

DISEÑO DE MEZCLAS

Ing. José Álvarez Cangahuala
CIP 58077

Introducción

Siendo el concreto un material que posee características de resistencia a la compresión, de impermeabilidad, durabilidad, dureza y apariencia entre muchas otras, se convierte en la única roca elaborada por el hombre. El concreto no es un bien genérico como las piedras naturales o la arena, sino un material de construcción que se diseña y se produce de conformidad con normas rigurosas, para los fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación y consolidación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación.

El concreto y sus derivados son resultados de diseños, trabajos reales de ingeniería, susceptibles de toda acción de ajuste, modificación y lo que es más importante, de optimización. Ello no debe implicar que hacer un buen concreto sea difícil. La experiencia ha demostrado que los materiales y procedimientos de un concreto bueno y uno malo pueden ser los mismos y que la diferencia entre los dos radica en los criterios juiciosos que se aplican durante su diseño, elaboración, transporte, colocación, compactación, curado y protección; lo cual en ningún momento genera un costo adicional como generalmente se cree.

Tenemos que tener en cuenta que la calidad del concreto estará determinada tanto cuando el concreto se encuentre en estado no endurecido (dependiendo al tipo y característica de la obra así como el proceso a emplearse para su colocado), en el estado ya endurecido (señaladas por el Ingeniero estructural, las cuales se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones de obra) y por el costo de la unidad cúbica del concreto.

Es muy importante señalar la necesidad de adaptar las tecnologías foráneas a las condiciones técnicas, geográficas, económicas y sociales de nuestro País; no es correcto o en todo caso estaríamos ante un riesgo innecesario pretender trasladar técnicas de un lugar a otro sin antes evaluar las consecuencias de la adopción y hacer los ajustes necesarios para obtener las ventajas buscadas sin sorpresas ni sobresaltos.

Definición:

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, es definida como el proceso que, en base a la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, permite lograr un material que satisfaga de la manera más eficiente y económico los requerimientos particulares del proyecto constructivo.

El concreto es un material heterogéneo, el cual está compuesto por material aglutinante (como el cemento Portland), material de relleno (agregados naturales o artificiales), agua, aire naturalmente atrapado o intencionalmente incorporado y eventualmente aditivos o adiciones, presentando cada uno de estos componentes propiedades y características que tienen que ser evaluadas así como aquellas que pueden aparecer cuando se combinan desde el momento del mezclado.

Consideraciones y/o criterios para el diseño de las mezclas:

Debemos enfocar el concepto del diseño de mezcla para producir un concreto, tan económicamente sea posible, que cumplan con los requisitos requeridos para los estados fresco como mezclado, transporte, colocación, compactado y acabado; y en el estado endurecido, la resistencia a la compresión y durabilidad.

En general, prácticamente todas las propiedades del concreto endurecido están asociadas a la resistencia y, en muchos casos, es en función del valor de ella que se las cuantifica o cualifica. Sin embargo, debe siempre recordarse al diseñar una mezcla de concreto que muchos factores ajenos a la resistencia pueden afectar otras propiedades.

Es usual el suponer que esta técnica consiste en la aplicación sistemática de ciertas tablas y proporciones ya establecidas que satisfacen prácticamente todas las situaciones normales en las obras, lo cual está muy alejado de la realidad, ya que es en esta etapa del proceso constructivo cuando resulta primordial la labor creativa del responsable de dicho trabajo y en consecuencia el criterio personal.

Debemos advertir finalmente que la etapa de diseño de mezclas de concreto antes que el fin de un proceso, representa sólo el inicio de la búsqueda de la mezcla más adecuada para el caso particular que abordaremos y ninguno de los métodos que trataremos puede soslayar la prueba definitiva que supone el empleo de los diseños bajo condiciones reales y su optimización en obra, con los procedimientos, los equipos y en las cantidades que en la practica se van

a emplear, teniendo en cuenta que algunas veces las especificaciones técnicas indican las condiciones que se presentarán en el momento del vaciado.

Conseguir una mezcla con un mínimo de pasta y volumen de vacíos o espacios entre partículas y consecuentemente cumplir con las propiedades requeridas es lo que la tecnología del concreto busca en un diseño de mezclas.

