la pérdida de revenimiento también puede resultar influida por factores intrínsecos de la mezcla de concreto, tales como la consistencia o fluidez inicial de ésta, la humedad de los agregados, el uso de ciertos aditivos y las características y contenido unitario del cemento. La eventual contribución de estos factores intrínsecos, en el sentido de incrementar la pérdida normal de revenimiento del concreto en el lapso inmediato posterior al mezclado, es como se indica:

- 1) Las mezclas de consistencia más fluida tienden a perder revenimiento con mayor rapidez, debido a la evaporación del exceso de agua que contienen.
- 2) El empleo de agregados porosos en condición seca tiende a reducir pronto la consistencia inicial, por efecto de su alta capacidad para absorber agua de la mezcla.
- 3) El uso de algunos aditivos reductores de agua y superfluidificantes acelera la pérdida de revenimiento, como consecuencia de reacciones indeseables con algunos cementos.
- 4) El empleo de cementos portland-puzolana cuyo componente puzolánico es de naturaleza porosa y se muele muy finamente, puede acelerar notablemente la

pérdida de revenimiento del concreto recién mezclado al producirse un resecamiento prematuro provocado por la avidéz de agua de la puzolana.

En relación con esos dos últimos factores, lo conveniente es verificar oportunamente que exista compatibilidad entre el aditivo y el cemento de uso previsto y, en el caso del cemento portland-puzolana, realizar pruebas comparativas de pérdida de revenimiento con un cemento portland simple de uso alternativo.

Es importante no confundir la pérdida normal de revenimiento que toda mezcla de concreto exhibe en la primera media hora subsecuente al mezclado, con la rápida rigidización que se produce en pocos minutos como consecuencia del fenómeno de falso fraguado en el cemento. Para evitar esto último, es recomendable seleccionar un cemento que en pruebas de laboratorio demuestre la inexistencia de falso fraguado (NOM-C-132), o bien especificar al fabricante el requisito opcional de que el cemento no presente falso fraguado. Para todos los tipos de cemento y todas las clases resistentes se debe cumplir con las especificaciones de tiempo de fraguado indicados en la tabla IV.2, que es replica de la (NMX-C-414).

Clase resistente	Resistencia a compresión [kg/cm ²]			Tiempo de fraguado [min]		Estabilidad de volumen en autoclave [%]	
	3 días	28 días		Inicial	Final	Expansión	Contracción
	mínimo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	máximo	máximo
20	(*)	203.874	407.747	45	600	0,80	0,20
30	(*)	305.810	509.684	45	600	0,80	0,20
30 R	203.874	305.810	509.684	45	600	0,80	0,20
40	(*)	407.747	-	45	600	0,80	0,20
40 R	305.810	407.747	-	45	600	0,80	0,20

La resistencia normal de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 28 días y se indica por las clases 20, 30, ó 40.
 (*)Resistencia inicial: la resistencia inicial de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los tres días. Para indicar que un tipo de cemento debe cumplir con una resistencia inicial especificada, se le agrega la letra R después de la clase.

Tabla IV.2.- Especificaciones mecánicas y físicas del cemento.

Prueba de revenimiento

Objetivo:

Determinar la fluidez del concreto fresco por el método del asentamiento del cono de Abrams.

Equipo que se utiliza:

- Molde metálico, troncocónico, abierto por ambos extremos, con un diámetro superior de 10 [cm] e inferior de 20 [cm], además de pisaderas y asas (Fig. IV.6).
- Varilla punta de bala lisa, de un diámetro de 1.6 [cm]. y largo 60 [cm].
- Placa de apoyo, rígida, no absorbente y por lo menos de 40 x 60 [cm], calibre mínimo de ¼ de pulgada.
- Cucharón metálico.

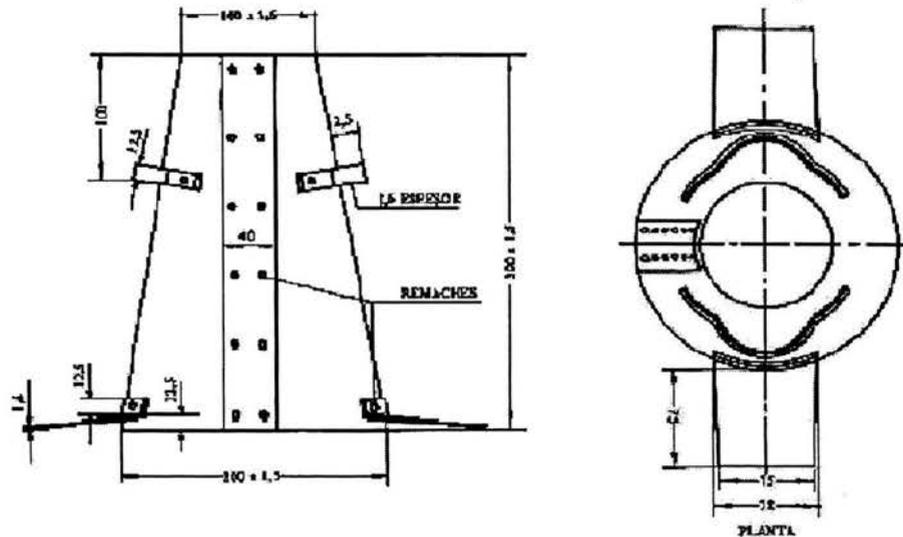


Figura IV.6.- Cono de Abrams .

Procedimiento:

- 1) La cantidad de concreto necesaria para efectuar el ensayo, no debe ser inferior a 8 litros.
- 2) Se coloca el molde sobre una superficie de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos con agua (no se permite humedecer con aceites ni grasa).
- 3) El operador se para sobre las pisaderas del molde, evitando el movimiento de éste durante el llenado.
- 4) Se llena el molde en tres capas de aproximadamente igual volumen y se apisona cada capa con 25 golpes de la varilla pisón distribuidos uniformemente. La capa inferior se llena hasta aproximadamente 7 [cm] de altura y la capa media hasta aproximadamente 16 [cm] de altura. Al apisonar la capa inferior se darán los primeros golpes con la varilla pisón ligeramente inclinada alrededor del perímetro. Al apisonar la capa media y superior se darán los golpes de modo que la varilla pisón penetre 2.5 [cm] la capa subyacente. Durante el apisonado de la última capa se deberá mantener permanentemente un exceso de concreto sobre el borde superior del molde.
- 5) Se enrasa la superficie de la capa superior con la varilla pisón y se limpia el concreto derramado en la zona adyacente al molde.
- 6) Inmediatamente después de terminado el llenado, enrase y limpieza, se carga el molde con las manos, sujetándolo por las asas y dejando las pisaderas libres y se levanta en dirección vertical sin perturbar el concreto en un tiempo de 5 a 12 segundos.
- 7) Toda la operación de llenado y levantamiento del molde no debe demorar más de tres minutos.

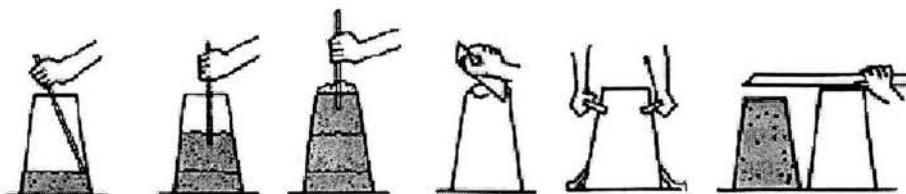


Figura IV.7.-Procedimiento para la muestra del Revenimiento.

Una vez levantado el molde se mide inmediatamente la disminución de altura del concreto moldeado respecto al molde, aproximando a 0.5 [cm]. La medición se hace en el eje central del molde en su posición original.

Asentamiento y sangrado

En cuanto el concreto queda en reposo, después de colocarlo y compactarlo dentro del espacio cimbrado, se inicia un proceso natural mediante el cual los componentes más pesados (cemento y agregados) tienden a descender en tanto que el agua, componente menos denso, tiende a subir. A estos fenómenos simultáneos se les llama respectivamente asentamiento y sangrado, y cuando se producen en exceso se les considera indeseables porque provocan cierta estratificación en la masa de concreto, según la cual se forma en la superficie superior una capa menos resistente y durable por su mayor concentración de agua. Esta circunstancia resulta particularmente inconveniente en el caso de pavimentos de concreto y de algunas estructuras hidráulicas cuya capa superior debe ser apta para resistir los efectos de la abrasión mecánica e hidráulica.

Los principales factores que influyen en el asentamiento y el sangrado del concreto son de orden intrínseco, y se relacionan con exceso de fluidez en las mezclas, características deficientes de forma, textura superficial y granulometría en los agregados (particularmente falta de finos en la arena) y reducido consumo unitario y/o baja finura en el cementante. Consecuentemente, las medidas aplicables para moderar el asentamiento y el sangrado consisten en inhibir la presencia de dichos factores, para lo cual es pertinente:

- 1) Emplear mezclas de concreto con la consistencia menos fluida que pueda colocarse satisfactoriamente en la estructura, y que posea el menor contenido unitario de agua que sea posible, inclusive utilizando aditivos reductores de agua si es necesario.
- 2) Utilizar agregados con buena forma y textura superficial y con adecuada composición granulométrica; en especial, con un contenido de finos en la arena que cumpla especificaciones en la materia.
- 3) Ensayar el uso de un aditivo inclusor de aire, particularmente cuando no sea factible cumplir con la medida anterior.
- 4) Incrementar el consumo unitario de cemento y/o utilizar un cemento de mayor finura, como el portland tipo III o el tipo portland-puzolana. En relación con esta última medida, es un hecho bien conocido la manera como se reduce la velocidad de sangrado de la pasta al aumentar la superficie específica del cemento.

Sin embargo, existe el efecto opuesto ya mencionado en el sentido de que un aumento de finura en el cemento tiende a incrementar el requerimiento de agua de mezclado en el

concreto. Por tal motivo, es preferible aplicar esta medida limitadamente seleccionando el cemento apropiado por otras razones más imperiosas y, si se presenta problema de sangrado en el concreto, tratar de corregirlo por los otros medios señalados, dejando el cambio de cemento por otro más fino como última posibilidad.

Para fines constructivos se considera que el tiempo medido desde que se mezcla el concreto hasta que adquiere el fraguado inicial, es el lapso disponible para realizar todas las operaciones inherentes al colado hasta dejar el concreto colocado y compactado dentro del espacio cimbrado. De esta manera, este lapso previo al fraguado inicial adquiere importancia práctica pues debe ser suficientemente amplio para permitir la ejecución de esas operaciones en las condiciones del trabajo en obra, pero no tan amplio como para que el concreto ya colocado permanezca demasiado tiempo sin fraguar, ya que esto acarrearía dificultades de orden técnico y económico.

La duración del tiempo de fraguado del concreto depende de diversos factores extrínsecos dados por las condiciones de trabajo en obra, entre los que destaca por sus efectos la temperatura. En condiciones fijas de temperatura, el tiempo de fraguado puede experimentar variaciones de menor cuantía derivadas del contenido unitario, la clase y la finura del cemento. Así, por ejemplo, tienden a fraguar un poco más rápido:

- a) Las mezclas de concreto de alto consumo de cemento que las de bajo consumo.
- b) Las mezclas de concreto de cemento portland simple que las de cemento portland-puzolana las mezclas de concreto de cemento portland tipo III que las de portland tipo II.

