

# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela Ingeniería en Construcción



## INFLUENCIA DE LOS SUPERPLASTIFICANTES EN LA TRABAJABILIDAD Y RESISTENCIA DE LOS HORMIGONES GRADO H-25 Y H-30

Tesis para optar al Título de:  
Ingeniero Constructor.

Profesor Guía: Sr. José Arrey Díaz.  
Constructor Civil, especialidad  
Hormigones.  
Experto en Prevención de Riesgos  
Ocupacionales.

CRISTIAN RODRIGO OLIVA VILLANUEVA  
VALDIVIA - CHILE

2008

A mis padres Ingrid y Luis por creer en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco:

A mi profesor guía Sr. José Arrey por apoyarme en este proyecto.

Al personal LEMCO, en especial a Marcelo y Leo por su buena disposición al colaborar en la realización de las mezclas y pruebas.

Al Sr. César Zumelzu director de READY MIX Valdivia, por el donativo del aditivo superplastificante, ya que sin éste esta tesis no se habría podido realizar.

También a mis compañeros Carolina y Favian, por su ayuda en momentos de duda y en especial a Carlitos por ayudarme preparar las mezclas para los ensayos.

# INDICE DE CONTENIDO

<b>TEMA</b>	
	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCION</b>	
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>	
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	
<b>CAPITULO I – HORMIGON</b>	
1.1.- Antecedentes Históricos.....	1
1.2.- Generalidades.....	6
1.3.- Componentes del Hormigón.....	7
1.3.1.-Cemento.....	7
1.3.1.1.- Clasificación de los Cementos Fabricados en Chile.....	8
1.3.2.- Áridos.....	9
1.3.2.1.- Condiciones que deben cumplir los Áridos.....	10
1.3.3.- Agua.....	12
1.4.-Propiedades del Hormigón.....	12
1.4.1.-Hormigón Fresco.....	12
1.4.1.1.-Procesos que experimenta el Hormigón Fresco.....	12
1.4.2.-Propiedades del Hormigón Endurecido.....	16

## **CAPITULO II - ADITIVOS**

2.1.- Historia.....	22
2.2.- Conceptos Generales.....	23
2.3.- Clasificación de los Aditivos según normativas y organismos.....	24
2.4.- Mecanismos de Acción de algunos Aditivos.....	25
2.4.1.-Acelerantes o activantes.....	25
2.4.2.-Aireantes.....	26
2.4.3.- Dispersión de PAV.....	27
2.4.4.- Dispersores.....	28
2.4.5.- Expansivos.....	28
2.4.6.- Gasificadotes.....	29
2.4.7.- Floculantes.....	29
2.4.8.- Hidrófugos.....	30
2.4.9.- Humectantes.....	30
2.4.10.- Incorporadotes.....	31
2.4.11.- Plastificantes.....	31
2.4.12.- Retardadores.....	32
2.5.- Superplastificantes – Fluidificantes.....	33

## **CAPITULO III - EXPERIENCIA**

3.1.- Generalidades.....	36
3.2.- Diseño de hormigones patrones.....	37
3.2.1.- Ensayos realizados a los áridos para la Dosificación.....	37
3.2.1.1.-Granulometría.....	38
3.2.1.2.-Colorimetría.....	38
3.2.1.3.- Material Fino menor que 0,080mm.....	39
3.2.1.4.-Densidades Reales, Netas y Absorción.....	39

3.2.2.- Dosificaciones.....	40
3.2.2.1.- Dosis de Aditivo.....	44
3.3.- Confección de Mezclas de Prueba.....	44

## **CAPITULO IV - ENSAYOS Y RESULTADOS.**

4.1.- Ensayo de Asentamiento del Cono de Abrams.....	52
4.1.1.- Resultados.	
➤ Hormigón H-25.....	52
➤ Hormigón H-30.....	53
4.2.- Ensayos de Compresión.....	54
4.2.1.- Resultados.....	54
4.2.1.1.- Densidades.....	54
➤ Hormigón H-25.....	54
➤ Hormigón H-30.....	55
4.2.1.2.- Resistencias.....	56
4.2.1.2.1.- Ensayo de Compresión.	
➤ Compresión a los 3 Días de H-25.....	56
➤ Compresión a los 7 Días de H-25.....	57
➤ Compresión a los 14 días de H-25.....	58
➤ Compresión a los 28 días de H-25.....	59
➤ Resumen Resistencia a Todas las Edades H-25.....	60
➤ Porcentaje de Variación Resistencia en base al Hormigón patrón H-25.....	61
➤ Compresión a los 3 Días de H-30.....	62
➤ Compresión a los 7 Días de H-30.....	63
➤ Compresión a los 14 días de H-30.....	64
➤ Compresión a los 28 días de H-30.....	65

➤ Resumen Resistencia a Todas las Edades H-30.....	66
➤ Porcentaje de Variación Resistencia en base al Hormigón patrón H-30.....	67

## **CAPITULO V - CONCLUSIONES**

5.1.- Conclusiones.....	68
-------------------------	----

## **CAPITULO VI - BIBLIOGRAFIA**

6.1.- Bibliografía.....	71
6.2.- Referencias de Internet.....	73

## **ANEXOS**

ANEXO 1: Ficha Técnica, Aditivo Sika Vicocrete 4000 CL.....	74
ANEXO 2: Ficha de Datos de Seguridad, Aditivo Sika Viscocrete 4000 CL.....	77

## INDICE DE FIGURAS

### TEMA

---

Pág.

---

#### CAPITULO I: HORMIGON

TABLA N° 1, Clasificación de los Cementos según su Composición.....10

TABLA N° 2, Clasificación de los Cementos según su Resistencia.....10

#### CAPITULO III: EXPERIENCIA

TABLA N° 3, Ajuste de Porcentajes de Grava y Arena a Bandas Granulométricas...38

TABLA N° 4, Dosificación H-25 para un Metro Cúbico.....42

TABLA N° 5, Resumen Dosificación H-25 para 30lts.....43

TABLA N° 6, Dosificación H-30 para un Metro Cúbico.....43

TABLA N° 7, Resumen Dosificación H-30 para 30lts.....43

TABLA N° 8, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de  
Hormigón Patrón H-25.....45

TABLA N° 9, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de  
Hormigón H-25-01.....45

TABLA N° 10, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de  
Hormigón H-25-02 y H-25-03.....45



TABLA N° 11, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón y H25-04 y H-25-05.....	46
TABLA N° 12, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H-30.....	46
TABLA N° 13, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H-30-01 y H-30-02.....	46
TABLA N° 14, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H-30-03.....	47
TABLA N° 15, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H-30-04 y H-30-05.....	47
Fotografía N° 1: Betonera con Arena.....	48
Fotografía N° 2: Betonera con arena y cemento.....	48
Fotografía N° 3: Mezcla de Hormigón en estado fresco.....	48
Imagen N° 1: Ensayo de Asentamiento del cono de Abrams.....	49
Fotografía N° 4: Desmolde de probetas cúbicas para luego ser pesadas, medidas y ensayadas.....	50
Fotografías N° 5: Ensayo de compresión a una probeta cúbica.....	51

#### **CAPITULO IV: ENSAYOS Y RESULTADOS.**

TABLA N° 16, Resultados de la Medición de Cono, H-25.....	52
GRAFICO N° 1, Variación Asentamiento Cono H-25.....	52
TABLA N° 17, Resultados de la medición de cono, H-30.....	53
GRAFICO N° 2, Variación Asentamiento Cono H-30.....	53
TABLA N° 18, Densidades Promedios, H-25.....	54
GRAFICO N° 3, Variación Promedio de Densidades H-25.....	54

TABLA N° 19, Densidades Promedios, H-30.....	55
GRAFICO N° 4, Variación Promedio de Densidades H-30.....	55
TABLA N° 20, Resistencias, H-25 a los 3 días.....	56
GRAFICO N° 5, Variación resistencia, 3 días H-25.....	56
TABLA N° 21, Resistencias, H-25 a los 7 días. 54.....	57
GRAFICO N° 6, Variación Resistencia, 7 días H-25.....	57
TABLA N° 22, Resistencias, H-25 a los 14 días.....	58
GRAFICO N° 7, Variación Resistencia, 14 días H-25.....	58
TABLA N° 23, Resistencias, H-25 a los 28 días.....	59
GRAFICO N° 8, Variación Resistencia, 28 días H-25.....	59
GRAFICO N° 9, Resumen Resistencia a Todas las Edades H-25.....	60
TABLA N° 24, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-25.....	61
GRAFICO N° 10, Porcentaje Alcanzado con Respecto al Patrón H-25.....	61
TABLA N° 25, Resistencias, H-30 a los 3 días.....	62
GRAFICO N° 11, Variación resistencia, 3 días H-30.....	62
TABLA N° 26, Resistencias, H-30 a los 7 días. 54.....	63
GRAFICO N° 12, Variación Resistencia, 7 días H-30.....	63
TABLA N° 27, Resistencias, H-30 a los 14 días.....	64
GRAFICO N° 13, Variación Resistencia, 14 días H-30.....	64
TABLA N° 28, Resistencias, H-30 a los 28 días.....	65
GRAFICO N° 14, Variación Resistencia, 28 días H-30.....	65
GRAFICO N° 15, Resumen Resistencia a Todas las Edades H-30.....	66
TABLA N° 29, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-30.....	67
GRAFICO N° 16, Porcentaje Alcanzado con Respecto al Patrón H-30.....	67

## **RESUMEN**

En este trabajo se evaluó la influencia que produce el aditivo superplastificante en los Hormigones.

Para esto se prepararon mezclas patrón (sin el aditivo mencionado), y mezclas de prueba con diferentes dosis de aditivos.

En cada mezcla de prueba se determinó la resistencia y la docilidad del hormigón para poder desarrollar un análisis comparativo de todos los resultados obtenidos.

De los resultados obtenidos, se puede mencionar que se observa un comportamiento excelente en la trabajabilidad y un aumento en la resistencia.

## **ABSTRACT**

In this work was evaluated the influence that produces the superplastificante additive in Concretes.

For this were prepared pattern mixtures (without the mentioned additive),and test mixtures with different doses of additives.

In each test mixture was determine the resistance and the docility of the concrete in order to be able to develop a comparative analysis of all the obtained results.

About the results, could be mention that there was an excellent performance in the workability and an increase in resistance.

## INTRODUCCION

Uno de los elementos más utilizados en las obras civiles, es el hormigón. Este presenta una gran variedad, dependiendo de los requerimientos que se le pidan.

Pero como es requerido para diferentes condiciones ambientales o de variados tipos de estructuras, se puede comprobar que el hormigón no es adaptable por si solo.

Para esto se incorporaran aditivos al hormigón, ya que lo hacen ser más resistente a las condiciones que sean más débiles.

Estos aditivos están destinado a producir hormigones más trabajables, de mejor terminación, resistentes, durables e impermeables, transformándose en un componente esencial junto con el agua y los áridos, para la obtención de un hormigón de alta calidad, pero también es necesario conocer sus propiedades según las distintas dosis incorporadas a las mezclas, por lo que se hace necesario realizar un estudio de las cantidades requeridas para conseguir el resultado esperado.

Esta memoria se realizo para ver la influencia de los aditivos superplastificante en la trabajabilidad y resistencia en los hormigones H-25 y H-30 y los usaremos con cono mayor a 5cm., ya que para mezclas con superplastificantes se piden hormigones con cono menor a 5cm, para verificar hasta que cantidad es considerable su aplicación para que no afecte su resistencia ni trabajabilidad.

## **OBJETIVOS GENERALES**

Determinar las variaciones que experimentan las propiedades finales del hormigón al agregar distintas dosis de aditivo superplastificante, todo esto referido a muestras patrones.

Específicamente se determinará:

- La variación de resistencia mecánica del hormigón al agregarle aditivo superplastificante.
- La variación de la docilidad del hormigón con el aditivo superplastificante.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.- Diseñar mezclas de prueba para hormigones de grado H-25 y H-30, con cono superior a los 5cm.
- 2.- Confeccionar mezclas de prueba agregando aditivo superplastificante en dosis de 40.8, 81.6, 122.4, 163.2 y 204 gramos para el hormigón H-25 y de 45.2, 90.4, 135.6, 180.8 y 226 gramos para el hormigón H-30.
- 3.- Confeccionar probetas y ensayar a compresión a los 3, 7, 14 y 28 días, para todas las mezclas de pruebas realizadas para los hormigones H-25 y H30.

## **CAPITULO I**

### **HORMIGON**

#### **1.1.- Antecedentes Históricos.**

Posiblemente el uso de materiales cementantes se remonta al inicio de la civilización cuando el hombre se vio en la necesidad de construir su habitación utilizando arcilla o una mezcla de cal y arena para unir las piedras y conformar una estructura simple que le sirviera de protección. No hay forma de determinar la primera vez que se utilizó un material aglomerante, sin embargo, hay vestigios que indican que la obra de hormigón más antigua fue construida alrededor de los años 5600 A.C. en las riberas del río Danubio en Yugoslavia. Esta consistía en la construcción del piso para chozas en un pueblo de la edad de piedra. Después de esta aplicación no se tienen noticias de la utilización de esta técnica hasta el año 2650 A.C. cuando los egipcios construyeron las pirámides de GIZET, en donde los bloques de piedra de esta obra fueron pegados con un mortero hecho de yeso calcinado impuro y arena; a esta obra, siguieron otras que aún se encuentran a lo largo del río Nilo.

Posteriormente, en el año 500 A.C. los antiguos griegos mezclaron compuestos basados en caliza calcinada (cal viva) y agua a la cual se adicionaba arena, para recubrir y unir piedras y ladrillos no cocidos, llegando a mencionarse que los palacios de Creso y Atala fueron construidos de esta forma. La adición a estas mezclas, de piedra triturada, tejas rotas o ladrillo, dieron origen al primer hormigón de la historia. Probablemente, la civilización romana copió la idea de la producción de hormigón de los griegos. Se han encontrado obras de hormigón romanas fechadas con anterioridad al año 300 A.C.

Como los morteros de cal viva no resistían muy bien la acción del agua durante períodos largos, se presume que a esta mezcla se incorporaron toda clase de

agregados y durante estas pruebas empíricas se descubrió que la arena proveniente de ciertas rocas volcánicas tenía mayor resistencia y duración tanto en aguas dulces como saladas. Los romanos, diseñaron sus obras para soportar cargas de compresión, resultando estructuras con muros excesivamente gruesos y pesados. Para reducir el peso de los muros se optó por aligerar el hormigón mediante la inclusión de jarras de barro en su masa, la utilización de agregado de baja densidad de procedencia volcánica y el diseño de arcos.

Con esta técnica de hormigón aligerado fueron construidos algunos arcos del Coliseo Romano, la Basílica de Constantino y también el Domo del Panteón, el cual es una de las estructuras antiguas más interesantes y fue la de mayor luz (diámetro 50 metros) durante mucho tiempo.

Con la caída del imperio romano declinó el uso del hormigón y muchos de los conocimientos desarrollados desaparecieron completamente. La técnica comenzó a ser recobrada en Inglaterra y se tienen evidencias que hacia el año 700 D.C. se construyeron en Saxon elementos mezclados de hormigón en forma de recipientes superficiales en la roca, de diámetro 2 y 3 metros, encontrándose que empleaban en la fabricación del hormigón y el mortero una caliza del sector como agregado y cal quemada como cementante.

Durante la edad media y el renacimiento el hormigón fue poco empleado. Posiblemente no se usó en gran escala por la mala calidad debida a una cocción incompleta de la cal, descuido en la mano de obra y carencia de tobas Volcánicas. Después del siglo XII, mejoró la calidad y de nuevo se utilizó gracias a una perfecta calcinación de la cal y al uso de algún material similar en propiedades a las tobas volcánicas anteriormente mencionadas.

En Latinoamérica, hay muestras de desarrollo de materiales cementantes y estructuras imponentes como las ciudades construidas por los Mayas y los Aztecas en México o las construcciones de Machu Pichu en el Perú, entre otras. Obras que



resultan tan importantes como las pirámides de Egipto, e indican el gran desarrollo de la Ingeniería y de la tecnología del hormigón, en esas civilizaciones precolombinas.

En el siglo XVIII, en el cual se revivió el auge por la investigación, un ingeniero de Leeds fue comisionado para que construyera por tercera vez un faro en el acantilado de Edystone en la costa Cornwall, situado a unos 8 km de Plymouth en Inglaterra. El encargado, John Smeaton, decidió adelantar una serie de estudios que buscaban encontrar una mejor solución para que el faro pudiera soportar el azote casi continuo del agua, y de estos estudios dedujo que la única manera de garantizar la resistencia de la construcción debía ser empleando piedra unida con un mortero producido con cal calcinada para formar una construcción monolítica la cual debía soportar en la parte inferior, la acción constante de las olas y de los vientos con alto contenido de agua de mar. La cimentación del faro todavía permanece en su sitio, desafiando al mar, después de más de 200 años de construida.

Así se inicio una carrera por obtener cemento de construcción y en 1811, Dabbs obtuvo una patente para producirlo empleando arcilla y polvo de los caminos.

Posteriormente el 21 de octubre de 1824 Joseph Aspdin un constructor de Leeds (Inglaterra), calcinó en un horno una mezcla de tres partes de piedra caliza por una de arcilla, la cual molió y pulverizó y consiguió la patente para producir el primer cemento Portland; así llamado porque la coloración del mismo le recordaba al inventor, el color grisáceo de las rocas de Portland. La patente solo nombraba los ingredientes básicos, sin entrar en detalles de fabricación.