Antes de proceder a dosificar una mezcla se debe tener conocimiento del siguiente conjunto de información:

- a) Los materiales
- b) Del elemento a vaciar, tamaño y forma de las estructuras
- c) Resistencia a la compresión requerida
- d) Condiciones ambientales durante el vaciado
- e) Condiciones a la que estará expuesta la estructura

Parámetros básicos en el comportamiento del concreto

a) La trabajabilidad

Es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser mezclado, manejado, transportado, colocado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue). El grado de trabajabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación.

Los factores más importantes que influyen en la trabajabilidad de una mezcla son los siguientes: La gradación, la forma y textura de las partículas y las proporciones del agregado, la cantidad del cemento, el aire incluido, los aditivos y la consistencia de la mezcla.

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

El requisito de agua es mayor cuando los agregados son más angulares y de textura áspera (pero esta desventaja puede compensarse con las mejoras que se producen en otras características, como la adherencia con la pasta de cemento).

b) La resistencia

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica mas importante de un concreto, pero otras como la durabilidad, la permeabilidad y la resistencia al desgaste son a menudo de similar importancia.

c) Durabilidad

El concreto debe poder soportar aquellas exposiciones que pueden privarlo de su capacidad de servicio tales como congelación y deshielo, ciclos repetidos de mojado y secado, calentamiento y enfriamiento, sustancias químicas, ambiente marino y otras semejantes. La resistencia a algunas de ellas puede fomentarse mediante el uso de ingredientes especiales como: cemento de bajo contenido de álcalis, puzolanas o agregados seleccionados para prevenir expansiones dañinas debido a la reacción álcalis – agregados que ocurre en algunas zonas cuando el concreto esta expuesto a un ambiente húmedo, cementos o puzolanas resistentes a los sulfatos para concretos expuestos al agua de mar o en contacto con suelos que contengan sulfatos; o agregados libres de excesivas partículas suaves, cuando se requiere resistencia a la abrasión superficial. La utilización de bajas reacciones agua/cemento prolongara la vida útil del concreto reduciendo la penetración de líquidos agresivos.

La resistencia a condiciones severas de intemperie, particularmente a congelación y deshielo y a sales utilizadas para eliminar hielo, se mejora notablemente incorporando aire correctamente distribuido. El aire inyectado debe utilizarse en todo concreto en climas donde se presente la temperatura del punto de congelación.

Materiales que intervienen en una mezcla de concreto

Cemento

Es por excelencia el pegante más barato y más versátil, y sus propiedades físicas y mecánicas son aprovechadas en multitud de usos.

Es el principal componente del concreto, el cual ocupa entre el 7% y el 15% del volumen de la mezcla, presentando propiedades de adherencia y cohesión, las cuales permiten unir fragmentos minerales entre sí, formando un sólido compacto con una muy buena resistencia a la compresión así como durabilidad.

Tiene la propiedad de fraguar y endurecer sólo con la presencia de agua, experimentando con ella una reacción química, proceso llamado hidratación.

Agua

Componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas para producir una pasta eficientemente hidratada, que le otorgan la propiedad de fraguar y endurecer con el tiempo

Además este componente proporciona a la mezcla una fluidez tal que permita una trabajabilidad adecuada en la etapa del colocado del concreto. Este componente que ocupa entre el 14% y el 18% del volumen de la mezcla. En una porción de pasta hidratada, el agua se encuentra en dos formas diferentes, como agua de hidratación y agua evaporable.

Agregado

Este componente que ocupa entre 60% a 75% del volumen de la mezcla, son esencialmente materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, las cuales han sido separadas en fracciones finas (arena) y gruesas (piedra), en general provienen de las rocas naturales.

Gran parte de las características del concreto, tanto en estado plástico como endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener concretos de calidad y económicos.

Los agregados bien gradados con mayor tamaño máximo tienen menos vacío que los de menor tamaño máximo; por consiguiente, si el tamaño máximo de los agregados en una mezcla de concreto se aumenta, para un asentamiento dado, los contenidos de cemento y agua disminuirán.

En general, el tamaño máximo del agregado deberá ser el mayor económicamente disponible y compatible con las dimensiones de la estructura.

Las partículas de agregado alargadas y chatas tienen efecto negativo sobre la trabajabilidad y obligan a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y por consiguiente a emplear mayores cantidades de cemento y agua. Se considera que dentro de este caso están los agregados de perfil angular, los cuales tienen un más alto contenido de vacíos y por lo tanto requieren un porcentaje de mortero mayor que el agregado redondeado. El perfil de las partículas, por sí mismo, no es un indicador de que un agregado está sobre o bajo el promedio en su capacidad de producir resistencia.

