ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

"Control en Agregados y Hormigón Fresco para Diseño de Hormigón Masivo, Experiencia en Obra con Varias Consistencias y Resistencias"

A. Acebo[1], S. Correa[2], G. Proaño[3] , C. Terreros[4] , C. Pindo[5]
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra [1][2][3] [4] [5]
Escuela Superior Politécnica del Litoral [1][2][3] [4] [5]
Km. 30.5 Vía Perimetral [1][2][3] [4] [5]
Guayaquil[1] [2][3] [4] [5] Ecuador
a_acebo99@yahoo.com[1], secoas@hotmail.com[2], gproano@espol.edu.ec[3] , cterreros@espol.edu.ec[4] , jpindo@espol.edu.ec[5]

Resumen

El presente trabajo muestra la definición del hormigón masivo, bosqueja lineamientos básicos para generar un plan de control de materiales utilizados para la fabricación del mismo.

Incluye una introducción elemental a las consideraciones para el diseño de dosificaciones, mostrando los pasos y tablas a utilizar para generar un diseño eficiente, basado en sus características principales.

Expone conceptos básicos para generar un plan de control de calidad del hormigón en estado fresco, considerando el comportamiento característico del hormigón masivo. Este documento se refiere al hormigón masivo colocado en sitio.

Elaborar un plan de pruebas de dosificaciones de hormigón, para ratificar el comportamiento térmico de la mezcla. Estas recomendaciones son aplicables en obras de magnitud considerables.

Se exponen pasos recomendados por la norma para el diseño de una dosificación de hormigón, posterior se comparten experiencias en obra con materiales de la ciudad de Guayaquil.

Palabras Claves: *Hormigón Masivo, Materiales, Construcción.*

Abstract

The present work shows the definition of the massive concrete, sketches principal limits to generate a plan of control of materials used for the manufacture of the same one.

It includes an elementary introduction to the considerations for the design of dosings, showing the steps and tables used to generate an efficient design. It exposes basic concepts to generate a plan of quality control of the concrete in fresh condition, considering the distinctive behavior of the massive concrete. This document refers to the massive concrete placed in site.

To elaborate a plan of tests of concrete dosings, to ratify the thermal behavior of the mixture. These recommendations are applicable in considerable works of magnitude.

The steps recommended by the norm are exposed to continuing the designs of a dosing concrete, also field experience with materials of the Guayaquil city are shared.

1. Introducción

Este documento reseña la definición del hormigón masivo, menciona las características que definen este tipo de hormigón. Indica las consideraciones básicas para diseño de dosificación; muestra un listado de ensayos para control de agregados y control de hormigón en estado fresco.

2. Hormigón Masivo

2.1 Definición

El hormigón masivo es definido por la norma ACI 207.1R como: “cualquier volumen de hormigón con dimensiones lo suficientemente grandes como para exigir que se adopten medidas para hacer frente a la generación de calor de hidratación del cemento y el consecuente de cambio de volumen para reducir al mínimo grietas”.

2.2 Consideraciones

El hormigón masivo ha sido ampliamente utilizado en la construcción de presas, es aquí en donde se identificada por primera vez la relación agrietamiento-temperatura. Esta relación también se ha experimentado en otras secciones en estructuras de hormigón que incluye, cimentaciones, pilotes, pilas de puentes, muros, y diversas estructuras más.

Las propiedades principales a considerar del hormigón masivo son: durabilidad, economía, acciones térmicas, quedando en segundo lugar la resistencia a la compresión. Altas resistencia a la compresión usualmente no son requeridas en los hormigones masivos, existen excepciones.

2.3 Características

La característica que distingue al hormigón masivo de otro tipo de hormigón es el comportamiento térmico. La reacción agua-cemento es exotérmica por naturaleza, la temperatura se eleva en el interior del hormigón donde la disipación de temperatura es lenta lo que provoca un aumento de temperatura considerable. Importantes fuerzas de tensión y esfuerzos pueden desarrollarse asociado a un cambio volumétrico dependiente del incremento o disminución de temperatura en la masa de hormigón.

Las medidas de prevención deben ser tomadas donde el agrietamiento debido al comportamiento térmico puede causar pérdida de la integridad estructural y acción monolítica, o puede causar excesiva infiltraciones y acortamiento de la vida útil de la estructura, o puede ser estéticamente inadmisible.