La primera construcción en la cual se empleó en gran escala el hormigón, fue la casa construida por Jhon Bazley White en Swanscombe, Kent, (1835). Allí se empleó en muros, tejas, marcos de ventanas, trabajos de decoración e incluso en gnomos de adorno en el jardín delantero. Lo único que no está construido en ese material es el entrepiso, puesto que aún no se conocía la técnica del hormigón reforzado.

El proceso de producción de cemento fue mejorado por Isaac Johnson en 1845 cuando logró con éxito fabricar este producto quemando una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del Clinker, el cual después fue pulverizado obteniendo un compuesto fuertemente cementante. Johnson encontró que la temperatura de calcinación debía elevarse hasta el máximo que pudiera lograrse con métodos de ese tiempo y describió sus experimentos más explícitamente que Aspdin.

Tomando como base los experimentos de Johnson, la fabricación de cemento Portland se inició en varias plantas, no sólo en Inglaterra, sino también en toda Europa. Aunque la cantidad producida fue muy pequeña.

Hasta el año 1900 aproximadamente, empezó el crecimiento notable de la industria del cemento, debido fundamentalmente a dos factores: en primer lugar, los experimentos realizados por los químicos franceses Vicat y Le Chatelier y por el alemán Michaélis, con los cuales se logró producir cemento de calidad uniforme, que pudiera ser usado en la industria de la construcción. En segundo lugar, dos invenciones mecánicas muy importantes se hicieron al principio del siglo: los hornos rotatorios para la calcinación y el molino tubular para la molienda. Con estas dos máquinas, pudo producirse el cemento Portland en cantidades comerciales. A partir de ese momento, se desarrolla el rápido crecimiento de esta industria, que hoy produce un material de construcción imprescindible, dentro del actual sistema de vida.

El desarrollo del hormigón propiamente dicho como material de construcción, empezó hacia principios del siglo XIX, poco después de la obtención de la patente del "Cemento Portland" (1824) y posteriormente se afianzó con la invención del hormigón armado que se atribuye al jardinero parisiense Jack Monier, quien, hacia 1861, fabricó un jarrón de mortero de cemento, reforzado con un enrejado de alambre.

Este material, se vino a conocer como ferro-cemento, un siglo más tarde. La verdad, es que para entonces, ya se habían construido diversos objetos aplicando la misma idea, pero sin que tuvieran trascendencia en la industria de la construcción. Así

por ejemplo Lambot construyó en 1850 una barca de cemento reforzada con hierro, que pudo verse en la Exposición Universal de París del año 1855 y que aún se exhibe en el Parque Miraval.

En 1861, el Ingeniero francés Coignet estableció normas para fabricar bóvedas, vigas, tubos, etc., con este novedoso material y presentó, asociado con Monier, algunos ejemplares en la exposición del año 1867. En este mismo año, Monier obtuvo sus primeras patentes para hacer estos elementos.

La primera referencia bibliográfica del uso de hormigón reforzado aparece en 1830 en una publicación titulada "Enciclopedia de la arquitectura de casas de campo, granjas y aldeas", la cual sugiere emplear una malla de varillas de hierro embebidas en hormigón, para conformar un techo. En 1848 despertó gran interés el primer bote del mundo en hormigón reforzado, construido por el abogado francés Jean Louis Lambot, quien empleó una malla de varillas de hierro y hormigón con agregado muy pequeño recubriéndola. Esta obra fue exhibida con éxito en la exposición de París de 1855.

Pero la persona a quien históricamente se le ha dado el mérito de haber desarrollado el hormigón reforzado es el constructor William Wilkinson, de Newcastle, Inglaterra.

En Chile los antecedentes de evolución no son muchos. En 1856 se utiliza por primera vez el cemento el cual fue importado. Se continuó trabajando de la misma forma, aunque esta no fue muy masiva, hasta 12 de Mayo de 1906 donde se abrió en Chile la primera industria de Cemento Portland del país y de Sudamérica, con la que ya se pudo aumentar y diversificar considerablemente el empleo de los hormigones a nivel nacional.

Otro hito importante, es la puesta en funcionamiento de hormigones premezclados, el cual cumplía las exigencias de calidad requeridas, simplificando todo el proceso constructivo de lo que significaba la confección del hormigón en obra.

Hoy en día la tecnología del hormigón está muy avanzada, por lo que es posible hacer construcciones en las cuales el 90 a 95% de ellas está construida de hormigón, y si a esto sumamos el aporte que significan los aditivos, podemos obtener, construcciones de importancia cumpliendo al máximo los requisitos exigidos para la época.

## **1.2- Generalidades.**

El hormigón es básicamente una mezcla de dos componentes:

Agregado y pasta. La pasta, compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla N°16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

La pasta esta compuesta de Cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto.

Como los agregados constituyen aproximadamente el 60 al 75 % del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como resistencias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

Las ventajas que han hecho del hormigón un material ampliamente utilizado en la construcción de diversas obras de ingeniería son:

- Posibilidad de producción utilizando materiales de amplia difusión en cualquier país del mundo.
- Facilidad para dar cualquier forma, gracias a la plasticidad que posee este en su etapa inicial.
- Posibilidad de prever y adaptar sus características a cualquier tipo de exigencia.
- Posibilidad de construcción utilizando recursos simples o complejos según la naturaleza de la obra.
- Buena durabilidad y resistencia a la corrosión, a condiciones ambientales desfavorables y al fuego.

### **1.3.- Componentes de Hormigón.**

#### **1.3.1.- Cemento.**

Componente en polvo finísimo de color grisáceo, que al mezclarlo con agua forma una pasta aglomerante que endurece tanto fuera como bajo el agua.

Los principales elementos del cemento son sílice, alúmina, cal, óxido de hierro y óxido de magnesio.

Teniendo el material se mezclan en proporciones adecuadas y se pasa a una etapa de calcinación en un horno rotatorio, de donde aparece el clínker. Después es

sometido a un molino de bolas que permiten reducir el tamaño de los componentes hasta polvo fino.

Una vez que el clínquer se encuentra en este estado se le agrega yeso más o menos un 5% del peso. Este porcentaje cumple la función de regular el proceso de fraguado del cemento, el cual si no lo contiene endurecería en forma casi inmediata.

El proceso antes descrito es el que se utiliza para fabricar el cemento Portland. Además hay otros tipos de cementos Portland con adiciones o especiales.

#### 1.3.1.1.-Clasificación de los Cementos fabricados en Chile.

Según la norma NCh 148 of 68. Cemento. Terminología, Clasificación y Especificaciones Generales. Los cementos nacionales se clasifican por su composición y su resistencia.

##### Según su composición.

CLASIFICACION	COMPONENTES			
	CLINQUER	ESCORIA	AGREG. TIPO A	PUZOLANA
Portland	100%			
Portland Siderúrgico	≥ 70%	≤30%		
Siderúrgico	70%-25%	30%-75%		
Portland con Agr. Tipo A	≥70%		≤30%	
Con agr. Tipo A	70%-50%		30%-50%	
Portland Puzolánico	≥70%			≤30%
Puzolánico	70%-50%			30%-50%
Con Fines Especiales	A definir en cada oportunidad			

Tabla N° 1, Clasificación de los cementos según su composición.  
Fuente: NCh 148 of 68.

**Según Resistencia.**

CEMENTO GRADO	TIEMPO FRAGUADO		RESISTENCIAS MINIMAS (Kg/cm <sup>2</sup> )				EXPANSION AUTOCLAVE
			COMPRESION		FLEXION		
	INICIAL	FINAL	7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	%
CORRIENTE	> 60 min.	< 12 hrs.	180	250	35	45	<1
ALTA RESISTENCIA	> 45 min.	< 10 hrs.	250	350	45	55	<1

Tabla N° 2, Clasificación de los cementos según su resistencia.  
Fuente: NCh. 148 of 68.

**1.3.2.- Áridos.**

Se dice que las primeras mezclas del hormigón eran para reconstruir la piedra original, utilizada en las construcciones de las primeras civilizaciones. Para esto se unían fragmentos de piedras con algún material para que actuaran de pegamento. Actualmente los fragmentos de piedras son los áridos y el pegamento es el cemento (mezcla del cemento con agua).

Se denomina árido al material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción, principalmente. El árido se diferencia de otros materiales por su estabilidad química y su resistencia mecánica, y se caracteriza por su tamaño. No se consideran como áridos aquellas sustancias minerales utilizadas como materias primas en procesos industriales debido a su composición química.

Representan el mayor volumen en el hormigón. Normalmente entre un 65 – 75% del hormigón esta constituido por áridos.

### **1.3.2.1 Condiciones que deben cumplir los Áridos.**

En general los áridos utilizados para la fabricación de hormigones deben estar compuestos por partículas duras, limpias, de forma y tamaño estables. La norma chilena NCh 163 "Aridos para morteros y hormigones – Requisitos generales" especifica estos requerimientos básicos.

Las condiciones pueden resumirse en tres grupos:

#### **Docilidad:**

De gran importancia, ya que de ella depende la facilidad que podamos obtener para manejar el hormigón en estado fresco.

Diremos que está relacionada directamente con:

- La composición granulométrica que tengan los áridos, la cual será regulada por la norma NCh 165 y NCh 163.
- El contenido de granos finos, el que es regulado por la norma NCh 163 y NCh 1223.
- Forma de los granos, regulada por la norma NCh 163 y NCh 1511.
- Porosidad, regulada por NCh 163, NCh 1239 y NCh 1117.



### **Resistencia Propia:**

El árido debe ser capaz de resistir condiciones ambientales y las tensiones para las cuales será diseñado. Una forma indirecta de medir esta resistencia es someter la muestra a los ensayos de desgaste de grava, por el método de la máquina de los ángeles y partículas desmenuzables, cuyos ensayos serán regidos por las normas NCh 1369 y NCh 1327 respectivamente. Además de cumplir con estas normas de ensayo los áridos deberán satisfacer los requisitos mínimos especificados en la NCh 163.

### **Estabilidad Físico-Química:**

El árido debe ser capaz de soportar las condiciones físico-químicas provocadas por el ambiente al que será expuesto.

En su estabilidad química, los áridos deberán presentar inalterabilidad ante los compuestos producidos durante el proceso de fraguado, además no deben poseer productos nocivos que puedan alterar el proceso de fraguado y endurecimiento de la pasta de cemento.

Por otro lado en su estabilidad física, el árido debe ser capaz de soportar los ciclos alternados de altas y bajas temperaturas (ciclos de hielo-deshielo).

### **1.3.3.- Agua.**

El agua es el elemento en virtud del cual el cemento experimenta series de reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para producir un sólido único con los agregados.

El agua debe cumplir con ciertos requisitos lo que son regulados por la norma Nch 1498. Sólo el agua potable está permitido utilizarla sin necesidad de verificar su calidad. Todo otro tipo de agua debe ser analizada.

## **1.4.- Propiedades del Hormigón**

### **1.4.1.- Propiedades del Hormigón Fresco.**

Durante la etapa en que el hormigón se mantiene en estado fresco es de gran importancia poder otorgarle al hormigón una docilidad adecuada al uso que se desea darle. Para este objeto, es necesario cuantificarla, utilizando una forma de medida de la docilidad, para lo que se han desarrollado numerosos sistemas, de los cuales se describen a continuación los de mayor uso.

#### **1.4.1.1 Procesos que experimenta el hormigón fresco**

Durante la etapa en que el hormigón mantiene su estado fresco, experimenta una serie de procesos cuyo origen y consecuencias es necesario conocerlos para tenerlos debidamente en cuenta.

Estos procesos son principalmente los que se describen a continuación.

## **Exudación del agua de amasado**

Debido a que el hormigón está constituido por materiales de distinta densidad real, tiende a producirse la decantación de los de mayor peso unitario, que son los sólidos, y el ascenso del más liviano, que es el agua.

Este proceso induce una serie de efectos internos y externos en el hormigón:

La película superficial del hormigón presenta un contenido de agua mayor que el resto de la masa. Como se verá posteriormente, ello significa un aumento de la razón agua / cemento, con una consiguiente menor resistencia para dicha capa.

Este efecto debe ser especialmente considerado en las obras de hormigón sometidas a desgaste superficial y en los hormigones utilizados como material de relleno bajo elementos cuyo fondo es horizontal. Ej: Placas de fundación.

El ascenso del agua da origen a conductos capilares, que constituyen posteriormente vías permeables, afectando en consecuencia la impermeabilidad del hormigón, especialmente por capilaridad.

El agua ascendente tiende, además, a acumularse bajo las partículas de mayor tamaño, dejando bajo éstas un espacio vacío, al evaporarse posteriormente.

Este proceso debe ser especialmente considerado en las obras hidráulicas y en las fundadas en terrenos húmedos.

La exudación va acompañada por una sedimentación de los materiales sólidos, los que tienden a descender. Este descenso puede significar concentraciones de tensiones internas en los puntos donde la estructura presenta singularidades de forma, por ejemplo, variaciones de espesor o de nivel, debido al desigual descenso que se produce a ambos lados de la singularidad.

Este efecto debe ser especialmente considerado en las obras de edificación, en los puntos de unión de los pilares y muros de hormigón con las cadenas, losas y

vigas, en donde el mayor descenso que experimentan los primeros puede inducir grietas en las zonas de encuentro con los segundos.

Dado que la exudación produce efectos desfavorables, debe ser combatida, para lo cual puede recurrirse a las siguientes medidas paliativas:

Utilizar un contenido adecuado de granos muy finos en el hormigón, entendiéndose como tales los que tienen un tamaño inferior a 150 micrones, aspecto que se analizará posteriormente en la parte pertinente a dosificación de hormigones.

Recurrir al empleo de aire incorporado en el hormigón, utilizando aditivos apropiados para este objeto.

Aumentar el tiempo de amasado del hormigón, con el objeto de facilitar el adecuado humedecimiento de los materiales sólidos por el agua y con ello su retención por parte de éstos.

Efectuar el hormigonado de las partes que presenten variaciones de espesor en distintas etapas constructivas, o, al menos, dejar transcurrir un tiempo de espera para permitir el asentamiento de la zona de mayor espesor. Este tiempo de espera debe ser el máximo posible, pero evitando el endurecimiento del hormigón.

### **Variaciones de volumen**

El agua de amasado del hormigón tiende a evaporarse si éste no se mantiene en un ambiente saturado de humedad, con lo cual se produce un proceso de secado progresivo desde la superficie externa hacia el interior.

Este desecamiento progresivo acarrea la formación de zonas de contacto entre fases líquidas (agua) y gaseosas (aire) en los conductos y poros que siempre tiene en su interior el hormigón.

Cuando éstos presentan dimensiones capilares, el proceso de tensión superficial interna alcanza una magnitud importante, la que al transmitirse al hormigón

se traduce en una contracción de las zonas de hormigón sometidas a este proceso de secamiento.

Este efecto afectará principalmente a la superficie del hormigón, dado que ella es la que se seca primero, mientras que el resto de la masa permanece invariable. Ello induce contracciones diferenciales y, como consecuencia, tensiones de tracción, originadas en el confinamiento que producen las capas con mayor contenido de humedad sobre las en proceso de secado. Si este proceso de secado es muy rápido, como sucede cuando el hormigón está sometido a alta temperatura ambiente o a corrientes de viento, ello puede traducirse en grietas del hormigón aún plástico, las que por su origen se presentarán como de gran abertura con relación a su profundidad.

Este fenómeno debe ser combatido, pues las fisuras y/o grietas afectan la durabilidad del hormigón y, en obras de gran superficie y pequeño espesor relativo (pavimentos, losas) introduce una debilidad estructural al significar una disminución de su espesor.

Ello puede lograrse manteniendo un ambiente húmedo en torno al hormigón fresco que impida el inicio del secamiento superficial, que se produce si se hormigona en períodos de alta temperatura o fuerte viento, utilizando pulverizadores que esparzan una neblina húmeda en el sitio hasta que sea posible iniciar el proceso de curado.

Por otra parte, si el agrietamiento se produce y el hormigón aún está suficientemente plástico para responder a la compactación, puede ser recompactado hasta lograr el cierre de dichas grietas.

### **Falso fraguado del cemento**

Eventualmente, el cemento puede experimentar un endurecimiento prematuro al ser mezclado con agua para constituir la pasta de cemento.

Este proceso parece provenir de un comportamiento anómalo del yeso adicionado al cemento en la etapa de molienda del clínquer como regulador de su fraguado, el cual, debido a las altas temperaturas originadas durante la molienda, puede perder parte del agua de cristalización.

El agua perdida es recuperada, extrayéndola del agua de amasado del hormigón, con lo cual el yeso cristaliza, adquiriendo rigidez.

Este endurecimiento se conoce con el nombre de falso fraguado y produce una rigidez del hormigón aún en estado fresco, en los primeros minutos posteriores a la adición del agua de amasado, lo cual dificulta grandemente su manipulación en los procesos de transporte, colocación y compactación.

Para evitar estos efectos desfavorables, un procedimiento efectivo consiste en aumentar el tiempo de amasado, lo que permite romper la cristalización producida y devolver al hormigón la plasticidad perdida sin necesidad de adición de agua.

#### **1.4.2.- Propiedades del Hormigón Endurecido.**

El hormigón experimenta un proceso de endurecimiento progresivo que lo transforma de un material plástico en un sólido, producido por un proceso físico - químico complejo de larga duración.

En esta etapa, las propiedades del hormigón evolucionan con el tiempo, dependiendo de las características y proporciones de los materiales componentes y de las condiciones ambientales a que estará expuesto durante su vida útil.

## **Densidad**

La densidad del hormigón se define como el peso por unidad de volumen.

Depende de la densidad real y de la proporción en que participan cada uno de los diferentes materiales constituyentes del hormigón. Para los hormigones convencionales, formados por materiales granulares provenientes de rocas no mineralizadas de la corteza terrestre su valor oscila entre 2.35 y 2.55 kg/dm<sup>3</sup>.