Aire

Aire atrapado o natural, usualmente entre 1% a 3% del volumen de la mezcla, están en función a las características de los materiales que intervienen en la mezcla, especialmente de los agregados en donde el tamaño máximo y la granulometría son fuentes de su variabilidad, también depende del proceso de construcción aplicado durante su colocación y compactación.

También puede contener intencionalmente aire incluido, mayormente entre el 3% a 7% del volumen de la mezcla, con el empleo de aditivos. La presencia de aire en las mezclas tiende a reducir la resistencia del concreto por incremento en la porosidad del mismo.

Aditivos

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

Su empleo puede radicar por razones de economía o por mejorar puntualmente alguna propiedad del concreto tanto en estado fresco o endurecido como por ejemplo: reducir el calor de hidratación, aumentar la resistencia inicial o final, etc.

Pasos básicos para diseñar una mezcla de concreto:

1. Recaudar el siguiente conjunto de información:

- . Los materiales
- . Del elemento a vaciar, tamaño y forma de las estructuras
- . Resistencia a la compresión requerida
- . Condiciones ambientales durante el vaciado
- . Condiciones a la que estará expuesta la estructura

2. Determinar la resistencia requerida

$f'c$ = resistencia a la compresión (kg/cm^2)
resistencia de diseño establecida por el Ingeniero
estructural

Del ACI 318-99 se tiene:

$$f'c_r = f'c + 1.33 \sigma \quad \dots\dots (1)$$

$$f'c_r = f'c + 2.33 \sigma - 35 \quad \dots\dots (2)$$

donde: σ : desviación standard (kg/cm^2)
 $f'c_r$: resistencia a la compresión requerida (kg/cm^2)

Se escogerá el mayor valor de las fórmulas (1) y (2)

3. Seleccionar el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

La mayoría de veces son las características geométricas y las condiciones de refuerzo de las estructuras las que limitan el tamaño máximo del agregado que pueden utilizarse, pero a la vez existen también consideraciones a tomar en cuenta como la producción, el transporte y la colocación del concreto que también pueden influir en limitarlo.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de uno de estos puntos:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.
- 1/3 del peralte de las losas

Estas limitaciones a menudo se evitan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede colocarse sin dejar zonas o vacíos en forma de panal.

Muchas veces la selección del tamaño máximo de agregado esta en función de la disponibilidad del material y por su costo.

4. Selección del asentamiento

Si el asentamiento no se encuentra especificado entonces se puede partir con los valores indicados en la tabla 02 en el caso de tener sólo aire atrapado y la tabla 06 si contiene aire incorporado

5. Determinación del volumen de agua

La cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se requiere para producir un asentamiento dado, depende del tamaño máximo de agregado, de la forma de las partículas y gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido. La tabla 01 proporciona estimaciones de la cantidad de agua requerida en la mezcla de concreto en función del tamaño máximo de agregado y del asentamiento con aire incluido y sin él. Según la textura y forma del agregado, los requisitos de agua en la mezcla pueden ser mayores o menores que los valores tabulados, pero estos ofrecen suficiente aproximación para una primera mezcla de prueba. Estas diferencias de demanda de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia, puesto que pueden estar involucrados otros factores compensatorios. Por ejemplo, con un agregado grueso angular y uno redondeado, ambos de buena calidad y de gradación semejante, puede esperarse que se produzcan concretos que tengan resistencias semejantes, utilizando la misma cantidad de cemento, a pesar de que resulten diferencias en la relación agua/cemento debidas a distintos requisitos de agua de la mezcla. La forma de la partícula, por si misma, no es un indicador de que un agregado estará por encima o por debajo del promedio de su resistencia potencial.

6. Determinación del contenido de aire

El ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

La tabla 02 indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

En el caso del contenido de aire incorporado también presenta una tabla indicando valores aproximados en función además de las condiciones de exposición, suave, moderada y severa. Estos valores señalados en la tabla 06 no siempre pueden coincidir con las indicadas en algunas especificaciones técnicas. Pero muestra los niveles recomendables del contenido promedio de aire para el concreto, cuando el aire se incluye a propósito por razones de durabilidad.

7. Seleccionar la relación agua/cemento

La relación agua/cemento requerida se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación agua/cemento, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación agua/cemento de los materiales que se usaran realmente.