Sin embargo, normalmente estas variaciones en el tiempo de fraguado son de poca significación práctica y no justifican hacer un cambio de cemento por este solo concepto.

Influencia del cambio de cemento en el proceso de fraguado de la seguido por medio de su resistencia eléctrica. Otro aspecto relacionado con la influencia del cemento sobre el tiempo de fraguado del concreto, se refiere al uso que frecuentemente se hace de aditivos con el fin de alargar ese tiempo en situaciones que lo requieren, como es el caso de los colados de grandes volúmenes de concreto, particularmente cuando se realizan en condiciones de alta temperatura ambiental. Hay antecedentes en el sentido de que algunos aditivos retardadores del fraguado pueden reaccionar adversamente con ciertos compuestos del cemento, ocasionando una rigidez prematura en la mezcla que dificulta su manejo. Para prevenir este inconveniente, es recomendable verificar mediante pruebas efectuadas anticipadamente, el comportamiento del concreto elaborado con el cemento y el aditivo propuestos.

Contenido de aire en el concreto fresco

Objetivo:

El método que se describe para determinar el contenido de aire del concreto fresco, se basa en la medición del cambio de volumen del concreto sometido a un cambio de presión. El equipo que se especifica para este ensayo es un aparato tipo Washington (Figura IV.8), el

cual cuenta con un manómetro que registra directamente el contenido de aire, en porcentaje, con respecto al volumen de concreto.

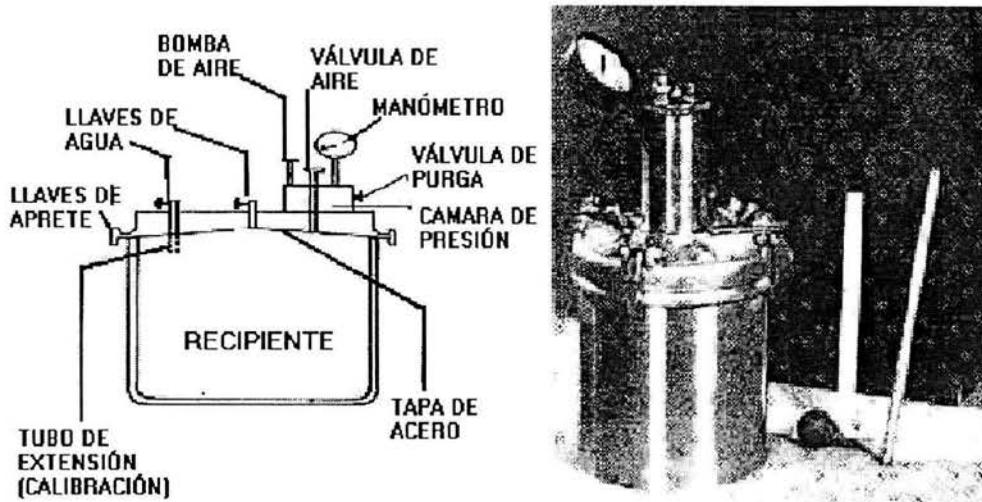


Figura IV.8.- Aparato tipo Washington.

Equipo que se utiliza:

- Equipo de medición de aire, que consta de un recipiente con tapa de acero cuya capacidad mínima es de 6 litros. Cuenta con una tapa hermética, una par de llaves de agua, cámara de presión con dial, bomba manual, válvulas y accesorios.
- Accesorios, como varilla punta de bala, regla para enrasar, mazo, recipientes, etc.

Calibración

La calibración del aparato es necesaria para tener la seguridad que el contenido de aire indicado en el dial es el correcto; esta operación se hace particularmente conveniente cuando el equipo ha estado largo tiempo fuera de servicio y/o cuando ha sido maltratado o golpeado durante su manejo o transporte. La calibración se realiza en un laboratorio calificado, el cual extenderá un Certificado de Calibración.

Procedimiento

Muestra de ensayo

El tamaño de la muestra de concreto fresco será superior a 30 litros.

Colocación y compactación de la muestra

Llenar el recipiente con la muestra de concreto según el método de compactación que se aplique:

- a) Apisonado. Se aplica cuando el revenimiento es mayor a 5 [cm].
- Colocar el concreto en tres capas de igual volumen.
 - Apisonar cada capa con 25 golpes de pisón distribuidos en toda el área. La capa inferior se apisona en toda su altura sin golpear el fondo y las capas superiores se apisonarán de modo que el pisón penetre aproximadamente 3 [cm] en la capa subyacente.
 - Después de apisonar, golpear los costados del recipiente 10 a 15 veces con un mazo.
- b) Vibrado. Se aplica este procedimiento a concreto con revenimiento máximo de 10 [cm] de asentamiento.
- Llenar en dos capas de igual volumen, vibrando cada capa con una o dos inserciones del vibrador, sin tocar con éste las paredes ni el fondo del recipiente.
 - La vibración se aplicará hasta que la superficie del hormigón tenga una apariencia suave y brillante, retirando lentamente el vibrador. Se evitará la sobrevibración.
 - Una vez compactada la muestra, se enrasa y alisa la superficie ajustadamente al nivel del borde del recipiente.

Medida del contenido de aire

- Limpiar los bordes y en especial la goma de sello, colocar la tapa y ajustar herméticamente con las llaves de apriete.
- Cerrar las válvulas para aire y abrir las llaves para agua. Mediante una jeringa de goma introducir agua por una de las llaves de agua hasta que fluya por la otra llave. Golpear lateralmente con un mazo para expulsar burbujas de aire atrapadas en el agua introducida.
- Bombear aire a la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial. Reposar algunos segundos para enfriar el aire comprimido. Estabilizar la aguja, mediante bombeos o purga, en la marca de presión inicial.
- Cerrar las dos llaves de agua y abrir la válvula de entrada de aire comprimido de la cámara de aire al recipiente. Golpear suavemente los costados del recipiente, como también la tapa del dial para estabilizar la lectura.
- Leer con aproximación a 0,1% el contenido de aire registrado en el dial. Antes de abrir la tapa, mantener cerradas las válvulas de aire y abrir las llaves de agua para liberar la presión de aire existente en el recipiente.

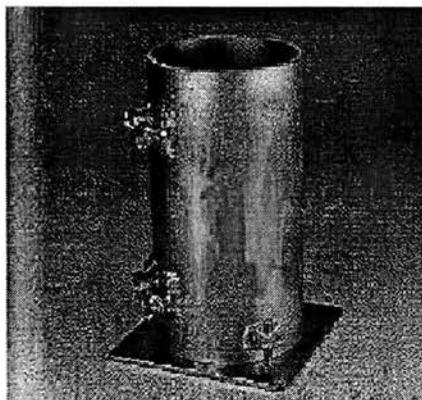
NOTA: En algunos casos, antes de abrir el recipiente, se puede repetir toda la operación de bombeo y traspaso de presión al recipiente. La nueva lectura no debe alejarse más de 0,5% de la lectura anterior.

Pruebas de resistencia en el concreto endurecido

La prueba del cilindro es la más importante para determinar la resistencia del concreto fabricado.

Los especímenes premoldeados para las pruebas de resistencia se deberán elaborar y curar de conformidad con la norma ASTM C31 (especímenes de campo).

El espécimen estándar para las pruebas con que se determina la resistencia a compresión de concretos con tamaños máximos de agregados de 51 [mm] (2") ó menores es un cilindro de 15 [cm] de diámetro por 30 [cm] de altura o de 10 [cm] de diámetro por 20 [cm] de altura (4" X 8"), son preferibles los moldes rígidos de metal (Fotografía IV.11). Para los agregados de mayor tamaño, el diámetro del cilindro deberá ser por lo menos tres veces el tamaño máximo del agregado, y la altura deberá ser el doble del diámetro.



Fotografía IV.11.- Molde metálico para pruebas del concreto de (4" X 8").

Los resultados de resistencia de los cilindros curados en campo se emplean para:

- Determinar el tiempo en el cual la estructura se puede poner en servicio.
- Evaluar la suficiencia del curado y la protección del concreto en la estructura.
- Programar la remoción de moldes (cimbras) y apuntalamientos.

Moldeado de los cilindros de prueba:

- Deberán llenarse en tres capas aproximadamente iguales picando con una varilla cada capa 25 veces para los cilindros de 15 [cm] de diámetro.
- Si la acción de la varilla deja huecos, los lados del molde deberán recibir golpes leves con un marro o simplemente con la mano.
- Los concretos con revenimientos mayores de 7.5 [cm] deberán picarse con varilla; los concretos con revenimientos menores de 2.5 [cm] deberán vibrarse; los concretos con revenimientos entre 2.5 y 7.5 [cm] se pueden picar con varilla o vibrar.
- Enrasar la superficie con la espátula o la varilla para obtener una superficie lisa y nivelada, y cubra los especímenes con una tapa o bolsa plástica.

Cada muestra está compuesta por cuatro cilindros. Tres son para ensayarse a los 7-14-28 días y uno es de repuesto. Los procedimientos normalizados de prueba exigen que los especímenes sean curados bajo condiciones controladas, ya sea en laboratorio o en campo. El curado controlado en el laboratorio en un cuarto húmedo o siendo sumergidas en agua

saturada con cal da una indicación más precisa de la calidad del concreto al ser entregado. Los especímenes curados en campo junto con la estructura que representan pueden dar una indicación más exacta de la resistencia real de la estructura en el momento de la prueba, pero dan pocos indicios respecto a que una deficiencia se deba a la calidad del concreto tal como se entrega o a un manejo y curado inadecuados.

Propiedades mecánicas del concreto

Objetivo:

Determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Equipo que se utiliza:

- Prensa de ensaye (Fotografía IV.12)
- Flexómetro
- Balanza de capacidad igual o superior a 25 [kg].

Procedimiento:

1. Medición de probetas (debe efectuarse antes del cabeceo). Las probetas se retiran del curado inmediatamente antes del ensayo y se mantienen mojadas hasta el ensayo.
2. Medir dos diámetros perpendiculares entre sí (d_1 , d_2) aproximadamente a media altura; y la altura de la probeta en dos generatrices opuestas (h_1 y h_2), aproximando a 1[mm].
3. Determinar el peso del cilindro, aproximando a 50 [g], para obtener el peso volumétrico del concreto.
4. Limpiar las superficies de contacto de las placas de carga y de la probeta y colocar la probeta en la máquina de ensayo alineada y centrada.
5. Acercar la placa superior de la máquina de ensayo y asentarla sobre la probeta de modo de obtener un apoyo lo más uniforme posible.
6. Aplicar carga en forma continua y sin choques de velocidad uniforme cumpliendo las siguientes condiciones:
 - Alcanzar la rotura en un tiempo igual o superior a 100 [s].
 - Velocidad de aplicación de carga no superior a 3,5 [kg/cm²/s].
7. Registrar la carga máxima (P) expresada en [kg].
8. Dividiendo esta carga entre el área y nos da la resistencia del espécimen en [kg/cm²].