La densidad normalmente experimenta ligeras variaciones con el tiempo, las que provienen de la evaporación del agua de amasado hacia la atmósfera y que en total puede significar una variación de hasta alrededor de un 7% de su densidad inicial.

## **Resistencia**

La resistencia es una de las propiedades más importantes del hormigón, principalmente cuando se le utiliza con fines estructurales. El hormigón, en su calidad de constituyente de un elemento estructural, queda sometido a las tensiones derivadas de las solicitaciones que actúan sobre éste. Si sobrepasan su capacidad resistente se producirán fracturas, primero de origen local y posteriormente generalizadas, que podrán afectar la seguridad de la estructura.

Por este motivo, los elementos estructurales deben ser dimensionados de manera que las tensiones producidas no sobrepasen la capacidad resistente del material constituyente, lo cual muestra la importancia de conocer esa característica.

**a. Resistencia a la compresión.**

El procedimiento de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del hormigón está establecido en NCh 1307.

El valor de resistencia obtenido en el ensayo no es, sin embargo, absoluto, puesto que depende de las condiciones en que ha sido realizado. Entre estas condiciones, las de mayor influencia son las que se analizan a continuación.

**b. Resistencia a tracción.**

La resistencia a tracción del hormigón ha sido considerablemente menos estudiada que la resistencia a compresión, en parte debido a la mayor incertidumbre que existe para su determinación.

Esta incertidumbre empieza con la forma de ejecución del ensayo, existiendo tres formas distintas para efectuarlo: por tracción directa, por flexión y por tracción indirecta, cada uno de las cuales conduce a valores sensiblemente diferentes.

**Variaciones de volumen.**

El hormigón experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante toda su vida útil por causas físico - químicas.

El tipo y magnitud de estas variaciones están afectados en forma importante por las condiciones ambientales existentes de humedad, temperatura y por los componentes presentes en la atmósfera.

La variación de volumen derivada de las condiciones de humedad, se denomina retracción hidráulica y las que tienen por causa la temperatura, retracción



térmica. Por su parte, de las originadas por la composición atmosférica, la más frecuente es la producida por el anhídrido carbónico y se denomina carbonatación.

### **Propiedades elásticas y plásticas**

El conocimiento de las propiedades elásticas del hormigón son necesarias para establecer la relación entre tensiones y deformaciones, aspecto que adquiere gran importancia en algunos problemas de tipo estructural, particularmente cuando el cálculo de deformaciones es determinante.

#### **a. Propiedades elásticas.**

La relación entre tensiones y deformaciones se establece a través del módulo de elasticidad. Para los materiales totalmente elásticos, el módulo de elasticidad es constante e independiente de la tensión aplicada, acostumbrando a designársele con el nombre de módulo de Young. En otros materiales, designados inelásticos en cambio, el módulo de elasticidad depende del valor de la tensión aplicada.

Lo más frecuente, sin embargo, es que los materiales presenten una combinación de ambos comportamientos, inicialmente elástico y posteriormente inelásticos al aumentar la tensión aplicada.

#### **b. Propiedades plásticas del hormigón.**

A pesar del carácter frágil señalado para el hormigón para las cargas de velocidad normal de aplicación, éste presenta un comportamiento plástico cuando una determinada carga permanece aplicada un largo tiempo, produciéndose en este caso una deformación denominada fluencia del hormigón.

El conocimiento de la fluencia es necesaria para el análisis estructural en el caso del cálculo de deformaciones en elementos de hormigón armado, determinar la pérdida de la tensión aplicada en una estructura de hormigón pretensado o para el cálculo de tensiones a partir de la medición de deformaciones.

El mecanismo que genera la fluencia en el hormigón no es bien conocido, estimándose actualmente que es causado por la combinación de dos tipos de fenómenos: uno derivado de la acomodación de la estructura cristalina de la pasta de cemento, que se denomina fluencia básica, y otro proveniente de la migración interna de la humedad, que se traduce en una retracción hidráulica adicional.

Los principales factores que condicionan la fluencia del hormigón son las características del hormigón, principalmente el tipo y la dosis de cemento, la humedad ambiente, la magnitud de la tensión aplicada y la edad del hormigón en el momento de su aplicación.

### **Permeabilidad del hormigón**

El hormigón es un material permeable, es decir que, al estar sometido a presión de agua exteriormente, se produce escurrimiento a través de su masa.

El grado de permeabilidad del hormigón depende de su constitución, estando normalmente comprendido su coeficiente de permeabilidad entre  $10^{-6}$  y  $10^{-10}$  cm/seg.

La determinación del coeficiente de permeabilidad debe efectuarse necesariamente en base a ensayos de laboratorio, entre los cuales pueden mencionarse dos tipos principales:

- a) Los de permeabilidad radial, en los que se utiliza una probeta cilíndrica con una perforación central, desde la cual se aplica agua a presión, midiéndose el agua escurrida en un cierto tiempo. Este tipo de ensayo permite determinar el

coeficiente de permeabilidad por medio de las fórmulas de escurrimiento en medios permeables.

b) Los de penetración del agua en el hormigón, en los cuales una losa de hormigón es sometida a presión de agua por un lado y se mide la penetración del agua en su masa después de un cierto tiempo. Este ensayo se utiliza generalmente en forma comparativa, aunque también permite el cálculo del coeficiente de permeabilidad en forma similar a la del ensayo radial.

### **Durabilidad del hormigón.**

Durante toda su vida útil, el hormigón está permanentemente expuesto a las acciones provenientes de agentes externos e internos, que pueden afectar su durabilidad si no se les tiene debidamente en cuenta.

De acuerdo a su origen, estas acciones pueden ser producidas por agentes físicos o químicos.

## CAPITULO II

### ADITIVOS

#### 2.1.-Historia

La historia del uso de aditivos químicos en los hormigones se remonta al siglo pasado, tiempo después que Joseph Aspdin patentó en Inglaterra el 21 de octubre de 1824, un producto que llamó «Cemento Portland».

La primera adición de cloruro de calcio como aditivo a los hormigones fue registrada en 1873, obteniéndose su patente en 1885. Al mismo tiempo que los aceleradores, los primeros aditivos utilizados fueron hidrófugos. Igualmente, a principios de siglo se ensayó la incorporación de silicato de sodio y de diversos jabones para mejorar la impermeabilidad. En ese entonces, se comenzaron a añadir polvos finos para colorear el hormigón. Los fluatos o fluosilicatos se emplearon a partir de 1905 como endurecedores de superficie. La acción retardadora del azúcar también había sido ya observada.

En Chile, la primera fábrica de aditivos químicos para hormigón se instaló en el año 1942, comercializando acelerantes de fraguado e impermeabilizantes hidrófugos principalmente. Luego se introdujeron los primeros aditivos reductores de agua, incorporados de aire, retardadores y expansores.

En la década de los 60 se inició el uso masivo de los aditivos plastificantes, productos que hoy en día son los más utilizados en todo el mundo, debido a su capacidad para reducir el agua de amasado y por lo tanto para obtener hormigones más resistentes, económicos y durables. Obras como la central hidroeléctrica Rapel y el aeropuerto Pudahuel son ejemplos de esa época. También se inició el uso masivo

de los plastificantes en la edificación, donde como ejemplo está el edificio de la CEPAL construido en el año 1960.

En la década del 70 se introdujeron en Chile los primeros aditivos superplastificantes, revolucionando la tecnología del hormigón en esa época, por cuanto se logró realizar hormigones fluidos y de alta resistencia para elementos prefabricados y para la construcción de elementos esbeltos y de fina apariencia.

Paralelamente, para la construcción de túneles, especialmente para las grandes centrales hidroeléctricas y la minería, se utilizó la técnica del hormigón proyectado que, a su vez, requiere de aditivos acelerantes de muy rápido fraguado para obtener una construcción eficiente y segura.

En la década de los 80 se introdujo en Chile el uso de microsílíce, material puzolánico que usado en conjunto con los aditivos superplastificantes permite obtener la máxima resistencia y durabilidad del hormigón. Con este material se confeccionan hormigones de 70 Mpa de resistencia característica, pudiendo llegar incluso a superar los 100 Mpa. Estos extraordinarios hormigones se han utilizado en Chile en pavimentos sometidos a fuerte abrasión en minería y obras hidráulicas.

## **2.2.-Conceptos Generales:**

Los aditivos son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.

Productos que, agregados en pequeña proporción en pastas, morteros y hormigones en el momento de su fabricación, mejoran o modifican una o varias de sus propiedades.

Aún cuando los aditivos son un componente eventual del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables.

De esta manera su uso estará condicionado para que:

- Se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- El producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del hormigón.
- Un análisis de costo justifique su empleo.

### **2.3.-Clasificación de los aditivos según normativas y organismos.**

- Clasificación de los aditivos según la norma ASTM 494  
TIPO A : Reductor de agua  
TIPO B : Retardador de fraguado  
TIPO C : Acelerador de fraguado  
TIPO D : Reductor de agua y retardador  
TIPO E : Reductor de agua y acelerador  
TIPO F : Reductor de agua de alto efecto  
TIPO G : Reductor de agua de alto efecto y retardador
- Clasificación de los aditivos según el Centro Tecnológico del Hormigón (C.T.H)  
Retardador de fraguado  
Acelerador de fraguado y endurecimiento  
Plastificante  
Plastificante – retardador  
Plastificante – acelerador  
Superplastificante  
Superplastificante retardador  
Incorporador de aire

## **2.4.-Mecanismo de acción de algunos aditivos.**

### **2.4.1.-Acelerantes o activantes**

Son aditivos que aceleran el fraguado y/o el endurecimiento y/o la evolución del proceso térmico de las mezclas.

El aditivo más común como aceleradores es el cloruro de calcio. La dosis de seguridad es de 2% con respecto al peso cemento, de modo que puede ser poco eficaz en cantidad menor y perjudicial la aplicación de porcentajes más altos. La temperatura de trabajo debe ser inferior a 21° C.

El aumento de resistencia obtenido con cloruro de calcio o con aditivos que lo contengan es decreciente con el tiempo, hasta hacerse insignificante más allá del año.

El cloruro de calcio es recomendable para hormigonar en frío, siempre que adicionalmente se tomen las precauciones usuales en estos casos.

Este aditivo mejora la calidad plástica del hormigón; aumenta la resistencia al desgaste, especialmente a corto plazo, y presta otras ventajas para casos mas particulares, pero esta contraindicación cuando hay peligro de corrosión de las armaduras de acero, y en ciertos casos puede, con determinados cementos, causar el fraguado instantáneo.

Otro acelererante superior al indicado es el llamado "Semilla de Cemento". Se trata de un 2% del mismo cemento, completamente hidratado y finalmente molido. Produce igual efecto que un 2% del cloruro de calcio en las primeras edades, con la ventaja de conservar los hormigones a 90 días un 25% de la resistencia ganada.

Otras sustancias acelerantes son el bicloruro de estaño, silicatos, fluosilicatos, hidróxidos, cloruro ferroso y trisulfato de sodio. Los compuestos orgánicos están ganado terreno rápidamente, como la trietanolamina, que se emplea sola o combinada

con otros ingredientes, en dosis muy bajas para hormigones normales y altas (5 al 20%), para cuando se necesita un fraguado rápido, según sea el caso.

#### **2.4.2.-Aireantes**

Son aditivos que incorporan aire a la mezcla, con lo que se obtienen importantes ventajas.

El aire atrapado que tiene los hormigones y morteros, no desempeña una función útil de ninguna especie y es perjudicial. Dependiendo de las características del cemento, la revoltura y de la consolidación.

Corresponde de un 2 a 3% en hormigones para vigas densamente armadas y losas delgadas; de un 1,5 a 2% en hormigón armado corriente y a menos de 1% para hormigones con tamaño máximo de agregado.

El aire artificialmente agregado llamado "Aire Incorporado", es importante por varias razones.

Se obtiene mejor plasticidad, causa de que el aire se encuentra mejor distribuido en la mezcla fresca, en forma esferoide de no mas de 1,5mm de diámetro, ni menos de 0,75mm, los que obran a la vez como un árido fino y como un sistema de rodamiento de bolita que facilita la movilidad de los elementos pétreos y su mas fácil acomodación. Este doble efecto tiene una cuádruple influencia sobre la dosificación por diseñar:

1<sup>a</sup> Permite disminuir el contenido de arena en un volumen absoluto igual al del aire incorporado

2<sup>a</sup> Cada tanto por ciento de aire granulomórfico dispersa una reducción de agua entre 2 y 4%, sin perdida del avenamiento.

3<sup>a</sup> la mejoría de la trabajabilidad hace tolerable el uso de material pétreo anguloso o mal clasificado, que en otro caso hubiera sido necesario rechazar.



4ª Los glóbulos se constituyen en una defensa contra segregación y la exudación, lo que facilita en faena un transporte menos nocivo, una colocación fácil y un mas rápido, menos laborioso y mejor acabado de las superficies libres.

La cantidad de aire que se agrega es de orden de un 4%, pero se hace variar entre un 1% y 6% según las características que se requieren y las propiedades de los ingredientes del hormigón. El factor que mas influye en su dosificación es el tamaño máximo del agregado.

#### **2.4.3.- Dispersión de PAV**

Aditivo que mejora la resistencia a la flexión, compresión y a la abrasión, permitiendo una excelente unión entre el hormigón viejo y nuevo. Las dispersiones de PAV (Policeatato de Vinilo) son llamadas comúnmente "Látex Vinílico"

Se define una dispersión como un sistema formado por fases liquidas que se encuentran distribuidas homogéneamente a una fase sólida insoluble. En las dispersiones de PAV la fase liquida es el agua y la sólida se compone de un polímero de acetato de vinilo.

La dispersión que se emplea comúnmente es un sistema formado por PAV sin plastificante, con un tamaño de partícula entre 1 a 10 micras, dispersando en agua una concentración de 50 a 55%. La cantidad de esta dispersión oscila entre un 10 y 40% del agua de amasado.

Tiene una excelente adhesión entre el hormigón viejo y el nuevo. Esta propiedad resulta muy útil para reparar superficies de hormigón dañados o cuando se desea ampliar un revoque de mortero sobre una superficie existente o envejecida de hormigón.

#### **2.4.4.- Dispersores**

Los dispersores son aditivos que, a través de procesos físicos-químicos, produce la deformación del cemento.

En efecto los corpúsculos de cemento en el agua de la mezcla se reúnen en los glomérulos a causa de la ausencia de cargas electroestáticas que tiendan a apartarlos. Los agentes dispersores cargan a la partícula con electricidad del mismo signo, que hacen que se repelen mutuamente y se mantengan apartados.

La acción de los aditivos dispersores se observa fácilmente si en un par de probetas o botellas iguales se agita una suspensión de cemento. La que contiene dispersor, se mantiene turbia, mientras que la otra, a causa de la sedimentación de los glomérulos estará más oscura en el fondo.

La dispersión determina varios efectos primarios: Reducción de la dosis de agua; aumento del tiempo de fraguado y la durabilidad; elevación del grado de impermeabilidad; mayor resistencia, menor absorción y mayor capacidad para soportar ataques de los sulfatos.

#### **2.4.5.- Expansivos**

En la técnica de pasta y morteros de cementos pueden utilizarse aditivos expansivos para incorporarle gases, como ocurre en el cemento expandido o para producir una autoexpansión controlada de las mezclas.

Entre los primeros pueden ser los espumantes (detergentes, resinas, etc.) o gasificadores (polvo de aluminio, agua oxigenada, etc.).

Hay otro tipo de aplicación para esta clase de aditivos, que obran en el proceso de endurecimiento del hormigón. Se usan en hormigones precomprimidos por expansión, pavimentos sin juntas en parches, etc. Se busca tanto la autoexpansión

del hormigón en una magnitud exactamente prevista a una compensación a la retracción a largo plazo.

#### **2.4.6.- Gasificadores**

Aditivos utilizados para incorporar partículas de gas a ciertos materiales como pastas de cementos, arcillas, para hacerlos más porosos y ligeros.

- Arcilla Expandida
- Cemento Expandido
- Espuma Plástica
- Expansivos

#### **2.4.7.- Floculantes**

Aditivos que controlan la fluidez y robustecen la estabilidad plástica para desmoldar con rapidez.

En efecto devuelve o mantiene la condición fluida de los morteros y hormigones, proceso que, al reducir la estabilidad plástica, podría causar segregaciones y exudaciones no deseables. Esto preocupa en morteros y hormigones, que se emplean en prefabricación, para poder desmoldar con rapidez.

Se obtiene el control agregando un coloide protector a base de "flayache" o polvos de minerales más finos que el cemento. Se emplean floculantes sintéticos polielectrolitos, generalmente combinados con filleres (povos rellenadotes).

#### **2.4.8.- Hidrófugos**

Aditivo para impermeabilizar los morteros y hormigones expuestos a la humedad. Se llaman también impermeabilizantes.

Su función es impedir la infiltración de humedad en las obras de fábrica. Los llamados hidrófugos de masa, consisten en jabones, resinas o betunes que se mezclan con el hormigón. Otros se aplican en forma de revestimiento superficial.

Esta de moda el uso de silicones que, al modificar la capilaridad de la superficie, impide que el agua se adhiera a la misma.

#### **2.4.9.- Humectantes**

Son las sustancias que, agregadas a este líquido, le confieren las propiedades de mejorar un sólido con mayor facilidad que en estado puro, o a un polvo, la de dispersar mejor sus partículas en líquido. Se les llama también agentes “tensoactivos”.

Los humectantes disminuyen la tensión superficial de las disoluciones. En el caso de morteros y hormigones hacen el efecto de “plastificantes”. Son contraindicados para el caso de elementos que dejan desmontarse en estado fresco o para morteros de estuco, ya que disminuye su capacidad de retención en las superficies a cubrir.

