



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela Ingeniería en Construcción

"INFLUENCIA DEL ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL HORMIGÓN"

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Constructor.

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

VERIOSKA TAMARA VILLABLANCA FICA
VALDIVIA - CHILE
2006

DEDICATORIA

En primer lugar le dedico todo mi trabajo, el esfuerzo, las tristezas y alegrías de toda mi vida, pero en especial de estos 5 años a Dios, ya que siempre estuvo guiando cada uno de mis pasos y no me abandono ni un solo instante. A él le agradezco por toda su bondad.

En Segundo lugar a mi familia, a mis padres por todo el sacrificio de estos 5 años en especial de los primeros. Ustedes dieron todo de su parte para que yo este donde estoy, les doy las gracias sin ustedes nunca lo hubiese logrado. Se que soy la culpable de más de alguna de las arruguitas que hay en sus rostros o de las canas de sus cabellos. Fueron tiempos muy difíciles, lo sé, muchos días sin dormir por preocupación o por trabajar para que yo pudiese seguir con mis estudios. Siempre estuve conciente de todo lo que hacían por mi, muchas veces me sentí mal incluso, pero tenia presente que yo era su sueño, que el que fuese alguien en esta vida era su principal objetivo y que lucharían y lo darían todo para cumplirlo, por eso yo lo di todo para que sus esfuerzos y sacrificios no fuesen en vano. Les doy las gracias nuevamente los amo mucho.

Natito estas comenzando una nueva etapa en tu vida, la misma que hoy estoy terminando yo, te quiero decir que las cosas no son fáciles a nadie le regalan nada, uno tiene que luchar por conseguirlo todo, cuesta yo lo tengo muy claro, pero también tengo claro que si se quiere se puede, tal vez muchas veces hay que sacrificarse un poco y mas que un poco, pero se puede. Hermanito quiero que seas alguien en esta vida por favor aprovecha todas las oportunidades que se te están dando, estas a nadie beneficiaran mas que a ti.

En tercer lugar le dedico esta memoria a mi liceo “Liceo los Andes” a todos sus profesores, se que tenían muchas esperanzas puestas en mi, como las ponen en cada uno de los alumnos que llegan allí. Ustedes tratan de darle alas a cada adolescente que pisa el establecimiento, no se si es la edad o el ambiente lo que no los deja avanzar, pero yo que

estuve años atrás entre esos adolescentes, puedo decir y contar de los consejos y del apoyo que ustedes brindan día a día, para que podamos salir adelante.

Yo les doy las gracias por todo el apoyo que ustedes me brindaron, por la preocupación que demostraron a lo largo de todo el tiempo que estuve en sus aulas. Pero como buenos educadores no se conformaron solo con acompañarme ese periodo sino que cada vez que los necesite estuvieron dispuestos a tenderme la mano es por eso que le doy las gracias, en especial a la señorita Rosarios, a la señorita Susana y sobre todo a la persona que no me dejó sola ni un solo instante esta etapa mi profe de matemáticas, la señora María Eugenia.

De todo corazón muchas gracias porque de ustedes, los profesores de mi liceo, tuve todo lo que me podían dar, apoyo hasta el final.

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar quiero agradecer al señor José Arrey Diaz, por toda la disposición prestada para el desarrollo de esta memoria. Profe de verdad muchas gracias y no solo por todo lo que me ayudo en mi tesis, también le agradezco por haber sido un apoyo muy importante durante estos años de carrera.

Agradezco al señor Hernán Arnés por contactos realizados para conseguir el cemento para el desarrollo de esta tesis.

Agradezco al señor Victor Carrasco del departamento técnico de Cementos Bío-Bío de Talcahuano, por la donación de cemento para el desarrollo de esta memoria.

Agradezco al señor Alex Silva, departamento técnico de SIKA, por la donación del aditivo SIKA AER utilizado en esta memoria.

Agradezco a la Sra Tati por el apoyo incondicional mostrado.

Agradezco a Fernando Burboa R., mi niño gracias por todo tu apoyo, porque a pesar del momento difícil que estas pasando, nunca me dijiste que no cuando te pedí ayuda. Gracias.

Agradezco mi tía Oli por apoyarme siempre. (claro igual le agradezco a la Josecita, a la Jechu, a la marce y al angelito de Tamarita, por estar siempre pendiente de mi).

Agradezco a mi tío Checho, a la tía Paula, gracias por su preocupación.

Agradezco a mi Abuelita Celesta (Q.P.D.) Por escuchar todas las peticiones de mi padre, cada vez que yo iba a enfrentar un examen o alguna prueba difícil.

Agradezco a mis Abuelitos Antonio y Flora por preocuparse por mi siempre.

Agradezco mi amigo Einer, gracias muchacho siempre estuviste conmigo, fuiste un gran apoyo.

Agradezco a Patito Cuevas, Angélica, Belén y la bebe que viene en camino, por la preocupación y cariño que siempre mostraron hacia mí.

Agradezco a Mario y a Marcelo por todos los viajes a lo largo de mi carrera.

Agradezco a mis Amigas Flor María y Nidia por estar siempre conmigo.

Agradezco a Paula, Fabián, Guti por ayudarme a guardar material para realizar los ensayos.

Agradezco Marcelo y don Leo del laboratorio Lemco por ayudarme con algunos ensayos.

A TODOS USTEDES MUCHAS GRACIAS, SIN SU APOYO NUNCA LO HUBIESE LOGRADO.

INDICE DE CONTENIDO

| TEMA | Pág. |
|---|-------------|
| CAPITULO I : HORMIGON | |
| 1.1.- Antecedentes Históricos. | 1 |
| 1.2.- Generalidades. | 2 |
| 1.3.- Componentes de Hormigón. | 3 |
| 1.3.1.- Cemento. | 3 |
| 1.3.2.- Áridos. | 5 |
| 1.3.2.1.- Condiciones que deben cumplir los Áridos. | 5 |
| 1.3.3.- Agua. | 6 |
| 1.4.- Propiedades del Hormigón Endurecido. | 7 |
| 1.4.1.-Densidad. | 7 |
| 1.4.2.-Resistencia. | 7 |
| 1.4.3.- Durabilidad del hormigón. | 7 |
| | |
| CAPITULO II : ADITIVOS | |
| 2.1.- Historia. | 10 |
| 2.2.- Generalidades. | 11 |
| 2.3.- Clasificación. | 12 |
| 2.4.- Descripción. | 14 |
| 2.4.1.- Plastificantes-reductores de agua. | 15 |
| 2.4.2.- Superplastificadores o Fluidificantes. | 16 |
| 2.4.3.- Expansores – Estabilizadores. | 16 |
| 2.4.4.- Aceleradores de Fraguado y Endurecimiento. | 17 |
| 2.4.5.- Retardadores. | 17 |
| 2.4.6.-Hidrófugos de Masa. | 18 |
| 2.4.7.-Anticongelantes. | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.4.8.-Aditivos de cohesión – Emulsiones. | 19 |
| 2.4.9.-Colorantes. | 19 |
| 2.4.10.-Agentes Formadores de Espuma. | 19 |
| 2.5.- Aditivos incorporados de aire. | 20 |
| 2.5.1.- Generalidades. | 20 |
| 2.5.2.- Componentes. | 21 |
| 2.5.3.- Mecanismo de Acción de los aditivos incorporados de aire. | 21 |
| 2.5.4.- Efecto provocado por el aditivo Incorporador de Aire. | 22 |
| 2.5.5.- La normativa que regula el aditivo incorporador de aire. | 24 |
| | |
| CAPITULO III : EXPERIENCIA | |
| 3.1.- Generalidades. | 25 |
| 3.2.- Diseño de mezclas de prueba. | 25 |
| 3.2.1.- Ensayos realizados a los áridos para la dosificación. | 25 |
| 3.2.2.- Dosificaciones. | 28 |
| 3.3.- Confección de Muestras de Prueba. | 35 |
| | |
| CAPITULO IV : ENSAYOS Y RESULTADOS. | |
| 4.1.- Resultados de la medición de cono. | 47 |
| 4.2.- Ensayos de compresión. | 49 |
| 4.2.1.- Resultados. | 50 |
| 4.3.- Ensayo de flexotracción. | 66 |
| 4.3.1.- Resultados. | 66 |
| | |
| CAPITULO V : CONCLUSIONES. | |
| 5.1.- Conclusiones | 68 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 71 |

ANEXOS

ANEXO 1 : Ficha Técnica, Aditivo Sika Aer.

ANEXO 2 : Ficha de Datos de Seguridad , Aditivo Sika Aer.

INDICE DE FIGURAS

| TEMA | Pág. |
|---|-------------|
| CAPITULO I : HORMIGON | |
| TABLA N° 1, Clasificación de los Cementos según su Composición. | 4 |
| TABLA N° 2, Clasificación de los Cementos según su Resistencia. | 4 |
| TABLA N° 3, Normas que Rigen los Ensayos del Cemento. | 5 |
| CAPITULO II : ADITIVOS | |
| ESQUEMA N° 1: Clasificación según ASTM C 494. | 12 |
| ESQUEMA N° 2: Clasificación según CTH. | 13 |
| ESQUEMA N° 3: Clasificación según ANFOR P18-123. | 14 |
| TABLA N° 4, Requisitos Exigidos para Aditivos Incorporadores de Aire. | 24 |
| CAPITULO III : EXPERIENCIA | |
| TABLA N° 5, Resultados Granulometría Grava. | 26 |
| TABLA N° 6, Resultados Granulometría Arena. | 26 |
| TABLA N° 7, Resultados Ensayo Material Fino menor a 0,080 mm Grava. | 27 |
| TABLA N° 8, Resultados Ensayo Material Fino menor a 0,080 mm Arena. | 27 |
| TABLA N° 9, Resultados Ensayo Densidades Reales, Netas y Absorción Grava. | 27 |
| TABLA N° 10, Resultados Ensayo Densidades Reales, Netas y Absorción Arena. | 27 |
| TABLA N° 11, Ajuste de Porcentajes de Grava y Arena a Bandas Granulométricas. | 28 |
| TABLA N° 12, Dosificación H-25 para un Metro Cúbico. | 32 |
| TABLA N° 13, Resumen Dosificación H-25 para 25 lts. | 33 |
| TABLA N° 14, Dosificación H-30 para un Metro Cúbico. | 33 |
| TABLA N° 15, Resumen Dosificación H-30 para 25 lts. | 33 |
| TABLA N° 16, Dosificación HF-3,6 para un Metro Cúbico. | 34 |
| TABLA N° 17, Resumen Dosificación HF-3,6 para 50 lts. | 34 |

| | |
|--|----|
| TABLA N° 18, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón Patrón H25-P | 36 |
| TABLA N° 19, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H25-01. | 36 |
| TABLA N° 20, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H25-02. | 37 |
| TABLA N° 21, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H25-03 y H25-04. | 37 |
| TABLA N° 22, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H30-P y H30-01. | 37 |
| TABLA N° 23, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H30-02. | 38 |
| TABLA N° 24, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón H30-03 y H30-04. | 38 |
| TABLA N° 25, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón HF3,6-P y HF3,6-01. | 38 |
| TABLA N° 26, Corrección por Humedad Utilizada en Confección de Hormigón HF3,6-02 y HF3,6-03. | 39 |
| FOTO N° 1, Betonera con Arena. | 39 |
| FOTO N° 2, Betonera con Arena y Cemento. | 40 |
| FOTO N° 3, Betonera con Arena y Cemento. | 40 |
| FOTO N° 4, Betonera con Arena, Cemento y Grava. | 40 |
| FOTO N° 5, Betonera con Arena, Cemento y Grava. | 40 |
| FOTO N° 6, Betonera con Arena, Cemento, Grava y Agua. | 41 |
| FOTO N° 7, Proceso de Medición Cono. | 42 |
| FOTO N° 8, Medición Cono. | 42 |
| FOTO N° 9, Proceso de Medición Temperatura. | 43 |
| FOTO N° 10, Compactación con Vibrador. | 44 |

| | |
|---|----|
| FOTO N° 11, Compactación con Varilla Pisón. | 45 |
| FOTO N° 12, Terminación Probetas Mediante Allanado. | 45 |
| | |
| CAPITULO IV : ENSAYOS Y RESULTADOS. | |
| TABLA N° 27, Resultados de la Medición de Cono, H-25. | 47 |
| GRAFICO N° 1, Variación Asentamiento Cono H-25. | 47 |
| TABLA N° 28, Resultados de la medición de cono, H-30. | 48 |
| GRAFICO N° 2, Variación Asentamiento Cono H-30. | 48 |
| TABLA N° 29, Resultados de la Medición de Cono, HF-3,6. | 49 |
| GRAFICO N° 3, Variación Asentamiento Cono HF-3,6. | 49 |
| TABLA N° 30, Densidades Promedios, H-25. | 50 |
| GRAFICO N° 4, Variación Promedio de Densidades H-25. | 50 |
| TABLA N° 31, Densidades Promedios, H-30. | 51 |
| GRAFICO N° 5, Variación Promedio de Densidades H-30. | 51 |
| TABLA N° 32, Densidades Promedios, HF-3,6. | 52 |
| GRAFICO N° 6, Variación Promedio de Densidades HF-3,6. | 52 |
| TABLA N° 33, Resistencias, H-25 a los 7 días. | 53 |
| GRAFICO N° 7, Variación resistencia, 7 días H-25. | 53 |
| TABLA N° 34, Resistencias, H-25 a los 7 días. | 54 |
| GRAFICO N° 8, Variación Resistencia, 14 días H-25. | 54 |
| TABLA N° 35, Resistencias, H-25 a los 21 días. | 55 |
| GRAFICO N° 9, Variación Resistencia, 21 días H-25. | 55 |
| TABLA N° 36, Resistencias, H-25 a los 28 días. | 56 |
| GRAFICO N° 10, Variación Resistencia, 28 días H-25 | 56 |
| GRAFICO N° 11, Resumen Resistencia a Todas las Edades H-25. | 57 |
| TABLA N° 37, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-25. | 58 |
| GRAFICO N° 12, Porcentaje Alcanzado con Respecto al Patrón H-25. | 58 |

| | |
|--|----|
| TABLA N° 38, Resistencias, H-30 a los 7 días. | 59 |
| GRAFICO N° 13, Variación Resistencia, 7 días H-30. | 59 |
| TABLA N° 39, Resistencias, H-30 a los 14 días. | 60 |
| GRAFICO N° 14, Variación Resistencia, 14 días H-30. | 60 |
| TABLA N° 40, Resistencias, H-30 a los 21 días. | 61 |
| GRAFICO N° 15, Variación Resistencia, 21 días H-30. | 61 |
| TABLA N° 41, Resistencias, H-30 a los 28 días. | 62 |
| GRAFICO N° 16, Variación Resistencia, 28 días H-30 | 62 |
| GRAFICO N° 17, Resumen Resistencia a Todas las Edades H-30. | 63 |
| TABLA N° 42, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-30. | 64 |
| GRAFICO N° 18, Porcentaje Alcanzado con Respecto al Patrón H30. | 64 |
| TABLA N° 43, Resistencia Compresión Promedio 28 días y Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón HF-3,6. | 65 |
| GRAFICO N° 19, Variación Resistencia, 28 días HF-3,6. | 65 |
| GRAFICO N° 20, Porcentaje Alcanzado con Respecto al Patrón HF-3,6. | 65 |
| TABLA N° 44, Resistencia Flexotracción Promedio a 28 días y Porcentaje de Variación Resistencias en base al Hormigón Patrón HF-3,6. | 66 |
| GRAFICO N° 21, Variación Resistencia, 28 días HF-3,6. | 66 |
| GRAFICO N° 22, Porcentaje Alcanzado con Respecto al Patrón HF-3,6. | 67 |

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la influencia que provoca el aditivo incorporador de aire en los Hormigones.

Para esto se confeccionaron mezclas patrón (sin aditivo), y mezclas de prueba con distintas dosis de aditivo.

En cada mezcla de prueba se determinó la resistencia, la densidad y la docilidad del hormigón.

Finalmente se desarrollo un análisis comparativo de todos los resultados obtenidos.

ABSTRACT

This work evaluated the influence that provokes the incorporating additive of air in the Concretes.

To do this, pattern mixtures were made without additive and test mixtures with different doses of additive.

In each test mixture was determined the resistance, the density and the docility of the concrete.

Finally, it was developed a comparative analysis of all results got in this study.

INTRODUCCION

El hormigón, es uno de los materiales más utilizados en nuestros tiempos, a él debemos la existencia de importantes obras que contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida y aportan en forma significativa al desarrollo de los países.

Pero como ya se ha demostrado científicamente, el hormigón no es adaptable, por si solo, a las diferentes condiciones que la naturaleza y el uso de las estructuras que con el fin realizadas le imponen.

Los aditivos al incorporarse en el hormigón hacen que este sea más resistente en las condiciones en la cual es débil.

Una de las debilidades del hormigón es su comportamiento ante los ciclos de hielo y deshielo, producidos por el congelamiento al que se ve expuesto en zonas donde las Temperaturas pueden llegar a ser muy bajas. Bajo estas condiciones el hormigón se desintegra afectando en forma importante su durabilidad. El agregar un aditivo incorporador de aire a la mezcla ayuda a que la vida útil del hormigón aumente considerablemente.