2.4 Tipos de Estructuras

La práctica en construcciones con hormigones masivos ha evolucionado para satisfacer los requerimientos de la ingeniería, como presas de gravedad de hormigón, arcos de presas, esclusas de navegación, reactores nucleares, centrales eléctricas, grandes cimentaciones de muelles, puentes. También son aplicables a las estructuras más pequeñas, donde los altos niveles de tensiones por causas térmicas, generan potenciales grietas debido a los cambios volumétricos no tolerables.

3. Consideraciones para Dosificación

Como cualquier otro hormigón, el hormigón masivo está compuesto de cemento, agregados y agua, de forma frecuente contiene adiciones químicas o minerales para generar propiedades específicas.

El objetivo de una dosificación es la selección de combinación de materiales que produzcan un hormigón que cumpla con los requerimientos de la estructura con respecto a la economía, trabajabilidad, estabilidad dimensional y libre de grietas, baja generación de calor, resistencia adecuada, durabilidad, y en caso de estructuras hidráulicas baja permeabilidad.

3.1 Condiciones generales para dosificación

Las condiciones generales para la dosificación de un hormigón masivo no difieren en mayor forma de la dosificación de un hormigón convencional, de aquí que ambos dependen de las condiciones que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones generales para dosificación

Tipo de Condición	Característica que deben considerarse	Parámetros Condicionales
Diseño	Resistencia	Tipo de Cemento Relación agua/cemento
Uso en Obra	Trabajabilidad	Dosis de Agua
		Granulometría total
	Características del Elemento	Tamaño Máximo
Durabilidad	Condiciones Ambientales Ataques Agresivos	Tipo de Cemento Uso de Aditivos Dosis Mínima de Cemento

⇩

Condiciones de partida para dosificación de un Hormigón Masivo	✓ Tipo de Cemento ✓ Uso de Aditivos ✓ Tamaño Máximo ✓ Trabajabilidad. ✓ Rel. Agua Cemento

3.2 Cementos

Los siguientes tipos de cemento hidráulico son adecuados para uso en construcción de hormigón masivo:

- Cemento Pórtland: tipo I, II, IV y V que cumplan con la norma ASTM C 150.
- Mezcla de cemento: tipo P, IP, S, IS, I(PM), y I(SM) que cumplan con la norma ASTM C595.

Cuando se utiliza cemento portland con puzolana o con otros cementos, los materiales son almacenados por separado en la planta de mezcla. Economía y la baja generación de temperatura son los dos objetivos logrados al disminuir al mínimo posible el contenido total de cemento.

Dentro de las especificaciones que se consideran para el diseño de la dosificación en el hormigón masivo, se incluyen las siguientes:

- Temperatura máxima del hormigón al momento de la colocación.
- Temperatura máxima de calor de hidratación del hormigón durante el fraguado y edades definidas
- Diferencial máximo de temperatura del hormigón colocado entre el inferior y exterior del elemento.

La rata y la magnitud de la generación de calor en el hormigón depende de la cantidad de cemento y puzolana, composición del cemento y tamaño (finura), y de la temperatura durante la hidratación del cemento.

La temperatura de hidratación se ve afectada para aumentar o disminuir por las condiciones: dimensión del elemento, condiciones de exposición, en definitiva la temperatura exacta del hormigón depende de muchas variables.

3.3 Adiciones

Las adiciones para hormigón son materiales de naturaleza inorgánica que destacan por sus características puzolánicas o hidráulicas; finamente molidos, pueden ser añadidos al hormigón a fin de mejorar sus propiedades o dotarlo de características especiales. Tipos de adiciones: cenizas volantes, humo de sílice, escoria de alto horno.

Las cenizas volantes son los residuos sólidos que se recogen por precipitación electrostática o por captación mecánica de los polvos que acompañan a los gases de combustión de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas por carbones pulverizados.

El humo de sílice es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos eléctricos de arco para la producción de silicio y ferrosilicio. Son subproductos que provienen de fábricas de hierro.

3.4 Puzolana

La puzolana en el hormigón masivo es utilizada para reducir el contenido de cemento Pórtland para mejorar la economía, para disminuir la generación de calor interno, para mejorar la trabajabilidad, y para disminuir el riesgo potencial de daño por la reacción álcali-agregado y ataque de sulfatos. Debe reconocerse, sin embargo, que las propiedades de las diferentes puzolanas pueden variar ampliamente. Algunas puzolanas pueden introducir problemas en el hormigón, como el aumento de la contracción de secado así como la reducción de la durabilidad y baja resistencia a temprana edad.