Hay humectantes grasosos, como el aceite de linaza y de resino, esencia de pino, etc. También lo son los detergentes, los cuales pueden multiplicar unas cinco veces el poder de penetración del agua.

#### **2.4.10.- Incorporadores**

Se llama así la “tecnología del cemento” a un conjunto de aditivos que introducen en la mezcla de diversos factores; como el color (como pinturas al cemento); el aire globular (aireantes); gases para cemento celular (expansivos); gases para microexplosiones (expansivos).

Entre los antibióticos que se le pueden agregar a los hormigones, se citan fenoles polialogenados, emulsiones de dieldrin y compuestos de cobre.

#### **2.4.11.- Plastificantes**

Aditivos que aumentan la plasticidad de las mezclas, las tornasolas más manejables y reduciendo la cantidad de agua necesaria. También se les dice fluidificantes.

Entre los plastificantes mas conocidos están las puzolanas, que son sustancias sinicoaluminosas naturales o artificiales que se agregan a los hormigones en estado de polvo impalpable. Además de hacerlos más plásticos, se vuelven menos susceptibles de segregar, menos permeables, menos generadores de calor, más resistente contra los suelos y agua.

#### **2.4.12.- Retardadores**

Aditivos que se usan para prolongar el periodo de plasticidad en las mezclas, cuando se trata de largos transportes o de colocación lenta en la obra; como también para evitar faenas que deben ser interrumpidas.

Se usan como retardadores sustancias orgánicas, principalmente sales de los ácidos lignosulfolicos carboxílico hidroxilados son retardadores que no incorporan aire,

pero mejoran los efectos de los aditivos aireantes. Son también reductores de la dosis de agua y acelerantes del endurecimiento desde los 2 días.

## **2.5.- Superplastificantes – Fluidificantes**

Corresponden a una nueva generación de aditivos plastificadores en base a productos melamínicos o naftalínicos, constituyendo una evolución de los aditivos reductores de agua, que en la adsorción y capacidad de dispersión del cemento es mucho más acentuada.

Los efectos principales que se derivan de la incorporación de algún componente tensoactivo son por una parte la ionización de los filamentos del aditivo que produce la separación de los granos de cemento entre sí, conduciendo a una efectiva desfloculización, y, por otra parte, las moléculas de aditivo son absorbidas y se orientan en la superficie de los granos de cemento en un espesor de varias moléculas, de lo que resulta una lubricación de las partículas.

Para entender mejor el funcionamiento de estos aditivos se hace preciso recordar el comportamiento agua-cemento en el proceso de mezclado y fraguado del hormigón. Como sabemos, primero se forma la pasta aglutinante producto de la lubricación de las partículas de cemento y de árido tras la adsorción del agua, y luego esta pasta se vuelve cementante producto de la reacción química que se lleva a cabo entre ambas al iniciarse el fraguado.

En la primera de estas etapas es cuando se produce la mezcla de los componentes y las primeras reacciones electroquímicas entre agua y cemento, apareciendo las características del hormigón fresco como trabajabilidad, docilidad, consistencia, etc.

Estas características están gobernadas principalmente por las reacciones electroquímicas producidas entre las moléculas de agua y los granos de cemento, los que poseen un gran número de iones en disolución en su superficie. Estos iones tienden a formar, debido a una afinidad electrostática, flóculos o capas de

solvatación al entrar en contacto con el agua durante la operación de amasado.

Dichos flóculos ejercen dos efectos nocivos en la masa de hormigón.

- Impiden la dispersión uniforme de las partículas de cemento en la masa de hormigón.
- Retienen cierta cantidad de agua en el interior de su masa que incide negativamente en la porosidad final del material por no ser utilizable para lubricar la masa ni para la lubricación de los granos de cemento.

Los efectos nocivos de la floculación pueden ser contrarrestados, al menos en parte, mediante la incorporación a la masa de hormigón de ciertos compuestos químicos tales como policondensados de naftaleno y formaldehído, también llamados superplastificantes, reductores de agua de alto rango o superfluidificantes.

Estas adiciones actúan neutralizando las cargas eléctricas que se encuentran sobre la superficie de las partículas de cemento y, por consiguiente, evitando la formación de flóculos. La forma lineal y alargada de estas moléculas orgánicas les permite recubrir por completo la superficie de los granos de cemento incorporándole cargas de signo negativo, provocando una fuerza de repulsión entre las partículas de cemento dificultando el fenómeno de la floculación.

Sin embargo como consecuencia del efecto envolvente de estas moléculas puede ocurrir que, en altas dosis se produzca un efecto de retardo de la hidratación de los granos.

En el modo de acción de los superplastificantes pueden considerarse tres etapas consecutivas:

- Adsorción de los polímeros por parte de las partículas de cemento en la etapa de transición sólido-líquido.
- Carga de la superficie de los granos con fuerzas electroestáticas de repulsión por tener el mismo signo.
- Aparición de tensiones superficiales que aumentan la distancia entre partículas.



Los superplastificantes más usados en Chile son:

- RHEOBUILD de MBT Chile Ltda.
- SIKAMENT de Sika S.A.
- VISCOCRETE de Sika S.A.
- ADIPLAST 100 de Grace Química Cía. Ltda.

## CAPITULO III

### EXPERIENCIA

#### 3.1.- Generalidades.

En esta experiencia se realizó la dosificación para obtener mezclas de hormigón grado H-25 y H-30. Una vez obtenida esta se realizaron muestras patrones, la H-25 y H-30, y además se realizaron muestras de comparación agregándoles a las mezclas H-25 y H-30 diferentes dosis de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 4000 CL sin variar las medidas del resto de los componentes del hormigón.

Para el H-25 se le agregó la siguiente dosis de aditivo:

- 1º dosis mínima de 40,8grs, denominada H25-01.
- 2º dosis intermedia de 81,6grs, denominada H25-02.
- 3º dosis media de 122,4grs, denominada H25-03.
- 4º dosis intermedia de 163,2grs, denominada H25-04.
- 5º dosis máxima de 204grs, denominada H25-05.

Para el H-30 se le agregó la siguiente dosis de aditivo:

- 1º dosis mínima de 45.2grs, denominada H30-01.
- 2º dosis intermedia de 90.4grs, denominada H30-02.
- 3º dosis media de 135.6grs, denominada H30-03.
- 4º dosis intermedia de 180.8grs, denominada H30-04.
- 5º dosis máxima de 226grs, denominada H30-05.

Se hicieron mediciones en las mezclas patrones y en las con aditivo, de docilidad, densidad y resistencia, las cuales finalmente se compararon.

Para obtener esto, las mezclas, fueron puestas en moldes 15x15cm para realizar ensayos a 3, 7, 14 y dos de veintiocho días. Para después ensayarlas y obtener las resistencias.

### **3.2.- Diseño de hormigones patrones.**

Los materiales utilizados para los hormigones patrones fueron: cemento corriente, agua potable y en lo que se refiere a áridos: grava, gravilla y arena. En las otras mezclas se modificó solo la cantidad de aditivo, siguiendo las indicaciones del fabricante. Sin modificar la cantidad ni el material utilizado.

#### **3.2.1.- Ensayos realizados a los áridos para la dosificación.**

Se realizaron todos los ensayos exigidos para la dosificación, según norma NCh 170. Además se comprobaron requisitos generales establecidos por la norma NCh 163.

### 3.2.1.1.-Granulometría

Ensayo realizado según norma NCh 165 y la granulometría según la norma Nch 163.

Cumpliendo estos requisitos se obtuvieron los porcentajes de arena, gravilla y grava a utilizar en la mezcla.

ASTM	% QUE PASA			Grava	Gravilla	Arena	Granulometría de la Mezcla	Especificación T. Máximo 40 mm
	Grava	Gravilla	Arena	26%	34%	40%		
2"	100	100	100	26	34	40	100	100
1 ½"	100	100	100	26	34	40	100	100
1"	100	100	100	26	34	40	100	-
¾"	13,1	100	100	3	34	40	77	60 - 80
½"	13,1	100	100	3	34	40	77	-
⅜"	0,6	16	100	0	5	40	46	40 - 61
No 4	0,6	0,5	100	0	0	40	40	24 - 48
No 8	0,6	0,5	90	0,16	0,2	36	36	15 - 37
No 16	0	0	71	0	0,0	28	28	10 - 28
No 30	0	0	39	0	0,0	16	16	6 - 19
No 50	0	0	8	0	0,0	3	3	3 - 11
No 100	0	0	1	0	0,0	1	1	2 - 5

Tabla N° 3, Ajuste de porcentajes de grava, gravilla y arena a bandas granulométricas. Fuente: Elaboración Propia.

De los datos obtenidos para el tipo de material que se utilizó en la confección de los hormigones, la mejor proporción que se adaptó a las bandas granulométricas fue de 26% de grava, un 34% de gravilla y un 40% de arena.

Se determinó la dosificación según norma NCh 170.

### 3.2.1.2.-Colorimetría

Ensayo realizado a la arena según norma NCh 166. Obteniéndose como resultado "NIVEL 4" por lo cual se procedió a lavar la arena antes de su aplicación.

### 3.2.1.3.-Material Fino menor que 0,080 mm.

Ensayo realizado según norma NCh 1223. Obteniéndose los siguientes resultados:

- Porcentaje de material fino grava : 2,38
- Porcentaje de material fino gravilla : 2,56
- Porcentaje de material fino arena : 1,77

### 3.2.1.4.-Densidades Reales, Netas y Absorción

Ensayo realizado según norma NCh 1117, para grava y NCh 1239 para arena.

Obteniendo los siguientes resultados:

- **Grava**

Densidad real sss (kg/m<sup>3</sup>) = 2672

Densidad real seca (kg/m<sup>3</sup>) = 2621

Densidad neta (kg/m<sup>3</sup>) = 2763

Absorción (%) = 1,96

- **Gravilla**

Densidad real sss (kg/m<sup>3</sup>) = 2674

Densidad real seca (kg/m<sup>3</sup>) = 2613

Densidad neta (kg/m<sup>3</sup>) = 2783

Absorción (%) = 2,34

- **Arena**

Densidad real sss (kg/m<sup>3</sup>) = 2579

Densidad real seca (kg/m<sup>3</sup>) = 2555

Densidad neta (kg/m<sup>3</sup>) = 2618

Absorción (%) = 0.94

### 3.2.2.- Dosificaciones

Para efectuar nuestras comparaciones confeccionamos hormigones patrones con dos grados diferentes, los que fueron ensayados a compresión solamente.

Los áridos utilizados fueron los mismos en todas las muestras, y las dosificaciones usadas en la confección de las muestras patrones no fueron alteradas. En el momento de agregar aditivo se mantuvo la dosis de agua.

El grado de los hormigones fue: H-25 y H-30.

#### Resistencia media requerida (fr)

Está dada según la norma Nch 170.

Para nuestro diseño usaremos:

- Un nivel de confianza de 80%, lo que nos entrega un factor estadístico (t) de 0,842.
- Una desviación estándar (s) de 47,6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a compresión a 28 días solicitadas (Rc), en Kg/cm<sup>2</sup>.

#### → Dosificación H-25

$$fr = 290[\text{Kgf/m}^2].$$

#### → Dosificación H-30

$$fr = 340[\text{Kgf/m}^2].$$

- **Razón Agua-Cemento.**

Una vez obtenido fr, se calculó la razón agua-cemento, esta razón fue extraída de la tabla n° 3 de la Nch 170.

Las razones A/C para fr de H-25 y H-30 salen directamente de la tabla, siendo:

**0.50 y 0.45** respectivamente.

- **Agua.**

La cantidad de agua se obtuvo de la tabla nº 22 de la Nch 170.

El cono que se le exigió a las mezclas de los hormigones H-25 y H-30 es 6-9.

Entonces para este cono la cantidad de agua a usar es de **170 lts.** por m<sup>3</sup>.

- **Cemento.**

Para **H-25**, la cantidad es de **340 Kg** de Cemento.

Para **H-30**, la cantidad es de **378 Kg** de Cemento.

- **Aire.**

La cantidad de aire considerada en la mezcla, se obtuvo, según el tamaño máximo nominal del árido, de la tabla nº 23 de la norma Nch 170.

Entonces para el tamaño máximo nominal, de 40 mm, que posee el árido a utilizar en las mezclas, la cantidad de aire a considerar fue de **10 lts.** Esta cantidad se utilizó para las dos dosificaciones, ya que el material fue el mismo.

- **Áridos.**

La cantidad de los áridos calculados fueron los siguientes:

El volumen que ocuparan los áridos serán:

- **Dosificación H-25.**

$$V = 707lts.$$

- **Dosificación H-30.**

$$V = 694lts.$$

Obtenido V, se calculará el peso de los áridos,

**- Dosificación H-25**

$$P = 1827$$

Entonces tenemos que las cantidades de arena y grava a introducir en la mezcla son las siguientes:

- Arena :  $1827 \times 0.40 = 731$  [kg].

- Gravilla :  $1827 \times 0.34 = 621$  [kg].

- Grava :  $1827 \times 0.26 = 475$  [kg].

**- Dosificación H-30.**

$$P = 1799$$

Entonces tenemos que las cantidades de arena y grava a introducir en la mezcla son las siguientes:

- Arena :  $1799 \times 0.40 = 720$  [kg].

- Gravilla :  $1799 \times 0.34 = 612$  [kg].

- Grava :  $1799 \times 0.26 = 468$  [kg].

**• Resumen**

El siguiente resumen se hará para un metro cúbico y además se incluirá la cantidad utilizada para hacer los hormigones patrones.

**- Resumen H-25**

		<b>1 m<sup>3</sup></b>
Fr	Kgf/cm <sup>2</sup>	290
Razón A/C	-	0,50
Dosis de agua	Lts.	170
Cemento	Kg	340
V. Árido	Lts.	705
Peso áridos	Kg.	1827
Peso Grava	Kg.	475
Peso Gravilla	Kg.	621
Peso Arena	Kg.	731

Tabla N° 4, Dosificación H-25 para un metro cúbico.  
Fuente: Elaboración Propia.



Las cantidades que se utilizarán en las mezclas de prueba son las siguientes:

		<b>30 lts</b>
Dosis de agua	Lts.	5,1
Cemento	Kg	10,2
Peso Grava	Kg.	14,3
Peso Gravilla	Kg.	18,6
Peso arena	Kg.	21,9

Tabla N° 5, Resumen dosificación H-25 para 30 lts  
Fuente: Elaboración Propia.

**- Resumen H-30**

		<b>1 m<sup>3</sup></b>
Fr	Kgf/cm <sup>2</sup>	340
Razón A/C	-	0,45
Dosis de agua	Lts.	170
Cemento	Kg	378
V. Árido	Lts.	694
Peso áridos	Kg.	1800
Peso Grava	Kg.	468
Peso Gravilla	Kg.	612
Peso Arena	Kg.	720

Tabla N° 6, Dosificación H-30 para un metro cúbico.  
Fuente: Elaboración Propia.

Las cantidades que se utilizarán en las mezclas de prueba son las siguientes

		<b>30 lts</b>
Dosis de agua	Lts.	5,1
Cemento	Kg	11,3
Peso Grava	Kg.	14
Peso Gravilla	Kg.	18,4
Peso arena	Kg.	21,6

Tabla N° 7, Resumen dosificación H-30 para 30 lts  
Fuente: Elaboración Propia.

### **3.2.2.2.- Dosis de Aditivo.**

La dosis de aditivo se obtuvo según las instrucciones del fabricante (Anexo 1) y se utilizó en este trabajo Sika Viscocrete 4000 CL.

Para la dosificación H-25 se usaron las siguientes medidas:

- 1° dosis mínima de 40,8grs, designada como H25-01.
- 2° dosis intermedia de 81,6grs, designada como H25-02.
- 3° dosis media de 122,4grs, designada como H25-03.
- 4° dosis intermedia de 163,2grs, designada como H25-04.
- 5° dosis máxima de 204grs, designada como H25-05.

Para la dosificación H-30 se usaron las siguientes medidas:

- 1° dosis mínima de 45.2grs, designada como H30-01.
- 2° dosis intermedia de 90.4grs, designada como H30-02.
- 3° dosis media de 135.6grs, designada como H30-03.
- 4° dosis intermedia de 180.8grs, designada como H30-04.
- 5° dosis máxima de 226grs, designada como H30-05.

### **3.3.- Confección de Muestras de Prueba.**

Las mezclas de pruebas fueron confeccionadas en una betonera de eje vertical según norma Nch 1018 "Preparación de mezclas de prueba en laboratorio".

A continuación se detallaran los pasos seguidos, en cada muestra patrón.

1°.- El día anterior a la realización de las muestras se procedió a mojar el árido, según lo establecido en la norma Nch 1018.

2°.- En el día de preparación de la muestra, antes de pesar los materiales se midió la humedad del árido y se procedió a realizar la corrección por humedad.

Los cálculos de contenidos de humedad y correcciones fueron las siguientes:

**- Corrección para H-25**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	10,2	-	10,2
Agua (lts)	5,1	-0,3	4,8
Grava (kg)	14,3	0,127	14,427
Gravilla (kg)	18,6	0,145	18,745
Arena (kg)	21,9	0,948	22,848
Agua abs (lts)	0,92	-	-

Tabla N° 8, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-25.

Fuente: Elaboración Propia

**- Corrección para H-25-01**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	10,2	-	10,2
Agua (lts)	5,1	-0,53	4,57
Grava (kg)	14,3	0,140	14,44
Gravilla (kg)	18,6	0,218	18,82
Arena (kg)	21,9	1,088	22,99
Agua abs (lts)	0,92	-	-

Tabla N° 9, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-25-01.

Fuente: Elaboración Propia.