¿Pero que tanto modifica esta incorporación de aire la resistencia mecánica del hormigón? Esto es lo que se determinará experimentalmente en este trabajo. Cuanto puede variar la resistencia mecánica al agregar un aditivo incorporador de aire.

OBJETIVOS GENERALES

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

Específicamente se determinará:

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

CAPITULO I

HORMIGON

1.1.- Antecedentes Históricos.

Muchas fueron, a nivel mundial, las obras en las que se utilizó el hormigón, como una masa constituida por materiales pétreos ligados con un aglomerante, desde los inicios de la civilización.

Lamentablemente, por el hecho de desaparecer o decaer las obras realizadas en esos entonces, no se puede conocer hasta que punto llegó el avance tecnológico de esa época. Pero con los datos existentes se pueden distinguir tres etapas:

- 1ª Esta abarca desde el año 7000 A.C. hasta Siglo I antes de cristo, se caracteriza por la utilización de aglomerantes (los cuales fueron: Arcilla, luego yeso y finalmente los en base a cales grasas).
- 2ª Esta marcada por el desarrollo tecnológico logrado por los romanos desde el siglo I A.C. en el que llegaron a componer un hormigón similar al utilizado hoy en día. Ellos lo utilizaban como producto para ligar bloques, y mezclando puzolana con cal, materiales pétreos y cascotes de ladrillo modelaban partes de estructuras y estructuras completas.

Gracias a este producto se produjo una revolución tecnológica tal que, mejoró la calidad de fundaciones, otorgó mayor resistencia y estética a los edificios y además facilitó los procedimientos constructivos.

- 3ª Esta es la que estamos viviendo actualmente, fue iniciada el siglo XIX, con la obtención del cemento como ligante hidráulico, el que fue complementado a comienzos del siglo XX con la utilización en Italia del cemento puzolánico.

Es en esta etapa donde por las exigencias a la que se ven expuestos los pavimentos, ciclos de hielo y deshielos, se llegó al conocimiento de los aditivos incorporadores de aire.

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 1906 donde se abrió en Chile la fábrica de Cemento Melón, 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 están construidas 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.

Diremos que el hormigón es una mezcla de un aglomerante, materiales pétreos, agua y aire. Para nuestro caso el aglomerante será el cemento y además incluiremos los aditivos para modificar alguna de las propiedades del hormigón cuando se requiera.

Primeramente tenemos los áridos, los que pasarán a formar el esqueleto del hormigón. Este esqueleto será unido con pasta de cemento, la que está formada por la mezcla de cemento hidráulico y agua. Estos componentes serán mezclados lo más homogéneamente posible. Primeramente esta mezcla se presentará como una masa plástica y moldeable, es en esta etapa donde se podrá transportar y ser depositado en el elemento del cual pasará a formar parte constituyente. Cuando es depositado este se deberá tener especial cuidado en la compactación que será lo que finalmente le dará la densidad al hormigón.

Al unirse el cemento con el agua, se inicia un proceso físico-químico de hidratación de los componentes del cemento, resultando de esto primero el fraguado y luego un endurecimiento y aumento de resistencia en forma gradual, que prosigue a través del tiempo.

Una propiedad importante del hormigón es su resistencia, la que puede ser estimada y esta directamente relacionada con la características de sus materiales componentes.

Las características 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 conferir 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.

Este componente es un polvo finísimo de color gris, que al ser mezclado con agua (es por esto que se denomina cemento hidráulico) forma una pasta aglomerante que endurece tanto fuera como bajo agua.

Los componentes principales del cemento son la caliza (cal) y sílice (arcilla o escoria de alto horno). Estos son mezclados en proporciones adecuadas y sometidos a un proceso de fusión en un horno rotatorio, dando creación al clínker. Este posteriormente será sometido a molinos de bola convirtiéndolo en polvo finísimo.

Una vez que el clínker 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.

Cemento Portland, es denominado al cemento que sigue el procedimiento antes descrito. Además de este existen los cementos portland con adiciones o especiales, los que a la vez de mantener las características del portland poseen otras propiedades relacionadas con la durabilidad, resistencia química, etc.

➤ **Clasificación de los Cementos fabricados en Chile.**

Según la norma Nch 148 los Cementos nacionales se clasifican por su composición y su resistencia:

• **Según composición.**

| Denominación | Proporción de los componentes | | |
|----------------------|-------------------------------|----------|---------|
| | Clínquer | Puzolana | Escoria |
| Pórtland | 100% | - | - |
| Portland Puzolánico | ≥70% | ≤30% | - |
| Portland Siderúrgico | ≥70% | - | ≤30% |
| Puzolánico | 50-70% | 30-50% | - |
| Siderúrgico | 25-70% | - | 30-75% |

Tabla N° 1, clasificación de los cementos según su composición.

Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

• **Según Resistencia.**

| Grado | Tiempo de fraguado | | Resistencias mínimas | | | |
|------------------|--------------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | | Compresión | | Flexión | |
| | Inicial (min.) | Final (Máx.) | 7 Días Kgf/cm ² | 28 Días Kgf/cm ² | 7 Días Kgf/cm ² | 28 Días Kgf/cm ² |
| Corriente | 60 min. | 12h | 180 | 250 | 35 | 45 |
| Alta Resistencia | 45 min. | 10h | 250 | 350 | 45 | 55 |

Tabla N° 2, clasificación de los cementos según su resistencia.

Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

➤ **Normativa.**

| Características | Norma de ensayo |
|------------------------|------------------------|
| Densidad real | Nch 154 |
| Tiempo de Fraguado | Nch 152 |
| Consistencia normal | Nch 151 |
| Finura _Sist. Blaine | Nch 159 |
| _Sist. Wagner | Nch 149 |
| _Tamizado | Nch 150 |
| Resistencia | Nch 158 |
| Calor de Hidratación | ASTM C 186 |
| Expansión Autoclave | Nch 157 |

Tabla N° 3, Normas que rigen los ensayos del cemento.

Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

1.3.2.- Áridos.

Por economía y estabilidad físico-química, es conveniente que el hormigón además de estar constituido por la pasta de cemento contenga el esqueleto inerte que le brindan los áridos.

Los áridos constituyen alrededor de un 65 a un 75% del volumen total del hormigón distribuido en diferentes formas y tamaños.

1.3.2.1.- Condiciones que deben cumplir los Áridos.

Para su buena integración en el hormigón el árido debe cumplir, con todas las condiciones exigidas en la norma Nch163.

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 esta relacionada directamente con:

- La composición granulométrica que tengan los áridos, la cual será regulada por la norma Nch165 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, 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 el árido no debe 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 temperaturas altas y bajas (ciclos de hielo-deshielo).

1.3.3.- Agua.

La presencia del agua es imprescindible en la confección de los hormigones, ya que es ella la encargada de provocar el proceso de hidratación del cemento y además otorga la trabajabilidad al hormigón fresco.

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

1.4.- Propiedades del Hormigón Endurecido.

1.4.1.-Densidad.

Esta es el peso por unidad de volumen, depende de la densidad real y de la proporción en que se utilizan los áridos, y todos los otros componentes que intervienen en esta mezcla.

Podemos decir que el valor de la densidad del hormigón, dependerá del tipo de árido utilizado, de la compactación que tenga el hormigón luego de su colocación, y de otros factores, como la cantidad de cemento, agua etc. Este valor para hormigones convencionales irá de 2,35 a 2,55 kg/dm³.

1.4.2.-Resistencia.

Esta es una de las propiedades más importantes del hormigón, gracias a ella se pueden cumplir con las exigencias estructurales de cada obra.

Esta propiedad se puede obtener a partir del diseño del hormigón, la que dependerá del uso y de las condiciones de exposición a las que estará sometido en su vida útil.

La resistencia es importante porque de ella depende la seguridad que brinde cada obra por lo que se debe controlar. Puede ser medida a la compresión (ensayo regulado por la norma Nch 1037) y a la flexotracción (ensayo regulado según la norma Nch 1038 o Nch 1170 según sea el caso).

1.4.3.- Durabilidad del hormigón.

Esta depende en gran medida de las acciones provenientes de agentes externos e internos. Estos agentes pueden ser químicos o físicos y de no ser considerados reducirán considerablemente la vida del hormigón.

➤ **Agentes Físicos.**

Aquí encontramos efectos de tipo ambiental y Erosivos.

- **Tipo Ambiental.**

Dentro de este tipo la más importante es la variación de la temperatura, en ciclos con temperaturas bajo y sobre el punto de congelación del agua (0°C), lo que se conoce con el nombre de ciclos de hielo y deshielo.

El hormigón se ve terriblemente afectado por estos ciclos debido a que, por ser permeable, contiene agua en su interior, la cual al congelarse aumenta de volumen creando tensiones internas, las que lo van dañando progresivamente.

También tenemos que decir que las variaciones de humedad (saturación-secado) producen un desgaste en el hormigón, aunque es de menor importancia.

- **Procesos Erosivos.**

Estos pueden ser abrasión mecánica, desplazamientos de materiales, vehículos o cuerpos móviles sobre la superficie, como también por cavitación, proceso destructivo que experimentan los materiales sometidos a escurrimientos de agua a altas velocidades.

➤ **Agentes Químicos.**

Podemos señalar que los agentes químicos que afectan al hormigón pueden ser internos como externos.

Dentro de los internos podemos encontrar el contenido de materia orgánica o los componentes reactivos que contengan los áridos, que afecten el correcto desarrollo del fraguado y endurecimiento.

Los agentes externos, son aquellos compuestos agresivos que en algunos casos brinda la naturaleza como ácidos minerales, Soluciones de sales y Álcalis, etc. estos pueden producir un ataque de magnitud a los elementos de hormigón.

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 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 puzo-lánico 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. Situación Normativa de los Aditivos.

El primer conjunto de procedimientos y especificaciones data de 1950 y se relacionó al primer tipo de aditivo, incorporadores del aire. Ya en esta normativa se observa la necesidad de crear un grupo de procedimientos que consideran pruebas estándares, materiales controlados, equipos específicos y parámetros comparativos con una mezcla patrón sin el aditivo, para clasificar un producto como aditivo incorporador de aire.

En Europa los primeros conjuntos de normas datan de 1958 en España y 1963 en Inglaterra. En 1962, ASTM extendió la normativa de clasificación a otros tipos de aditivos.

2.2.- Generalidades.

Aditivos son aquellos productos (orgánicos e inorgánicos) que al incorporarlos al hormigón modifican o mejoran en forma controlada alguna propiedad de este, constituyendo una ayuda eficaz, y muchas veces imprescindible para lograr satisfacer los requerimientos en muchos casos.

Algunas de propiedades pueden ser:

- Trabajabilidad y exudación del hormigón en estado fresco.
- Tiempo de fraguado y resistencia inicial de la pasta de cemento.
- Resistencia, impermeabilidad y durabilidad del hormigón endurecido.

Se debe tener especial cuidado, ya que la incorporación de alguno de estos productos, además de producir el efecto deseado, puede alterar desfavorablemente alguna de las propiedades del hormigón.

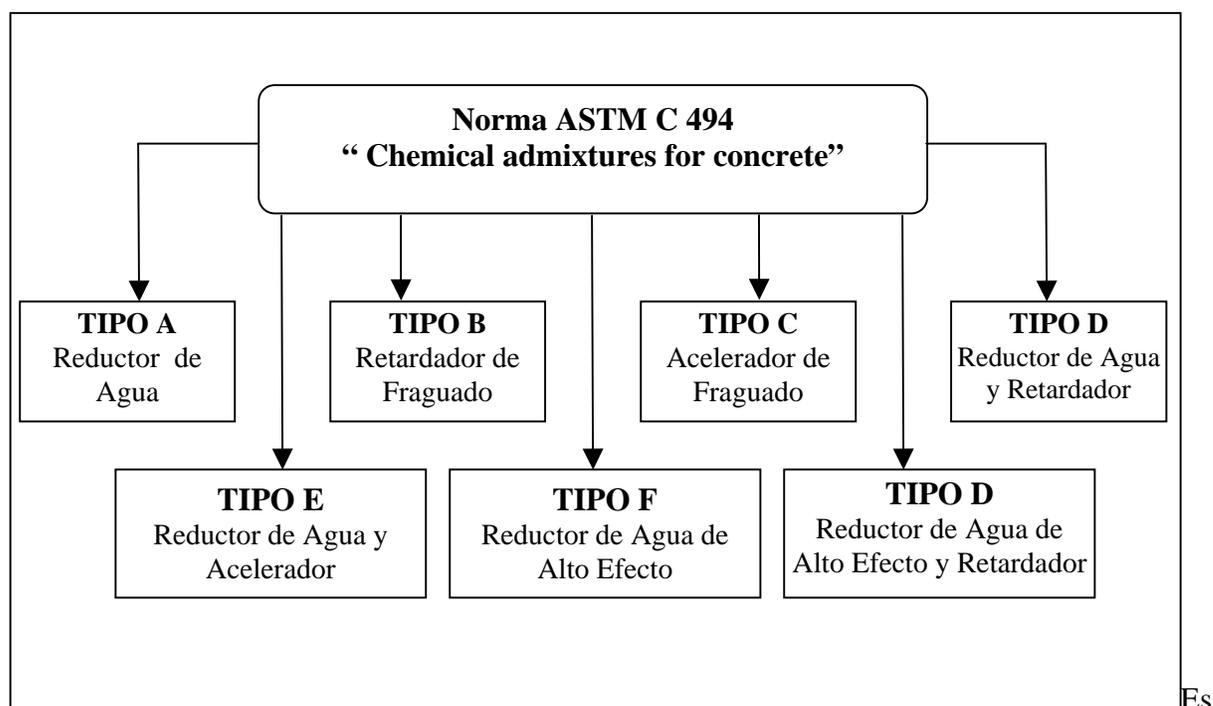
Por lo general, las dosis que se incorporan al hormigón, son pequeñas, van del orden de un 1% a un 5% del peso del cemento. Incorporándose estas al agua de amasado, al presentarse el aditivo en estado líquido, o al cemento al presentarse este producto en polvo.

Otro punto importante que no se debe dejar de considerar, es el factor económico debido, ya que debemos considerar, tanto el valor del producto a utilizar como la obra de mano para su manipulación, ya que un uso inadecuado puede traer consecuencias nocivas.

2.3.- Clasificación.

En cuando a la clasificación de los aditivos, podemos decir que existen diversos tipos de clasificarlos, las cuales veremos a continuación:

➤ Según Norma ASTM C 494 “ Chemical admixtures for concrete”.

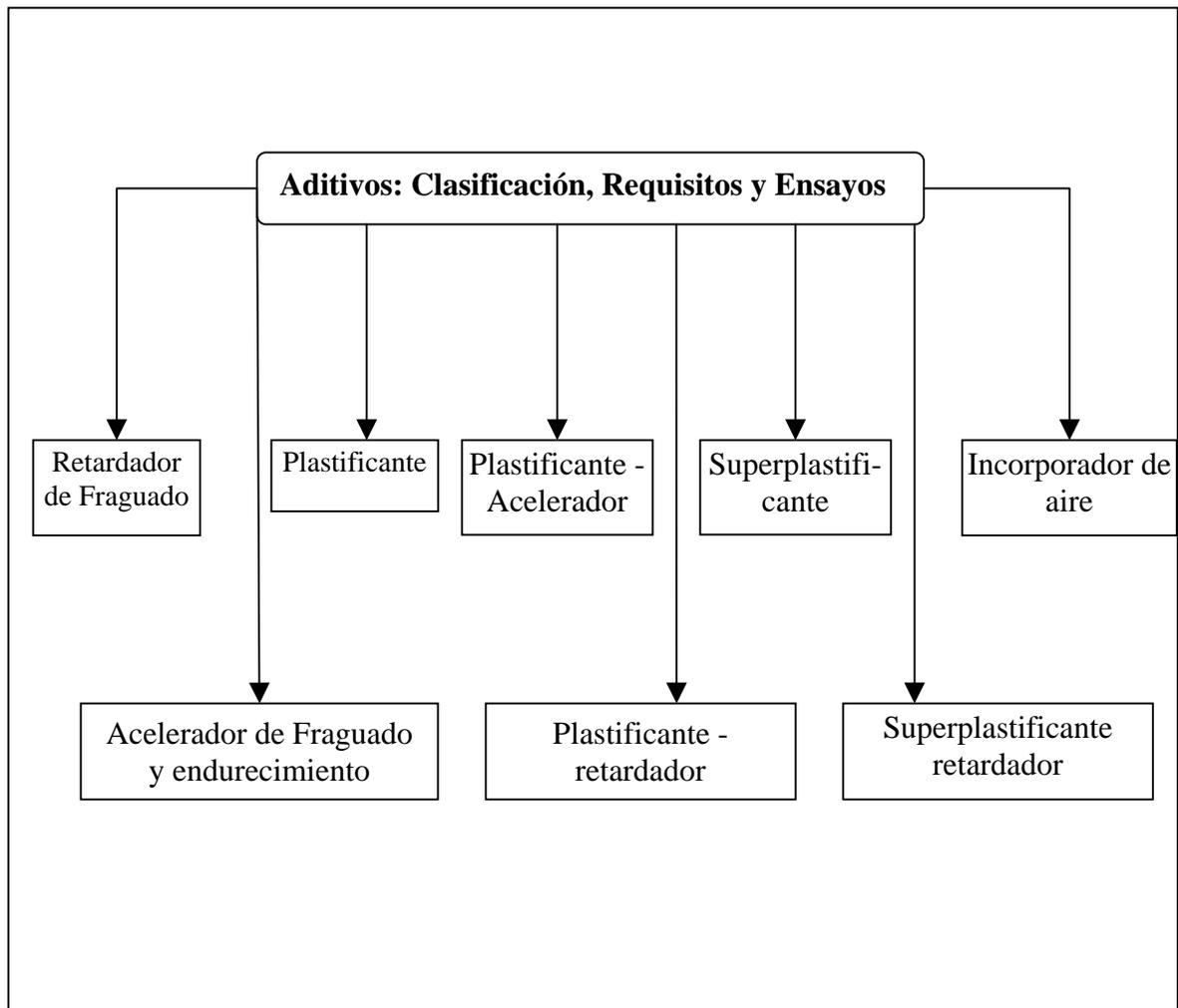


quema N° 1: Clasificación según ASTM C 494.