3.5 Aditivos

Los aditivos para hormigón son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.

Las adiciones químicas o aditivos que son importantes para el hormigón masivo se clasifican en los siguientes grupos:

- Incorporación de aire,
- Reducción de agua, y
- Establecer parámetros de control.

Importantes beneficios que pueden proporcionar al hormigón masivo en estado plástico: el aumento de trabajabilidad y/o reducir el contenido de agua, retrasar el fraguado inicial, modificar la rata y/o capacidad de sangrado, reduce la segregación.

Propiedades que pueden proporcionar al hormigón masivo en estado endurecido: reducción de la generación de calor durante el endurecimiento, incremento de capacidad portante, disminución del contenido de cemento, aumento de la durabilidad, disminución de permeabilidad, mejor resistencia a la abrasión/erosión.

3.6 Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial con dimensiones varias.

Los agregados proporcionan ventaja técnica al hormigón, al darle mayor estabilidad volumétrica y durabilidad.

Los agregados son más baratos que el cemento por ende se trata de encontrar la distribución de agregados que ocupe la mayor cantidad de espacios con la menor cantidad de cemento, esto produce una economía en el hormigón.

Los agregados pueden ser:

- <u>Agregados Finos:</u> Es la fracción de agregado que pasa totalmente el tamiz Nº 4 (4,75 mm). Puede estar compuesta por granos naturales, fabricados por trituración de granos de mayor tamaño, o una mezcla de ambos. El agregado fino debe consistir en partículas resistente, densa, durable, sin partículas de otro material. No debe contener cantidades dañinas de arcilla, limo, polo, mica, materia orgánica u otras impurezas, ya sea por separado o en conjunto, pues estas vuelven imposible alcanzar las propiedades requeridas por el hormigón cuando se encuentran en proporciones considerables.
- <u>Agregados Gruesos:</u> Agregado grueso se define como la grava, grava triturada, o roca triturada, o una mezcla con tamaño nominal mayor al tamiz Nº 4 (4.75 mm) y menor a 6 pulgadas (150 mm). El tamaño del agregado grueso esta dictado por el espacio entre refuerzo o elementos incrustados. La falta de agregado grueso o el menor tamaño de este incide en la cantidad de cemento necesaria para el hormigón que redunda en la cantidad de calor generada en la etapa de hidratación, la posibilidad de agrietamiento por cambio volumétrico y condiciones para colocación de hormigón. El tamaño máximo de agregado grueso no debe ser menor a la cuarta parte de la menor dimensión de la estructura ni los dos tercios de la distancia libre entre refuerzos entre barras horizontales o donde hay más de un refuerzo vertical para cortante. Caso contrario, la norma para el agregado grueso en el hormigón masivo es utilizar el mayor tamaño de agregado grueso que sea practico.

3.7 Agua

El agua utilizada para la mezcla de hormigón debe estar libre de materiales que afectan significativamente las reacciones de la hidratación del cemento portland.

El agua que es apta para beber en general puede considerarse como aceptable para el uso en la mezcla del hormigón. La Potabilidad se opone a cualquier contenido objetable de cloruros.

Como regla, el agua con PH de 6,0 a 8,0 o posiblemente hasta 9,0, que no tenga sabor solubre es adecuado para usar.

Cuando es conveniente determinar si el agua contiene materiales que afectan significativamente el desarrollo de la fuerza de cemento, las pruebas comparativas se realizarán en morteros hechos con agua de la fuente y con agua destilada.

3.8 Selección de Proporciones

El principal objetivo de los estudios para la dosificación de hormigón masivo es establecer la mezcla adecuada que proporcione economía, resistencia, durabilidad, e impermeabilidad con la mejor combinación de materiales disponibles que proporcionen suficiente trabajabilidad para la colocación y menor generación de temperatura después de la colocación.

La selección de la relación agua-cemento establece la resistencia, la durabilidad, y permeabilidad en el hormigón. También debe existir suficiente material fino para proporcionar trabajabilidad. La experiencia ha demostrado que el tamaño máximo de agregado es 6 pulgadas (150 mm), la cantidad de cemento puede llegar a ser diez por ciento menor cuando el agregado es angular.