**- Corrección para H-25-02 y H-25-03**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	10,2	-	10,2
Agua (lts)	5,1	-0,04	5,06
Grava (kg)	14,3	0,045	14,345
Gravilla (kg)	18,6	0,178	18,778
Arena (kg)	21,9	0,737	22,637
Agua abs (lts)	0,92	-	-

Tabla N° 10 Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-25-02 y H-25-03.

Fuente: Elaboración Propia.

**- Corrección para H-25-04 y H-25-05.**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	10,2	-	10,2
Agua (lts)	5,1	-0,3	4,8
Grava (kg)	14,3	0,06	14,36
Gravilla (kg)	18,6	0,15	18,75
Arena (kg)	21,9	0,99	22,89
Agua abs (lts)	0,92	-	-

Tabla N° 11, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-25-04 y H25-05.

Fuente: Elaboración Propia.

**- Corrección para H-30**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	11,3	-	11,3
Agua (lts)	5,1	-1,51	3,59
Grava (kg)	14	1,08	15,08
Gravilla (kg)	18,4	0,29	18,69
Arena (kg)	21,6	1,05	22,65
Agua abs(lts)	0,91	-	-

Tabla N° 12, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-30.

Fuente: Elaboración Propia.

**- Corrección para H-30-01 y H-30-02**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	11,3	-	11,3
Agua (lts)	5,1	-0,43	4,67
Grava (kg)	14	0,08	14,08
Gravilla (kg)	18,4	0,24	18,64
Arena (kg)	21,6	1,02	22,62
Agua abs(lts)	0,91	-	-

Tabla N° 13, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-30-01 y H-30-02.

Fuente: Elaboración Propia.

**- Corrección para H-30-03**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	11,3	-	11,3
Agua (lts)	5,1	-0,78	4,32
Grava (kg)	14	0,14	14,14
Gravilla (kg)	18,4	0,36	18,76
Arena (kg)	21,6	1,19	22,79
Agua abs(lts)	0,91	-	-

Tabla N° 14, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-30-03.

Fuente: Elaboración Propia.

**- Corrección para H-30-04 y H-30-05**

	<b>Cantidad</b>	<b>Aporte de humedad</b>	<b>Cantidad corregida</b>
Cemento (kg)	11,3	-	11,3
Agua (lts)	5,1	-0,43	4,67
Grava (kg)	14	0,08	14,08
Gravilla (kg)	18,4	0,17	18,57
Arena (kg)	21,6	1,09	22,69
Agua abs(lts)	0,91	-	-

Tabla N° 15, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H-30-04 y H30-05.

Fuente: Elaboración Propia.

3°.- Una vez realizada las correcciones, se procedió a medir los materiales según la cantidad corregida.

La medición del aditivo se hizo en peso, en una balanza de 0,001 grs. de precisión.

4°.- Reunido los materiales se procedió a ejecutar la mezcla de la siguiente forma:

- Primero se humedeció la betonera, para que no absorba agua del amasado.
- A la betonera se le introdujo la arena y luego el cemento, éstos se mezclaron hasta quedar de una manera homogénea.

- Luego se agregó gravilla y se mezcló hasta quedar de manera homogénea.
- Posteriormente se agregó grava, la que se mezcló nuevamente hasta quedar homogénea.
- Para finalizar, en los hormigones patrones se agregó sólo agua. En las otras mezclas aparte del agua iba agregado el aditivo, tal como lo indica el fabricante. Estos últimos se agregaron a la betonera mientras ésta estaba funcionando, para que la mezcla quede uniforme.



Fotografía N° 1: Betonera con Arena



Fotografía N° 2: Betonera con arena y cemento.



Fotografía N° 3: Mezcla de Hormigón en estado fresco.

5°.- Se determinó la docilidad del hormigón, por medio del Método del Asentamiento del Cono de Abrams.

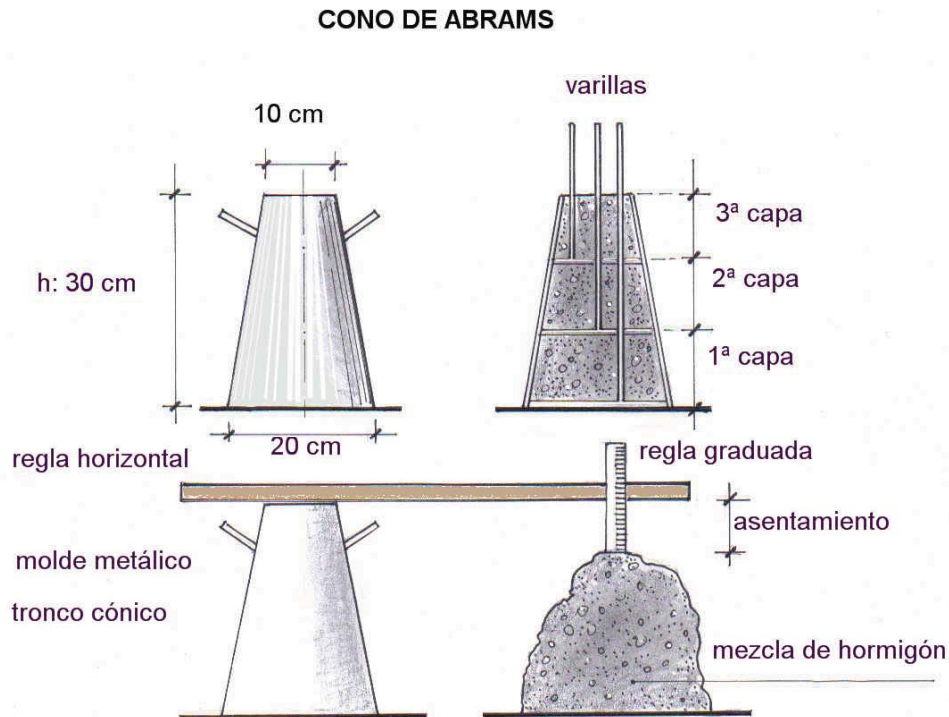


Imagen N° 1: Ensayo de Asentamiento del cono de Abrams.  
Fuente: Construpedia

Los resultados obtenidos se incluyeron en el capítulo IV de ensayos y resultados.

6°.- Se llenaron las probetas de ensayo, según la norma NCh 1017. La forma de llenado de los moldes se realizó según el asentamiento del cono, ya que éste nos indica de cómo compactar, ya sea con vibrador o pisón.

- ◆ Moldes compactados por vibrado, fueron aquellos en que el asentamiento del cono fue  $\leq 5$  cm. y se realizó de la siguiente forma:
  - Se llenaron los moldes en una sola capa.

- Se introdujo en el molde el vibrador en forma vertical por el centro, haciéndolo llegar hasta casi 2 cm del fondo, al momento de aparecer la lechada el vibrador se retira lentamente.
- ◆ Moldes compactados con varilla-pisón, fueron todos aquellos en que el cono fue mayor a 5 cm. y se procedió de la siguiente forma:
  - Se colocó el hormigón en dos capas y se apisonó cada capa con 32 golpes.

7°.- Una vez compactados los moldes se procedió a enrasar con la varilla de pisón haciendo movimientos de aserrado, y finalmente con una llana se procedió a darle la terminación final.

8°.- Luego las muestras se dejaron en un lugar seguro, protegidas del sol y todo tipo de contaminación, se identificaron con un pedazo de papel hasta su desmolde, donde fueron marcadas definitivamente.

9°.- A las 48 hrs. después se desmoldaron las probetas, teniendo mucho cuidado en no dañarlas y se identificaron definitivamente.



Fotografía N° 4: Desmolde de probetas cúbicas para luego ser pesadas, medidas y ensayadas.

10°.- Se llevaron las probetas hasta la piscina de curado, donde se sumergieron en agua a una temperatura que varió entre los 17 y 23 °C, hasta la fecha de ensayo.



11° Después de transcurridos los 3 primeros días se procedió a medir los lados de la probeta y obtener su peso para poder realizar el ensayo a compresión, para así obtener las primeras resistencias.

Esto se repitió a los siete, catorce y veintiocho días. A los veintiocho días se obtuvieron las resistencias máximas.



Fotografías N° 5: Ensayo de compresión a una probeta cúbica

## CAPITULO IV

### ENSAYOS Y RESULTADOS.

#### 4.1.- Ensayo de Asentamiento del Cono de Abrams

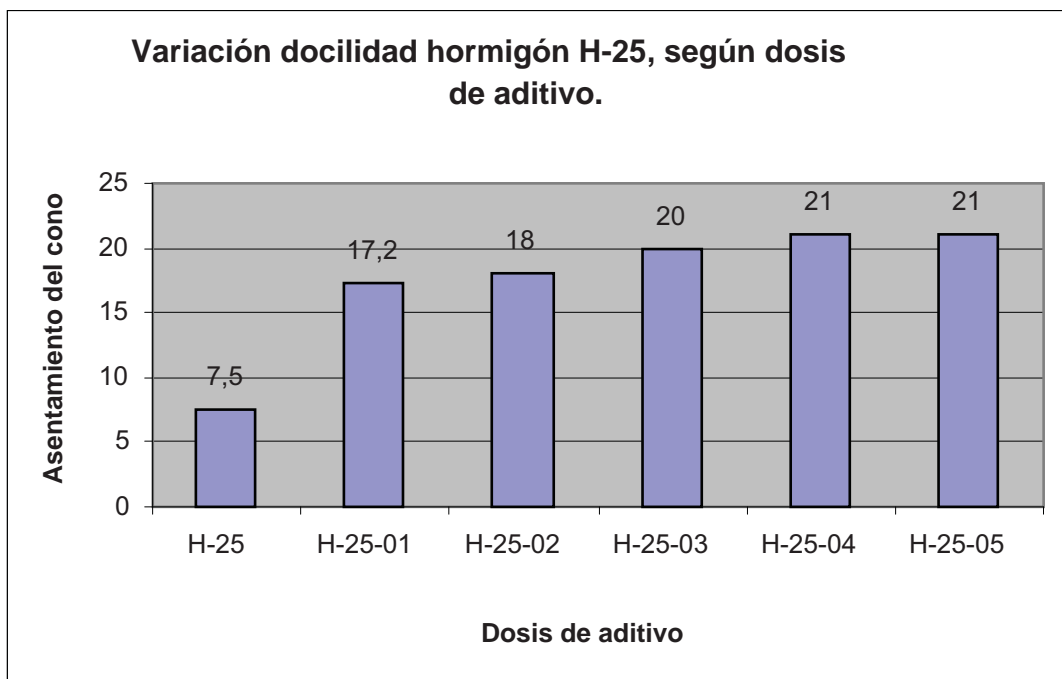
Este ensayo se realizó según lo establecido en la norma NCh 1019.

##### 4.1.1.- Resultados:

- Hormigón H-25

Hormigón H-25	Temperatura de (°C)		Cono (cm)	Variación del cono con respecto al patrón (cm)
	Mezcla	Ambiente		
H-25	17,8	17,4	7,5	-
H-25-01	20,5	20,4	17,2	+9,7
H-25-02	18,4	17,6	18	+10,5
H-25-03	20,9	19,3	20	+12,5
H-25-04	22,5	22,9	21	+13,5
H-25-05	22	23,4	21	+13,5

Tabla N° 16: Resultados en la medición del cono, al agregar aditivo superplastificante al hormigón H-25.  
Fuente: Elaboración Propia.



Variación asentamiento cono H-25  
GRAFICO N° 1

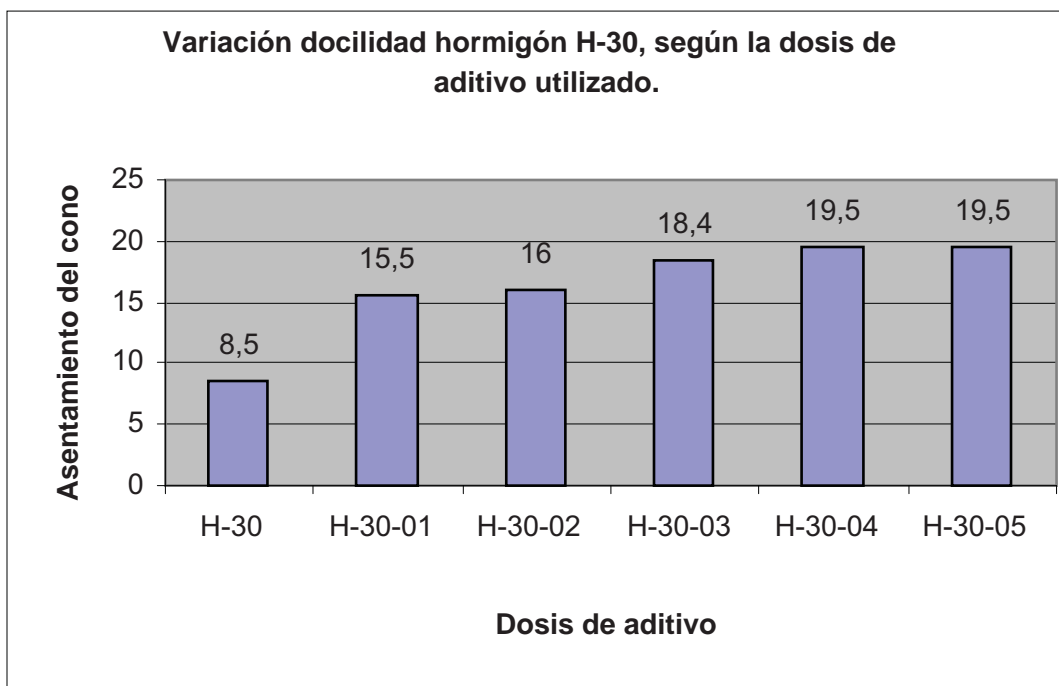
- **Hormigón H-30**

Hormigón H-30	Temperatura de (°C)		Cono (cm)	Variación del cono con respecto al patrón (cm)
	Mezcla	Ambiente		
H-30	16,4	15,4	8,5	-
H-30-01	18,6	17,4	15,5	+7
H-30-02	17,4	17,1	16	+7,5
H-30-03	20,5	19,6	18,4	+9,9
H-30-04	23,4	20,6	19,5	+11
H-30-05	23,4	23,2	19,5	+11

Tabla N° 17

Resultados en la medición del cono, al agregar aditivo superplastificante al hormigón H-30.

Fuente: Elaboración Propia.



Variación asentamiento cono H-30  
GRAFICO N° 2

#### 4.2.- Ensayos de compresión.

Este ensayo se realizó siguiendo todo lo establecido en la norma Nch 1037.

#### 4.2.1.- Resultados.

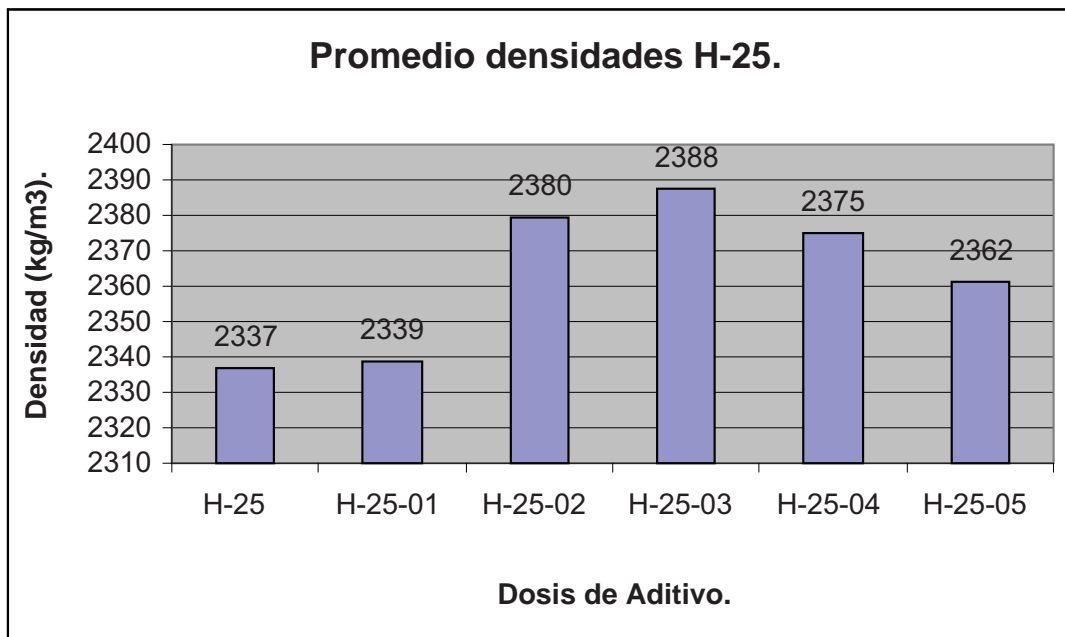
##### 4.2.1.1.- Densidades

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, en hormigón H-25.

	Promedio de Densidades (Kg/m <sup>3</sup> )	Variación de Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Variación (%)
H-25	2337	-	
H-25-01	2339	+2	+0,09
H-25-02	2380	+43	+1,84
H-25-03	2388	+51	+2,18
H-25-04	2375	+38	+1,63
H-25-05	2362	+25	+1,07

Tabla N° 18, Densidades promedio, al agregar aditivo superplastificante al hormigón H-25.

Fuente: Elaboración Propia.