Fuente : Basado en manual de aditivos.

En la norma ASTM C 260 “Specifications for Air Entraining Admixtures for concrete” se podrá encontrar los Aditivos incorporadotes de aire ya que en la anterior no se encontrarían incluidos.

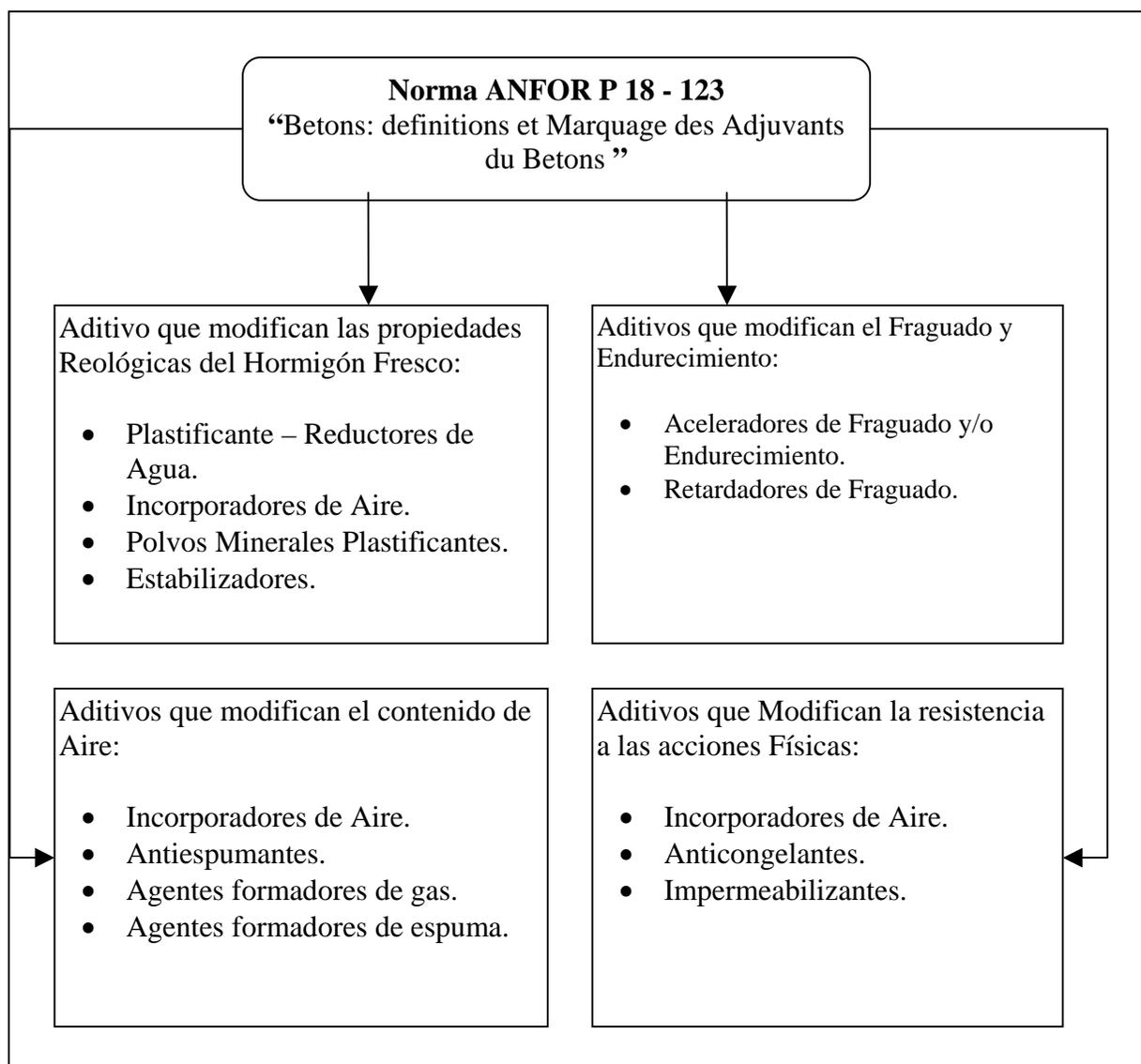
- Según “Aditivos: Clasificación, requisitos y Ensayos”, elaborado por el Centro Tecnológico del Hormigón (CTH).



Esquema N° 2: Clasificación según CTH.

Fuente : Basado en manual de aditivos.

➤ **Según ANFOR P 18 – 123 “Betons: definitions et Marquage des Adjuvants du Betons”**



Esquema N° 3: Clasificación según ANFOR P18-123.

Fuente : Basado en manual de aditivos.

2.4.- Descripción.

A continuación se dará una breve descripción de las características más importantes de los diferentes tipos de aditivos. El Aditivo incorporador de aire no será considerado debido a que se analizara a fondo en el punto 2.5.

2.4.1.- Plastificantes-reductores de agua.

➤ **Generalidades**

Las exigencias actuales, ya sea estructuras complicadas, con gran densidad de armaduras, etc., hacen que este aditivo sea uno de los más usados ya que, produce un aumento de la docilidad, sin la necesidad de aumentar la cantidad de agua de amasado, cumpliendo así con las resistencias especificadas, con una trabajabilidad mayor que la que le correspondería a la razón agua-cemento especificada.

Los Aditivos Plastificantes reductores de agua, cumplen la función, como se mencionaba anteriormente, de aumentar la docilidad del hormigón sin variar su razón agua-cemento.

Otra alternativa que brinda este tipo de aditivo es la de mantener una trabajabilidad determinada disminuyendo la dosis de agua y por consiguiente la razón agua-cemento, dando como resultado un aumento de la compacidad, la resistencia, la impermeabilidad y la durabilidad del hormigón. Como también una menor tendencia a la figuración.

➤ **Efectos producidos por los aditivos Plastificante-reductores de agua.**

- El principal efecto de este aditivo es su influencia en la trabajabilidad del hormigón fresco.
- Retarda el tiempo de fraguado, dependiendo del tipo y de la dosis de aditivo este retardo puede ir de 0.5 a 16 hrs.
- Tiende a influir sobre la incorporación de aire, dependiendo del tipo de aditivo utilizado, variando esta influencia de un 0,3 a un 2,5%.
- La reducción de agua provoca un aumento en la cohesión, la impermeabilidad, la compacidad y la durabilidad del hormigón. Y a su vez también reduce la segregación y exudación.
- Aumenta levemente la resistencia mecánica del hormigón.

2.4.2.- Superplastificadores o Fluidificantes.

➤ **Generalidades**

Este tipo de aditivo tiene la propiedad de aumentar considerablemente la trabajabilidad del hormigón fresco sin variar la dosis de agua, transformando a un hormigón normal en uno fluido autonivelante, de baja tendencia a la segregación.

En algunas condiciones este aditivo es utilizado como reductor de agua, produciendo aumentos considerables en la resistencia.

➤ **Efectos producidos por los aditivos Superplastificadores o fluidificadores.**

- Aumento de la trabajabilidad por un tiempo de 30 a 60 min según el tipo de aditivo. Terminado este tiempo el aditivo vuelve a su a su trabajabilidad normal.
- A provocar hormigones autonivelantes se reduce el trabajo de colocación evitando incluso en la mayoría de los casos el vibrado.
- Al ser utilizado como reductor de agua producen un incremento en la resistencia, en la durabilidad e impermeabilidad del hormigón endurecido. El aumento en la resistencia es mayor que el producido por el reductor de agua debido a que no se incorpora aire a la mezcla.

2.4.3.- Expansores – Estabilizadores.

➤ **Generalidades**

Este aditivo tiene la particularidad de contrarrestar la retracción producida en la pasta de cemento.

➤ **Efectos producidos por los aditivos Expansores – Estabilizadores.**

- Producen un aumento de volumen en el hormigón fresco. Siendo el volumen máximo de un 2% producido entre las 3 ó 4 horas, donde se inicia el proceso de fraguado.
- Las burbujas que se formaran posteriormente debido a la expansión producirá una disminución de la resistencia final del hormigón.

2.4.4.- Aceleradores de Fraguado y Endurecimiento.

➤ **Generalidades**

Adelanta el proceso de fraguado y endurecimiento, logrando resistencias más altas a temprana edad.

➤ **Efectos producidos por los aditivos Aceleradores de Fraguado y Endurecimiento.**

- Acelera el fraguado y endurecimiento.
- Logra resistencias más elevadas a edades más tempranas.
- Producen, según sea el componente del aditivo, una resistencia final mas baja.
- Aumenta el riesgo de figuración.
- Favorece la corrosión de las armaduras.

2.4.5 .- Retardadores.

➤ **Generalidades**

Su principal objetivo, como su nombre lo indica, es el de retardar el proceso de fraguado.

➤ **Efectos provocados por los aditivos Retardadores.**

- Modifican el proceso de fraguado, dependiendo del tipo utilizado este puede ir de: 4.5 a 12.00 hasta de 14.00 a 22.30 hrs.

- Las resistencias del hormigón son mas bajas hasta los 3 días, luego comienza a aumentar logrando sobrepasar así a los 28 y los 90 días.
- Sobre la retracción se dirá que al inicio la disminuye, pero al llegar al periodo final puede sobrepasar incluso la de un hormigón sin aditivo.
- Mejora la docilidad del hormigón fresco.

2.4.6.-Hidrófugos de Masa.

➤ **Generalidades**

Se denominan así a los aditivos capaces de reducir la penetración del agua en el hormigón. Son recomendados para hormigones con dosis bajas de cemento.

➤ **Efectos provocados por los aditivos Hidrófugos de Masa.**

- Disminuyen la permeabilidad del hormigón.
- Pueden producir un retardo de fraguado.
- Aumentan la docilidad del Hormigón fresco.
- Disminuyen a exudación.
- Puede disminuir la resistencia mecánica del hormigón.
- Pueden Producir un Aumento en la retracción hidráulica.

2.4.7.-Anticongelantes.

➤ **Generalidades**

Estos Aditivos activan la hidratación del cemento, lo que lleva a un desprendimiento más rápido del calor de hidratación del hormigón, con lo que logran un aumento en la temperatura del hormigón durante el amasado.

El hormigón gracias a estos aditivos logra su endurecimiento antes de congelase.

➤ **Efectos provocados por los aditivos Anticongelantes.**

- Logran una mayor temperatura durante el proceso de amasado.

2.4.8.-Aditivos de cohesión – Emulsiones.

➤ **Generalidades**

Este aditivo actúa logrando una mayor cohesión entre las partículas de cemento. Para así contribuir a la resistencia final a la tracción de los hormigones.

➤ **Efectos provocados por los aditivos de cohesión – Emulsiones.**

- Aumenta la necesidad de agua en la mezcla, en el mortero fresco.
- Disminuye la exudación, en el mortero fresco.
- Aumenta la incorporación de aire, en el mortero fresco.
- Retarda el fraguado, en el mortero fresco.
- Disminuye el modulo de elasticidad y la fisurabilidad del mortero endurecido.
- Aumenta la adherencia de un hormigón fresco, al colocarlo sobre un mortero.

2.4.9.-Colorantes.

➤ **Generalidades**

Los requisitos estéticos, hacen recurrir este tipo de aditivos, ya que ellos pueden modificar el color original del hormigón producido por el cemento y los áridos.

2.4.10.-Agentes Formadores de Espuma.

➤ **Generalidades**

Es utilizado para la confección de hormigones celulares. Este aditivo produce burbujas de diámetro entre 0,5 a 4mm.

➤ **Efectos provocados por el Aditivo Agentes Formadores de Espuma.**

- Reduce considerablemente la resistencia final del hormigón.
- Reduce la densidad del hormigón.

2.5.- Aditivos incorporados de aire.

2.5.1.- Generalidades.

Un hormigón con una gran cantidad de microburbujas, como fue observado en E.E.U.U en 1932, es capaz de soportar de mejor forma los ciclos de hielo y deshielo, tan perjudiciales para el hormigón, debido a los cambios volumétricos que el hielo le hace sufrir a este.

Como ya es sabido el hormigón a parte de componentes sólidos posee una cantidad de espacios vacíos de formas y dimensiones variadas, producidas por el aire atrapado y por la fracción del agua de amasado que se evapora. Pero al utilizar incorporador de aire lo que se produce son microburbujas esféricas cuyos diámetros varían entre 25 y 250 μ con una separación entre ellos de 100 a 200 μ .

La cantidad de burbujas que se ha estimado es de 100.000 a 400.000 por cm^3 , la que representa una superficie específica de 23,6 mm^2/mm^3 .

Interesa que las partículas sean pequeñas para proteger al hormigón de las heladas. Según norma ASTM C- 457 la pasta de cemento esta protegida contra los efectos de los ciclos de hielo-deshielo, si el factor de distancia es menor a 0,20 mm.

En 1938 se comienza a emplear aditivos incorporados de aire en la construcción de carreteras.

En 1939 se fabrica un Cemento con resina Vinsol como agente incorporador de aire.

En 1948 se empieza a aplicar el aditivo incorporador de aire en Europa.

2.5.2.- Componentes.

Estos son:

- Lignosulfonato sódico o potásico, obtenido como sub producto de la pasta de papel (componente utilizado también en los aditivos plastificantes).
- Abietato sódico: obtenido de tratamiento de resina vegetal como lo es la destilación de la salvia de pino o abeto. (la resina vinsol corresponde a este tipo siendo además este su nombre comercial, este producto es fabricado en los Estados Unidos).
- Sales de etanolamina.
- Sulfonatos de alkilarilo.
- Jabones sódicos de ácido polihidroxicarboxílicos.

2.5.3.- Mecanismo de Acción de los aditivos incorporadores de aire.

Estos son productos de naturaleza aniónica que, al introducirse en la pasta de cemento, quedan absorbidos sobre la superficie de las partículas de cemento formando una delgada capa de filamentos de naturaleza hidrófoba, orientados desde la superficie de estas últimas hacia la fase acuosa entre granos sólidos y con su fase polar adherida a la superficie de los granos de cemento.

Además otra parte del aditivo se disuelve en la fase líquida en la etapa de amasado del hormigón, es aquí donde se producen burbujas de aire, las que quedan distribuidas en dicha fase sin unirse entre ellas, ya que los filamentos se orientan hacia el interior de las burbujas, con su fase polar en la superficie. Gracias a esto se pueden adherir separadamente a los granos de cemento.

La cantidad y características del aire incorporado gracias al aditivo incorporador de aire dependen de diferentes factores:

- Tipo y cantidad de aditivo: intervienen tanto sobre la cantidad como sobre el tamaño, distribución y estabilidad de las burbujas de aire incorporado.

- Tipo y dosis de cemento: mientras más fino y mayor sea la dosis de cemento menor será la cantidad de aire incorporado.
- Docilidad del Hormigón: mientras mayor sea el cono, tanto la cantidad de aire y el tamaño de las burbujas aumentará.
- Las características del hormigón: estas son principalmente proporción de mortero en el hormigón, tamaño máximo del árido grueso y contenidos de los granos finos entre 0,2 y 0,8 mm.
- Condiciones de fabricación y puesta en obra: tiempo de amasado (un tiempo muy extenso hace que la cantidad de aire que hay en las burbujas, especialmente las de mayor diámetro salgan a la superficie y se rompan, con lo que disminuirá la cantidad de aire atrapado en el hormigón), condiciones de transporte (perderá aire según sea el traslado que sufra) y condiciones de compactación (no debe someterse a una excesiva compactación ya que esto hará que se pierda el aire incorporado, y mas aún si se esta trabajando con un cono alto).

2.5.4.- Efecto provocado por el aditivo Incorporador de Aire.

El principal objetivo que busca este aditivo es aumentar la resistencia a los ciclos de hielo y deshielo, pero además de cumplir con este objetivo este aditivo produce efectos secundarios, que se deben tener presente.

➤ Efecto frente a los ciclos de hielo- deshielo.

Las burbujas de aire incorporado por el aditivo en el hormigón actúan como compartimientos de expansión, frente al aumento de volumen que experimenta el agua al transformarse en hielo. Con esto se reducen las presiones hidráulicas, llevando a ser, las tensiones internas producidas por este factor, más pequeñas, con lo que se reduce el deterioro en el hormigón por este efecto.