El primer paso para llegar a la dosificación por peso es seleccionar el tamaño del agregado máximo para cada parte de la obra. El siguiente paso es determinar el contenido total de agua, relacionado directamente con el contenido de cemento, en este punto ocupa un lugar importante la trabajabilidad necesaria en el hormigón.

3.9 Control de Temperatura

Los cuatro elementos de un efectivo programa de control de temperatura, alguno o todos pueden ser utilizados en un proyecto de hormigón masivo, son los siguientes:

Control del contenido del cemento, donde la elección del tipo y la cantidad de material cementicio pueden disminuir el potencial de generación de calor del hormigón. Pre-enfriamiento, donde el enfriamiento de los ingredientes logra menor temperatura al momento de colocar el hormigón. Post-enfriamiento, donde la disipación de calor limita la elevación de temperatura en la estructura.

Administración de la construcción, donde se hacen esfuerzos para proteger la estructura de las diferencias de temperatura excesivas mediante el empleo de los conocimientos de la manipulación del hormigón, programación de la construcción de elementos, y métodos constructivos.

4. Control en Agregados y Hormigón Fresco

Está sección pretende mencionar las normas que fijan las especificaciones técnicas mínimas necesarias para que los agregados cumplan con los requerimientos de calidad y calificación para ser utilizados en un hormigón masivo, la tabla 2 muestra los ensayos recomendados para el agregado fino.

4.1 Pruebas en Agregados

Al menos tres cuartas partes del volumen del hormigón están ocupadas por agregados, en tal virtud sus propiedades físicas, térmicas y químicas, influyen en el comportamiento del hormigón, lo que demuestra que las características de resistencia de los agregados son importantes.

En la tabla 3 se muestran los ensayos recomendados para control del agregado grueso.

Tabla 2. Ensayos para agregado fino

Nombre de ensayo	Norma
Densidad y Absorción (%)	ASTM C-127
Granulometría (modulo de finura)	ASTM C-136, ASTM C-33
Masa especifica y masa unitaria (g/cm3)	ASTM C-29, ASTM C-138
Taza de arcilla en grumos (%)	ASTM C-142
Resistencia al ataque de Sulfato de Sodio	ASTM C-88
Detección de impureza orgánica	ASTM C-40
Análisis petrográfico	ASTM C-295
Reactividad potencial	ASTM C-227, ASTM C-289, ASTM C-1260/01

Tabla 3. Ensayos para agregado grueso

Nombre de ensayo	Norma
Densidad y Absorción (%)	ASTM C-127
Granulometría (modulo de finura)	ASTM C-136, ASTM C-33
Masa especifica y masa unitaria (g/cm3)	ASTM C-29, ASTM C-138
Abrasión Los Ángeles (% perdida)	ASTM C-131
Resistencia al ataque de Sulfato de Sodio	ASTM C-88
Análisis petrográfico	ASTM C-295
Reactividad potencial	ASTM C-227, ASTM C-289, ASTM C-1260/01

4.2 Pruebas con Hormigón Fresco

Cada mezcla de hormigón es dosificada en función de requerimientos estructurales, tipo de procedimiento constructivo y condiciones de exposición. Por tales motivos es indispensable poseer un plan adecuado de control de calidad del hormigón previo al vaciado de cada elemento a fundir.

Si bien el hormigón fresco tiene solamente interés pasajero, se debe notar que el grado de compactación afecta, y seriamente, la resistencia del hormigón de proporciones de mezcla dadas. Por tanto, es vital que la consistencia de la mezcla, sea tal que el hormigón se pueda transportar, colocar, compactar y acabar con suficiente facilidad y sin segregación.

El plan de control de calidad de hormigones establece la ejecución de ensayos rutinarios (mostrados en la tabla 4) para verificar en cada mezcla enviada a obra el cumplimiento estricto de las especificaciones.

Tabla 3. Ensayos para control Hormigón fresco

Nombre de ensayo	Norma
Muestreo del hormigón fresco	ASTM C-172
Revenimiento	ASTM C-143
Medición de la temperatura en hormigón fresco	ASTM C-1064
Elaboración de cilindros para ensayos de compresión	ASTM C-43
Medición del contenido de aire (método de presión)	ASTM C-231
Medición del tiempo de fraguado	ASTM C-403
Exudación	ASTM C-232

5. Experiencias en Obra

En la primera parte se muestran 12 pasos recomendados para la dosificación las tablas a las que se hace referencia en el texto se encuentran en el trabajo de grado, capitulo 5; no se muestran en este documento por su tamaño.