Fotografía IV.12.- Nótese como se realiza el ensaye de la resistencia a la compresión del cilindro de concreto con la prensa. (Laboratorio de materiales FI)

Resistencia de los núcleos (corazones, testigos).

El propósito fundamental de medir la resistencia de los especímenes de prueba de concreto es estimar la resistencia del concreto en la estructura real.

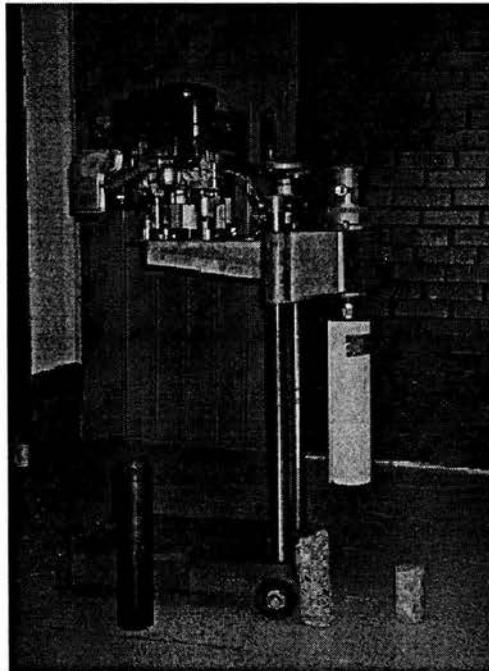
La selección de la localización de los corazones depende del propósito de la prueba. Ésta puede ser: para estimar la resistencia de una parte crítica de una estructura, o de una parte de la que se sospecha que ha sido dañada, por ejemplo, por congelación; o alternativamente, para estimar un valor representativo para la estructura entera, en cuyo caso es apropiada una selección al azar de las localizaciones.

Los corazones se cortan por medio de una herramienta giratoria de corte con broca de diamante. De esta manera se obtiene un espécimen cilíndrico (Fotografía IV.13).

Si es necesaria la extracción de corazones, hay que observar las siguientes precauciones:

- a) Ensayar un mínimo de 3 núcleos para cada sección de concreto cuestionado.
- b) Obtener núcleos con un mínimo de 3 ½ pulgadas (85 mm). Obtener núcleos más grandes para un concreto con un tamaño de agregado mayor de 1 pulgada (25 mm).
- c) Tratar de obtener una longitud de cómo mínimo 1 ½ veces el diámetro (relación L/D).
- d) Recortar para eliminar el acero garantizando que se mantenga una relación mínima de 1 ½ L/D.
- e) Recortar los bordes a es cuadra con una sierra de diamante (cortadora) con alimentación automática.
- f) Cuando se ensaye, mantenga un refrentado (cabeceo) con espesor por debajo de 1/8 pulgada (3 mm).
- g) Utilizar un material de refrentado de alta resistencia, por ejemplo azufre, no deben utilizarse almohadillas de neopreno.
- h) Verificar la capacidad del refrentado y de los bloques de carga.

- i) No perforar núcleos desde capas superiores de las columnas, losas, muros o cimientos, que serán de un 10 a un 20% más débil que los testigos de la parte media o de las porciones más bajas.
- j) Para las superficies horizontales, los corazones se deberán extraer de manera vertical y no cerca de los bordes o juntas formadas. Para las caras verticales o inclinadas, los corazones deberán extraerse perpendicularmente a la porción central del elemento de concreto.
- k) Siempre se deberá evitar la extracción de corazones a través del acero de refuerzo. Se puede utilizar un pachómetro (dispositivo electromagnético) para localizar al acero.
- l) Ensayar los corazones después de un secado durante 7 días si la estructura estará seca en servicio, en caso contrario humedecer los núcleos 40 horas antes del ensayo. Revisar las recomendaciones para el acondicionamiento de los corazones en ACI 318 y de la ASTM C 42.
- m) Si la resistencia promedio de tres corazones es de por lo menos el 85% de f'_c y si ningún corazón es menor del 75% de f'_c , se considerará estructuralmente adecuado al concreto de la zona representada por el corazón.



Fotografía IV.13.- Se observa un equipo con motor a gasolina para la extracción de corazones de concreto, también existen equipos eléctricos. (Laboratorio de materiales FI)

Modos de falla

En cilindros con relación de lado a diámetro igual a dos (lado entre diámetro), la falla suele presentarse a través de planos inclinados respecto a la dirección de la carga (Figura IV.9 y Fotografía IV.17). Esta inclinación es debida principalmente a la restricción que ofrecen las placas de apoyo de la máquina contra movimientos laterales. Si se engrasan los extremos del cilindro para reducir las fricciones, o si el espécimen es más esbelto, las grietas que se producen son aproximadamente paralelas a la dirección de aplicación de la carga. Al comprimir un prisma de concreto en estas condiciones, se desarrollan grietas en el sentido paralelo al de la compresión, por que el concreto se expande transversalmente. Las grietas se presentan de ordinario en la pasta y muy frecuentemente entre el agregado y la pasta. En algunos casos también se llega a fracturar el agregado. Este microagrietamiento es irreversible y se desarrolla a medida que aumenta la carga, hasta que se produce el colapso.

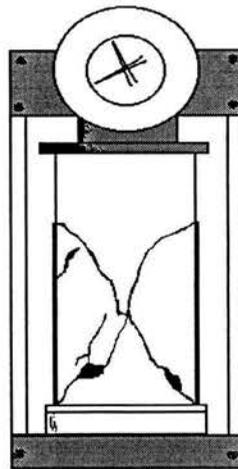


Figura IV.9

A continuación se muestra la tabla IV.3 donde observan figuras que representan el tipo de falla que se presenta en cilindros a compresión.

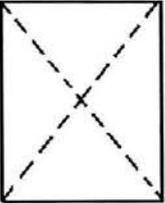
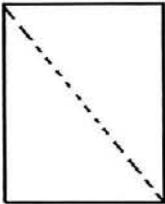
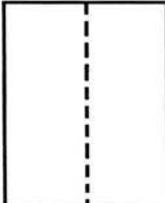
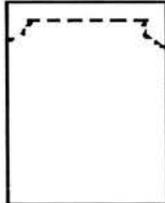
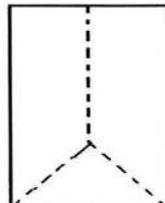
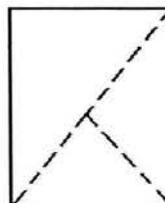
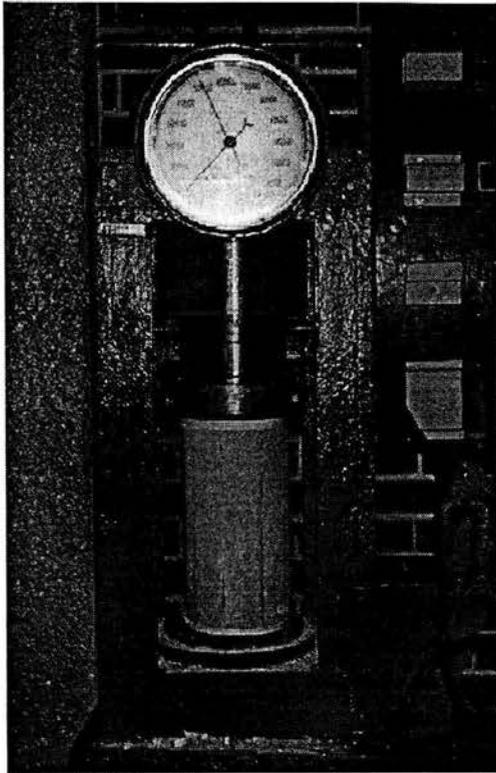
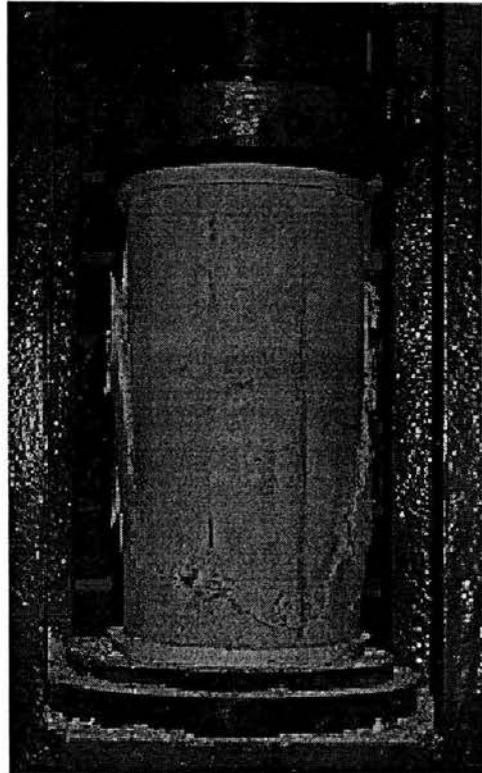
	1.- Se observa cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien probado.
	2.- Se observa comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentra en límite de tolerancia especificada o excediendo ésta.
	3.- Se observa en especímenes que representan una superficie de carga convexa y/o por deficiencia del material de cabeceo, también por concavidad del plato de cabeceo o convexidad en una de las placas de carga.
	4.- Se observa en especímenes que presentan una cara de aplicación de cara cóncava y/o por deficiencias del material de cabeceo o también por concavidad en una de las placas de carga.
	5.- Se observa cuando se producen concentraciones de esfuerzos en puntos sobresalientes de las caras de aplicación de carga por deficiencia del material de cabeceo o rugosidades en el plato de cabeceo o placas de carga.
	6.- Se observa en especímenes que presentan una carga de aplicación de carga convexa y/o por deficiencias del material de cabeceo o del plato del cabeceador.
	7.- Se observa cuando las caras de aplicación de carga del espécimen se desvían ligeramente de las tolerancias del paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen para la aplicación de la carga.