➤ **Efecto sobre la trabajabilidad.**

Las burbujas de aire formadas en el hormigón fresco producen un aumento de la docilidad, por asemejarse a partículas menores de 2mm, además deformables lo que hace que el resto de las partículas se deslicen entre si sin rozarse.

Por lo tanto se varía las propiedades reológicas del hormigón, aumentando la cohesión con lo que reduce la tendencia a la segregación y la exudación.

➤ **Efecto sobre la resistencia mecánica del hormigón.**

Se considera que por cada un 1% de aire incorporado la resistencia mecánica del hormigón varia de un 3 a un 5%. Lo cual puede ser controlado en parte al bajar la razón agua cemento, por el efecto plastificador que produce el aditivo.

➤ **Efectos producidos sobre la impermeabilidad del hormigón.**

Las microburbujas producidas por el aditivo incorporador de aire se interponen a red de canalículos interna que posee el hormigón, con lo que se permite limitar la ascensión de agua por la capilaridad. Con lo que se crea un hormigón más impermeable y resistente a agentes agresivos.

2.5.5 La normativa que regula el aditivo incorporador de aire.

Los requisitos exigidos en el código de la buena práctica por el centro tecnológico del hormigón son los siguientes:

| Ensayo | Requisitos físicos (valores referidos al hormigón patrón) | |
|--|--|----------------------|
| Tiempo de fraguado inicial, diferencia máxima. | 1 hora | |
| Resistencia a compresión y flexotracción a cualquier edad, mínima | 5 % aire | 70% |
| | 4% aire | 75% |
| | 3% aire | 80% |
| Densidad saturada a los 28 días, disminución mínima. | 5 % aire | 50 kg/m ³ |
| | 4% aire | 25 kg/m ³ |
| | 3% aire | 15 kg/m ³ |
| Ensayo | Requisitos físicos (valores referidos a probetas con aditivo) | |
| Densidad saturada a 3 días, diferencia entre probeta, máximo | 20kg/m ³ | |
| Contenido de aire, diferencia entre 2 amasadas consecutivas, máximo. | 1% | |
| Durabilidad 50 ciclos hielo/deshielo, con aire, expansión máxima | 0,05% | |

Tabla N° 4, Requisitos exigidos para aditivos incorporadores de aire.
Fuente: Compendio tecnología del hormigón.

CAPITULO III

EXPERIENCIA

3.1.- Generalidades.

Esta experiencia busca determinar en que medida varían las propiedades en el hormigón al agregarle a la mezcla el aditivo incorporador de aire.

En primer lugar se confeccionaron hormigones patrones, luego a este mismo diseño se le agregaron distintas dosis de aditivo. Las dosis de aditivos serán determinadas por las indicaciones que da el fabricante en la ficha técnica, la cual se encuentra en el anexo 1.

Se hicieron mediciones en las mezclas patrones y en las con aditivo, de docilidad, densidad y resistencia y se realizó un análisis comparativo.

3.2.- Diseño mezclas de prueba.

El materiales a utilizar para los hormigones patrones serán, cemento corriente, Agua potable, en cuanto a áridos será, grava y arena. En las otras mezclas no se modificará ni la cantidad ni el tipo de material utilizado en los hormigones patrones, solo se agregara el aditivo, siguiendo las indicaciones del fabricante.

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 Nch163.

Para la confección de la dosificación se utilizara grava y arena solamente, debido a que la grava contiene gravilla, de todas formas los porcentajes en los que se utilizan los materiales cumplen con todos los requisitos granulométricos exigidos por la norma Nch 163.

➤ Granulometría.

Ensayo realizado según norma Nch 165, obteniéndose los siguientes resultados:

- **Grava.**

| tamiz | M. Ret. | % Ret. Parcial | % que pasa |
|--------------|----------------|-----------------------|-------------------|
| 1 1/2" | | 0 | 100 |
| 1" | 4634 | 48 | 52 |
| 3/4" | 2025 | 21 | 31 |
| 1/2" | 2278 | 24 | 8 |
| 3/8" | 610 | 6 | 1 |
| n° 4 | 96 | 1 | 0 |
| residuo | 0 | 0 | 0 |
| total | 9679 | | |

Tabla N° 5, Resultados granulometría grava.
Fuente: Elaboración Propia.

- **Arena.**

| tamiz | M. Ret. | % Ret. Parcial | % que pasa |
|--------------|----------------|-----------------------|-------------------|
| 3/8" | | 0 | 100 |
| n° 4 | 170 | 18 | 82 |
| n° 8 | 126 | 14 | 68 |
| n° 16 | 120 | 13 | 55 |
| n° 30 | 233 | 25 | 30 |
| n° 50 | 204 | 22 | 9 |
| n° 100 | 55 | 6 | 3 |
| n° 200 | 14 | 2 | 1 |
| residuo | 11 | 1 | 0 |
| total | 933 | | |

Tabla N° 6, Resultados granulometría arena.
Fuente: Elaboración Propia.

- **Materia Orgánica.**

Ensayo realizado a la arena según norma Nch 166. Obteniéndose como resultado "NIVEL 2".

- **Material Fino menor que 0,080 mm.**

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

- Grava

| Detalle | Pesos |
|-----------------------------------|------------|
| Masa seca antes de lavado (grs) | 9790 |
| Masa seca después de lavado (grs) | 9698 |
| % material fino | 0,9 |

Tabla N° 7, Resultados ensayo material fino menor a 0,080 mm grava.
Fuente: Elaboración Propia.

- Arena.

| Detalle | Pesos |
|-----------------------------------|------------|
| Masa seca antes de lavado (grs) | 946 |
| Masa seca después de lavado (grs) | 935 |
| % material fino | 1,2 |

Tabla N° 8, Resultados ensayo material fino menor a 0,080 mm Arena.
Fuente: Elaboración Propia.

➤ Densidades Reales, Netas y Absorción.

Ensayo realizado según norma Nch 1117, para la grava y Nch 1239 Para la Arena.

Obteniéndose los siguientes resultados:

- Grava.

| Detalle | Pesos | | |
|---------------------|-------|---|------|
| masa sss (kg) | 4.374 | Densidad real sss (Kg/m ³) | 2664 |
| masa sumergida (kg) | 2.732 | Densidad real seca (Kg/m ³) | 2638 |
| masa seca (kg) | 4.331 | Densidad neta (Kg/m ³) | 2709 |
| | | Absorción (%) | 0,99 |

Tabla N° 9, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción grava.
Fuente: Elaboración Propia.

- Arena.

| Detalle | Pesos | | |
|--|--------|---|--------------|
| Masa del matraz con agua (grs) | 0,6658 | Dens.Real Árido sss (Kg/m ³) | 2,602 |
| Masa del matraz con agua + muestra (grs) | 0,7332 | Dens.Real Árido seco (Kg/m ³) | 2,567 |
| Masa del árido sss (grs) | 0,1094 | Dens. Neta (Kg/m ³) | 2,661 |
| Masa del Árido seco (grs) | 0,1079 | % Absorción (%) | 1,36 |

Tabla N° 10, Resultados ensayo densidades reales, netas y absorción Arena.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2.- Dosificaciones.

Para efectuar nuestras comparaciones confeccionaremos hormigones patrones con tres grados diferentes, dos de estos tipos serán ensayados a compresión solamente y el otro será ensayado a compresión y flexotracción.

Debemos dejar claro que los áridos serán los mismos utilizados en todas las mezclas y que las dosificaciones utilizadas en la confección de los hormigones patrones no serán alteradas, cuando se utilice el aditivo, este solo se agregara a la misma cantidad de agua ya utilizada en el patrón, sin modificarla.

El grado de los hormigones será: H-25, H-30, HF-3,6.

➤ **Porcentaje de los áridos necesarios para la mezcla.**

La granulometría esta normalizada en la norma Nch 163 en las tabla 2.5 (anexa), Cumpliendo estos requisitos se obtienen los porcentajes de arena y grava a utilizar en la mezcla.

| Mallas ASTM | % QUE PASA | | Grava | Arena | Granulometría de la Mezcla | Especificación |
|----------------|------------|-------|-------|-------|-------------------------------|--------------------|
| | Grava | Arena | 50% | 50% | | T. Máximo 40 mm |
| 1 ½" | 100 | 100 | 50,0 | 50,0 | 100 | 100 |
| 1" | 52 | 100 | 26,0 | 50,0 | 76 | - |
| ¾" | 31 | 100 | 15,5 | 50,0 | 66 | 60 - 80 |
| ½" | 8 | 100 | 4,0 | 50,0 | 54 | - |
| ⅜" | 1 | 100 | 0,5 | 50,0 | 51 | 40 - 61 |
| No 4 | 0 | 82 | 0,0 | 41,0 | 41 | 24 - 48 |
| No 8 | 0 | 68 | 0,0 | 34,0 | 34 | 15 - 37 |
| No 16 | 0 | 55 | 0,0 | 27,5 | 28 | 10 - 28 |
| No 30 | 0 | 30 | 0,0 | 15,0 | 15 | 6 - 19 |
| No 50 | 0 | 9 | 0,0 | 4,5 | 5 | 3 - 11 |
| No 100 | 0 | 3 | 0,0 | 1,5 | 2 | 2 - 5 |

Tabla N° 11, Ajuste de porcentajes de grava y arena a bandas granulométricas.

Fuente: Elaboración Propia.

De esto requisitos, se obtiene que para el tipo de material que se utilizara en la confección del hormigón, la proporción que mejor se adapta a las bandas granulométricas es la de 50% de arena y 50% de grava.

➤ **Resistencia media requerida (f_r)**

Esta dada por el nivel de confianza, por la desviación estándar y la resistencia especificada.

Para nuestro diseño utilizaremos:

Un nivel de confianza de 80%, lo que nos entrega un factor estadístico (t) de 0,842.

Una desviación estándar (s) de 47,6 Kgf/cm².

La resistencia a compresión a 28 días solicitadas (R_c), en Kgf/cm².

$$f_r = R_c + s * t$$

Entonces para:

- Dosificación H-25 **$f_r = 290$ [Kgf/m²].**
- Dosificación H-30 **$f_r = 340$ [Kgf/m²].**
- Dosificación HF 3,6 **$f_r = 364$ [Kgf/m²]. (*)**

(*) Antes de calcular el f_r debemos transformar esta resistencia de flexotracción a compresión. Para esto se multiplica por el factor 9.

➤ **Razón Agua-Cemento.**

Una vez obtenido f_r , se calcula la razón agua-cemento, esta razón es extraída, de la tabla n° 3 de la Nch 170. Depende del tipo de cemento a utilizar, de la resistencia media requerida calculada anteriormente.

Las razones A/C para f_r del H-25 y H-30 salen directamente de la tabla.

La razón A/C para FH- 3,6 (fr = 364), se obtuvo del manual de vialidad LNV debido a que en la Nch 170 no se establece en rango para el fr calculado anteriormente.

Las Razones A/C para las dosificaciones H-25, H-30 y HF 3,6 serán: 0.50, 0.45 y 0.425 respectivamente.

➤ **Agua.**

La cantidad de agua estará condicionada por la docilidad (cono) que debe tener el hormigón. Y se obtiene 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, según tabla, la cantidad de agua a introducir es de 170 lts. para un metro cúbico.

El Cono que se le exigió a la mezcla de Hormigón HF 3,6 es 3-5.

Entonces para este cono, según tabla, la cantidad de agua a introducir es de 160 lts para un metro cúbico.

➤ **Cemento.**

Esta se calcula una vez obtenida la razón agua cemento (A/C) y la cantidad de agua (A) a introducir en la mezcla.

$$C = \frac{A}{A/C}$$

Tenemos entonces que las cantidades de cemento (C) para un metro cúbico de hormigón será de:

- Para H-25, la cantidad es de 340 Kg de Cemento.
- Para H-30, la cantidad es de 378 Kg de Cemento.
- Para HF-3,6 la cantidad es de 376 Kg de Cemento.

➤ **Aire.**

La cantidad de aire considerada en la mezcla, se obtiene, según el tamaño máximo nominal del árido, de la tabla n° 23 de la norma Nch 170.

Entonces para el tamaño máximo nominal, de 40mm, que es el que posee el árido a utilizar en las mezclas, la cantidad de aire a considerar es de 10 lts. Esta cantidad es utilizada para las tres dosificaciones ya que el material será el mismo en las tres.

➤ **Áridos.**

La cantidad de los áridos se calcularan de la siguiente forma:

Donde:

$$V = 1000 - \left(A + \frac{C}{3} + aire \right)$$

V : Volumen que ocuparan los áridos.

A : Dosis de agua, calculada anteriormente.

C : Cantidad de cemento, calculado anteriormente.

Aire: Cantidad de aire, Calculado anteriormente.

- Dosificación H-25 $V = 707lts.$
- Dosificación H-30 $V = 694lts.$
- Dosificación HF-3,6 $V = 705lts.$

Obtenido V, se calculará el peso de los áridos, lo que se hará utilizando la siguiente formula:

Donde:

$$P = V * \frac{\partial_{rg} * \partial_{ra}}{\% a * \partial_{rg} + \% g * \partial_{ra}}$$

P : Peso total de los áridos.

∂_{ra} : Densidad real arena.

∂_{rg} : Densidad real grava.

$\% a$: Porcentaje de arena.

$\% g$: Porcentaje de grava.

- Dosificación H-25 $P = 1839$.

Arena : $1839 * 0,5 = 919$ [kg].

Grava : $1839 * 0,5 = 919$ [kg].

- Dosificación H-30 $P = 1806$.

Arena : $1806 * 0,5 = 903$ [kg].

Grava : $1839 * 0,5 = 903$ [kg].

- Dosificación HF-3,6 $P = 1833$.

Arena : $1806 * 0,5 = 917$ [kg].

Grava : $1839 * 0,5 = 917$ [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

| | | 1 m³ |
|---------------|---------------------|------------------------|
| Fr | Kgf/cm ² | 290 |
| Razón A/C | - | 0,50 |
| Dosis de agua | Lts. | 170 |
| Cemento | Kg | 340 |
| V. Árido | Lts. | 707 |
| Peso áridos | Kg. | 1.839 |
| Peso Grava | Kg. | 919 |
| Peso arena | Kg. | 919 |

Tabla N° 12, Dosificación H-25 para un metro cúbico.
Fuente: Elaboración Propia.

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

| | | 25 lts |
|---------------|------|---------------|
| Dosis de agua | Lts. | 4,3 |
| Cemento | Kg | 8,5 |
| Peso Grava | Kg. | 23 |
| Peso arena | Kg. | 23 |

Tabla N° 13, Resumen dosificación H-25 para 25 lts.

Fuente: Elaboración Propia

- Resumen H-30

| | | 1 m³ |
|---------------|---------------------|------------------------|
| Fr | Kgf/cm ² | 340 |
| Razón A/C | - | 0,45 |
| Dosis de agua | Lts. | 170 |
| Cemento | Kg | 378 |
| V. Árido | Lts. | 694 |
| Peso áridos | Kg. | 1.806 |
| Peso Grava | Kg. | 903 |
| Peso arena | Kg. | 903 |

Tabla N° 14, Dosificación H-30 para un metro cúbico.

Fuente: Elaboración Propia

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

| | | 25 lts |
|---------------|------|---------------|
| Dosis de agua | Lts. | 4,3 |
| Cemento | Kg | 9,4 |
| Peso Grava | Kg. | 22,6 |
| Peso arena | Kg. | 22,6 |

Tabla N° 15, Resumen dosificación H-30 para 25 lts.

Fuente: Elaboración Propia

- Resumen HF-3,6

| | | 1 m³ |
|---------------|---------------------|------------------------|
| Fr | Kgf/cm ² | 364 |
| Razón A/C | - | 0,425 |
| Dosis de agua | Lts. | 160 |
| Cemento | Kg | 376 |
| V. Árido | Lts. | 705 |
| Peso áridos | Kg. | 1.833 |
| Peso Grava | Kg. | 917 |
| Peso arena | Kg. | 917 |

Tabla N° 16, Dosificación HF-3,6 para un metro cúbico.

Fuente: Elaboración Propia

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

| | | 50 lts |
|---------------|------|---------------|
| Dosis de agua | Lts. | 8 |
| Cemento | Kg | 18,8 |
| Peso Grava | Kg. | 45,9 |
| Peso arena | Kg. | 45,9 |

Tabla N° 17, Resumen dosificación HF-3,6 para 50 lts.

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Dosis de Aditivo.**

La dosis de aditivo se obtuvo según las instrucciones del fabricante (Anexo 1).

El aditivo que utilizaremos en este trabajo es el Sika Aer.

Según las recomendaciones del fabricante se debe aplicar de 30 a 120 grs de aditivo por cada 100 kg de cemento.

Las dosis se calcularan en forma proporcional a los 100 kg de cemento. Primero se calculara la dosis mínima y luego la máxima, además se utilizaran dosis intermedias para ver en forma gradual como varían las propiedades del hormigón.

- ❖ Para la dosificación H-25, en la que se ocuparan 8,5 kg de cemento. La dosis mínima será 2,55 (grs) de aditivo y la máxima de 10,2 (grs) de aditivo.
 - 1° será la dosis mínima de 2,55 grs, la que se designara como H25-01.