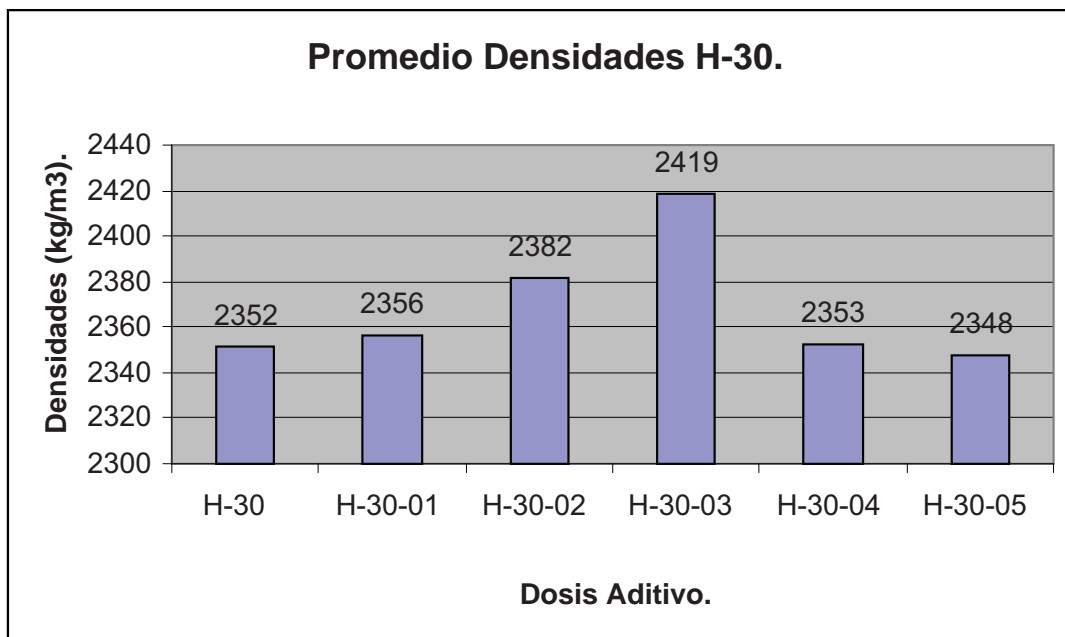


Variación promedio de densidades H-25  
GRAFICO N° 3

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, en hormigón H-30.

	Promedio de Densidades (Kg/m <sup>3</sup> )	Variación de Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Variación (%)
H-30	2352	-	
H-30-01	2356	+4	+0,17
H-30-02	2382	+30	+1,28
H-30-03	2419	+67	+2,85
H-30-04	2353	+1	+0,04
H-30-05	2348	-4	-0,17

Tabla N° 19, Densidades promedios, al agregar aditivo superplastificante al hormigón H30.  
Fuente: Elaboración Propia.



Variación promedio de densidades H-30  
GRAFICO N° 4

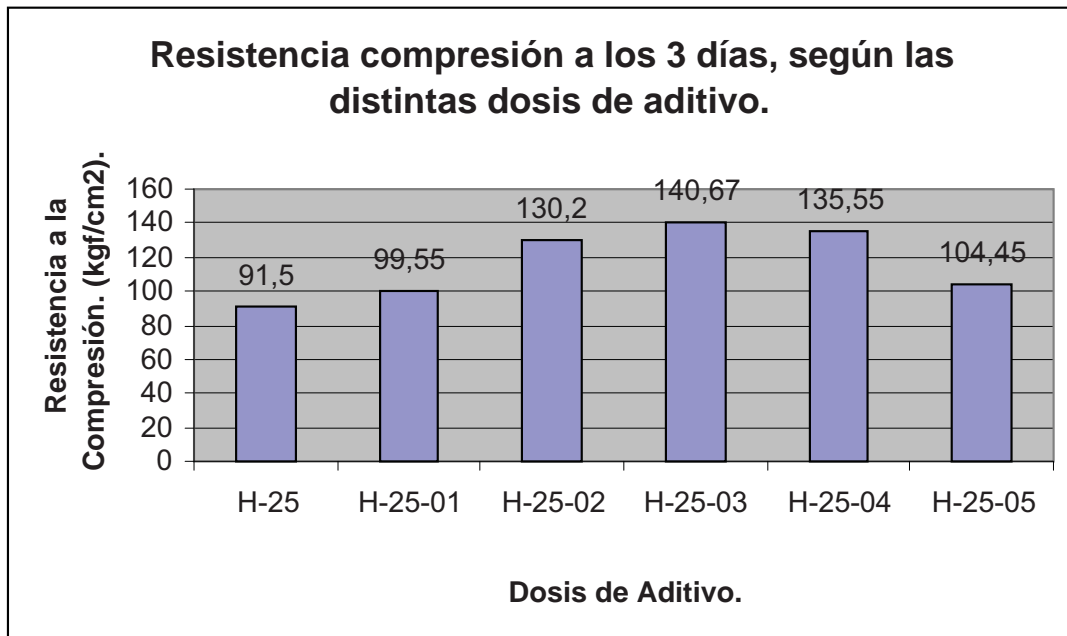
#### 4.2.1.2.- Resistencias.

- H-25, 3 Días:

	H-25	H-25-01	H-25-02	H-25-03	H-25-04	H-25-05
Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	91,5	99,55	130,2	140,67	135,55	104,45

Tabla N° 20, Resistencias, H25 a los 3 días.

Fuente: Elaboración Propia.



Variación resistencia, 3 días H-25

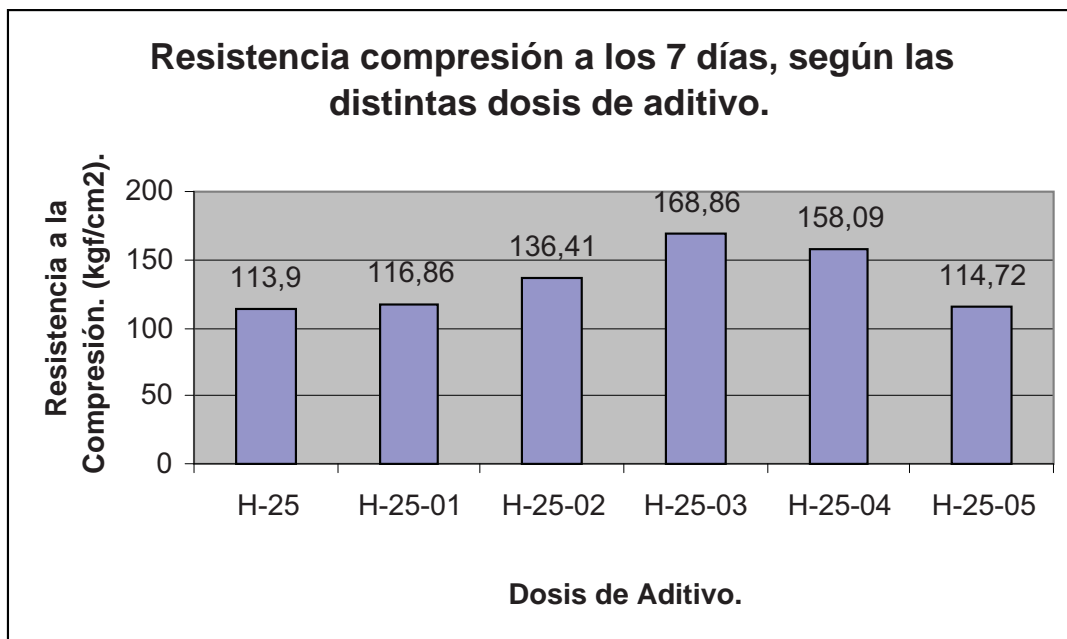
GRAFICO N° 5

- H-25, siete días:

	H-25	H-25-01	H-25-02	H-25-03	H-25-04	H-25-05
<b>Resistencia (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	113,9	116,86	136,41	168,86	158,09	114,72

Tabla N° 21, Resistencias, H-25 a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.

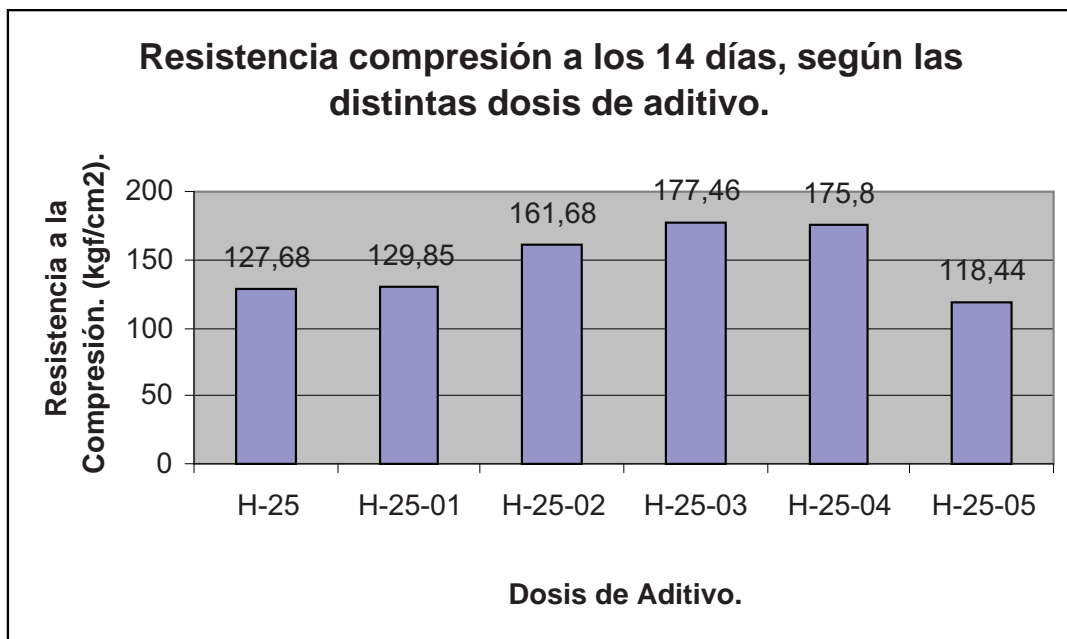


Variación resistencia, 7 días H-25  
GRAFICO N° 6

- H-25, catorce Días.

	H-25	H-25-01	H-25-02	H-25-03	H-25-04	H-25-05
Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	127,68	129,85	161,68	177,46	175,80	118,44

Tabla N° 22, Resistencias, H-25 a los 14 días.  
Fuente: Elaboración Propia.



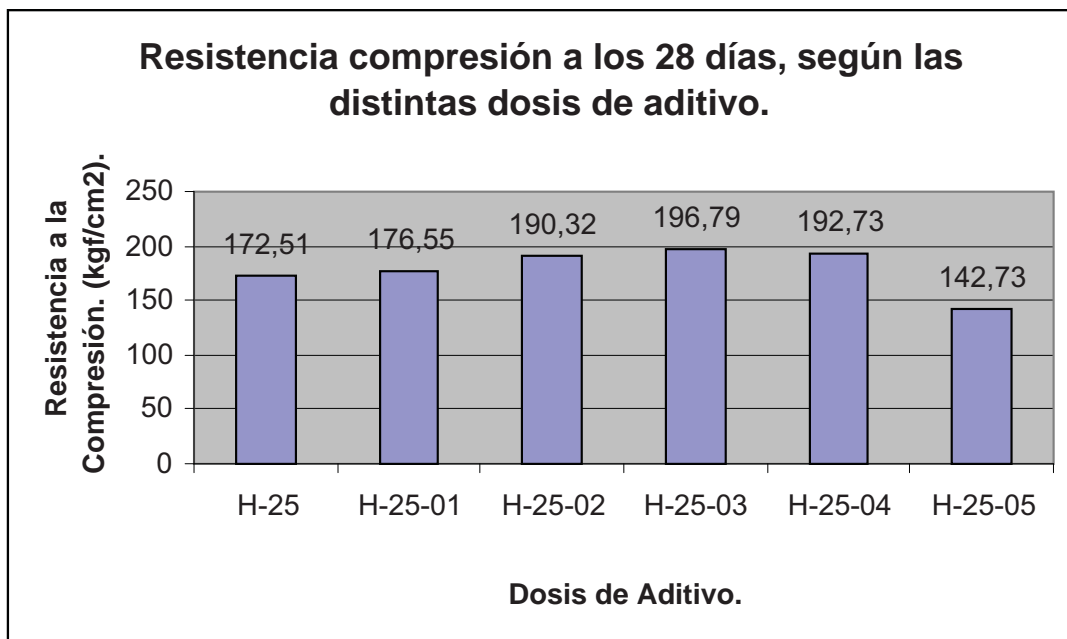
Variación resistencia, 14 días H-25  
GRAFICO N° 7



- H-25, veintiocho Días.

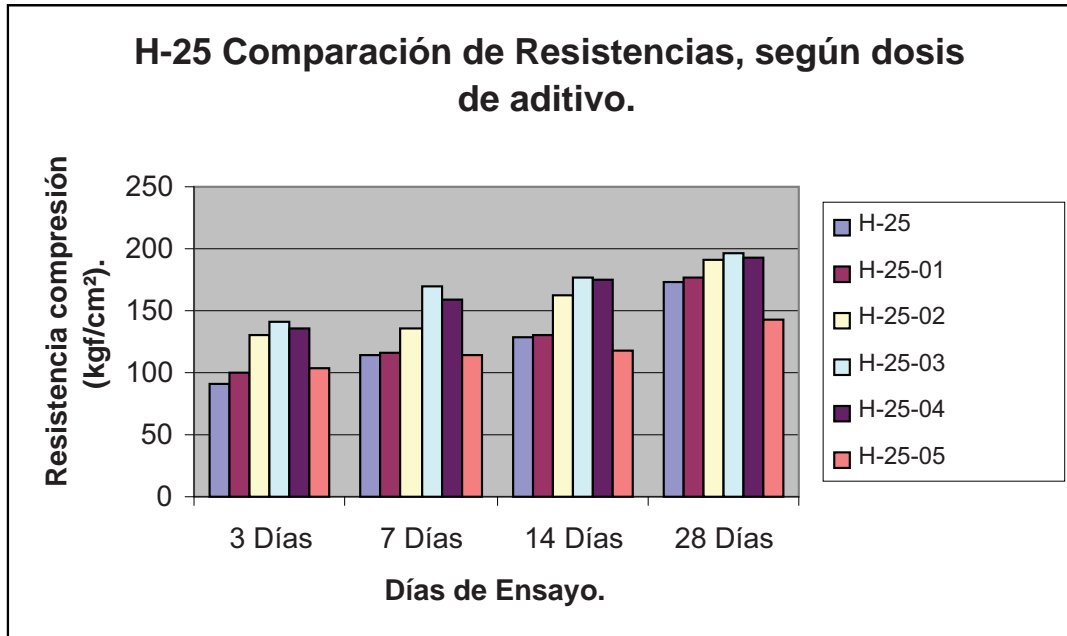
	H-25	H-25-01	H-25-02	H-25-03	H-25-04	H-25-05
Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	172,51	176,55	190,32	196,79	192,73	142,73

Tabla N° 23, Resistencias, H-25 a los 28 días.  
Fuente: Elaboración Propia.



Variación resistencia, 28 días H-25  
GRAFICO N° 8

- Resumen de resistencias obtenidas a las diferentes edades H-25.

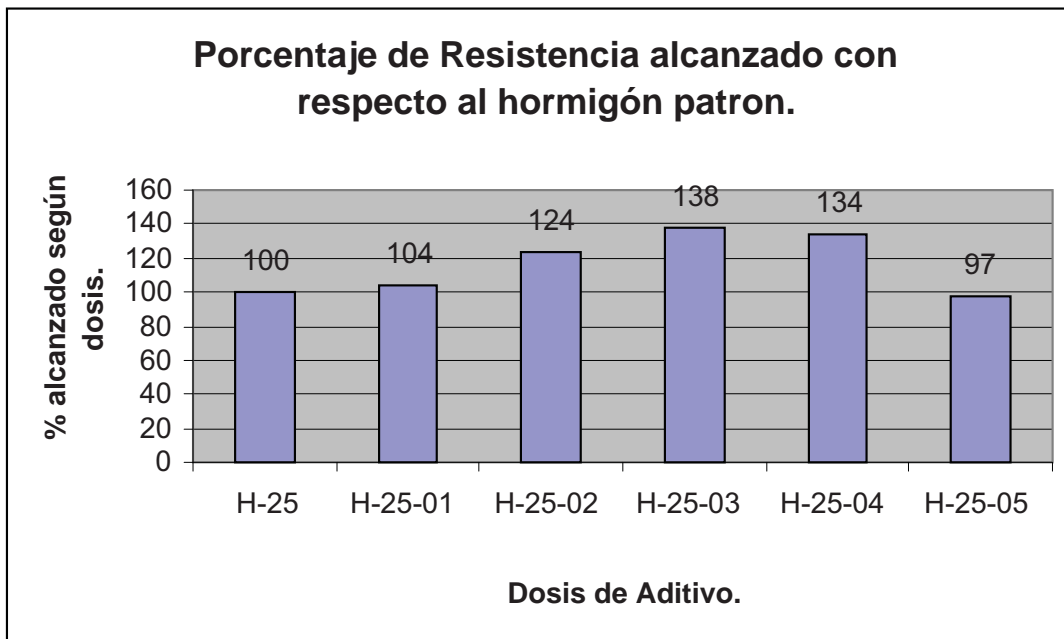


Resumen resistencia a todas las edades H-25.  
GRAFICO N° 9

- **Diferencias Calculadas en base a la resistencia del hormigón patrón.**

	% en que vario la resistencia a los 3 días	% en que vario la resistencia a los 7 días	% en que vario la resistencia a los 14 días	% en que vario la resistencia a los 28 días	promedio de variación
H-25	-	-	-	-	-
H-25-01	8	3	1	2	4
H-25-02	42	20	26	10	24
H-25-03	53	48	39	14	38
H-25-04	47	39	37	11	34
H-25-05	14	1	-7	-17	-3

Tabla N° 24, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-25.  
Fuente: Elaboración Propia.