5.1 Pasos para la Dosificación

Paso 1. – Determinar todos los requerimientos relacionados a las propiedades del hormigón incluyendo:

- Tamaño máximo nominal de los agregados que pueden ser usados.
- Revenimiento.
- Limitaciones en las proporciones de agua-cemento.
- Temperatura máxima esperada en la colocación.
- Rangos de contenido de aire
- Resistencia requerida y edades de prueba
- Condiciones de exposición esperadas.
- Velocidades esperadas de agua, cuando el hormigón debe ser sujetado al agua suelta.
- Requerimientos de la calidad de los agregados.
- Propiedades del material cementante.

Paso 2. – Determinar las propiedades esenciales de los materiales si la información suficiente no está disponible. Muestras representativas de todos los materiales a ser incorporados en el hormigón deberán ser recolectados en cantidades suficientes para proveer pruebas de verificación por evaluación en conjunto.

Las cantidades sugeridas de material necesario para completar las pruebas requeridas se muestran en la tabla 5.2. Si la puzolana es económicamente viable, o requerida por las especificaciones, el porcentaje sugerido en la tabla 5.1 deberá ser usado como punto inicial en las mezcla de pruebas.
Del material enviado para los programas de pruebas, determinar las siguientes propiedades:

- Análisis por tamiz de todos los agregados.
- Gravedad especifica de los agregados.
- Absorción de los agregados.
- Forma de partícula de los agregados gruesos.
- Modulo de finura de los agregados finos.
- Gravedad especifica del cemento portland, y/o puzolana y/o cemento mezclado.
- Propiedades físicas y químicas del cemento portland y/o puzolana o cemento mezclado incluyendo calor de la hidratación a los 7 días.cemento puede describirse como un material con propiedades

Paso 3. – Selección de la relación Agua/Cemento. Si la relación agua-cemento no se determina en las especificaciones del proyecto, seleccionar de la tabla 5.4 la relación de agua-cemento (A/C) máxima permisible para las condiciones de exposición particulares.

Compare esta relación A/C con la relación máxima permisible requerida de la tabla 5.2 para obtener el promedio de resistencia el cual incluye la resistencia especifica más un valor de tolerancia por la variación anticipada y usar la relación A/C más baja.

La relación A/C deberá ser reducida a 0.02 para asegurar que la proporción A/C máxima permisible no sea excedida durante los ajustes en obra.

Paso 4. – Estimación de la cantidad de agua requerida para mezclado. Los requerimientos estimados del agua de la tabla 5.7 para el revenimiento específico y el tamaño máximo nominal del agregado. La temperatura inicial de la colocación puede afectar estos requerimientos del agua

Paso 5. – Selección de aire incorporado. Seleccionar el total del aire contenido de la mezcla como se recomienda en la tabla 5.5. Una medida exacta de aire contenido se puede realizar durante los ajustes futuros de las mezcla.

Paso 6. – Calcular el peso del cemento requerido del W/C seleccionado (paso 3) y el requerimiento de agua (paso4).

Paso 7. – Determinar el volumen absoluto para los materiales cementicos, contenido de agua, y contenido de aire de la información obtenida en los pasos 4, 5 y 6. Calcular individualmente el volumen absoluto del cemento y puzolana.

Paso 8. – Selección del porcentaje del agregado grueso. De la tabla 5.6, y basados en los módulos de fineza de los agregados finos así como el tamaño máximo nominal y el tipo de agregado grueso, se determina el porcentaje de agregados gruesos del volumen total de agregados.

Paso 9. – Se determina el volumen absoluto del total de agregados sustrayendo de la unidad de volumen los volúmenes absolutos de cada material calculados en el paso 7. Basado en el monto de agregados gruesos seleccionados en el paso 8, se determina el volumen absoluto del agregado grueso. El resto de los volúmenes absolutos representa la cantidad de agregados finos en la mezcla.

Paso 10. – Establecer la combinación deseada de los agregados gruesos separados en grupos por tamaño. Usando las clasificaciones individuales del agregado grueso, combinar todos los agregados gruesos en una clasificación uniforme aproximando las clasificaciones a los mostrados en la tabal 5.7 para el agregado de 6 pulgadas (150 mm) tamaño máximo nominal (NMSA) o de 3 pulgadas (75 mm) NMSA. El porcentaje de cada grupo de tamaño deberá ser redondeado para el porcentaje completo más cercano.