- 2° será una dosis intermedia de 5 grs, la que se designará como H25-02.
 - 3° será una dosis intermedia de 7,5 grs, la que se designará como H25-03.
 - 4° será la dosis máxima de 10 grs, la que se designará como H25-04.
- ❖ Para la dosificación H-30, en la que se ocuparan 9,4 kg de cemento. La dosis mínima será 2,85 (grs) de aditivo y la máxima de 11,35 (grs) de aditivo.
- 1° será la dosis mínima de 2,85 grs, la que se designara como H30-01.
 - 2° será una dosis intermedia de 5,5 grs, la que se designará como H30-02.
 - 3° será una dosis intermedia de 8,5 grs, la que se designará como H30-03.
 - 4° será la dosis máxima de 11,35 grs, la que se designará como H30-04.
- ❖ Para la dosificación HF-3,6, en la que se ocuparan 18,8 kg de cemento. La dosis mínima será 5,64 (grs) de aditivo y la máxima de 22,56 (grs) de aditivo.
- 1° será la dosis mínima de 5,64 grs, la que se designara como HF3,6-01.
 - 2° será una dosis intermedia de 14,1 grs, la que se designará como HF3,6-02.
 - 3° será la dosis máxima de 22,56 grs, la que se designará como HF3,6-03.

3.3.- Confección de Mezclas de Prueba.

Todas las mezclas de pruebas serán confeccionadas en una botonera de eje vertical según la norma Nch 1018 “Preparación de mezclas de prueba en laboratorio”.

Se utilizó el método húmedo de la norma Nch 1018.

Se determinó el volumen considerando un 50% más del necesario para llenar los moldes que se utilizaron.

A continuación detallaremos todos los pasos seguidos, en cada una de las muestras patrones.

1°.- El día anterior a la realización de los hormigones se procedió a mojar el árido, de acuerdo a lo establecido en la norma Nch 1018.

2°.- El día de la confección de las muestras antes de pesar los materiales se midió la humedad de los áridos y luego se procedió a realizar las correcciones por humedad.

A continuación se entregan resúmenes de las tablas de corrección

- Corrección para H25-P (hormigón patrón H-25)

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 8,5 | - | 8,5 |
| Agua (lts) | 4,3 | -2 | 2,3 |
| Grava (kg) | 23 | + 0,354 | 23,35 |
| Arena (kg) | 23 | + 2,185 | 25,19 |
| Agua abs (lts) | 0,54 | - | - |

Tabla N° 18, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón patrón.
Fuente: Elaboración Propia

- Corrección para H25-01.

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 8,5 | - | 8,5 |
| Agua (lts) | 4,16 (*) | -1,87 | 2,29 |
| Grava (kg) | 23 | + 0,271 | 23,271 |
| Arena (kg) | 23 | + 2,134 | 25,134 |
| Agua abs (lts) | 0,54 | - | - |

Tabla N° 19, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H25-01.
Fuente: Elaboración Propia

(*): la cantidad de agua calculada fue modificada cuando se confecciono el hormigón patrón, por lo que en todas las mezclas de H-25 se utilizará la misma cantidad que en el patrón.

- Corrección para H25-02.

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 8,5 | - | 8,5 |
| Agua (lts) | 4,16 | -1,82 | 2,34 |
| Grava (kg) | 23 | + 0,294 | 23,294 |
| Arena (kg) | 23 | + 2,07 | 25,07 |
| Agua abs (lts) | 0,54 | - | |

Tabla N° 20, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H25-02.

Fuente: Elaboración Propia

- Corrección para H25-03 y H25-04.

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 8,5 | - | 8,5 |
| Agua (lts) | 4,16 | -1,806 | 2,354 |
| Grava (kg) | 23 | + 0,322 | 23,322 |
| Arena (kg) | 23 | + 2,024 | 25,024 |
| Agua abs (lts) | 0,54 | - | |

Tabla N° 21, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H25-03 y H25-04 .

Fuente: Elaboración Propia

- Corrección para H30-P y H30-01

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 9,4 | - | 9,4 |
| Agua (lts) | 4,3 | -1,706 | 2,594 |
| Grava (kg) | 22,6 | + 0,316 | 22,916 |
| Arena (kg) | 22,6 | + 1,920 | 24,52 |
| Agua abs (lts) | 0,53 | - | - |

Tabla N° 22, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H30-P y H30-01.

Fuente: Elaboración Propia

- Corrección para H30-02

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 9,4 | - | 9,4 |
| Agua (lts) | 4,3 | -2,157 | 2,143 |
| Grava (kg) | 22,6 | + 0,314 | 22,914 |
| Arena (kg) | 22,6 | + 2,373 | 24,973 |
| Agua abs (lts) | 0,53 | - | - |

Tabla N° 23, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H30-02.
Fuente: Elaboración Propia

- Corrección para H30-03 y H30-04

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 9,4 | - | 9,4 |
| Agua (lts) | 4,3 | -1,566 | 2,734 |
| Grava (kg) | 22,6 | + 0,390 | 22,99 |
| Arena (kg) | 22,6 | + 1,706 | 24,306 |
| Agua abs (lts) | 0,53 | - | - |

Tabla N° 24, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón H30-03 y H30-04.

Fuente: Elaboración Propia

- Corrección para HF3,6-P y HF3,6-01

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Cemento (kg) | 18,8 | - | 18,8 |
| Agua (lts) | 8 | -1,688 | 6,31 |
| Grava (kg) | 45,9 | + 0,794 | 46,69 |
| Arena (kg) | 45,9 | + 1,974 | 47,87 |
| Agua abs (lts) | 1,08 | - | - |

Tabla N° 25, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón HF3,6-P y HF3,6-01.

Fuente: Elaboración Propia

- Corrección para HF3,6-02 y HF3,6-03

| material | cantidad | aporte humedad | Cantidad corregida |
|----------------|----------|----------------|--------------------|
| Cemento (kg) | 18,8 | - | 18,8 |
| Agua (lts) | 8 | -3,721 | 4,28 |
| Grava (kg) | 45,9 | + 0,532 | 46,43 |
| Arena (kg) | 45,9 | + 4,269 | 49,31 |
| Agua abs (lts) | 1,08 | - | - |

Tabla N° 26, Corrección por humedad utilizada en confección de hormigón HF3,6-02 y HF3,6-03.

Fuente: Elaboración Propia

3° Realizada ya las correcciones, se procede a medir los materiales, según cantidad corregida.

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

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

- Previo a esto se humedeció la betonera, para esta no absorbiera el agua de amasado.
- Se hecho primeramente la arena.



Betonera con arena

FOTO N° 1

- Luego se agrego el cemento, y se mezclaron con la arena hasta quedar de apariencia homogénea.



Betonera con arena y cemento

FOTO N° 2



Betonera con arena y cemento

FOTO N° 3

- Luego de esto se agrego la grava, y se volvió a mezclar nuevamente hasta quedar de apariencia homogénea.



Betonera con arena, cemento y grava

FOTO N° 4



Betonera con arena, cemento y grava

FOTO N° 5

- Finalmente, en el caso de los hormigones patrones se agrego el agua solamente, en las otras mezclas, en el agua de amasado iba incluido además el aditivo, tal como lo indicaba el fabricante. El agua y el agua con aditivo se le agrego con la betonera funcionando y se siguió mezclando hasta que la mezcla quedo de apariencia uniforme.



Betonera con arena, cemento, grava y agua.

FOTO N° 6

5° Terminada la mezcla de todos los materiales se procede a medir la docilidad del hormigón, lo cual se hace utilizando el cono de abrams, y siguiendo el procedimiento establecido en la Nch 1019.

- Se colocó el molde sobre la plancha de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos solo con agua.
- Luego se procedió a pararse sobre las pisaderas, no produciéndose ningún movimiento del molde mientras se llenaba.
- El molde se lleno en tres capas de aproximadamente igual volumen, apisonándose cada capa con 25 golpes de la varilla-pisón, distribuidos uniformemente.
- Terminadas las tres capas se enrasa la superficie de la última capa y se limpio el hormigón que fue derramado, en la placa horizontal.
- Se cargo el cono, con las manos por las asas, y posteriormente se retiro los pies de las pisaderas.
- Se levanto el cono en la forma lo mas vertical posible y el tiempo de retiro del cono estuvo estimado entre 5 y 12 segundos.



Proceso de medición cono

FOTO N° 7

- Inmediatamente levantado el molde, se mide el descenso de altura respecto del mismo molde, aproximando a 0,5 cm.



Medición cono

FOTO N° 8

- Además se tomo la temperatura de la mezcla



Proceso de medición temperatura

FOTO N° 9

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

6° Se procede a llenar las probetas de ensayo, lo que fue realizado según la norma Nch 1017. La forma que se llenaron los moldes estuvo condicionada al asentamiento del cono, ya que este nos limita a compactar con vibrador o con pisón.

- Moldes compactados por vibrador, fueron todos aquellos en que el asentamiento del cono fue ≤ 10 cm. Y se realizó de la siguiente forma.
- - Se llenaron los moldes en una sola capa, tanto los cúbicos como los prismáticos.
 - En los moldes cúbicos se introdujo el vibrador en forma vertical en el centro, se hizo llegar hasta casi 2cm del fondo, una vez aparecida la lechada, se retiro lentamente el vibrador.
 - En los moldes prismáticos se introdujo el vibrador en cuatro partes repartidas uniformemente en el eje longitudinal central, también las inserciones se hicieron

hasta casi llegar a los 2cm del fondo y el vibrador fue retirado lentamente, una vez aparecida la lechada.



Compactación con vibrador

FOTO N° 10

- Moldes compactados con pisón, fueron todos aquellos en que el cono fue superior a 10cm.
 - Se colocó el hormigón en dos capas, tanto en los moldes cúbicos como prismáticos, se apisonó cada capa con 32 golpes, para los moldes cúbicos, y 64 golpes para los prismáticos.



Compactación con varilla pisón

FOTO N° 11

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



Terminación probetas mediante allanado.

FOTO N° 12

8° Las muestras, dejan en un lugar seguro, protegidas del sol y de toda contaminación, se identifican, con un papel provisorio hasta su desmolde, donde serán marcadas definitivamente.

9° Luego de 48 hrs se procede a desmoldar las probetas, teniendo especial cuidado de no dañarlas. Se identifican definitivamente.

10° Se trasladan las probetas hasta la piscina de curado donde se mantendrán sumergidas en agua a una temperatura controlada, entre 17 y 23°C, hasta la fecha de ensayo.

CAPITULO IV
ENSAYOS Y RESULTADOS.

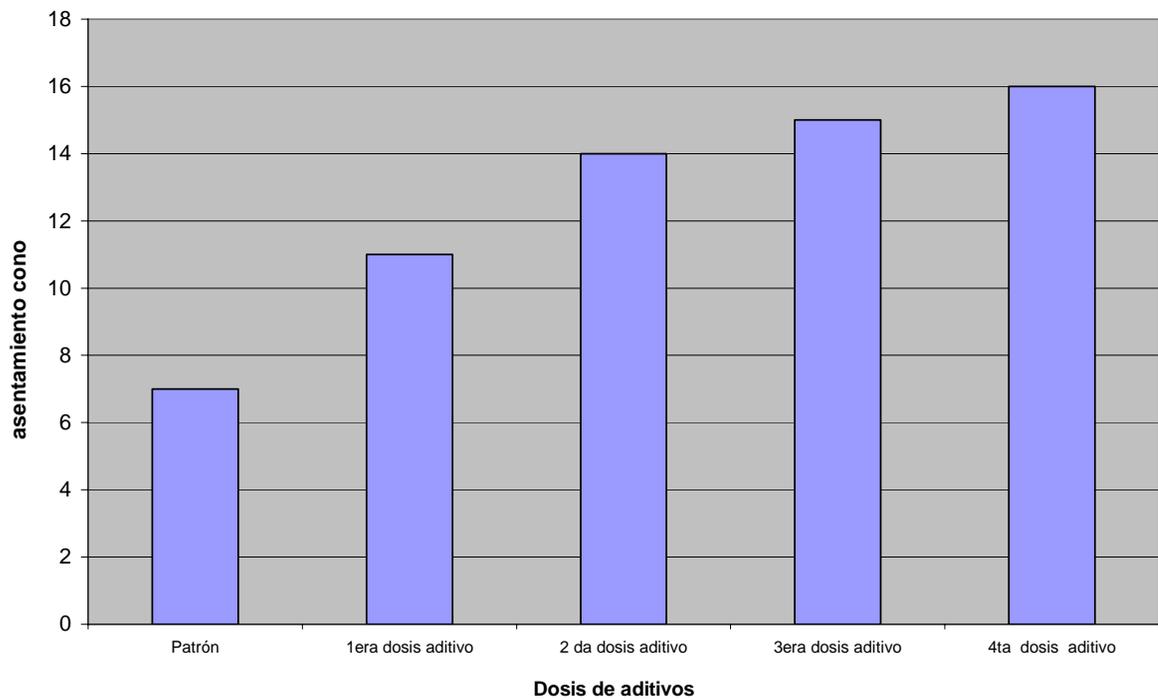
4.1.- Resultados de la medición de cono.

➤ *H-25*

| Hormigón H 25 | Temperatura de las mezclas (°C) | Cono (cm) | Variación del cono con respecto al patrón (cm) |
|----------------------|--|------------------|---|
| Patrón | 20,4 | 7 | - |
| 1era dosis aditivo | 20,3 | 11 | 4 |
| 2 da dosis aditivo | 21,8 | 14 | 7 |
| 3era dosis aditivo | 21,1 | 15 | 8 |
| 4ta dosis aditivo | 20,5 | 16 | 9 |

Tabla N° 27, Resultados de la medición de cono, H25.
Fuente: Elaboración Propia.

Variación docilidad hormigon H-25, según las dosis de aditivo utilizadas



Variación asentamiento cono H-25

GRAFICO N° 1

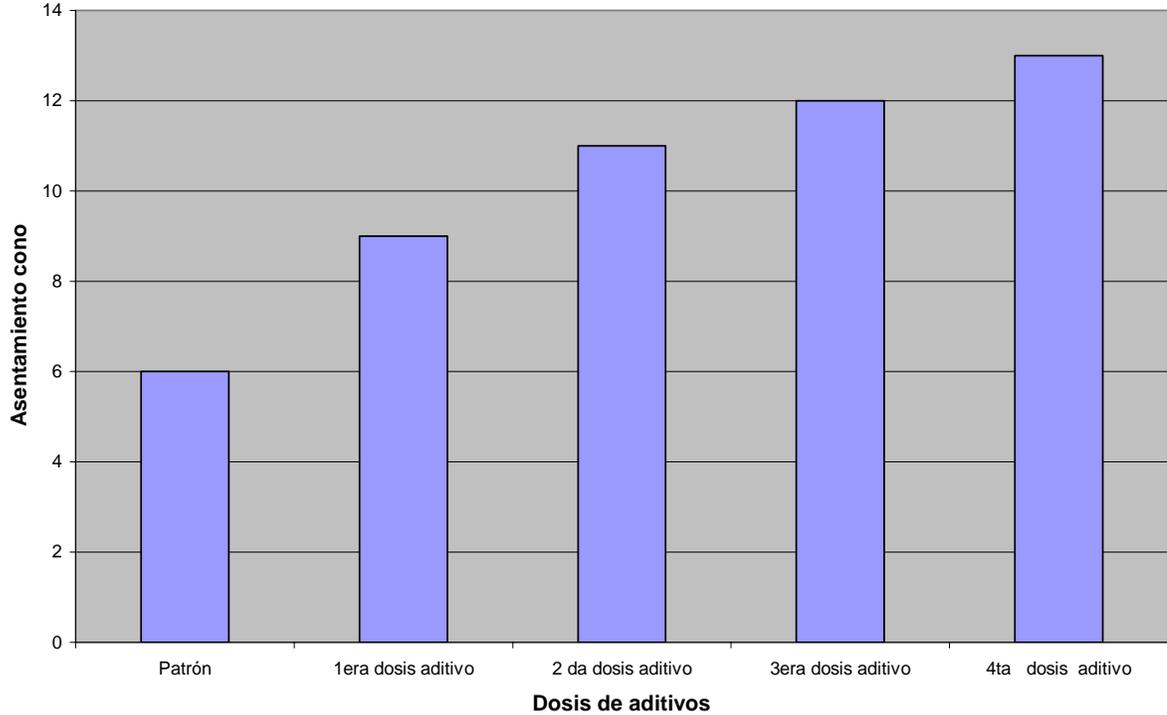
➤ H-30

| Hormigón H 30 | Temperatura de las mezclas (°C) | Cono (cm) | Variación del cono con respecto al patrón (cm) |
|--------------------|---------------------------------|-----------|--|
| Patrón | 21,1 | 6 | - |
| 1era dosis aditivo | 21,3 | 9 | 3 |
| 2 da dosis aditivo | 22,3 | 11 | 5 |
| 3era dosis aditivo | 22,9 | 12 | 6 |
| 4ta dosis aditivo | 22,4 | 13 | 7 |

Tabla N° 28, Resultados de la medición de cono, H30.