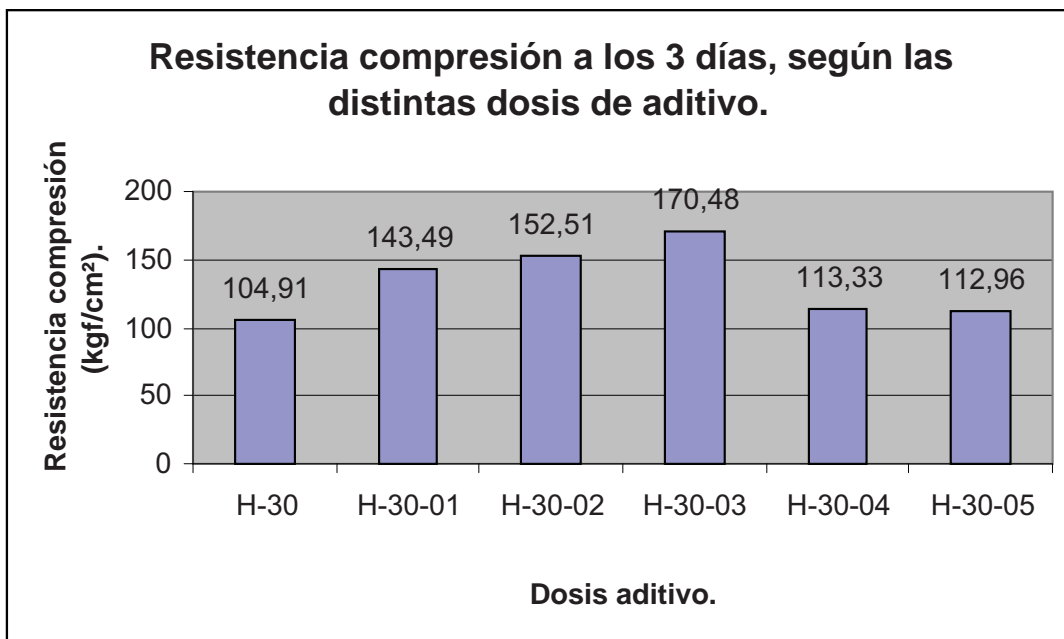


Porcentaje alcanzado con respecto al patrón H-25.  
GRAFICO N° 10

- H-30, tres Días.

	H-30	H-30-01	H-30-02	H-30-03	H-30-04	H-30-05
Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	104,91	143,49	152,51	170,48	113,33	112,96

Tabla N° 25, Resistencias, H-30 a los 3 días.  
Fuente: Elaboración Propia.

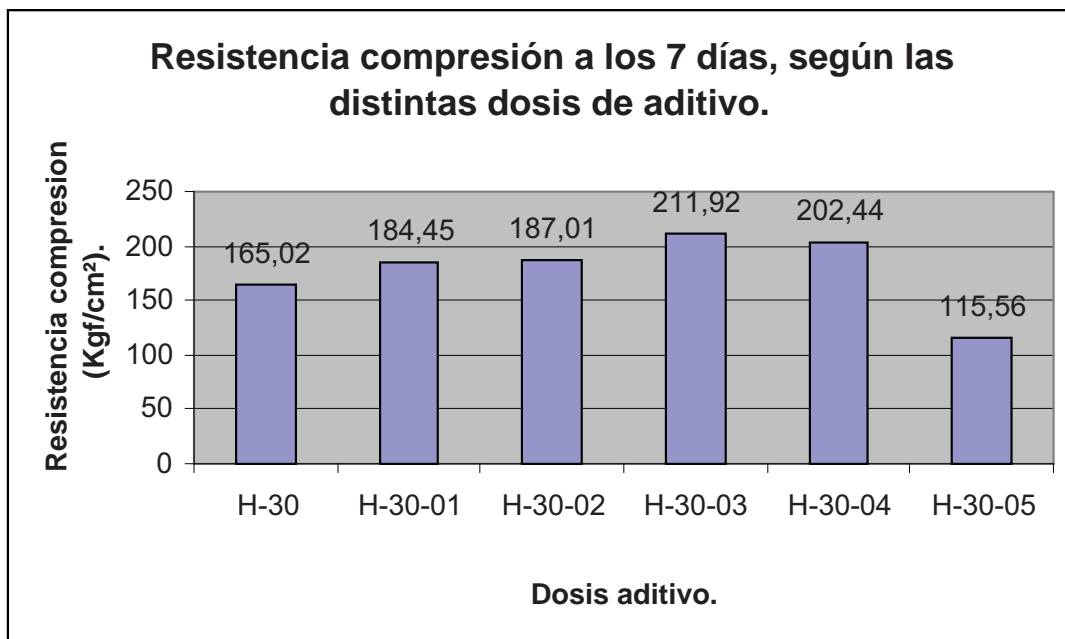


Variación resistencia, 3 días H-30  
GRAFICO N° 11

- H-30, siete Días.

	H-30	H-30-01	H-30-02	H-30-03	H-30-04	H-30-05
Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	165,02	184,45	187,01	211,92	202,44	115,56

Tabla N° 26, Resistencias, H-30 a los 7 días.  
Fuente: Elaboración Propia.

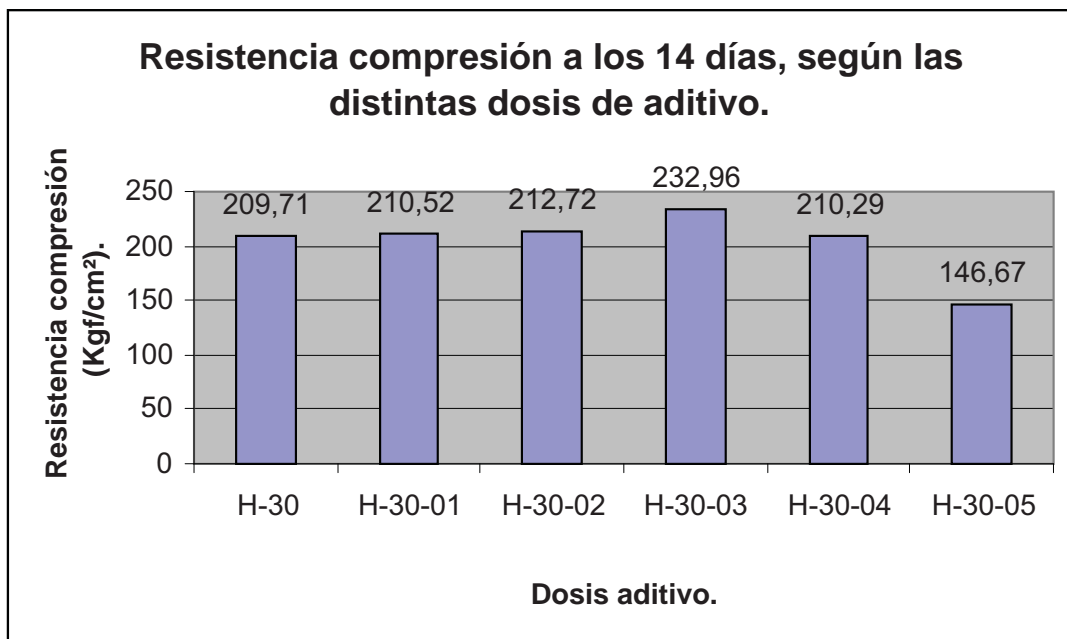


Variación resistencia, 7 días H-30  
GRAFICO N° 12

- H-30, catorce Días.

	H-30	H-30-01	H-30-02	H-30-03	H-30-04	H-30-05
Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	209,71	210,52	212,72	232,96	210,29	146,67

Tabla N° 27, Resistencias, H-30 a los 14 días.  
Fuente: Elaboración Propia.

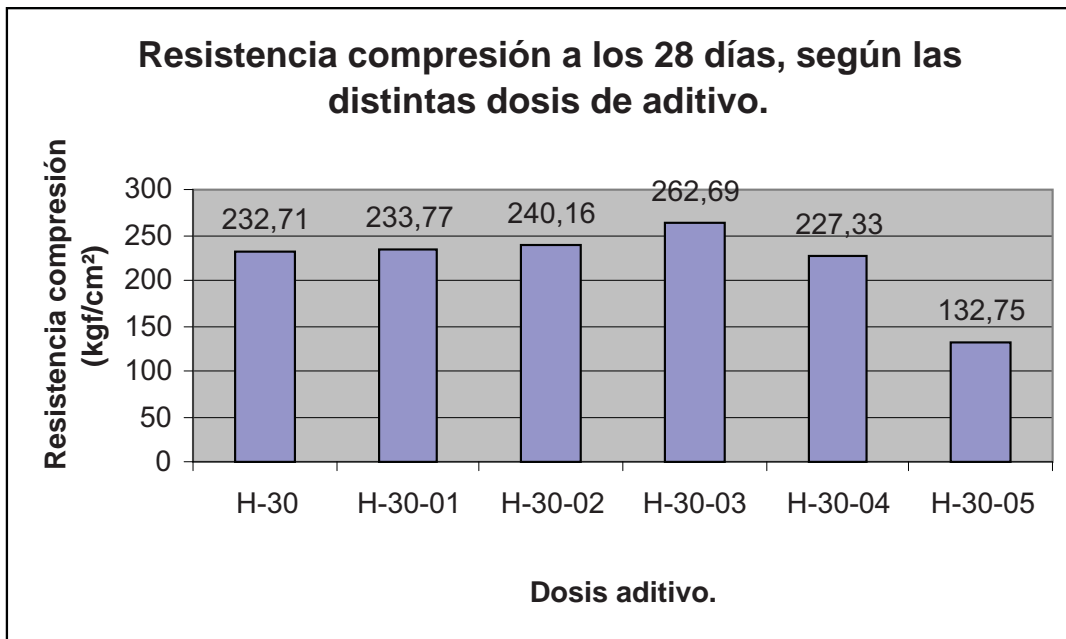


Variación resistencia, 14 días H-30  
GRAFICO N° 13

- H-30, veintiocho Días.

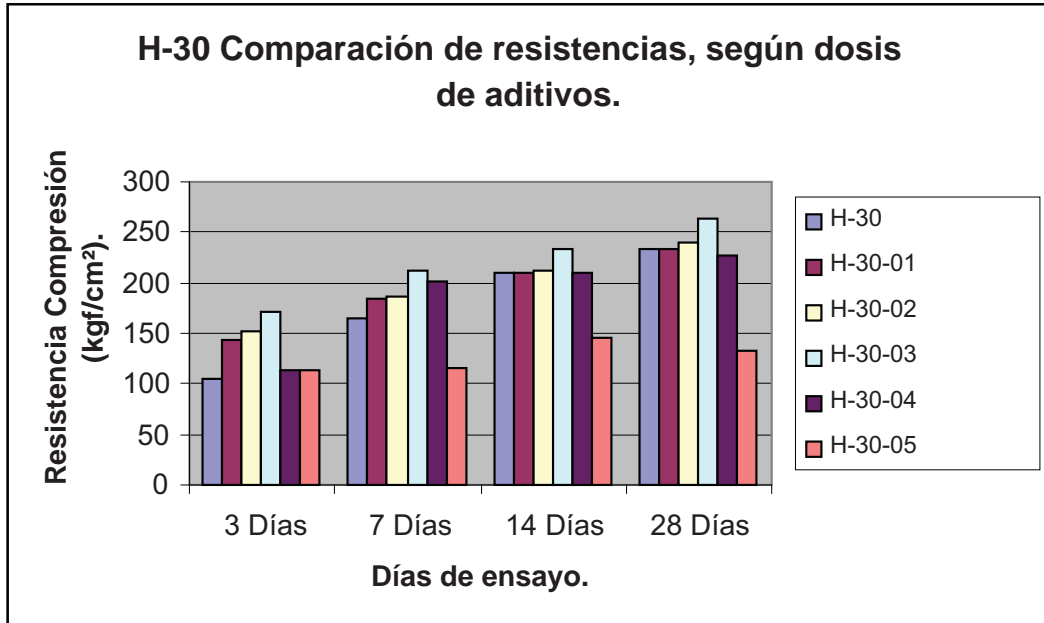
	H-30	H-30-01	H-30-02	H-30-03	H-30-04	H-30-05
Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	232,71	233,77	240,16	262,69	227,33	132,75

Tabla N° 28, Resistencias, H-30 a los 28 días.  
Fuente: Elaboración Propia.



Variación resistencia, 28 días H-30  
GRAFICO N° 14

- Resumen de resistencias obtenidas a las diferentes edades H-30.



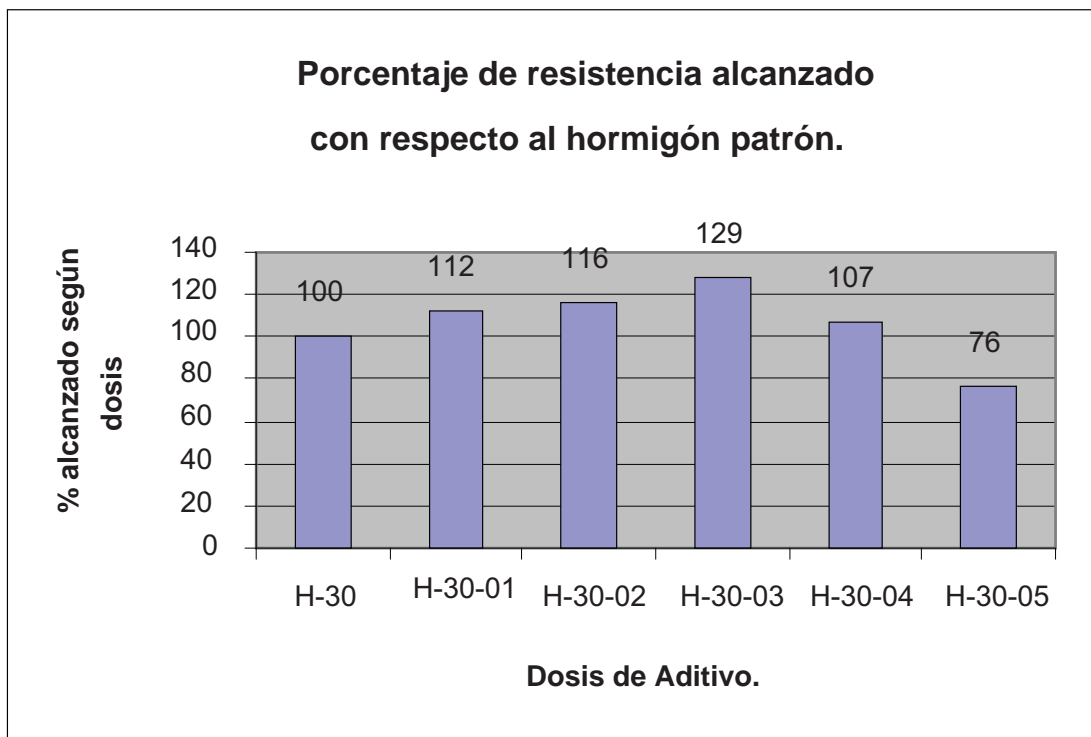
Resumen resistencia a todas las edades H-30.  
GRAFICO N° 15.



- **Diferencias Calculadas en base a la resistencia del hormigón patrón.**

	% en que vario la resistencia a los 3 días	% en que vario la resistencia a los 7 días	% en que vario la resistencia a los 14 días	% en que vario la resistencia a los 28 días	promedio de variación
<b>H-30</b>	-	-	-	-	-
<b>H-30-01</b>	36	12	0	0	12
<b>H-30-02</b>	46	13	1	3	16
<b>H-30-03</b>	62	28	11	13	29
<b>H-30-04</b>	8	22	0	-3	7
<b>H-30-05</b>	8	-30	-30	-43	-24

Tabla N° 29, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-30.  
Fuente: Elaboración Propia.



Porcentaje alcanzado con respecto al patrón H-30.  
GRAFICO N° 16

## CAPITULO V

### CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos en las experiencias desarrolladas se obtuvo las siguientes conclusiones:

#### Resistencia

- La resistencia a la compresión va aumentando según las edades, llegando a su máximo valor el día 28. Esto sucede en los dos tipos de hormigón.
- La resistencia a compresión logra su máximo aumento en los hormigón H-25 y H-30 al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1,6% del peso del cemento (H-25-03 y H-30-03). Al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de un 2% del peso del cemento (H-25-05 y H-30-05), la resistencia llega a ser menor que la patrón. Esto se ve reflejado en todas las edades.
- Para el hormigón grado H-25 el aumento máximo alcanzado es al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1,6% del peso del cemento (H-25-03) llegando a ser 38% y la disminución máxima es de 3% al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de un 2% del peso del cemento (H-25-05).
- Para el hormigón grado H-30 el aumento máximo alcanzado es al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1,6% del peso del cemento (H-30-03) llegando a un 29% y la disminución máxima es de 24% al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de un 2% del peso del cemento (H-30-05).

- En los dos tipos de hormigón se puede ver que la mezcla que más desfavorece es al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de un 2% del peso del cemento (H-25-05 y H-30-05). Ósea la dosis máxima recomendada por el fabricante.
- En los dos tipos de hormigón se puede ver que la mezcla que más favorece es al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1,6% del peso del cemento (H-25-03 y H-30-03). Ósea la dosis media recomendada por el fabricante.

### **Densidad**

- El aditivo superplastificante produce un aumento en la densidad en los hormigones fabricados por el. Esto se observa hasta llegar a aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1,6% del peso del cemento (H-25-03 y H-30-03), ya que empieza a disminuir desde este, pero siendo siempre mayor a la mezcla patrón en el caso de los hormigones H-25, ya que en los hormigones H-30 al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de un 2% del peso del cemento (H-30-05) la densidad es menor a la patrón.
- De los resultados obtenidos se reveló que el aumento máximo para el hormigón H-25 se produce al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1,6% del peso del cemento (H-25-03), correspondiendo a un 2% y el aumento mínimo fue al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 0,4% del peso del cemento (H-25-01) siendo de un 0,1%. Y para el hormigón H-30 la máxima variación se produce al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 1,6% del peso del cemento (H-30-03), siendo 2,85% y la disminución máxima se

produce al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de un 2% del peso del cemento (H-30-05) siendo de un -0,17%.