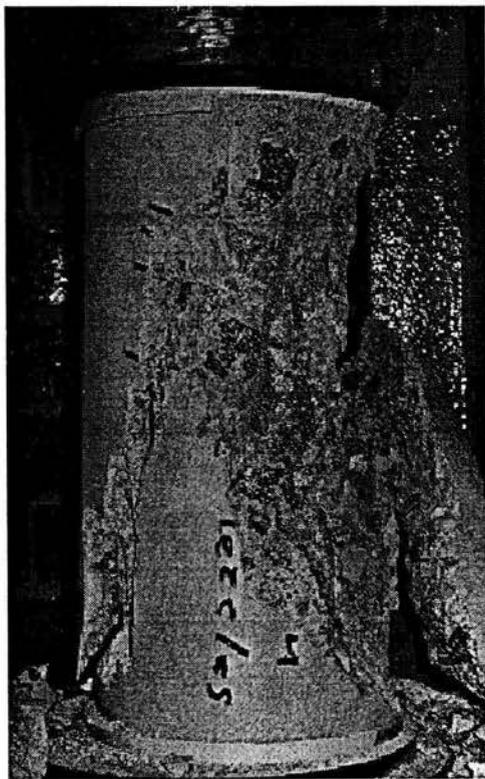
Tabla IV.3



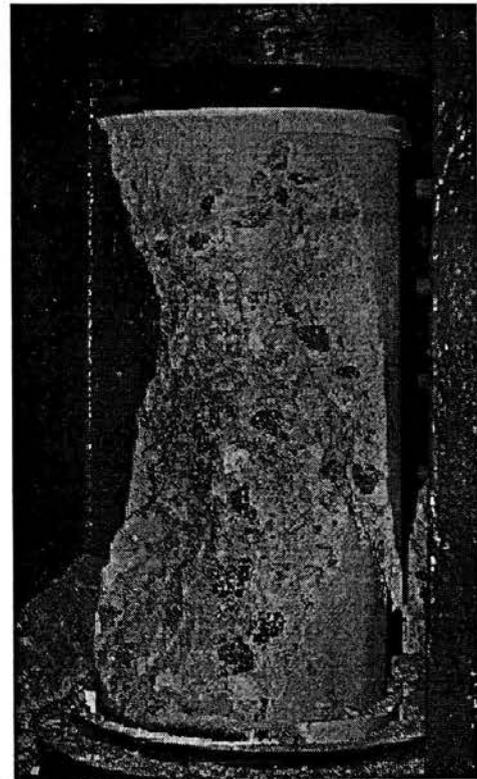
Fotografía IV.14.- Cilindro para prueba de resistencia, observar el cabeceo de azufre que tiene el cilindro en sus extremos.



Fotografía IV.15.- Comienza la compresión y empieza fallar las capas externas del cilindro.



Fotografía IV.16.- Se presenta la falla.



Fotografía IV.17.- Obsérvese la falla en forma de planos inclinados con respecto a la aplicación de la fuerza.

V. COSTEO DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presentan los costos por metro cúbico de concreto que generan dos alternativas para tener concreto a pie de obra con la resistencia necesaria para cada una de las actividades necesarias de las viviendas.

La alternativa que tiene ICA Construcción de Vivienda (ICA COVI) para la elaboración de concreto es la adquisición de 2 mezcladores volumétricos, uno para operar en el estado de Guanajuato específicamente en la ciudad de León, y el segundo en la ciudad de Querétaro. En la primera opción se desea terminar con la construcción ya iniciada de viviendas en la obra Miravalle III y IV, posteriormente iniciar la obra El Faro. En la segunda opción se desean realizar las obras La Loma y Colinas del Sol.

Para fines de estudio del presente capítulo se muestran los costos de la obra Miravalle III y IV, y El Faro en León; estos costos obtenidos serán tomados como representativos para aplicarlos en las obras a realizar en la ciudad de Querétaro.

Los costos que implican cada una de las alternativas se presentan conforme a la necesidad que se tiene del tiempo y volumen requeridos. Se presentan tablas (con precios de enero de 2003) donde se muestran los costos finales que implican cada una de las alternativas.

Para consideración de cada una de ellas se tomó como base un tiempo de proyecto de 30 meses donde se amortizan las inversiones iniciales y una cantidad de 1442 viviendas.

El volumen de concreto que será utilizado en el análisis de costo es el siguiente:

VOLUMEN DE CONCRETO POR VIVIENDA

OBRA: EL FARO

	m ³ /vivienda
Cimentación	3.89
Muros planta baja	6.5
Losa de entepiso	4.75
Muros planta alta	8.25
Losa de azotea	4.25
Banquetas y guarniciones	1.41
Arroyo vehicular	3.02

VOLÚMENES A EJECUTAR

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL
CONCRETO F'C=150 KG/CM2 TMA 3/4" REV 10 TIRO DIRECTO CIMENTACION	M3	3.89	5,609.38
CONCRETO F'C=150KG/CM2 TMA 3/8" REV 16 BOMBEADO MUROS Y LOSAS	M3	23.75	34,247.50
CONCRETO F'C=250 KG/CM2 TMA 1 1/2" REV 10 TIRO DIRECTO URBANIZACION	M3	4.43	6,386.00
TOTAL CONCRETO A COLAR	M3	32.07	46,242.88

Del volumen total obtenido se decide reducirlo un 5%, como provisión en caso de que por algún motivo no se fabricara el 100% del concreto calculado (y se sustituyera por premezclado), de manera que, manteniéndonos en ese rango de tolerancia, se amorticen de cualquier manera las inversiones iniciales.

Por lo que el volumen que será utilizado en el análisis es:

$$\frac{46,242.88}{1.05} = 44,040.84$$

TOTAL DE CONCRETO A COLAR, PARA ANÁLISIS DE COSTO	44,040.84 M3
--	---------------------

V.1 Concreto premezclado

El concreto premezclado exige un mínimo de conceptos a tomarse en cuenta para su costo, debido a que la mayoría de esos conceptos son tomados en cuenta dentro del costo por metro cúbico de concreto que el distribuidor da.

El costo que se obtiene de un distribuidor de concreto premezclado es el de tirado a pie de obra, si es el caso posteriormente se le suman costos por elevación a los moldes o cimbra para su colocación.

V.1.1 Costo directo

Los precios unitarios que se presentan para el concreto premezclado son los adquiridos de la empresa CEMEX para la zona del Bajío, incluyendo IVA y descuentos.

TIPO DE CONCRETO	PARA SUMINISTRAR EN	UNIDAD	P.U.
CONCRETO TIRADO F'C=150KG/CM2 TMA 1 1/2" REV 10	CIMENTACIÓN	M3	\$ 758.24
CONCRETO TIRADO F'C=150KG/CM2 TMA 3/4" REV 18	MUROS	M3	\$ 868.57
CONCRETO TIRADO F'C=150KG/CM2 TMA 3/4" REV 14 RR	LOSAS	M3	\$ 938.96
CONCRETO TIRADO F'C=150KG/CM2 TMA 3/4" REV 10	BANQUETA Y GUARNICIÓN	M3	\$ 846.15
CONCRETO TIRADO F'C=250KG/CM2 TMA 1 1/2" REV 10	ARROYO	M3	\$ 915.63

Se generan costos extras por la utilización de un equipo de bombeo para poder colar muros y losas. El equipo de bombeo es suministrado por la misma empresa CEMEX con un costo de \$ 108.15 / m³.

V.1.2 Costos de administración, control y supervisión

Se debe de tomar en cuenta que el control y la supervisión de la calidad de fabricación del concreto corre a cargo de de la empresa contratada para surtirlo.

Es importante señalar que el costo que se asume por cuenta propia es el de una persona que supervisa las entregas de concreto y se encarga del cuidado de los cilindros de prueba que deben muestrearse para cualquier aclaración posterior, esta labor la desarrolla un ingeniero supervisor de obra, que empleara el 10 % de su tiempo en la programación de colados, administración, supervisión y todo lo necesario para el surtimiento de concreto premezclado a la obra, como se muestra en la siguiente tabla.

ANALISIS DE COSTO CONCRETO PREMEZCLADO

COSTO DE LA OPERACIÓN A CARGO DE ICA

PRECIOS INCLUYEN IVA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
SUPERVISOR	MES	3.0000	\$ 16,000.00	\$ 48,000.00
			TOTAL OPERACIÓN DE ICA	\$ 48,000.00

* El total de los meses de trabajo es de 30, por lo que el 10% son 3 meses.

V.1.3 Análisis de riesgo

Los riesgos que se deben asumir por falta de calidad del concreto, así como de incidentes que queden fuera del proyecto establecido son absorbidos por la empresa que lo surte.

La empresa CEMEX se hace responsable de cualquier alteración del concreto siempre y cuando se cumplan con las restricciones que se encuentran la NMX-C-155 para la calidad del concreto, NMX-C-156 para parámetros de aceptación de la prueba de revenimiento y la NMX-C-162 para el proceso de verificación del volumen solicitado además de respetar los tiempos límites establecidos por la empresa para la entrega y permanencia de las unidades en la obra.

En caso de que un elemento no dé la resistencia (pruebas de cilindros y corazones), la empresa surtidora deberá absorber los costos de reparación o en su caso, demolición y reposición.

V.1.4 Integración de costos

En la siguiente tabla se presentan los costos finales de un metro cúbico de concreto tomando como ejemplo el caso del suministro para muros. El procedimiento es similar para los demás casos, con la diferencia de que en este caso se le agrega el costo del bombeo de concreto. Para obtener el costo por metro cúbico fue necesario dividir el importe de cada uno de los conceptos entre el volumen de concreto destinado ya sea la unidad o el total del volumen para el proyecto.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO PREMEZCLADO

CONCRETO BOMBEADO F'C=150 kg/cm² TMA 3/4" REV 18

RESUMEN DE COSTOS

PRECIOS INCLUYEN IVA

MUROS

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (CEMEX)	M3	\$ 920.42	1.00	\$ 920.42
BOMBEO DE CONCRETO	M3	\$ 108.15	1.00	\$ 108.15
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	M3	\$ 48,000.00	44,040.84	\$ 1.09
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS *	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -
COSTO TOTAL DEL CONCRETO PREMEZCLADO x M3 INC. IVA				\$ 1,029.66

* Acargo de la empresa contratada para surtir el concreto.

V.2 Concreto fabricado en sitio

Como se concluyó en el capítulo anterior, el concreto fabricado en sitio se realizará con el mezclador volumétrico, lo que implica tomar en cuenta los gastos de las distintas instalaciones necesarias para la fabricación, expuestas en el mismo capítulo.

V.2.1 Costo directo

Para ejemplificar el costo general que implica la elaboración del concreto en obra por el mezclador volumétrico para la construcción de vivienda se tomó como ejemplo el caso de la fabricación de concreto para muros, lo anterior nos muestra la metodología seguida para la obtención del costo de las distintas mezclas.

Se realizó el siguiente diseño de mezcla para muros, obteniendo las cantidades necesarias de materiales para este tipo de concreto en particular.

COSTO DE LA MEZCLA

CONCRETO P/EDIFICACION: AGREGADO 3/4", F'C= 150 kg/cm², REV 18

PRECIOS INCLUYEN IVA

MUROS

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CEMENTO A GRANEL CEMEX	TON	0.2500	\$ 1,380.00	\$ 345.00
AGUA EN PIPA	M3	0.2140	\$ 46.00	\$ 9.84
ARENA	M3	0.6570	\$ 108.67	\$ 71.40
GRAVA 3/4"	M3	0.6950	\$ 155.25	\$ 107.90
LABORATORIO	M3	1.0000	\$ 26.94	\$ 26.94
ADITIVO POZZOLITH 322N	LTO	-	\$ 17.25	\$ -
ADITIVO POLYHEED RI	LTO	2.5000	\$ 11.21	\$ 28.03
TOTAL MEZCLA (SÓLO MATERIALES)/M3				\$ 589.10

Como se pudo observar en la tabla anterior, después de obtener las cantidades necesarias de materiales se multiplicó por su precio unitario para así obtener un importe; en la suma de todos los costos de material se obtiene como resultado un total del costo que implica un metro cúbico de concreto con las características indicadas, esta misma metodología se realizará en las tablas de análisis que se presentan posteriormente.