Paso 11. – Convertir todos los volúmenes absolutos a peso por unidad de volumen de todos los ingredientes en la mezcla.

Paso 12. – Revisar el contenido del mortero. De los volúmenes absolutos calculados anteriormente, calcular el contenido del mortero y comparar los resultados con los valores dados en la tabla 5.5. Los valores en la tabla 5.5 proveerán una indicación de la trabajabilidad de la mezcla como se determina por el desempeño en el campo. La tabla 5.5 puede ser usado como una ayuda al hacer ajustes de la mezcla en laboratorio.

6. Caso Práctico

Datos de referencia del caso: el hormigón va a ser requerido en la sub-estructura de un puente segmental, específicamente para el elemento zapata cuya dimensión de arista mínima es de 1,5 m, luego de la revisión de los planos estructurales se determina que el tamaño máximo del agregado recomendado es piedra de 19 mm debido a la cuantía de acero del elemento, se solicita un revenimiento de 22 cm +/- 2 cm, las especificaciones del proyecto contemplan el uso de cemento tipo I con temperatura máxima de colocación 29ºC, tiempo de fraguado 6 +/- 2 horas, resistencia a los 28 días de 35 MPa.
Resumen de datos
F´c: 35 MPa
Revenimiento: 22 cm
Cemento: tipo I
Tamaño máximo de agregado: 19 mm
Temperatura máxima de colocación: 29 º C
Tiempo de fraguado: 6 horas

Luego de realizar el procedimiento indicado en los doce pasos que recomienda la norma, obtenemos los siguientes resultados:

Relación agua / cemento: 0.36
Densidad teórica del hormigón: 2375,97 Kg/m^3

Se recomienda como medidas de control de temperatura el enfriamiento del agua de mezclado, reemplazar una porción de agua por hielo, Control de temperatura mediante termocuplas y enfriamiento posterior al vaciado. Utilizar aditivos para disminuir el contenido de agua y aumentar la trabajabilidad.

7. Agradecimientos

Gracias a Dios por brindar la compañía, sabiduría, fuerza y apoyo de nuestros padres, hermanos, toda la familia, a nuestros amigos, para todos ellos la gratitud es eterna, su ayuda y recuerdo es invaluable e imborrable. Gracias a la ESPOL sus autoridades, profesores y trabajadores.

8. Referencias

[1] American Concrete Institute, Committtee 207, 207.1R-96 Mass Concrete, 1996
[2] American Concrete Institute, Committee 207, 201.2R Guide to Durable Concrete, 1996
[3] American Concrete Institute, Committee 207, 207.2R Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete, 1996
[4] American Concrete Institute, Committee 207, 207.4R Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete, 1996
[5] American Concrete Institute, Committee 207, 221R Guide for Use of Normal Weight Aggregates in Concrete, 1996
[6] Adam M. Neville, "Tecnología del Hormigon", primera edición, IMCYC ,1999.
[7] V. Orozco, conferencia "Control Calidad en Hormigones, CICG, 2004
[8] C. Videla, Curso Dosificación de hormigones, PUCC, 2007.

8. Conclusión y resultados.

La investigación del tema nos permite realizar las siguientes recomendaciones:

Para elaborar la dosificación conocer las características físicas y químicas de los agregados a utilizar en la obra.

El estudio de los componentes químicos y físicos del cemento son indispensables para poder seleccionar de manera correcta el tipo conveniente para la obra.

Elaborar un plan de pruebas de dosificaciones de hormigón, para ratificar el comportamiento térmico de la mezcla.

Estas recomendaciones son aplicables en obras de magnitud considerables.

Para las obras pequeñas, es suficiente realizar pruebas con los distintos tipos de cemento enfocados en control del desarrollo de temperatura para elegir el sistema de control de temperatura más conveniente de acuerdo a las condiciones que genere el cemento elegido.

En definitiva el hormigón masivo puede llegar a hacer una alternativa viable económicamente pues la disminución de la cantidad de cemento siempre redunda en el bajo costo, los costos iniciales de estudio de materiales a utilizar se puede recuperar con creces a lo largo de la construcción.