Fuente: Elaboración Propia.

variación docilidad hormigón H-30, según las dosis de aditivo utilizadas



Variación asentamiento cono H-30

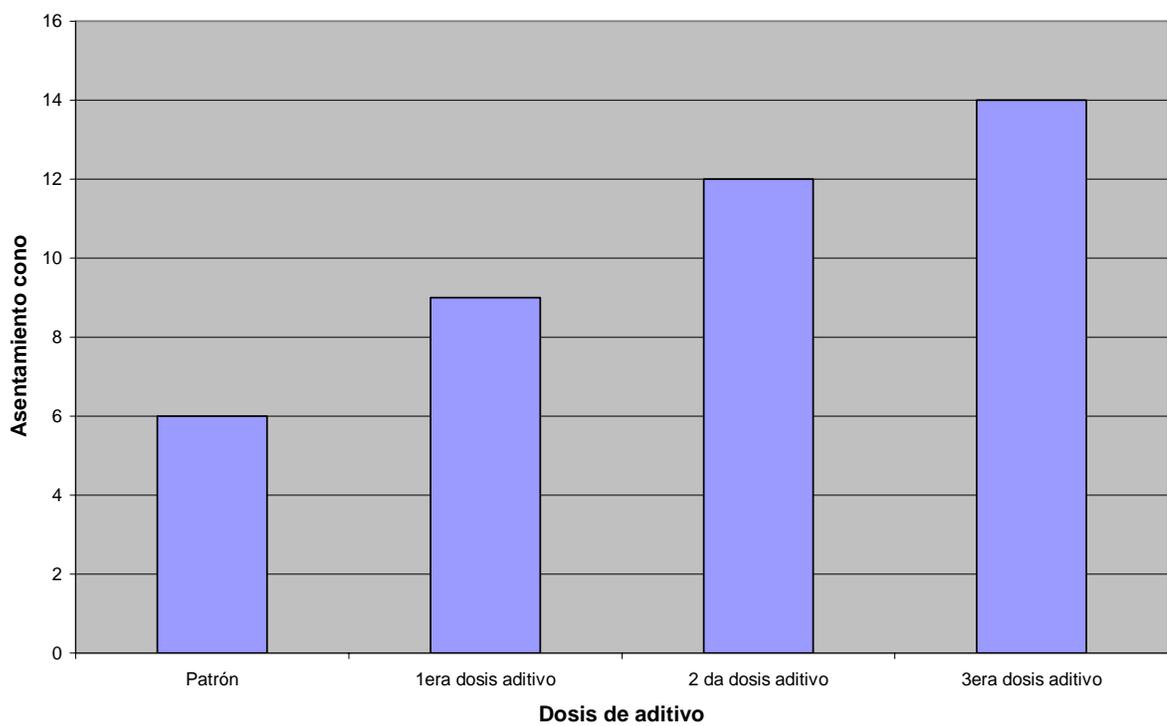
GRAFICO N° 2

➤ HF-3,6

| Hormigón HF 3,6 | Temperatura de las mezclas (°C) | Cono (cm) | Variación del cono con respecto al patrón (cm) |
|--------------------|---------------------------------|-----------|--|
| Patrón | 21,1 | 6 | - |
| 1era dosis aditivo | 21,1 | 9 | 3 |
| 2 da dosis aditivo | 21,3 | 12 | 6 |
| 3era dosis aditivo | 21 | 14 | 8 |

Tabla N° 29, Resultados de la medición de cono, HF3,6.
Fuente: Elaboración Propia.

Variación docilidad del hormigón HF-3,6, según las dosis de aditivo utilizadas



Variación asentamiento cono HF-3,6

GRAFICO N° 3

4.2.- Ensayos de compresión.

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

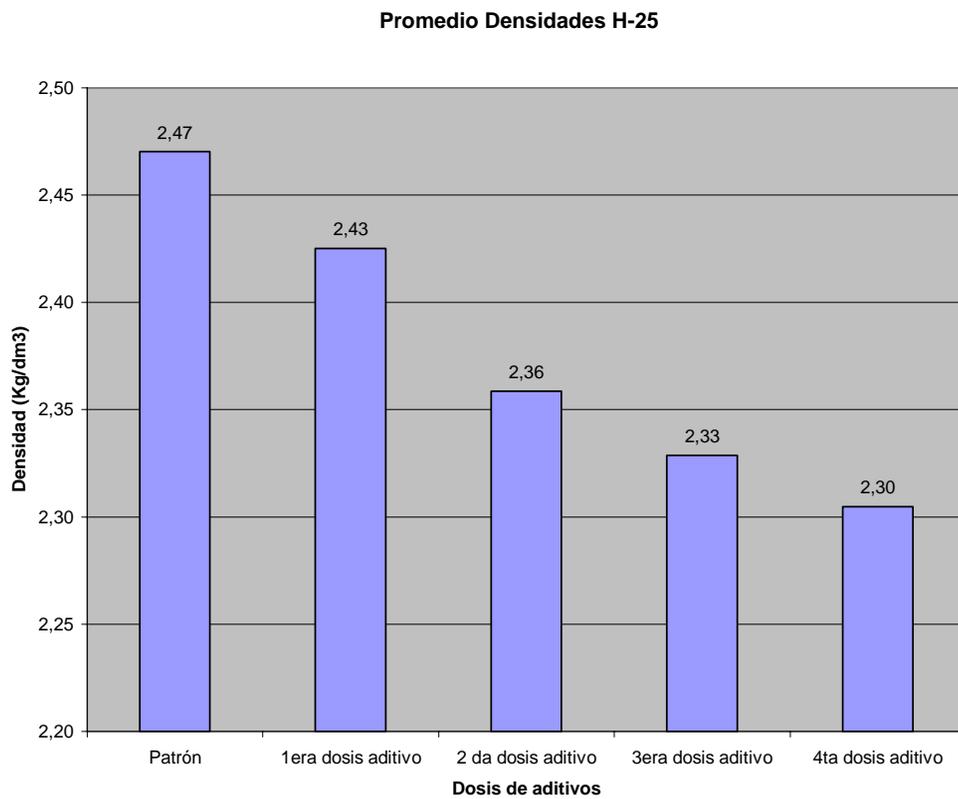
4.2.1.- Resultados.

➤ Densidades

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

| | Promedio Densidades (kg/m³) | Variación de Densidad (kg/m³) | Variación (%) |
|---------------------------|---|---|----------------------|
| Patrón | 2470 | - | - |
| 1era dosis aditivo | 2430 | 40 | 2 |
| 2 da dosis aditivo | 2360 | 110 | 4 |
| 3era dosis aditivo | 2330 | 140 | 6 |
| 4ta dosis aditivo | 2300 | 170 | 7 |

Tabla N° 30, Densidades promedios, H25.
Fuente: Elaboración Propia.



Variación promedio de densidades H-25

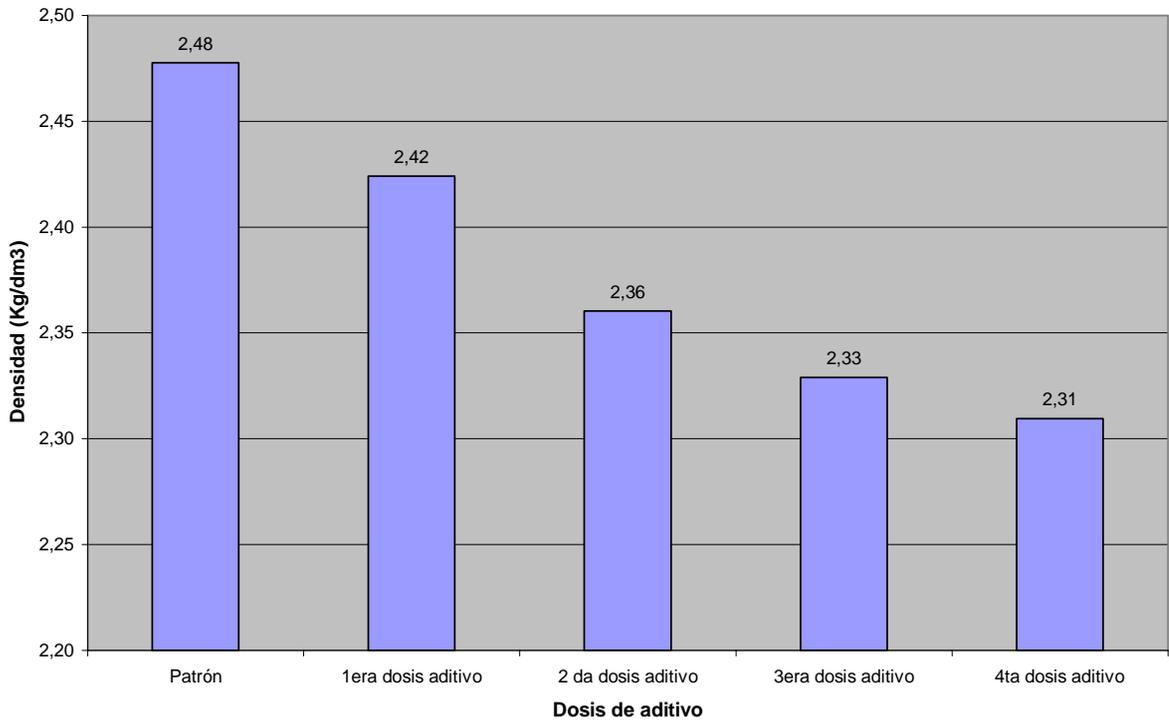
GRAFICO N° 4

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

| | Promedio Densidades (kg/m3) | Variación de Densidad (kg/m3) | Variación (%) |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Patrón | 2480 | - | - |
| 1era dosis aditivo | 2420 | 60 | 2 |
| 2 da dosis aditivo | 2360 | 120 | 5 |
| 3era dosis aditivo | 2330 | 150 | 6 |
| 4ta dosis aditivo | 2310 | 170 | 7 |

Tabla N° 31, Densidades promedios, H30.
Fuente: Elaboración Propia.

Promedio Densidades H 30



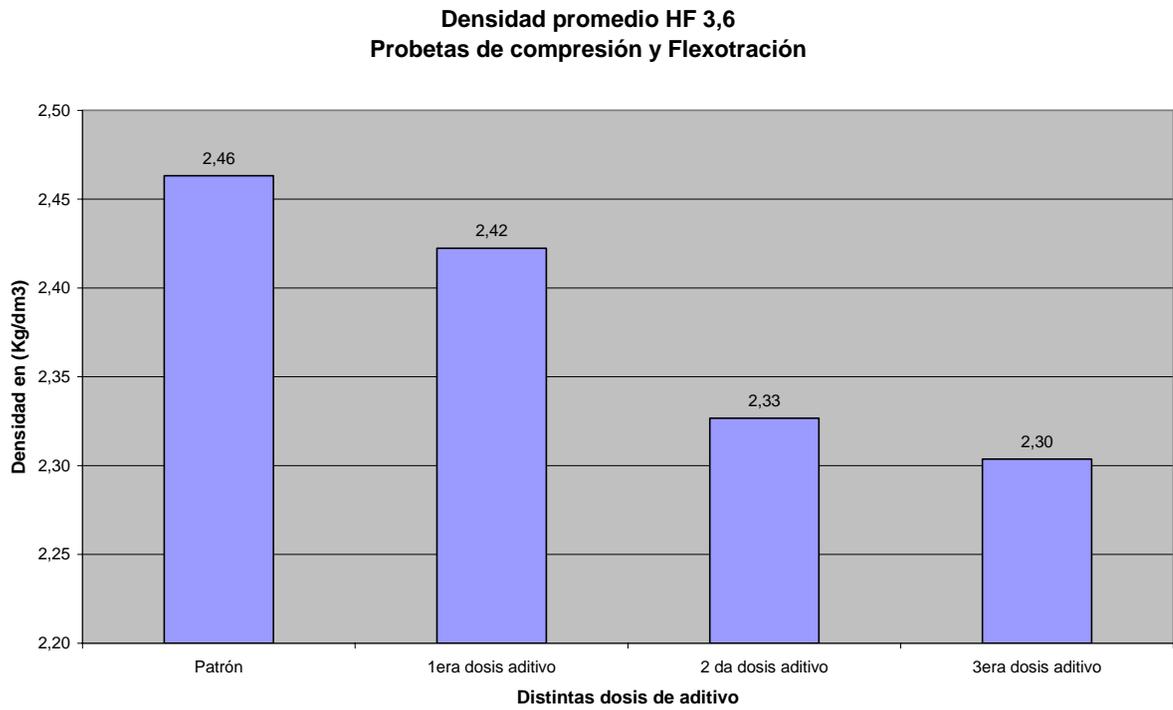
Variación promedio de densidades H-30

GRAFICO N° 5

- Promedio de densidades y variaciones producidas según dosis de aditivo, HF-3,6.

| | Promedio Densidades (kg/m³) | Variación de Densidad (kg/m³) | Variación (%) |
|---------------------------|---|---|----------------------|
| Patrón | 2460 | - | - |
| 1era dosis aditivo | 2420 | 40 | 2 |
| 2 da dosis aditivo | 2330 | 130 | 5 |
| 3era dosis aditivo | 2300 | 160 | 7 |

Tabla N° 32, Densidades promedios, HF 3,6.
Fuente: Elaboración Propia.



Variación promedio de densidades HF-3,6

GRAFICO N° 6

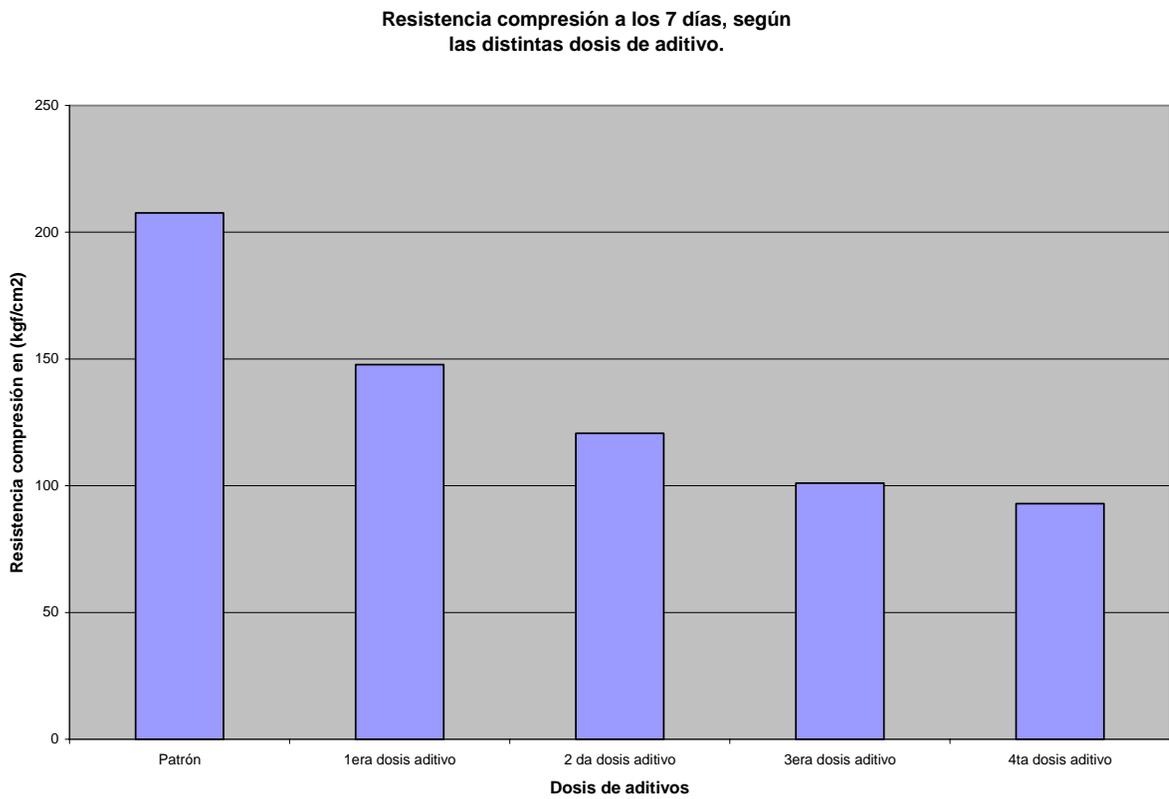
➤ **Resistencias.**

- *H-25, siete días:*

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Resistencia | 208 | 148 | 121 | 101 | 93 |

Tabla N° 33, Resistencias, H25 a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.