Hay que recordar que es necesaria la construcción de una plataforma para agregados y un camino de acceso, por lo que su costo de elaboración afecta directamente en el costo de cada metro cúbico de concreto destinado para muros.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DE LA PLATAFORMA Y CAMINO ACCESO A LA DOSIFICADORA

(400 m² CAMINO APROX + 300 m² PLATAFORMA)

PRECIOS INCLUYEN IVA

MIRAVALLE III Y IV

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
TRAZO Y NIVELACIÓN	M2	700.0000	\$ 4.17	\$ 2,922.15
DESPALME DE TERRENO	M3	140.0000	\$ 46.87	\$ 6,562.36
CORTE EN MAT. "B" (INC. CARGA Y ACARREO)	M3	-	\$ -	\$ -
CORTE EN MAT. "C" (INC. CARGA Y ACARREO)	M3	-	\$ -	\$ -
AFINE Y COMPACTACIÓN	M2	575.0000	\$ 8.60	\$ 4,946.15
TERRAPLÉN C/MAT BANCO	M3	409.5800	\$ 95.00	\$ 38,910.10

SUBTOTAL CAMINO MIRAVALLE III Y IV	\$ 53,340.76
---	---------------------

SUBTOTAL FARO (1.5 MIRAVALLE III Y IV)	\$ 80,011.14
---	---------------------

TOTAL	\$ 133,351.90
--------------	----------------------

Para obtener el costo de la obra El Faro, el subtotal obtenido en Miravalle será afectado por un 50%, esto para prevenir un incremento en precios que se presenten al momento de realizar la obra.

La consideración de la infraestructura necesaria para garantizar el funcionamiento del equipo y el desarrollo del proyecto es muy importante, debido a que cualquier aspecto que pueda quedar fuera del análisis influirá directamente en el costo del metro cúbico de concreto. Tomando en cuenta las recomendaciones hechas en el capítulo cuatro para la elaboración de infraestructura necesaria en obra se tomaron los elementos necesarios para este análisis, los cuales se muestran en la siguiente tabla que incluye Miravalle y El Faro.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DE INFRAESTRUCTURA

PRECIOS INCLUYEN IVA

MIRAVALLE III Y IV

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CASETA DE 2.5x3.00 MTS (INC. VOLADO C/BANQUETA)	PZA	1.0000	\$ 14,175.00	\$ 14,175.00
DEPÓSITO DE AGUA ROTOPLAS DE 5000 LTS	PZA	4.0000	\$ 5,600.00	\$ 22,400.00
MAMPARAS P/AGREGADOS (INC. MURO BLOCK Y CIM.)	M2	45.0000	\$ 245.56	\$ 11,050.00
MALLA CICLÓNICA P/PATIO MANIOBRAS	ML	70.0000	\$ 250.00	\$ 17,500.00
DESMANTELAMIENTO Y DESMONTAJE DE INSTALACIONES	LOTE	1.0000	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00
INSTALACIÓN DE PLANTA (BAZOKA, FILTRO, FLETES, ACCESORIOS, CIMENTACION DEL SILO)	LOTE	1.0000	\$ 326,109.00	\$ 326,109.00

SUB-TOTAL INFRAESTRUCTURA	\$ 421,234.00
----------------------------------	----------------------

EL FARO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CASETA DE 2.5x3.00 MTS (INC. VOLADO C/BANQUETA)	PZA	1.0000	\$ 14,175.00	\$ 14,175.00
DEPÓSITO DE AGUA ROTOPLAS DE 5000 LTS	PZA	-	\$ 5,600.00	\$ -
MAMPARAS P/AGREGADOS (INC. MURO BLOCK Y CIM.)	P.O.T.	1.0000	\$ 22,400.00	\$ 22,400.00
MALLA CICLÓNICA P/PATIO MANIOBRAS	P.O.T.	1.0000	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
DESMANTELAMIENTO Y DESMONTAJE DE INSTALACIONES	LOTE	1.0000	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00

SUB-TOTAL INFRAESTRUCTURA	\$ 69,575.00
----------------------------------	---------------------

TOTAL INFRAESTRUCTURA	\$ 490,809.00
------------------------------	----------------------

*(P.O.T.) Precio de obra terminada.

Para fines del análisis se toma un tiempo de estudio de 30 meses en donde se amortizan las inversiones iniciales.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DEL EQUIPO DE DOSIFICACIÓN Y ACARREO

PRECIOS INCLUYEN IVA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
MÁQUINA CONCRETERA 3D Y CAMIÓN (M III IV 3.5 MESES FAO 27 MESES)	MES	30.0000	\$ 47,300.00	\$ 1,419,000.00
OPERACIÓN (SUMINISTRADA POR RAMCO)	MES	-	\$ -	\$ -
SUPERVISIÓN Y MANTENIMIENTO	MES	-	\$ -	\$ -
CONSUMOS	MES	30.0000	\$ 12,000.00	\$ 360,000.00
REFACCIONES (SEGÚN GRS)	MES	30.0000	\$ 6,000.00	\$ 180,000.00
RENTA DE SILO	MES	30.0000	\$ 7,000.00	\$ 210,000.00
FLETE DE SILO	FLETE	2.0000	\$ 9,000.00	\$ 18,000.00
FLETE DE MAQUINA CONCRETERA 3D	FLETE	2.0000	\$ 15,000.00	\$ 30,000.00
MONTAJE DE SILO	PZA	-	\$ -	\$ -
TOLVA P/DOSIFICAR CEMENTO	PZA	-	\$ -	\$ -
PIPA DE AGUA	MES	-	\$ -	\$ -
MANTENIMIENTO PIPA	MES	-	\$ -	\$ -
CONSUMOS PIPA	VIAJE	-	\$ -	\$ -

OPERACIÓN PIPA	MES	-	\$ -	\$ -
DESMONTAJE DE SILO	PZA	-	\$ -	\$ -
RETROEXCAVADORA	MES	30.0000	\$ 40,000.00	\$ 1,200,000.00

TOTAL EQUIPO DOSIFICACIÓN Y ACARREO	\$ 3,417,000.00
--	------------------------

Se tomó como ejemplo el concreto para fabricación de muros debido a que es el más completo en cuanto a su estudio debido a que es necesaria la utilización de un equipo de bombeo, en donde la renta del equipo necesariamente tendrá que ser cargado al costo de fabricación del concreto, por lo que se presenta la siguiente tabla, donde el costo incluye chofer y bombeo.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DEL EQUIPO DE BOMBEO DE CONCRETO

PRECIOS INCLUYEN IVA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
BOMBA CONCRETO MCA SCHWING 750-15BPA (30M3/HR)	MES	30.0000	\$ 138,000.00	\$ 4,140,000.00
OPERACIÓN	MES	-	\$ -	\$ -
FLETE DE BOMBA	FLETE	-	\$ -	\$ -
CONSUMOS	MES	-	\$ -	\$ -

TOTAL EQUIPO DE BOMBEO	\$ 4,140,000.00
-------------------------------	------------------------

Como se pudo observar el concepto operación, flete de la bomba y consumos no se considera en el costo debido a que la renta del equipo los incluye, estos costos serían tomados en cuenta sólo si se diera el caso de que se tuviera la opción de compra del equipo de bombeo.

V.2.2 Costos de administración, control y supervisión

Uno de los costos que es muy importante tomar en cuenta es el de la operación que se tendrá por parte de nuestro personal para la verificación y control del concreto, por lo anterior se tomó como indispensable el trabajo de tres elementos por parte de la empresa, como se observa en la siguiente tabla.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DE LA OPERACIÓN A CARGO DE ICA

PRECIOS INCLUYEN IVA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
JEFE DE PATIO (TÉCNICO EN CONCRETOS)	MES	30.0000	\$ 16,000.00	\$ 480,000.00
AYUDANTE GENERAL	MES	30.0000	\$ 7,500.00	\$ 225,000.00
OPERADOR DE 3D	MES	30.0000	\$ 11,000.00	\$ 330,000.00
TOTAL OPERACIÓN DE ICA				\$ 1,035,000.00

El jefe de patio es el encargado de realizar las pruebas preliminares de los materiales para su recepción, quien realiza las dosificaciones de las mezclas, se encarga de recibir los resultados del laboratorio de pruebas de concreto y de calibrar el mezclador volumétrico (equipo 3D). El operador es el chofer y el encargado de surtir el concreto con conocimientos técnicos del sistema del mezclador. Se integró este equipo de trabajo con la finalidad de ser eficientes en la elaboración del concreto, además de que es lo recomendable para el funcionamiento del equipo.

El costo del laboratorio (subcontrato) se incluye en el costo directo del concreto, prorrateado entre el número de [m³].

V.2.3. Análisis de riesgo

En concreto premezclado se traslada el riesgo, mientras que en el fabricado en sitio, no hay a quien hacerle el reclamo si el concreto no cumple con sus características, por lo que hay que asumir, cuantificar y aprovisionar el riesgo.

Se deben asumir los costos de los posibles errores en el proceso de fabricación del concreto para losas con los siguientes conceptos (demolición y reparación), debido a que las losas son las más delicadas en el proceso de la construcción de vivienda de interés social ya que en caso de no cumplir con la resistencia necesaria es inminente que se presenten problemas de fisura o se tengan casos en que se presente una flecha en la losa, haciéndola inservible. En los demás elementos de la vivienda (muros y cimentación) no se presentan grandes problemas debido a que no afecta en demasía a la estructura de la casa por el tipo de trabajo estructural que desempeñan. Los muros trabajan a compresión y la cimentación el trabajo que realiza es con pensado con el trabajo realiza que el suelo.

Los costos que se deben asumir se muestran a continuación:

DEMOLICIÓN	\$	1,185.86
LOSA NUEVA	\$	19,342.00
TOTAL	\$	20,527.86

A continuación se realiza un análisis probabilístico en donde se trata de buscar cuál es la probabilidad de falla de losas de las viviendas construidas, para afectar el total de las viviendas a construir por el porcentaje que se obtenga para posteriormente saber el número de viviendas entre que dividiremos el total del costo por riesgo.

Este estudio se realiza con base en la prueba de cilindros de concreto para una resistencia de proyecto para losas de 150 [kg/cm²], el concreto se fabrica con el mezclador volumétrico. Se toma como base la NOM-C155 en donde la resistencia aceptada en prueba de cilindros no debe ser menor del 10% de su resistencia especificada.

En una curva normal se buscará la probabilidad del porcentaje de concreto que no alcance la resistencia mínima. Los datos que se utilizaron fueron las de 41 pruebas de cilindros a una edad de 28 días, obteniendo una desviación estándar de 7.877. La tabla de resultados de las pruebas se muestra en el apéndice, así como las tablas estadísticas de áreas bajo la curva normal que se utilizaron.

El proceso a seguir, será rechazar el concreto que a los 28 días que no alcance el 90% de la f'_c de diseño, menores de 135 [kg/cm²] como se muestra en la figura V.1.