Para condiciones severas de exposición, la relación agua/cemento deberá mantenerse baja, aun cuando los requisitos de resistencia puedan cumplirse con un valor mas alto.

Las tablas 05 y 07 muestran estos valores limites.

8. Cálculo del contenido de cemento

Se obtiene dividiendo los valores hallados en los pasos (5)/(7)

9. Cálculo de los pesos de los agregados.

Está en función del método de diseño específico a emplear o basado puntualmente en alguna teoría de combinación de agregados.

10. Presentar el diseño de mezcla en condiciones secas.

11. Corrección por humedad del diseño de mezcla en estado seco

Hay que tener en cuenta la humedad de los agregados para pesarlos correctamente. Generalmente los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, tanto absorbida como superficial.

Peso agregado húmedo = Peso agregado seco x (1 + C.H. (%))

C.H. (%) : Contenido de humedad del agregado

El agua que va agregarse a la mezcla de prueba debe reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción.

Aporte de humedad de los agregados:

Por absorción: $L1 = \text{peso agregado seco} \times \% \text{ absorción del agregado}$

Por contenido

de humedad : $L2 = \text{peso agregado seco} \times \% \text{ C.H. del agregado}$

Entonces:

$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} + L1 - L2$

12. Presentar el diseño de mezcla en condiciones húmedas.

13. Realizar los ajustes a las mezclas de pruebas

Para obtener las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con las características deseadas, con los materiales disponibles se prepara una primera mezcla de prueba con unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo los pasos que a continuación se indican. A esta mezcla de prueba se le mide su consistencia y se compara con la deseada; si difieren, se ajustan las proporciones.

Se prepara, luego, una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, que ya garantiza la consistencia deseada; se toman muestras de cilindro de ella y se determina su resistencia a la compresión; se compara con la resistencia deseada y si difieren, se reajustan las proporciones. Se prepara una tercera mezcla de prueba con las proporciones reajustadas que debe cumplir con la consistencia y la resistencia deseadas; en el caso de que no cumpla alguna de las condiciones por algún error cometido o debido a la aleatoriedad misma de los ensayos, se pueden ser ajustes semejantes a los indicados hasta obtener los resultados esperados.

Como puede verse el procedimiento de dosificación de mezclas se basa en el método de "ensayo y error" que en este caso converge rápidamente con el sistema de ajuste y reajuste.

Granulometría Global:

Las diferentes investigaciones desarrolladas para obtener una granulométrica de combinación ideal se basan en la capacidad de acomodamiento y compactación de las partículas en un volumen dado, para lograr una máxima densidad y por ende una máxima resistencia.

No existe una granulometría global que sea la más adecuada para todas las condiciones de obra, la tendencia del concreto a segregar varía con las características de la mezcla.

Cada método de diseño de mezcla, señala un procedimiento para la elección de los porcentajes respectivos pero en general o como regla general los porcentajes definitivos o finales deben basarse en pruebas bajo condiciones de obra.

Secuencias de los principales métodos de diseños de mezclas:

Método ACI 211

Este procedimiento propuesto por el comité ACI 211, está basado en el empleo de tablas.

Secuencia:

1. Selección de la resistencia requerida ($f'c_r$)
 $f'c_r = f'c + 1.33 \sigma$
 $f'c_r = f'c + 2.33 \sigma - 35$
donde σ : desviación standard (kg/cm²)
2. Selección del TMN del agregado grueso.
3. Selección del asentamiento
4. Seleccionar el contenido de agua TABLA 01
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado TABLA 02
6. Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad. TABLAS 05 y 07
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(5)

8. Seleccionar el peso del agregado grueso
TABLA 04 proporciona el valor de b/b_0 , donde b_0 y b : son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.
9. Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.
10. Cálculo del volumen del agregado fino.
11. Cálculo del peso en estado seco del agregado fino.
12. Presentación del diseño en estado seco.
13. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
14. Presentación del diseño en estado húmedo.

Método Walker

Secuencia:

1. Selección de la resistencia requerida ($f'_{c r}$)
 $f'_{c r} = f'_{c} + 1.33 \sigma$
 $f'_{c r} = f'_{c} + 2.33 \sigma - 35$
 donde σ : desviación standard (kg/cm²)
2. Selección del TMN del agregado grueso.
3. Selección del asentamiento
4. Seleccionar el contenido de agua TABLA 09
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado TABLA 02
6. Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad. TABLAS 05 y 07
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(5)
8. Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los componentes sin incluir los agregados.
9. Determinar el volumen del agregado total.