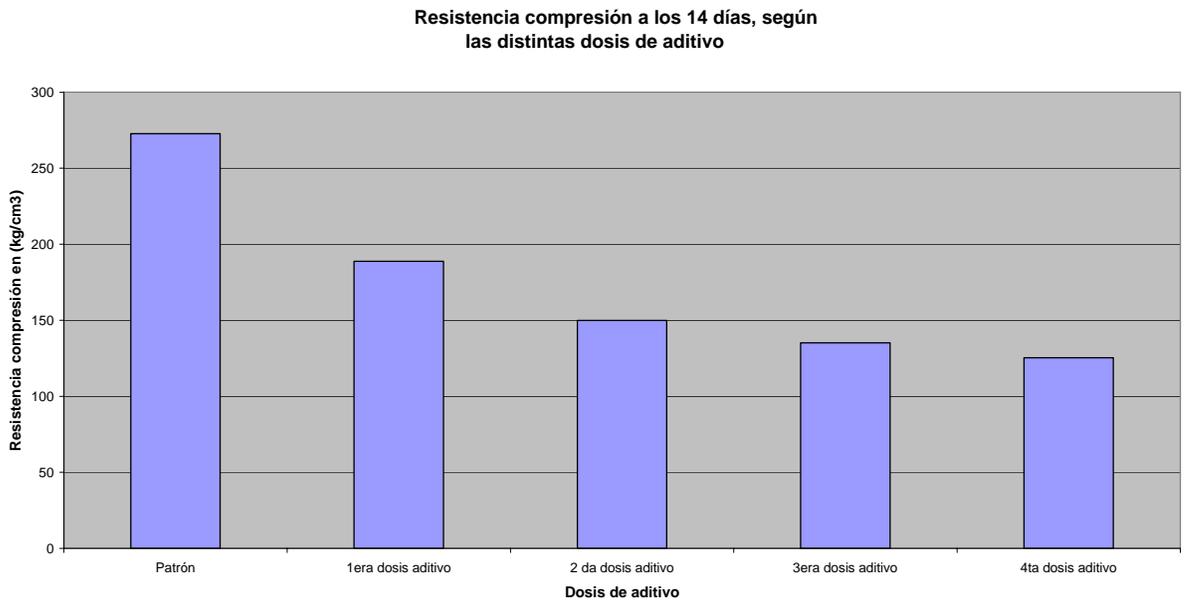
Variación resistencia, 7 días H-25

GRAFICO N° 7

- *H-25, catorce días:*

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Resistencia | 273 | 189 | 150 | 135 | 125 |

Tabla N° 34, Resistencias, H25 a los 7 días.
Fuente: Elaboración Propia.



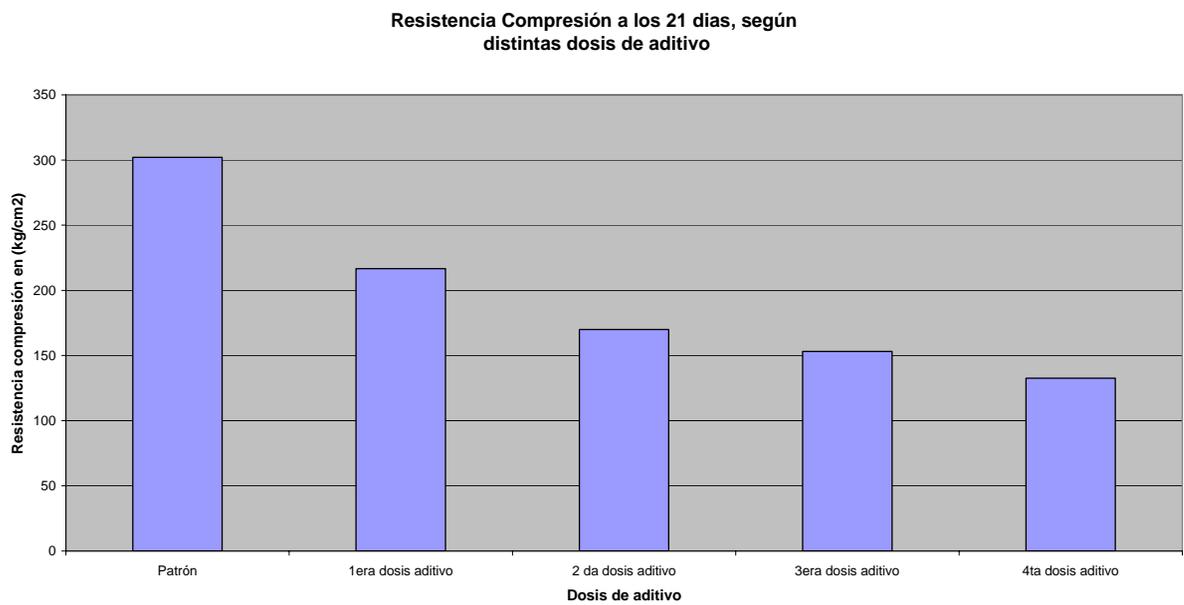
Variación resistencia, 14 días H-25

GRAFICO N° 8

- *H-25, veintiún días:*

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Resistencia | 302 | 217 | 170 | 153 | 133 |

Tabla N° 35, Resistencias, H25 a los 21 días.
Fuente: Elaboración Propia.



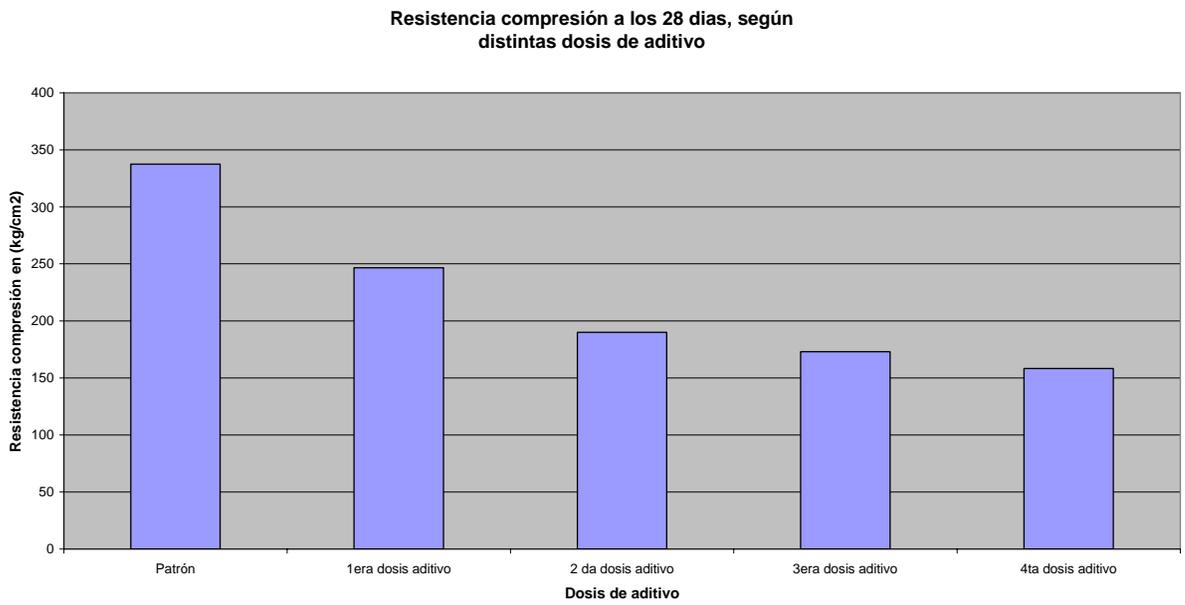
Variación resistencia, 21 días H-25

GRAFICO N° 9

- *H-25, veintiocho día:*

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Resistencia | 337 | 247 | 190 | 173 | 158 |

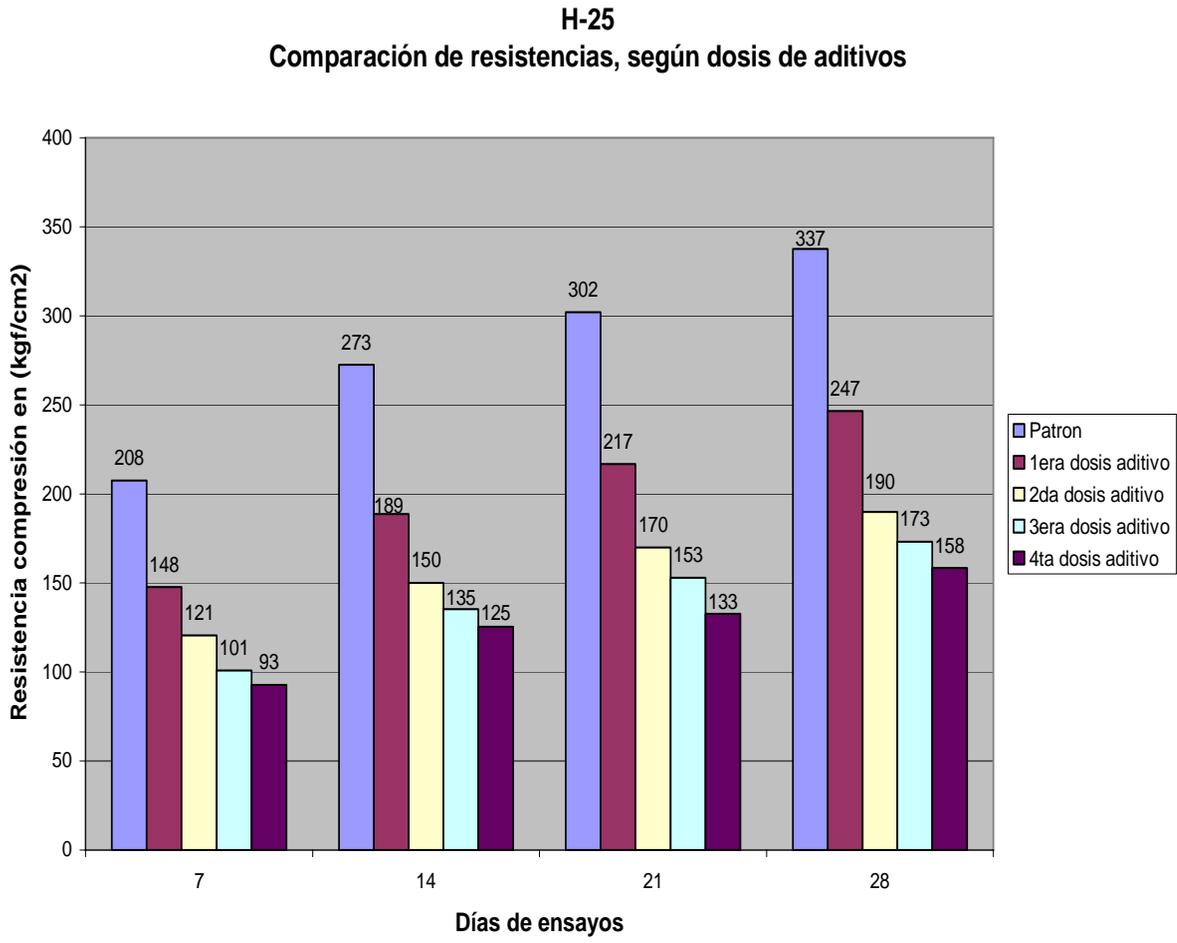
Tabla N° 36, Resistencias, H25 a los 28 días.
Fuente: Elaboración Propia.



Variación resistencia, 28 días H-25

GRAFICO N° 10

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



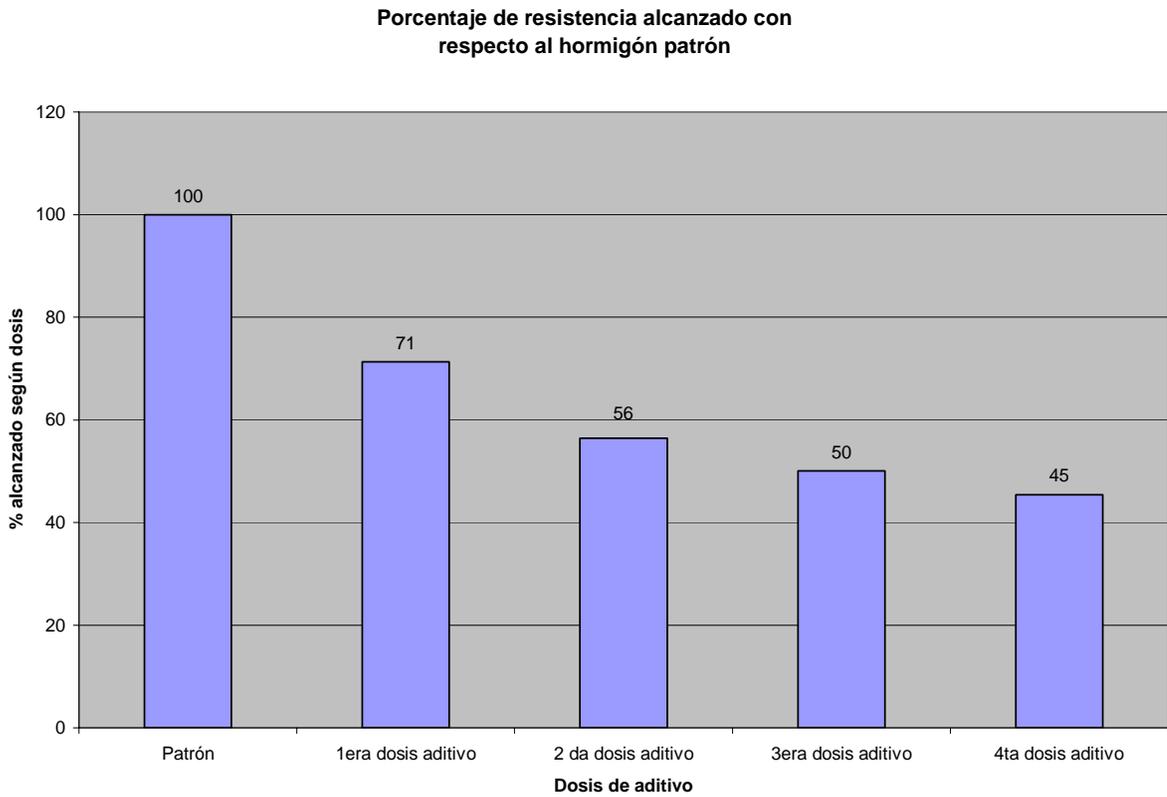
Resumen resistencia a todas las edades H-25.

GRAFICO N° 11

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

| | % 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 21 días | % en que vario la resistencia a los 28 días | promedio de variación |
|---------------------------|---|--|--|--|------------------------------|
| Patrón | - | - | - | - | - |
| 1era dosis aditivo | -29 | -31 | -28 | -27 | -29 |
| 2 da dosis aditivo | -42 | -45 | -44 | -44 | -44 |
| 3era dosis aditivo | -51 | -50 | -49 | -49 | -50 |
| 4ta dosis aditivo | -55 | -54 | -56 | -53 | -55 |

Tabla N° 37, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-25.
Fuente: Elaboración Propia.



Porcentaje alcanzado con respecto al patrón H-25.

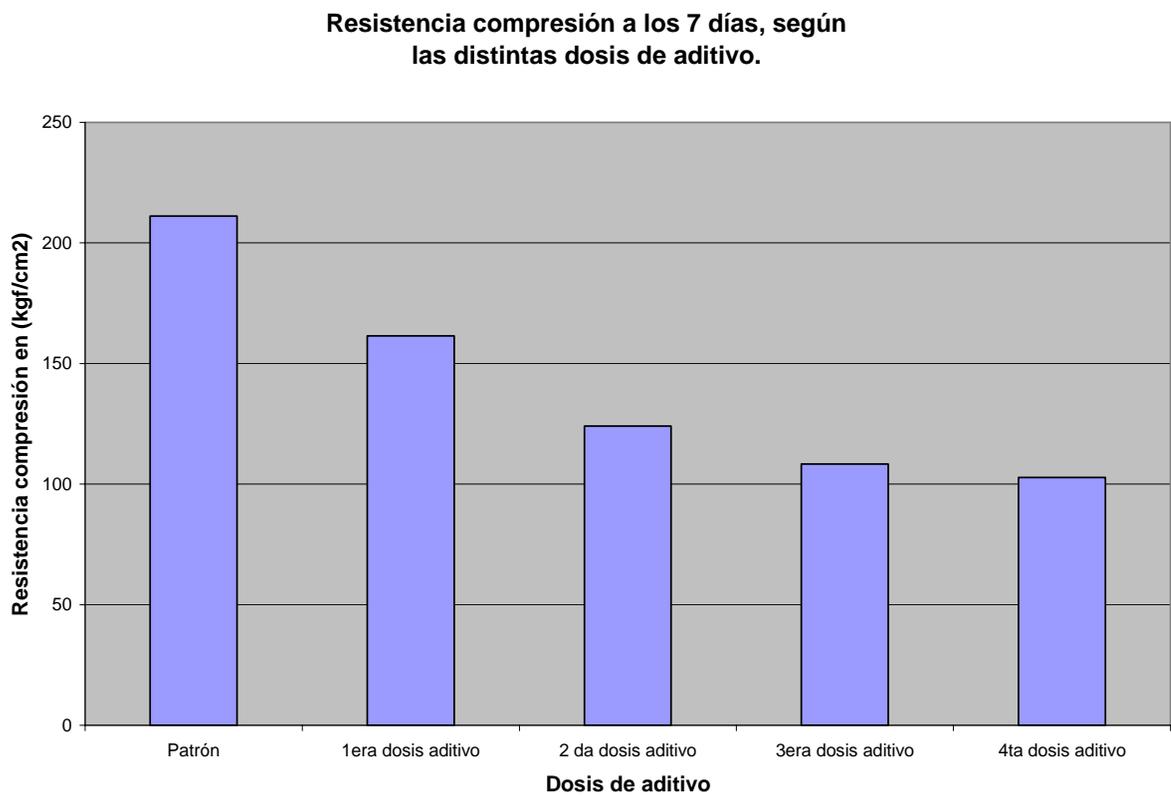
GRAFICO N° 12

- *H-30, siete días:*

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Resistencia | 211 | 161 | 124 | 108 | 103 |

Tabla N° 38, Resistencias, H30 a los 7 días.