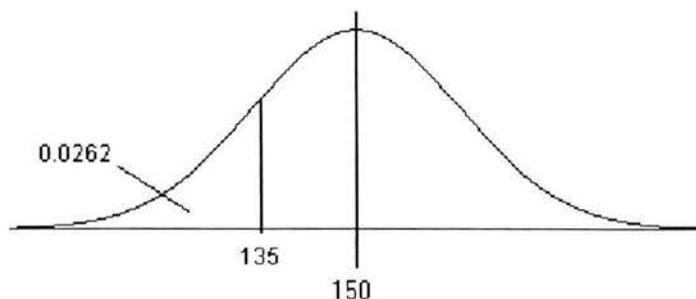


Figura V.1.- Se muestra el área de porcentaje que será rechazado.

$$Z = \frac{135 - 150}{7.877} = -1.904$$

$$P(X < 135) = P(Z < -1.904)$$

$$= 0.0262 \quad (\text{de tablas apéndice C})$$

El porcentaje que se desechará será el 2.62 % del total de las losas construidas, por lo que, da como resultado que las losas falladas de 1442 (total del proyecto) son 37.8.

Con base en los resultados obtenidos se ha decidido incrementar el costo inicialmente obtenido para los diferentes tipos de concretos con el costo total que se debe asumir por riesgo dividido entre los metros cúbicos que cada vivienda requiere, aplicando este costo total a cada 38 viviendas.

V.2.4 Integración de costos

Se ha definido como resumen de costo final a la suma de gastos de material, mano de obra, equipo e infraestructura y los materiales para la realización del concreto para muros, es decir el total que se obtuvo de los análisis de costos mostrados en cada una de las tablas anteriores. En el resumen se conjunta haciendo una división del importe obtenido entre el volumen de concreto que se realizará en el proyecto. El importe del equipo de bombeo se divide entre la cantidad de metros cúbicos a colar en los muros (21,269.50 m³), mencionando que los volúmenes de concreto utilizados para el análisis se obtuvieron de los volúmenes a ejecutar que se muestran en la siguiente tabla.

Conforme a lo establecido en el capítulo dos en el programa de colados, en la obra El Faro no es posible completar la fabricación de concreto en un tiempo conveniente con el mezclador por lo que el volumen de concreto que será utilizado es el que se requiere para cimentación, muros, arroyo, banquetas y guarniciones, dejando fuera para el resumen de costos el concreto para losas.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

VOLÚMENES A EJECUTAR

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL
CONCRETO F'C=150 KG/CM2 TMA 3/4" REV 10 TIRO DIRECTO CIMENTACIÓN	M3	3.89	5,609.38
CONCRETO F'C=150KG/CM2 TMA 3/8" REV 16 BOMBEADO MUROS	M3	14.75	21,269.50
CONCRETO F'C=250 KG/CM2 TMA 1 1/2" REV 10 TIRO DIRECTO URBANIZACIÓN	M3	4.43	6,386.00
VOLUMEN DE CONCRETO A COLAR (M3)		23.07	31,680.84

*El volumen obtenido esta reducido un 5%.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

CONCRETO BOMBEADO F'C=150 kg/cm² TMA 3/4" REV 18RESUMEN DE COSTOS

PRECIOS INCLUYEN IVA

MUROS

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (MATERIALES)	M3	\$ 589.10	1.00	\$ 589.10
CAMINO ACCESO Y PLATAFORMA	P.O.T.	\$ 133,351.90	31,680.84	\$ 4.21
INFRAESTRUCTURA	P.O.T.	\$ 490,809.00	31,680.84	\$ 15.49
EQUIPO DOSIFICACIÓN Y ACARREO	P.O.T.	\$ 3,417,000.00	31,680.84	\$ 107.86
EQUIPO DE BOMBEO DE CONCRETO	P.O.T.	\$ 4,140,000.00	21,269.50	\$ 194.64
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	P.O.T.	\$ 1,035,000.00	31,680.84	\$ 32.67
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS	ANÁLISIS	\$ -	31,680.84	\$ -
DISEÑO CIMENTACIÓN DEL SILO	DISEÑO	\$ -	31,680.84	\$ -

COSTO ICA x M3 INC. IVA	\$ 943.98
--------------------------------	------------------

*(P.O.T.) Precio de obra terminada.

Con la anterior tabla se muestra el costo total que implica la elaboración de concreto en sitio con las características necesarias para colar los muros de las viviendas.

En las tablas que se muestran a continuación se observa el costo del metro cúbico de concreto de cada una de las partes que componen la vivienda así como de las obras La Loma y Colinas del Sol en la ciudad de Querétaro que se menciono en el principio de este capítulo ya incluyendo el incremento por riesgo que se obtuvo, dando por resultado un costo total en metro cúbico de concreto fabricado con el mezclador volumétrico.

TABLAS DE INTEGRACIÓN DE COSTOS

COSTO POR RIESGO	\$ 20,527.86
No. VIVIENDAS A APLICAR	38
INCREMENTO POR VIVIENDA	\$ 540.21

Este importe por vivienda se dividirá entre el número de [m³], por vivienda en cada caso.

	Costo ICA COVI **
Cimentación	\$ 753.12
Muros	\$ 943.98
Losas	\$ 995.22
Banquetas y guarniciones	\$ 742.32
Arroyo vehicular	\$ 880.27

** Incluye operación, depreciación, rentas, laboratorio, consumibles, infraestructura.

León (El Faro).

	m ³ /vivienda	incremento/m ³	incremento total	(Costo ICA COVI *** + Costo por Riesgo)/m ³
Cimentación	3.89	\$ 16.85	\$ 65.51	\$ 769.97
Muros	14.754	\$ 16.85	\$ 248.47	\$ 960.83
Losas	9.00	\$ 16.85	\$ 151.61	\$ 1,012.07
Banquetas y guarniciones	1.41	\$ 16.85	\$ 23.75	\$ 759.17
Arroyo vehicular	3.02	\$ 16.85	\$ 50.87	\$ 897.12
Total m³/vivienda	28.99		\$ 540.21	

Querétaro (La Loma V).

	m ³ /vivienda	incremento/m ³	incremento total	(Costo ICA COVI *** + Costo por Riesgo)/m ³
Cimentación	3.54	\$ 27.81	\$ 98.45	\$ 780.93
Muros	9.53	\$ 27.81	\$ 264.99	\$ 971.79
Losas	5.65	\$ 27.81	\$ 157.02	\$ 1,023.03
Banquetas y guarniciones	0.71	\$ 27.81	\$ 19.74	\$ 770.13
Arroyo vehicular	0.00	\$ -	\$ -	\$ 0.00
Total m³/vivienda	19.4278		\$ 540.21	

Querétaro (Colinas del Sol).

	m ³ /vivienda	incremento/m ³	incremento total	(Costo ICA COVI *** + Costo por Riesgo)/m ³
Cimentación	3.69	\$ 21.72	\$ 80.19	\$ 774.84
Muros	11.33	\$ 21.72	\$ 246.09	\$ 965.70
Losas	8.29	\$ 21.72	\$ 180.07	\$ 1,016.94
Banquetas y guarniciones	1.56	\$ 21.72	\$ 33.85	\$ 764.04
Arroyo vehicular	0.00	\$ -	\$ -	\$ 0.00
m³/vivienda	24.87		\$ 540.21	

TABLAS COMPARATIVAS DE COSTOS

León (El Faro). 60 viviendas al mes.

	m ³ /vivienda	Viviendas 2004	Viviendas proyecto	Costo CEMEX / m ³	Costo CEMEX	CEMEX Mensual	Costo ICA COVI / m ³ ***	Costo ICA COVI	ICA COVI mensual	Diferencia / m ³
Cimentación	3.89	420	1442	\$759.33	\$2,952.84	\$177,170.38	\$769.97	\$2,994.20	\$179,651.83	-\$10.64
Muros	14.75	420	1442	\$1,029.66	\$15,187.48	\$911,249.01	\$960.83	\$14,172.17	\$850,330.20	\$69.83
Losas	9.00	420	1442	\$1,100.05	\$9,900.45	\$594,026.94	\$1,012.07	\$9,108.59	\$546,515.15	\$88.98
Banquetas y guarniciones	1.41	420	1442	\$847.24	\$1,194.88	\$71,692.63	\$759.17	\$1,070.66	\$64,239.83	\$88.07
Arroyo vehicular	3.02	420	1442	\$916.72	\$2,768.35	\$166,100.91	\$897.12	\$2,709.15	\$162,548.71	\$19.60
				\$4,653.00	\$32,004.00	\$1,920,239.88	\$4,399.14	\$30,054.76	\$1,803,285.71	

Ahorro por vivienda: **\$1,949.24**

***Incluye costo por riesgo

Querétaro (La Loma V). 40 viviendas al mes.

	m ³ /vivienda	Viviendas 2004	Viviendas proyecto	Costo CEMEX / m ³	Costo CEMEX	CEMEX Mensual	Costo ICA COVI / m ³ ***	Costo ICA COVI	ICA COVI mensual	Diferencia / m ³
Cimentación	3.54	420	1442	\$759.33	\$2,688.50	\$161,310.15	\$780.93	\$2,764.97	\$165,897.94	-\$21.60
Muros	9.53	420	1442	\$1,029.66	\$9,812.84	\$588,770.34	\$971.79	\$9,251.29	\$555,677.37	\$57.87
Losas	5.65	420	1442	\$1,100.05	\$6,211.98	\$372,718.91	\$1,023.03	\$5,777.03	\$346,621.63	\$77.02
Banquetas y guarniciones	0.71	420	1442	\$847.24	\$601.54	\$36,092.42	\$770.13	\$546.79	\$32,807.36	\$77.11
Arroyo vehicular	-	420	1442	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
				\$3,736.28	\$19,314.86	\$1,158,891.81	\$3,545.86	\$18,350.07	\$1,101,004.30	

Ahorro por vivienda: **\$964.79**

***Incluye costo por riesgo

Querétaro (Colinas del Sol). 40 viviendas al mes.

	m ³ /vivienda	Viviendas 2004	Viviendas proyecto	Costo CEMEX / m ³	Costo CEMEX Mensual	Costo ICA COVI / m ³ ***	Costo ICA COVI	ICA COVI mensual	Diferencia / m ³
Cimentación	3.69	420	1442	\$759.33	\$168,171.59	\$774.84	\$2,860.12	\$171,607.25	-\$15.51
Muros	11.33	420	1442	\$1,029.66	\$699,897.77	\$965.70	\$10,940.39	\$656,423.64	\$63.96
Losas	6.50	420	1442	\$1,100.05	\$429,019.46	\$1,016.94	\$6,610.13	\$396,607.62	\$83.11
Banquetas y guarniciones	1.56	420	1442	\$847.24	\$79,239.23	\$764.04	\$1,190.97	\$71,458	\$83.20
Arroyo vehicular	-	420	1442	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
				\$3,736.28	\$1,376,328.04	\$3,521.53	\$21,601.61	\$1,296,096.60	

Ahorro por vivienda: **\$1,337.19**

***Incluye costo por riesgo

Obsérvese que se obtiene un costo en la columna (Diferencia/m³) negativo, en el costo de fabricación del concreto para cimentación, lo que quiere decir que es más económico el concreto premezclado. Aún con esa diferencia se tiene un ahorro significativo en el total del costo del concreto por vivienda.