10. Calcular el porcentaje del agregado fino TABLA 08
11. Calcular el volumen del agregado grueso.
12. Cálculo de los pesos de los agregados gruesos y finos.
13. Presentación del diseño en estado seco.
14. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
15. Presentación del diseño en estado húmedo.

Método del módulo de fineza de la combinación de agregados

Secuencia:

1. Selección de la resistencia requerida ($f'c_r$)
 $f'c_r = f'c + 1.33 \sigma$
 $f'c_r = f'c + 2.33 \sigma - 35$
 donde σ : desviación standard (kg/cm²)
2. Selección del TMN del agregado grueso.
3. Selección del asentamiento
4. Seleccionar el contenido de agua TABLA 01
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado TABLA 02
6. Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad. TABLAS 05 y 07
7. Cálculo del contenido de cemento (4)/(5)
8. Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los componentes sin incluir los agregados.
9. Cálculo del volumen absoluto de los agregados.
10. Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados. TABLA 03
11. Cálculo del porcentaje de agregado fino (rf)

$$rf = \frac{mg - m}{mg - mf}$$
12. Cálculo de los volúmenes absolutos de los agregados.

13. Cálculo del pesos secos de los agregados.
14. Presentación del diseño en estado seco.
15. Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
16. Presentación del diseño en estado húmedo.

Aplicación y comparación de los principales diseños de mezclas:

A continuación se señalan los principales parámetros a conocer para elaborar un diseño de mezclas y se calculará el diseño de mezcla con 3 métodos diferentes, indicando los pasos correspondientes para cada uno.

Parámetros principales a conocer

Características de los materiales:

Cemento

Marca y tipo	Sol
Procedencia	Cementos Lima
Densidad relativa	3.11

Agua

Agua potable de la red pública de San Juan de Miraflores - Lima	
Peso específico	1000 Kg/m ³ .

Agregados:

	Fino	Grueso
Cantera	Jicamarca	Jicamarca
Perfil		angular
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1560	1587
Peso unitario compactado	1765	1660
Peso específico seco	2690	2780
Módulo de fineza	2.70	6.50
TMN		3/4"
Porcentaje de absorción	0.70%	0.60 %
Contenido de humedad	7.5%	3.0 %

Características del concreto:

Resistencia a compresión del proyecto :	210 Kg/cm ² .
Desviación standard–Planta concretera :	18 Kg/cm ² .
Asentamiento :	Concreto superplastificado

Condiciones ambientales y de exposición:

Durante el vaciado

Temperatura promedio ambiente : 20°C

Humedad relativa : 60%

Condiciones a la que estará expuesta:

Normales

1. *Resistencia requerida:*

De las especificaciones técnicas se tiene:

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2. \quad \sigma = 18 \text{ Kg/cm}^2.$$

reemplazando en las fórmulas (1) y (2):

$$f'c_r = 210 + 1.33 (18) = 233.94 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c_r = 210 + 2.33 (18) - 35 = 216.94 \text{ Kg/cm}^2.$$

Se tiene entonces como $f'c_r = 233.94 \text{ Kg/cm}^2$.

2. *TMN:*

De acuerdo a las especificaciones indicadas para la obra TMN= 3/4"

3. *Asentamiento:*

Según las especificaciones el concreto es superplastificado, por lo tanto presentará un asentamiento de 6" a 8".

4. *Contenido de agua*

	<u>M. ACI 211</u> Tabla 01	<u>M. Walker</u> Tabla 09	<u>M. Módulo de fineza combinación agregados</u> Tabla 01
Se tiene:			
agua =	216 lt.	227 lt.	216 lt.

5. *Contenido de aire total:*

Dado las condiciones especificadas no se requiere incluir aire.

	<u>M. ACI 211</u> Tabla 02	<u>M. Walker</u> Tabla 02	<u>M. Módulo de fineza combinación agregados</u> Tabla 02
Se tiene:			
aire =	2.0 %	2.0 %	2.0 %

6. *Relación agua/cemento:*

Dado que no se presenta problemas por durabilidad, el diseño sólo tomará en cuenta la resistencia.