- Las densidades en ambos hormigones tuvo una variación entre la mínima y máxima muy baja. Lo cual nos indica que no afecta mucho el aditivo superplastificante.

### **Docilidad**

- El aditivo superplastificante tiene un efecto importante en la docilidad de los hormigones, debido a que éste aumenta de manera importante, ya que a mayor dosis de aditivo superplastificante mayor es su trabajabilidad. Esto se observo en ambos tipos de hormigón.
- Para el hormigón grado H-25 al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 0,4% del peso del cemento (H-25-01), el asentamiento del cono vario de 7,5cm a 17,2cm obteniendo un aumento de 9,7cm, siendo esta la variación mínima. Al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 2% del peso del cemento (H-25-05), el asentamiento del cono vario de 7,5cm a 21cm obteniendo un aumento de 13,5cm, siendo esta la variación máxima.
- Para el hormigón grado H-30 al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 0,4% del peso del cemento (H-30-01), el asentamiento del cono vario de 8,5cm a 15,5cm obteniendo un aumento de 7cm, siendo esta la variación mínima. Al aplicar una dosis de aditivo superplastificante de 2% del peso del cemento (H-30-05), el asentamiento del cono vario de 8,5cm a 19,5cm obteniendo un aumento de 11cm, siendo esta la variación máxima.

## BIBLIOGRAFIA

- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 171 of. 1975. Hormigón – Extracción de Muestras del Hormigón.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1017 of. 1975. Hormigón – Confección y Curado en Obra de Probetas para Ensayos de Comprensión y Tracción.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1018 of. 1977. Hormigón – Preparación de mezclas de prueba en laboratorio.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1019 of. 1974. Construcción – Hormigón – Determinación de la Docilidad – Método del Asentamiento del Cono de Abrams.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1037 of. 1977. Hormigón – Ensayo de Compresión de Probetas Cúbicas y Cilíndricas.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1038 of. 1977. Hormigón – Ensayo e Tracción por Flexión.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1117 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de la Densidad Real y Neta y la Absorción de Agua de las Gravas.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1223 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación del Material Fino menor a 0,080 mm.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1239 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación de las Densidades Real y Neta de la Absorción de Agua de las Arenas.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 148 of. 1968. Cemento – Terminología y Unidades.

- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 163 of. 1979. Áridos para Morteros y Hormigones – Requisitos Generales.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 164 of. 1976. Áridos para Morteros y Hormigones – Extracción y Preparación de Muestras.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 165 of. 1977. Áridos para Morteros y Hormigones – Tamizado y Determinación de la Granulometría.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 166 of. 1962. Áridos para Morteros y Hormigones – Determinación colorimétrica de la presencia de impurezas orgánicas en las arenas.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 170 of. 1985. Hormigón – Requisitos Generales.
- ZABALETA, HERNAN. “Compendio de Tecnología del Hormigón”. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, Santiago 1988, Chile.
- WADELL, JOSEPH; DOBRIWOLSKI, JOSEPH. 1997. Manual de la Construcción con Concreto I, Tercera Edición.
- ASOCIACION CHILENA DE FABRICANTES DE ADITIVOS PARA HORMIGON A.G. Uso de aditivos para mejorar la durabilidad de hormigón armado.
- WACKER CORPORATION. 1997. Manual de consolidación del concreto.

## Referencias de Internet

- De la Peña Bernardo, Del Bozo Jorge, Ossandón Pablo. 2003. Revista BIT. “Los Aditivos - Una Solución Real”, Asociación de Fabricantes de Aditivos – AFADI.  
<http://www.revistabit.cl/pdf/85-86.pdf>
- “Aditivos para Hormigón y Mortero”.  
<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/TECNOLOGIA%209.htm>
- “Hormigón Fresco y Endurecido”.  
<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/TECNOLOGIA%207.htm>  
<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/exudacionT7.htm>
- Ficha técnica Sika® Viscocrete® 4000 CL, Aditivo Superplastificante.  
[http://www.sika.cl/upload/fichas/Sika®\\_Viscocrete®\\_4000\\_CL.pdf](http://www.sika.cl/upload/fichas/Sika®_Viscocrete®_4000_CL.pdf)
- Ficha datos de seguridad Sika® Viscocrete® 4000 CL, Aditivo Superplastificante.  
[http://www.sika.cl/upload/HojasSeg/Sika®\\_Viscocrete®\\_4000\\_CL-A.pdf](http://www.sika.cl/upload/HojasSeg/Sika®_Viscocrete®_4000_CL-A.pdf)
- “Confección y curado en obra de probetas de hormigón para ensayos de compresión y tracción”  
<http://images.google.cl/imgres?imgurl=http://icc.ucv.cl/hormigon/desmolde6.jpg&imgrefurl=http://icc.ucv.cl/hormigon/1017.htm&h=480&w=640&sz=55&hl=es&start=1&sig2=pJH31IT3CmRBn0OAsNRwsQ&tbnid=uHqplE3ZaT80vM:&tbnh=103&tbnw=137&ei=BTWRSIb6KaGceoTjra8H&prev=/images%3Fq%3Ddesmolde%2Bprobeta%26gbv%3D2%26hl%3Des>
- Construmática. “Cono de Abrams”  
[http://www.construmatica.com/construpedia/Cono\\_de\\_Abrams](http://www.construmatica.com/construpedia/Cono_de_Abrams)

## **ANEXO 1**

Ficha Técnica, Aditivo Sika Viscocrete 4000 CL.



Ficha Técnica  
Versión Octubre, 2006  
Sika Viscocrete 4000 CL

## Sika® Viscocrete® 4000 CL

Reductor de agua de alta eficiencia

### Definición

**General** Sika® Viscocrete® 4000 CL es un aditivo de alta capacidad de reducción de agua, basado en polímeros sintéticos que permite alta fluidez sin segregación y altas resistencias mecánicas.

### Usos

- Hormigón Auto Compactante sin necesidad de vibración
- Hormigón prefabricado y pretensado
- Hormigón proyectado (shotcrete)
- Hormigón con alta reducción de agua
- Hormigón de alta resistencia
- Hormigón impermeable y de alta durabilidad
- Hormigón bajo agua y hormigón bombeado
- Hormigón de elementos esbeltos y con alta cuantía de acero
- Hormigón a la vista sin defectos estéticos

### Ventajas

Sika® Viscocrete® 4000 CL actúa por diferentes mecanismos. Mediante su adsorción superficial y el efecto estérico de separación de las partículas de cemento, en paralelo al proceso de hidratación, se obtienen las siguientes propiedades:

- Fuerte comportamiento auto compactante. Por lo mismo, es altamente apropiado para la producción de Hormigón Auto Compactante, sin necesidad de vibración ( Self Compacting Concrete - SCC).
- Alta mantención de la fluidez a través del tiempo.
- Alta reducción de agua ( 30%), lo que resulta en hormigón de alta resistencia y densidad.
- Excelente fluidez, lo que resulta en el trabajo reducido al mínimo para la colocación y compactación.
- Incremento del desarrollo de alta resistencia inicial
- Mejoramiento del comportamiento en fluencia y retracción.
- Reducida velocidad de carbonatación del hormigón.

Sika® Viscocrete® 4000 CL no contiene cloruros u otro ingrediente promotor de la corrosión, por lo que puede ser utilizado sin restricciones en hormigón armado y pretensado.

### Normas

Cumple con los requisitos especificados para superplastificantes en las normas SIA 162 (1989), EN 934-2 y ASTM C-494.

### Datos Básicos

**Color** Líquido de aspecto turbio.

### Almacenamiento

Sika® Viscocrete® 4000 CL puede almacenarse durante 1 año en su envase original cerrado, protegido del sol directo y del congelamiento a temperaturas entre 5°C y 35°C.

En caso de congelamiento, el producto puede ser utilizado si posteriormente se descongela lentamente a temperatura de 20°C y se agita en forma intensa.

### Presentación

Granel  
Tineta 20 Kg.

### Datos Técnicos

**Densidad** 1,06 kg/dm<sup>3</sup>



## Aplicación

### Consumo

■ 0,4 a 2 kg. para 100 kg. de cemento.

### Método de aplicación

**Sika® Viscocrete® 4000 CL** se utiliza en dosis de 0,4 a 2% del peso del cemento, dependiendo del efecto deseado.

El aditivo debe agregarse diluido en el agua de amasado en el momento del mezclado o agregado simultáneamente con el agua al interior del mezclador. Para una óptimo comportamiento, mezclar enérgicamente durante un mínimo de 1 minuto.

Para el uso del Hormigón Auto Compactante se requiere de un diseño especial para el hormigón. Favor contactarse con nuestro Departamento Técnico.

**Sika® Viscocrete® 4000 CL** puede ser utilizado en conjunto con otros aditivos Sika, para lo cual se recomienda realizar ensayos previos con la combinación deseada.

En la producción, colocación y curado del hormigón se deben seguir las reglas de buena práctica habitualmente usadas

### Notas

Todos los datos técnicos del producto indicados en esta hoja de datos se basan en pruebas de laboratorio.

Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

### Restricciones Locales

Observe, por favor, que como resultado de regulaciones locales específicas el funcionamiento de este producto puede variar de un país a otro. Consultar, por favor, la hoja de datos local del producto para la descripción exacta de los campos de aplicación.

## Instrucciones de seguridad

### Salud y Seguridad

Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la ficha de datos de seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad. En caso de emergencia llamar al CITUC a los siguientes fonos: 6353800 por intoxicaciones ó 2473600 por emergencias químicas.

### Observaciones

La información, y, en particular, las recomendaciones relacionadas a la aplicación y uso final de productos de Sika, se dan en buena fe basada en el conocimiento y experiencia actual de Sika de los productos cuando se han almacenado apropiadamente, manipulados y aplicados bajo las condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en materiales, substratos y condiciones reales del sitio son tales que ninguna garantía en relación a la comercialización o de aptitud para un propósito particular, ni cualquier obligación que surja en absoluto de cualquier relación legal, puede ser inferida de esta información, ni de cualquier otra recomendación escrita, o de cualquier otra sugerencia ofrecida. El usuario debe probar la aptitud del producto para la aplicación y propósito propuesto. Sika se reserva el derecho para cambiar las propiedades de sus productos. Deben observarse los derechos de propiedad de terceras partes. Todas las órdenes de compra son aceptadas sujetas a nuestras condiciones actuales de venta y entrega. Los usuarios siempre deben referirse a la más reciente edición de la Ficha Técnica local del producto correspondiente, copias de la cual se proporcionarán a su solicitud.




Sika S.A. Chile  
Pdte. S. Allende 85  
San Joaquín  
Santiago  
Chile  
Tel. 56 2 510 6510  
Fax 56 2 552 3735  
www.sika.cl



## **ANEXO 2**

Ficha de Datos de Seguridad, Aditivo Sika Viscocrete 4000 CL.

	<b>Ficha de Datos de Seguridad</b> según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1 (ver instrucciones en Anexo de 93/112/EC)
	Página 1/5
Revisión: 15.01.2007	Código. 1049000
<b>1. Identificación del producto y de la empresa</b>	
Identificación del producto: Nombre comercial <b>Sika Viscocrete 4000 CL</b>	
Información del fabricante/distribuidor	
Fabricante/distribuidor:	Sika S.A. Chile
Dirección:	Av. Pte. Salvador Allende 85
Código postal y ciudad:	Santiago de Chile
País:	Chile
Número de teléfono:	510 65 10
Telefax:	552 37 35
Información general:	Ecología
Teléfono de urgencias:	<b>Intoxicaciones, CITUC: + 562 635 3800</b> <b>Emergencias Químicas, CITUC-QUIMICO: +562 247 3600</b>
<b>2. Composición/información de los componentes</b>	
Descripción química Policarboxilato modificado en solución acuosa	
<b>3. Identificación de peligros</b>	
Identificación de Riesgos de Materiales Según NCh 1411 (HMIS Rating)	
<b>H : 1      F : 0      R : 0      PPE : D</b>	
<b>H</b> : Health : Salud	
<b>F</b> : Flammability : Inflamabilidad	
<b>R</b> : Reactivity : Reactividad	
<b>PPE</b> : Personal Protective Equipment: Equipo de Protección Personal (Ver Pto 8)	
<b>4. Primeros auxilios</b>	
Instrucciones generales Facilitar siempre al médico la hoja de datos de seguridad.	
En caso de inhalación Procurar aire fresco. Si se sienten molestias, acudir al médico.	
En caso de contacto con la piel Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico.	
En caso de contacto con los ojos Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos. Tratamiento médico necesario.	
En caso de ingestión No provocar el vómito. Requerir inmediatamente ayuda médica.	



Nombre comercial: <b>Sika Viscocrete 4000 CL</b>	Página 2/5
Revisión: 15.01.2007	Código. 1049000
<b>5. Medidas de lucha contra incendios</b>	
Medios de extinción adecuados:	
Agua	
Espuma	
Polvo extintor	
Dióxido de carbono	
Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad:	
No aplicable.	
Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia, sus productos de combustión y gases producidos	
En caso de incendio puede(n) desprenderse:	
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	
Oxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	
Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios	
Usar equipo respiratorio autónomo.	
Indicaciones adicionales	
Refrigerar con agua pulverizada los recipientes en peligro.	
Los restos del incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.	
<b>6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental</b>	
Precauciones individuales	
Procurar ventilación suficiente.	
Medidas de protección del medio ambiente:	
En caso de penetración en cursos de agua, el suelo o los desagües, avisar a las autoridades competentes.	
Métodos de limpieza	
Recoger con materiales absorbentes adecuados.	
Tratar el material recogido según se indica en el apartado "eliminación de residuos".	
Eliminar los residuos con agua	
<b>7. Manipulación y almacenamiento</b>	
Manipulación:	
Indicaciones para manipulación sin peligro	
Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal	
Indicaciones para la protección contra incendio y explosión	
No aplicable	
Almacenamiento:	
Exigencias técnicas para almacenes y recipientes	
Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.	

Nombre comercial: <b>Sika Viscocrete 4000 CL</b>	Página 3/5
Revisión: 15.01.2007	Código. 1049000
7. Manipulación y almacenamiento (continuación)	
Indicaciones para el almacenamiento conjunto Mantener alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.	
Información adicional relativa al almacenamiento Proteger de las heladas. Proteger de temperaturas elevadas y de los rayos solares directos.	
<b>8. Límites de exposición y medidas de protección personal</b>	
Protección personal: Medidas generales de protección e higiene No respirar los vapores. Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el area de trabajo No fumar, ni comer o beber durante el trabajo. Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.	
Protección respiratoria No aplicable	
Protección de las manos Guantes de goma natural o sintética	
Protección de los ojos Gafas protectoras	
Protección corporal Ropa de trabajo	
<b>9. Propiedades físicas y químicas</b>	
Aspecto:	
Estado físico:	líquido
Color:	ambar turbio
Olor:	casi inodoro
Datos signif. p. la seguridad	
Punto de ebullición	> 100 °C
Punto de inflamación:	no aplicable
Densidad a 20°C	1.07 - 1.09 g/cm3
Solubilidad en agua	El producto es soluble.
pH a 20°C	5.5 - 6.5
Viscosidad a 20°C	70 - 190 mPas

Nombre comercial: <b>Sika Viscocrete 4000 CL</b>	Página 4/5
Revisión: 15.01.2007	Código. 1049000
<b>10. Estabilidad y reactividad</b>	
Condiciones que deben evitarse No se conocen	
Materias que deben evitarse / Reacciones peligrosas Almacenando y manipulando el producto adecuadamente, no se producen reacciones peligrosas.	
Descomposición térmica y productos de descomposición peligrosos Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.	
<b>11. Informaciones toxicológicas</b>	
Sensibilización: No se conocen efectos sensibilizantes a largo plazo	
Experiencia sobre personas Contacto con la piel: Puede causar irritación Contacto con los ojos: Irritación Inhalación: Puede causar irritación Ingestión: Puede causar perturbaciones en la salud	
<b>12. Informaciones ecológicas</b>	
Indicaciones adicionales El producto es un débil contaminante del agua No permitir el paso al alcantarillado, cursos de agua o terrenos.	
<b>13. Eliminación de residuos</b>	
No desperdicie el Producto. Use abundante agua para el lavado del envase y luego utilícela como agua para amasado. Si ha de eliminar el producto, agregar cemento y dejar endurecer ( el residuo endurecido es inerte ), o bien identifique como residuo especial. Para la disposición final, tomar contacto con la autoridad competente y/o empresa autorizada de eliminación de residuos. La eliminación está regulada por la legislación vigente.	
<b>14. Información relativa al transporte</b>	
ADR/RID Información complementaria Mercancía no peligrosa	
IMO/IMDG Información complementaria Mercancía no peligrosa	

Nombre comercial: <b>Sika Viscocrete 4000 CL</b>	Página 5/5
Revisión: 15.01.2007	Código. 1049000
14. Información relativa al transporte (continuación)	
IATA/ICAO Información complementaria Mercancía no peligrosa	
15. Disposiciones de carácter legal	
Etiquetado según 88/379/EEC Según Directivas CE y la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiqueta.	
16. Otras informaciones	
La información contenida en esta ficha de Datos de Seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras Condiciones Generales de Venta en vigor. Por favor, consulte la Hoja Técnica del producto antes de su utilización.	