AHORROS DEL PROYECTO

León (El Faro)

	m ³ /vivienda	Ahorros/m ³	Viviendas 2004	Ahorros 2004	Viviendas proyecto	Ahorros proyecto
Cimentación	3.89	-\$10.64	420	-\$17,370.16	1442	-\$59,637.55
Muros	14.75	\$68.83	420	\$426,431.66	1442	\$1,464,082.04
Losas	9.00	\$87.98	420	\$332,582.59	1442	\$1,141,866.89
Banquetas y guarniciones	1.41	\$88.07	420	\$52,169.65	1442	\$179,115.79
Arroyo vehicular	3.02	\$19.60	420	\$24,865.44	1442	\$85,371.33
				\$818,679.18		\$2,810,798.50

Ahorro por vivienda: \$1,949.24

Querétaro (La Loma V)

	m ³ /vivienda	Ahorros/m ³	Viviendas 2004	Ahorros 2004
Cimentación	3.54	-\$21.60	201	-\$15,369.11
Muros	9.53	\$57.87	201	\$110,861.46
Losas	5.65	\$77.02	201	\$87,425.89
Banquetas y guarniciones	0.71	\$77.11	201	\$11,004.94
Arroyo vehicular	0.00	\$0.00	201	\$0.00
				\$193,923.18

Ahorro por vivienda: \$964.79

Querétaro (Colinas del Sol)

	m ³ /vivienda	Ahorros/m ³	Viviendas 2004	Ahorros 2004	Resto del proyecto	Ahorros proyecto
Cimentación	3.69	-\$15.51	204	-\$11,681.23	393	-\$22,503.55
Muros	11.33	\$63.96	204	\$147,812.03	393	\$284,755.53
Losas	6.50	\$83.11	204	\$110,200.27	393	\$212,297.57
Banquetas y guarniciones	1.56	\$83.20	204	\$26,455.86	393	\$50,966.44
Arroyo vehicular	0.00	\$0.00	204	\$0.00	393	\$0.00
				\$272,786.92		\$525,515.98

Ahorro por vivienda: \$1,337.19

Los ahorros obtenidos en el total del proyecto que se muestran en **las tres tablas anteriores suman un total de \$ 3, 530,237.66.**

Con base en los resultados obtenidos en este capítulo se puede decir que el mezclador volumétrico para fabricar concreto es una alternativa que favorece económicamente al proyecto, respecto al concreto premezclado.

Se ha cumplido así el principio de que para la adquisición de un equipo nuevo se debe recuperar el doble de su costo durante el proyecto.

VI. CONCLUSIONES

Como se comentó, el concreto es un elemento indispensable en cualquier obra, se utiliza en nuestro país hasta en los lugares más alejados en pequeñas cantidades donde una persona compra un bulto de cemento y fabrica su concreto, hasta llegar a la industria que fabrica los grandes volúmenes de concreto, como es el caso de la construcción de vivienda.

Se ha tratado de satisfacer la necesidad de una empresa que quiere ser competitiva en la construcción de vivienda como es el caso de ICA Construcción de Vivienda, con la adquisición de un equipo novedoso en México como lo es el mezclador volumétrico, el cual le pueda cubrir sus necesidades de tener concreto a pie de obra en el tiempo, lugar y costo requeridos.

La adquisición de este equipo se convierte en una competencia con el concreto premezclado, con ventajas en los tiempos de entrega y costo se refiere. El reto consiste en mantener parámetros de calidad cercanos a los de las empresas mexicanas que fabrican concreto, que cuentan con años de experiencia, tecnología de punta y calidad de clase mundial.

En la comparación de tiempos de entrega del concreto, donde se tienen retrasos por la espera del concreto premezclado, se puede obtener una ventaja ya que con el mezclador se tiene el concreto a la hora programada. Se adquiere independencia en los programas de colados y se eliminan costos por horas muertas.

En el programa de colados realizado para la obra Colinas del Sol, se observó que es muy ajustado el tiempo para la fabricación del concreto durante el día, pero es posible cumplir con todos los pedidos. En el programa de colados de la obra El Faro el tiempo de terminación de colados rebasa las horas laborales razonablemente permisibles, por lo que se decidió no fabricar concreto para losas, utilizando concreto premezclado; reduciendo en consecuencia el volumen de concreto para el análisis.

En caso de presentarse problemas de retrasos en los colados y que ello significara la necesidad de ejecutar a horas no convenientes, la primera solución sería utilizar el día sábado para colar. Si aún colando el sábado se siguen teniendo retrasos, quiere decir que el mezclador por sí mismo no satisface las necesidades de concreto, por lo que se deberá optar por reemplazar una o dos de las actividades de fabricación por concreto premezclado y así ajustar los tiempos, como se comentó en el capítulo dos dejando de fabricar el concreto para losas de entrepiso y losas de azotea.

Los costos obtenidos por metro cúbico de concreto son competitivos. El ahorro calculado (respecto al concreto premezclado) durante el proyecto es de \$ 3'530,237.66. Si tomamos en cuenta que el costo de adquisición de cada mezclador es de \$ 1'419,000.00 (costos ya amortizados en el análisis e independientes de los ahorros generados), se evidencia que se trata de una inversión rentable.

Cabe mencionar que con el paso del tiempo estos costos pueden mejorarse, con base en un mejor manejo del mezclador volumétrico cuidando la calibración para obtener las resistencias deseadas y evitando desperdicios de materiales, y así reduciendo el 2.68% de riesgo que se obtuvo. No se debe olvidar que siempre se debe hacer una pequeña provisión con la cual se puedan cubrir los posibles errores que se cometen en la construcción.

En el caso en que el concreto fabricado en sitio es más costoso que el premezclado (por ejemplo la cimentación), se puede optar por seguir adquiriendo concreto hasta que se pueda reducir el costo por lo menos hasta igualarlo, en caso de seguir comprando el premezclado se pueden mejorar los tiempos en los programas de colados de fabricación en sitio en donde se podrán colar más muros, losas o realizar entortado para losas de azotea con el tiempo que se utilizaba el mezclador en surtir el concreto para cimentaciones.

El éxito de una empresa está en reducir todos aquellos factores de riesgo que implican costos que se ven reflejados en el precio por unidad de producto. Por último también hay que decir que el éxito de toda empresa radica en tomar el reto de innovar adquiriendo aquellos riesgos que al principio se presentan como insuperables, para fortalecerse y mejorar.

Se cumple uno de los objetivos de la ingeniería que es la innovación en procesos que ayuden a la construcción. Es cierto que se requieren grandes inversiones, pero éstas se justifican si contribuyen a un beneficio económico en el proyecto y producen ahorros que se conviertan en mejoramiento de los precios de venta de las viviendas para acercar la posibilidad de que más personas tengan una vivienda propia.

APÉNDICE A

Tablas: Análisis de costo concreto hecho en obra.

COSTO DE LA MEZCLA

CONCRETO P/EDIFICACION: AGREGADO 1 1/2", F'C= 150 kg/cm², REV 10

PRECIOS INCLUYEN IVA

CIMENTACIÓN

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CEMENTO A GRANEL CEMEX	TON	0.2400	\$ 1,380.00	\$ 331.20
AGUA EN PIPA	M3	0.1780	\$ 46.00	\$ 8.19
ARENA	M3	0.5690	\$ 108.67	\$ 61.83
GRAVA 1 1/2"	M3	0.7880	\$ 155.25	\$ 122.34
LABORATORIO	M3	1.0000	\$ 26.94	\$ 26.94
PUZZOLITH 322N	LTO	0.9600	\$ 17.25	\$ 16.56
POLYHEED RI	LTO	0.9600	\$ 26.91	\$ 25.83
TOTAL MEZCLA (SÓLO MATERIALES)/M3			\$	592.89

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DE LA MEZCLA

CONCRETO P/EDIFICACION: AGREGADO 3/4", F'C= 150 kg/cm², REV 14, R7

PRECIOS INCLUYEN IVA

LOSAS DE ENTREPISO Y AZOTEA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CEMENTO A GRANEL CEMEX	TON	0.2500	\$ 1,380.00	\$ 345.00
AGUA EN PIPA	M3	0.2020	\$ 46.00	\$ 9.29
ARENA	M3	0.6570	\$ 108.67	\$ 71.40
GRAVA 3/4"	M3	0.6950	\$ 155.25	\$ 107.90
LABORATORIO	M3	1.0000	\$ 26.94	\$ 26.94
ADITIVO POZZOLITH 322N	LTO	1.5000	\$ 17.25	\$ 25.88
ADITIVO POZZOLITH 122 HE	LTO	5.0000	\$ 10.79	\$ 53.95

TOTAL MEZCLA (SÓLO MATERIALES)/M3 \$ 640.35

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DE LA MEZCLA

CONCRETO P/EDIFICACION: AGREGADO 3/4", F'C= 150 kg/cm², REV 10

PRECIOS INCLUYEN IVA

BANQUETAS Y GUARNICIONES

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CEMENTO A GRANEL CEMEX	TON	0.2300	\$ 1,380.00	\$ 317.40
AGUA EN PIPA	M3	0.2020	\$ 46.00	\$ 9.29
ARENA	M3	0.6040	\$ 108.67	\$ 65.64
GRAVA 3/4"	M3	0.7830	\$ 155.25	\$ 121.56
LABORATORIO	M3	1.0000	\$ 26.94	\$ 26.94
ADITIVO PUZZOLITH 322N	LTO	0.9200	\$ 17.94	\$ 16.50
ADITIVO POLYHEED RI	LTO	0.9200	\$ 26.91	\$ 24.76

TOTAL MEZCLA (SÓLO MATERIALES)/M3 \$ 582.09

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

COSTO DE LA MEZCLACONCRETO P/URBANIZACION: AGREGADO 1 1/2", F'C= 250 kg/cm², REV 10

PRECIOS INCLUYEN IVA

ARROYO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
CEMENTO A GRANEL CEMEX	TON	0.3300	\$ 1,380.00	\$ 455.40
AGUA EN PIPA	M3	0.1780	\$ 46.00	\$ 8.19
ARENA	M3	0.5570	\$ 108.67	\$ 60.53
GRAVA 1 1/2"	M3	0.7130	\$ 155.25	\$ 110.69
LABORATORIO	M3	1.0000	\$ 26.94	\$ 26.94
ADITIVO POZZOLITH 322N	LTO	1.3200	\$ 17.25	\$ 22.77
ADITIVO POLYHEED RI	LTO	1.3200	\$ 26.91	\$ 35.52
TOTAL MEZCLA (SÓLO MATERIALES)/M3				\$ 720.04

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA
CONCRETO TIRADO F'C=150 kg/cm² TMA 1 1/2" REV 10

RESUMEN DE COSTOS

PRECIOS INCLUYEN IVA

CIMENTACIÓN

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (MATERIALES)	M3	\$ 592.89	1.00	\$ 592.89
CAMINO ACCESO Y PLATAFORMA	P.O.T.	\$ 133,351.90	31,680.84	\$ 4.21
INFRAESTRUCTURA	P.O.T.	\$ 490,809.00	31,680.84	\$ 15.49
EQUIPO DOSIFICACIÓN Y ACARREO	P.O.T.	\$ 3,417,000.00	31,680.84	\$ 107.86
EQUIPO DE BOMBEO DE CONCRETO	P.O.T.	\$ -	-	\$ -
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	P.O.T.	\$ 1,035,000.00	31,680.84	\$ 32.67
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS	ANÁLISIS	\$ -	31,680.84	\$ -
DISEÑO CIMENTACIÓN DEL SILO	DISEÑO	\$ -	31,680.84	\$ -

*(P.O.T.) Precio de obra terminada.