	<u>M. ACI 211</u>	<u>M. Walker</u>	<u>M. Módulo de fineza combinación agregados</u>
--	-------------------	------------------	--

	Tabla 05	Tabla 05	Tabla 05
Se tiene:			
a/c =	0.65	0.65	0.65

7. *Contenido de cemento:*

	<u>M. ACI 211</u>	<u>M. Walker</u>	<u>M. Módulo de fineza combinación agregados</u>
calculando			
(4) / (6) :	332 kg.	349 kg.	332 kg.

Por el Método del ACI 211

8. *Selección del peso del agregado grueso:*

Tabla 04 se tiene: $b / b_o = 0.62$, como $b_o = 1660 \text{ Kg/m}^3$
entonces el peso del agregado grueso = 1029 Kg.

9. *Calculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino:*

cemento	332/3110	=	0.10675 m3
agua	216/1000	=	0.2160
aire		=	0.0200
<u>agr. grueso</u>	<u>1029/2780</u>	=	<u>0.37014</u>
			0.71289 m3

10. *Cálculo del volumen del agregado fino.*

$$\begin{aligned} \text{Volumen del agregado fino} &= 1 - (9) \\ &= 1 - 0.71289 \\ &= 0.2871 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

11. *Cálculo del peso en estado seco del agregado fino.*

$$\begin{aligned} \text{Peso agregado fino (seco)} &= (11) \times \text{Peso específico seco} \\ &= 0.2871 \times 2690 \\ &= 772.3 \end{aligned}$$

12. *Presentación del diseño en estado seco*

Cemento	332	Kg.
Agua	216	Lt.
Arena	772.3	Kg.
Piedra	1029	Kg.
Aire	2	%

Por el Método Walker

8. *Cálculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin incluir los agregados:*

cemento	349/3110	=	0.11222 m3
agua	227/1000	=	0.2270
aire		=	0.0200
			<hr/>
			0.3592 m3

9. *Determinar el volumen del agregado total:*

$$\begin{aligned}\text{Volumen del agregado total} &= 1 - (8) \\ &= 1 - 0.3592 \\ &= 0.6408 \text{ m3.}\end{aligned}$$

10. *Calcular porcentaje del agregado fino Tabla 08*

Se tiene de la tabla : 36 %

11. *Calcular el volumen del agregado fino y grueso*

Volumen del agregado fino:

$$\begin{aligned}\text{Efectuando: } (9) \times (10) &= 0.6408 \times 36\% \\ &= 0.230 \text{ m3}\end{aligned}$$

Volumen del agregado grueso:

$$\begin{aligned}\text{Efectuando: } (9) \times [1 - (10)] &= 0.6408 \times (100\% - 36\%) \\ &= 0.4101 \text{ m3}\end{aligned}$$

12. *Cálculos de los pesos de los agregados*

$$\begin{aligned}\text{Peso agregado fino (seco)} &= (11) \times \text{Peso específico seco} \\ &= 0.230 \times 2690 \\ &= 618.7 \text{ Kg.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Peso agregado grueso(seco)} &= (11) \times \text{Peso específico seco} \\ &= 0.4101 \times 2780 \\ &= 1140 \text{ Kg.}\end{aligned}$$

13. *Presentación del diseño en estado seco*

Cemento	349	Kg.
Agua	227	Lt.
Arena	618.7	Kg.
Piedra	1140	Kg.
Aire	2	%

Por el Método del módulo de fineza de la combinación e agregados

8. *Cálculo de la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin incluir los agregados:*

cemento	332/3110	=	0.10675 m ³
agua	216/1000	=	0.2160
aire		=	0.0200
			<hr/>
			0.34275 m ³

9. *Determinar el volumen del agregado total:*

$$\begin{aligned}\text{Volumen del agregado total} &= 1 - (8) \\ &= 1 - 0.34275 \\ &= 0.65725 \text{ m}^3.\end{aligned}$$

10. *Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados. Tabla 03*
Interpolando se tiene: $m = 5.096$

11. *Calculo del porcentaje del agregado fino:*

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f}$$

Se sabe de (10) $m = 5.096$ y que $m_g = 6.50$ y $m_f = 2.7$
Reemplazando : $r_f = 36.95 \%$