COSTO ICA x M3 INC. IVA	\$ 753.12
--------------------------------	------------------

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA

CONCRETO BOMBEADO F'C=150 kg/cm² TMA 3/4" REV 14 R7

RESUMEN DE COSTOS

PRECIOS INCLUYEN IVA

LOSAS

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (MATERIALES)	M3	\$ 640.35	1.00	\$ 640.35
CAMINO ACCESO Y PLATAFORMA	P.O.T.	\$ 133,351.90	31,680.84	\$ 4.21
INFRAESTRUCTURA	P.O.T.	\$ 490,809.00	31,680.84	\$ 15.49
EQUIPO DOSIFICACIÓN Y ACARREO	P.O.T.	\$ 3,417,000.00	31,680.84	\$ 107.86
EQUIPO DE BOMBEO DE CONCRETO	P.O.T.	\$ 4,140,000.00	21,269.50	\$ 194.64
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	P.O.T.	\$ 1,035,000.00	31,680.84	\$ 32.67
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -
DISEÑO CIMENTACIÓN DEL SILO	DISEÑO	\$ -	-	\$ -

*(P.O.T.) Precio de obra terminada.

COSTO ICA x M3 INC. IVA	\$ 995.22
--------------------------------	------------------

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA**CONCRETO TIRADO F'C=150 kg/cm² TMA 3/4" REV 10****RESUMEN DE COSTOS**

PRECIOS INCLUYEN IVA

BANQUETA Y GUARNICIÓN

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (MATERIALES)	M3	\$ 582.09	1.00	\$ 582.09
CAMINO ACCESO Y PLATAFORMA	P.O.T.	\$ 133,351.90	31,680.84	\$ 4.21
INFRAESTRUCTURA	P.O.T.	\$ 490,809.00	31,680.84	\$ 15.49
EQUIPO DOSIFICACIÓN Y ACARREO	P.O.T.	\$ 3,417,000.00	31,680.84	\$ 107.86
EQUIPO DE BOMBEO DE CONCRETO	P.O.T.	\$ -	-	\$ -
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	P.O.T.	\$ 1,035,000.00	31,680.84	\$ 32.67
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -
DISEÑO CIMENTACIÓN DEL SILO	DISEÑO	\$ -	-	\$ -

*(P.O.T.) Precio de obra terminada.

COSTO ICA x M3 INC. IVA	\$ 742.32
--------------------------------	------------------

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO HECHO EN OBRA
CONCRETO TIRADO F'C=250K kg/cm² TMA 1 1/2" REV 10

RESUMEN DE COSTOS

PRECIOS INCLUYEN IVA

ARROYO

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (MATERIALES)	M3	\$ 720.04	1.00	\$ 720.04
CAMINO ACCESO Y PLATAFORMA	P.O.T.	\$ 133,351.90	31,680.84	\$ 4.21
INFRAESTRUCTURA	P.O.T.	\$ 490,809.00	31,680.84	\$ 15.49
EQUIPO DOSIFICACIÓN Y ACARREO	P.O.T.	\$ 3,417,000.00	31,680.84	\$ 107.86
EQUIPO DE BOMBEO DE CONCRETO	P.O.T.	\$ -	-	\$ -
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	P.O.T.	\$ 1,035,000.00	31,680.84	\$ 32.67
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -
DISEÑO CIMENTACIÓN DEL SILO	DISEÑO	\$ -	-	\$ -

*(P.O.T.) Precio de obra terminada.

COSTO ICA x M3 INC. IVA	\$ 880.27
--------------------------------	------------------

APÉNDICE B**Tablas: Análisis de costo concreto premezclado.****CONCRETO TIRADO F'C=150 kg/cm² TMA 1 1/2" REV 10****RESUMEN DE COSTOS**

PRECIOS INCLUYEN IVA

CIMENTACIÓN

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (CEMEX)	M3	\$ 758.24	1.00	\$ 758.24
BOMBEO DE CONCRETO	M3	\$ 160.00	-	\$ -
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	M3	\$ 48,000.00	44,040.84	\$ 1.09
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS *	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -

COSTO TOTAL DEL CONCRETO PREMEZCLADO x M3 INC. IVA**\$ 759.33**

* Acargo de la empresa contratada para surtir el concreto.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO PREMEZCLADO**CONCRETO BOMBEADO F'C=150 kg/cm² TMA 3/4" REV 14 R7****RESUMEN DE COSTOS**

PRECIOS INCLUYEN IVA

LOSAS

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (CEMEX)	M3	\$ 938.96	1.00	\$ 938.96
BOMBEO DE CONCRETO	M3	\$ 160.00	1.00	\$ 160.00
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	M3	\$ 48,000.00	44,040.84	\$ 1.09
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS *	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -

COSTO TOTAL DEL CONCRETO PREMEZCLADO x M3 INC. IVA**\$ 1,100.05**

* Acargo de la empresa contratada para surtir el concreto

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO PREMEZCLADO
CONCRETO TIRADO F'C=150 kg/cm² TMA 3/4" REV 10

RESUMEN DE COSTOS

PRECIOS INCLUYEN IVA

BANQUETA Y GUARNICIÓN

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (CEMEX)	M3	\$ 846.15	1.00	\$ 846.15
BOMBEO DE CONCRETO	M3	\$ 160.00	-	\$ -
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	M3	\$ 48,000.00	44,040.84	\$ 1.09
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS *	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -
COSTO TOTAL DEL CONCRETO PREMEZCLADO x M3 INC. IVA				\$ 847.24

* Acargo de la empresa contratada para surtir el concreto.

ANÁLISIS DE COSTO CONCRETO PREMEZCLADO
CONCRETO TIRADO F'C=250K kg/cm² TMA 1 1/2" REV 10

RESUMEN DE COSTOS

PRECIOS INCLUYEN IVA

ARROYO

CONCEPTO	UNIDAD	IMPORTE	VOL. CONCRETO	COSTO / M3
MEZCLA DE CONCRETO (CEMEX)	M3	\$ 915.63	1.00	\$ 915.63
BOMBEO DE CONCRETO	M3	\$ 160.00	-	\$ -
OPERACIÓN A CARGO DE ICA	M3	\$ 48,000.00	44,040.84	\$ 1.09
LABORATORIO P/DISEÑO DE MEZCLAS *	ANÁLISIS	\$ -	-	\$ -
COSTO TOTAL DEL CONCRETO PREMEZCLADO x M3 INC. IVA				\$ 916.72

* Acargo de la empresa contratada para surtir el concreto.

APÉNDICE C

Tablas: Áreas bajo la curva normal

probabilidad y estadística; Walpole; pag. 731

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0017	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
-1.8	.0359	.0352	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0722	.0708	.0694	.0681
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
-0.3	.3820	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

Continuación de las tablas áreas bajo la curva normal

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9278	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

APÉNDICE D

Tabla: Resultados, resistencia a la compresión de cilindros de concreto

$f_c=150$ kg/cm², muestra de resistencia a los 28 días

n (Muestras)	% de resistencia	f_c
1	73	109.5
2	79	118.5
3	87	130.5
4	86	129
5	91	136.5
6	94	141
7	85	127.5
8	86	129
9	88	132
10	84	126
11	89	133.5
12	88	132
13	91	136.5
14	94	141
15	87	130.5
16	87	130.5
17	79	118.5
18	82	123
19	85	127.5
20	92	138
21	90	135
22	88	132
23	91	136.5
24	85	127.5
25	79	118.5
26	83	124.5
27	87	130.5
28	85	127.5
29	94	141
30	96	144
31	78	117
32	89	133.5
33	88	132
34	78	117
35	96	144
36	92	138
37	91	136.5
38	86	129
39	93	139.5
40	89	133.5
41	88	132
Desviación estándar		7.877
Promedio		130.720

BIBLIOGRAFÍA

- Tecnología del Concreto; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Primera edición 1999.
- Manual de Tecnología del Concreto Sección 1; Limusa-Noriega Editores, Comisión Federal de Electricidad. Definición y requisitos de los componentes del concreto.
- Práctica recomendable para dosificar concreto normal y concreto pesado (ACI 211.1-74); Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, segunda reimpresión 1980.
- Construction Methods and Management, S.W. Nunnally, Fifth Edition 2001, Prentice Hall.
- Aditivos Para Concreto; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Última edición de las especificaciones ASTM y DGN.
- Diseño y control de mezclas de concreto; Traducción del IMCYC, primera edición 1992.
- El concreto en la obra, tomo III; IMCYC 1982.
- Manual de prácticas de laboratorio de concreto, Universidad de Chihuahua Facultad de Ingeniería.
- Aspectos fundamentales del concreto reforzado; Tercera edición 2002, Oscar M. González Cuevas y Francisco Robles Fernández; Limusa.
- Reglamento de construcciones para el Distrito Federal, (Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 2 de agosto de 1993).
- Probabilidad y Estadística; Walpole-Myers; Cuarta edición; Mc Graw Hill.
- Métodos, Planeamiento y Equipos de construcción; R. L. Peurifoy; Diana México 1982.
- Manual técnico mezclador volumétrico 3D.
- <http://www.zimmermanindustries.com>
- <http://www.mitza.com/agregados.htm>
- <http://www.imcyc.com/revista/2001/abril2001/concretos.htm>
- <http://www.constru-mexico.com/intermaq>
- <http://www.odisa.com>
- <http://www.cemex.com/concretos>.
- NOM-C-83-1988; Industria de la construcción – Concreto – Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.
- NOM-C-122-1982; Industria de la construcción – Agua para concreto.
- NMX-C-132-ONNCCE-1997 (Cancela a la NOM-C-132-1970); Industria de la construcción – Cementantes hidráulicos – Determinación del fraguado falso del cemento Portland – Método de pasta.
- NMX-C-414-ONNCCE-1999 (Cancela a la NOM-C-001-1980, NOM-C-002 y NOM-C-175-1969); Cementos hidráulicos – Especificaciones y Métodos de prueba.

-
-
- PROY-NMX-C-155-2002 (Cancela y sustituye a la NMX-C-155-1987); Industria de la construcción – Concreto hidráulico industrializado – Especificaciones.
 - Apuntes de clase, Construcción I; Ing. Luis Candelas Ramírez.
 - Apuntes de clase, Construcción I; Ing. Luis Zarate Rocha.
 - Apuntes de clase, Construcción II; Ing. Jorge Terrazas Y Allende.