12. *Calcular el volumen del agregado fino y grueso*

Volumen del agregado fino:

$$\begin{aligned}\text{Efectuando: (9) x (11)} &= 0.65725 \times 36.95 \% \\ &= 0.243 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volumen del agregado grueso:

$$\begin{aligned}\text{Efectuando: (9) x [1 - (11)]} &= 0.65725 \times (100\% - 36.95 \%) \\ &= 0.4144 \text{ m}^3\end{aligned}$$

13. *Cálculos de los pesos de los agregados*

$$\begin{aligned}\text{Peso agregado fino (seco)} &= (12) \times \text{Peso específico seco} \\ &= 0.243 \times 2690 \\ &= 653.67 \text{ Kg.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Peso agregado grueso(seco)} &= (11) \times \text{Peso específico seco} \\ &= 0.4144 \times 2780 \\ &= 1152 \text{ Kg.}\end{aligned}$$

14. *Presentación del diseño en estado seco*

Cemento	332	Kg.
Agua	216	Lt.
Arena	653.7	Kg.
Piedra	1152	Kg.
Aire	2	%

**Resumen de los diseños de mezclas en condición seca
obtenidos con diferentes métodos**

Materiales	METODOS DE DISEÑOS DE MEZCLAS			Unid.
	ACI 212	Walker	Módulo de fineza de la combinación de agregados	
Cemento	332	349	332	Kg.
Agua	216	227	216	Lt.
Arena	772	619	654	Kg.
Piedra	1029	1140	1152	Kg.
Aire	2	2	2	%

----- ° -----

TABLA 01**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Agua en l/m³, para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicada.

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

TABLA 02**CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8 "	3.0 %
1/2 "	2.5 %
3/4 "	2.0 %
1 "	1.5 %
1 1/2 "	1.0 %
2 "	0.5 %
3 "	0.3 %
4 "	0.2 %

TABLA 03

MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS

Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	6	7	8	9
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1 / 2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.39

TABLA 04

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

Vólumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volúmen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino. (b / b_o)

Tamaño máximo nominal del agregado grueso.	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1 / 2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3 / 4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1 / 2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

TABLA 05**RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA**

f'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
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 confeccionada por el comité 211 del ACI.

TABLA 06**CONTENIDO DE AIRE INCORPORADO Y TOTAL**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Contenido de aire de total (%)		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8 "	4.5 %	6.0 %	7.5 %
1/2 "	4.0 %	5.5 %	7.0 %
3/4 "	3.5 %	5.0 %	6.5 %
1 "	3.0 %	4.5 %	6.0 %
1 1/2 "	2.5 %	4.5 %	5.5 %
2 "	2.0 %	4.0 %	5.0 %
3 "	1.5 %	3.5 %	4.5 %
6 "	1.0 %	3.0 %	4.0 %

TABLA 07**CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION**

Condiciones de exposición	Relación w/c máxima, en concretos con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregados livianos
Concreto de baja permeabilidad (a) Expuesto a agua dulce..... (b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles..... (c) Expuesto a la acción de aguas cloacales.....	 0.50 0.45 0.45	 2.60
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas (a) Bardineles, cunetas, secciones delgadas..... (b) Otros elementos	 0.45 0.50	 300
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina, o rocío de estas aguas Sí el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.....	 0.40 0.45	 325 300

La resistencia f_c no deberá ser menor de 245 Kg/Cm² por razones de durabilidad

TABLA 08**PORCENTAJE DE AGREGADO FINO**

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.3 A 2.4								
3 / 8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1 / 8"	49	46	43	40	57	54	51	48
3 / 4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1 / 2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 2.6 A 2.7								
3 / 8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1 / 2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3 / 4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1 / 2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2	37	35	33	32	45	42	40	38
Agregado Fino – Módulo de Fineza de 3.0 A 3.1								
3 / 8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1 / 2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3 / 4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1 / 2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

. Los valores de la tabla corresponden a porcentajes del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

.. los valores corresponden agregado grueso angular en concretos de peso normal sin aire incorporado.

TABLA 09**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Tamaño máximo Nominal	Volumen unitario de agua, expresado en Lt/m ³ .					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	agregado redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado angular	agregado redondeado	agregado angular
3/8 "	185	212	201	227	230	250
1/2 "	182	201	197	216	219	238
3/4 "	170	189	185	204	208	227
1 "	163	182	178	197	197	216
1 1/2 "	155	170	170	185	185	204
2 "	148	163	163	178	178	197
3 "	136	151	151	167	163	182

Los valores de esta tabla corresponden a concretos sin aire incorporado