Fuente: Elaboración Propia.



Variación resistencia, 7 días H-30

GRAFICO N° 13

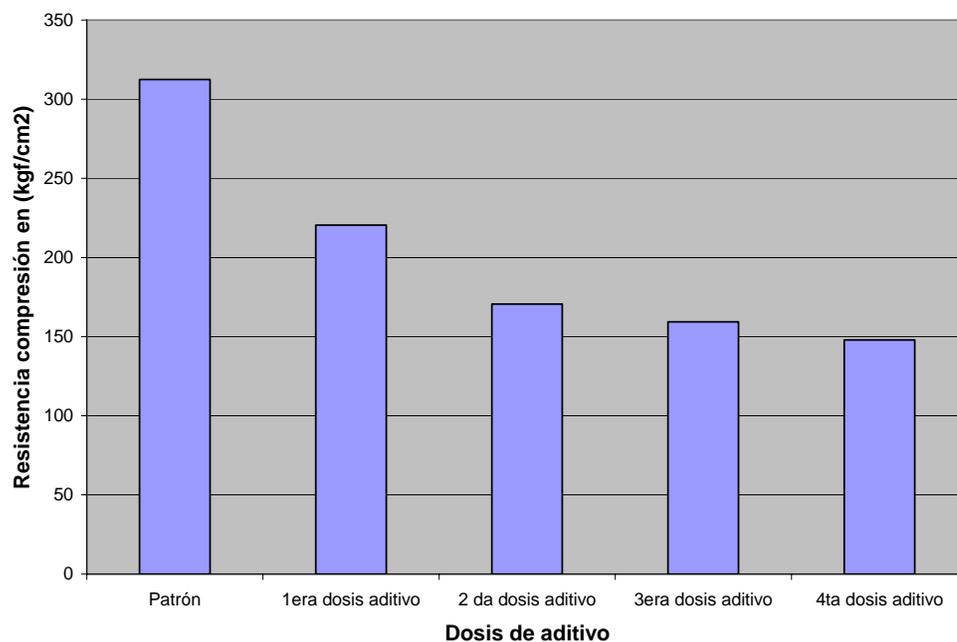
- *H-30, catorce días:*

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Resistencia | 312 | 220 | 171 | 159 | 148 |

Tabla N° 39, Resistencias, H30 a los 14 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia compresión a los 14 días, según las distintas dosis de aditivo.



Variación resistencia, 14 días H-30

GRAFICO N° 14

- *H-30, veintiún días:*

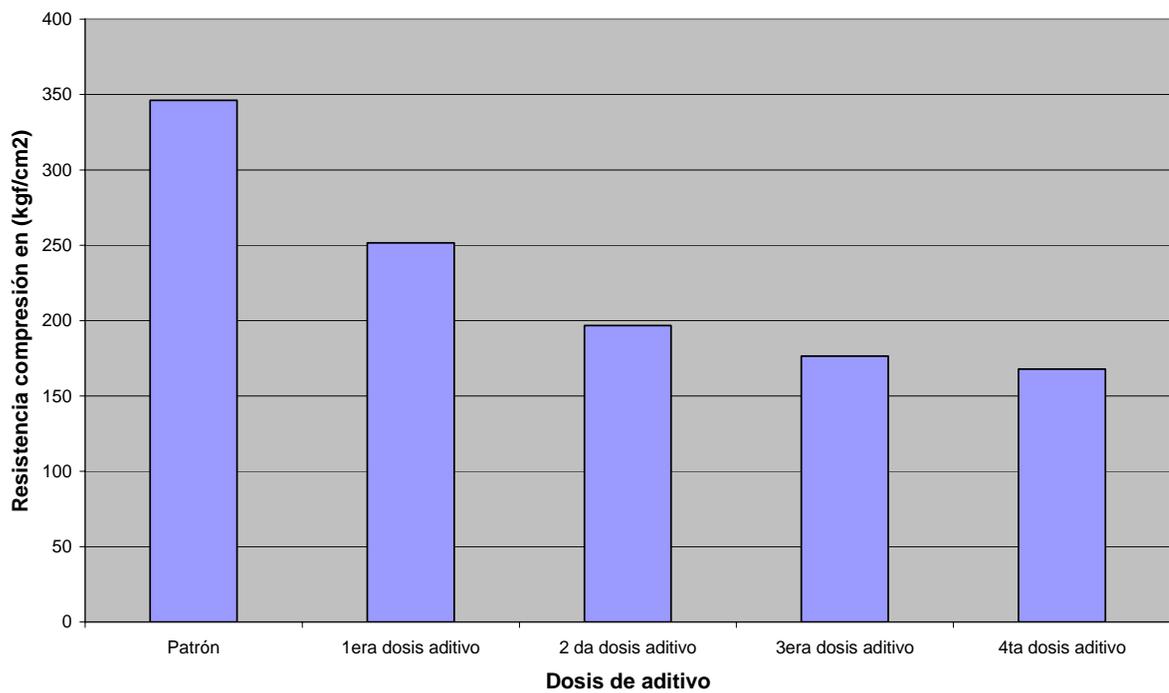
Resumen

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Resistencia | 346 | 252 | 197 | 176 | 168 |

Tabla N° 40, Resistencias, H-30 a los 21 días.

Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia compresión a los 21 días, según las distintas dosis de aditivo.



Variación resistencia, 21 días H-30

GRAFICO N° 15

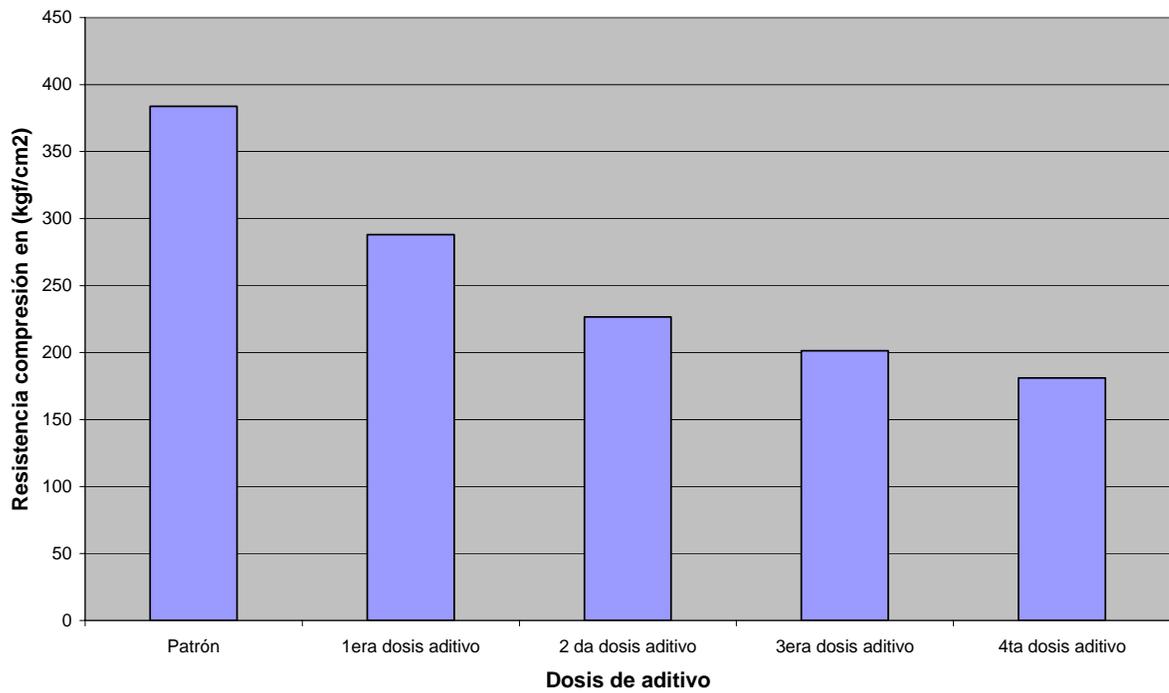
- *H-30, veintiocho días:*

| | Patrón | 1era dosis aditivo | 2 da dosis aditivo | 3era dosis aditivo | 4ta dosis aditivo |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Resistencia | 384 | 288 | 226 | 201 | 181 |

Tabla N° 41, Resistencias, H-30 a los 28 días.

Fuente: Elaboración Propia.

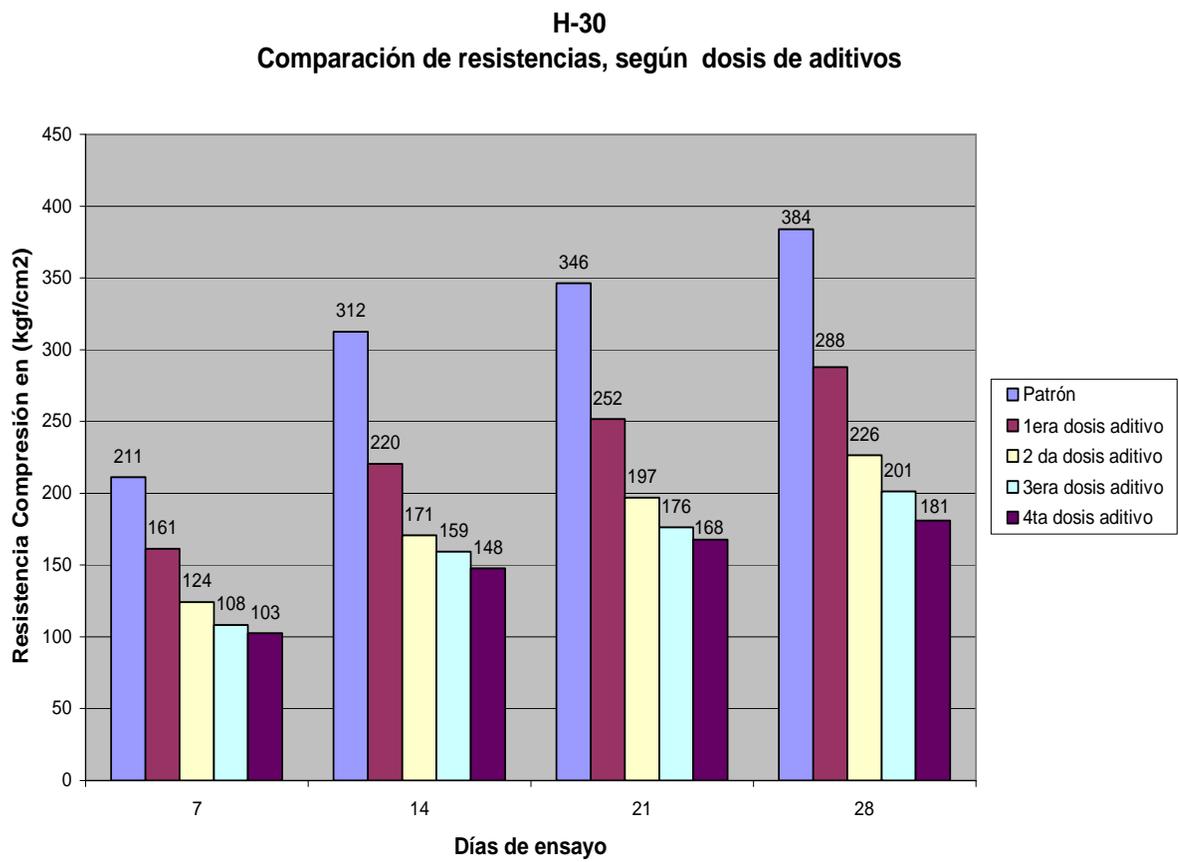
Resistencia compresión a los 28 días, según las distintas dosis de aditivo.



Variación resistencia, 28 días H-30

GRAFICO N° 16

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



Resumen resistencia a todas las edades H-30.

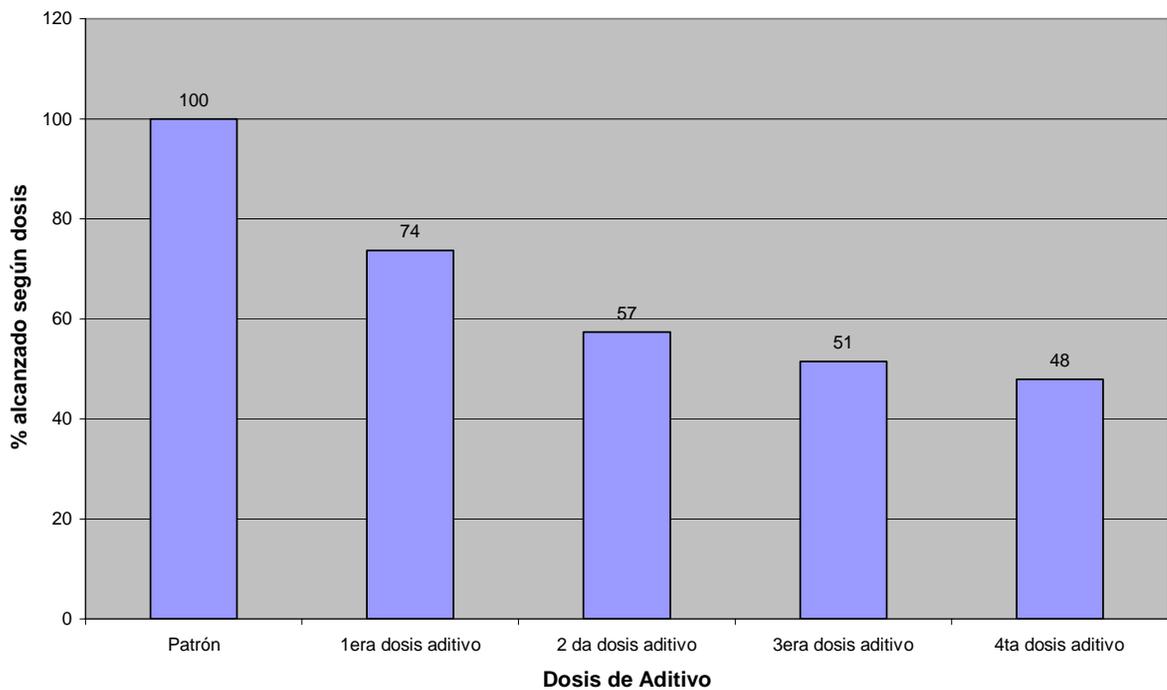
GRAFICO N° 17

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

| | % 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 21 días | % en que vario la resistencia a los 28 días | promedio de variación |
|---------------------------|--|---|---|---|-----------------------|
| Patrón | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1era dosis aditivo | -24 | -29 | -27 | -25 | -26 |
| 2 da dosis aditivo | -41 | -45 | -43 | -41 | -43 |
| 3era dosis aditivo | -49 | -49 | -49 | -48 | -49 |
| 4ta dosis aditivo | -51 | -53 | -52 | -53 | -52 |

Tabla N° 42, Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-30.
Fuente: Elaboración Propia.

Porcentaje de resistencia alcanzado con respecto al hormigón patrón



Porcentaje alcanzado con respecto al patrón H-30.

GRAFICO N° 18

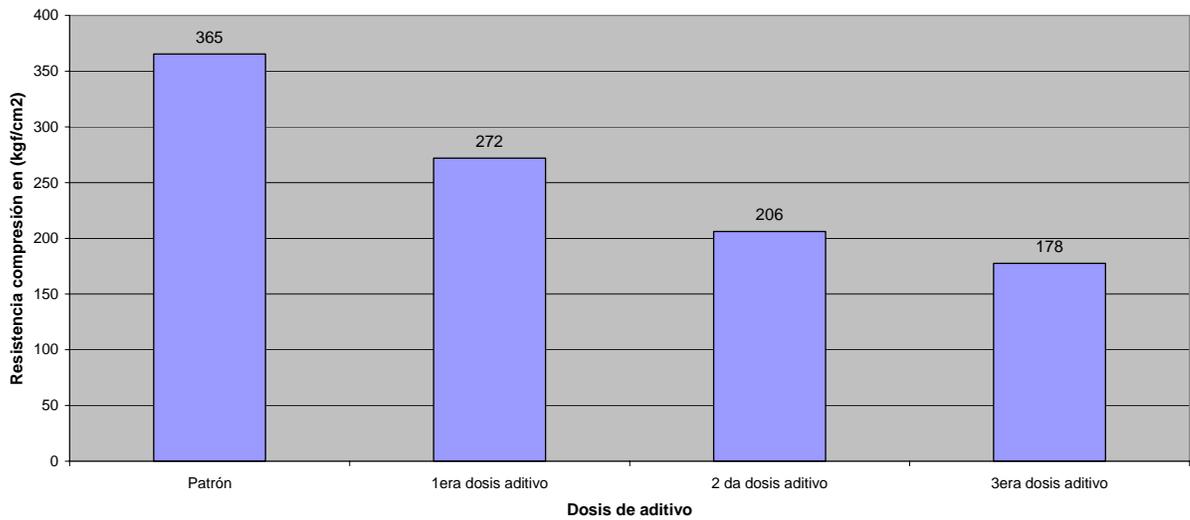
- *HF-3,6 veintiocho día:*

| | Resistencia 28días (Kg/cm2) | % en que vario la resistencia a los 28 días |
|---------------------------|--|--|
| Patrón | 365 | - |
| 1era dosis aditivo | 272 | -26 |
| 2 da dosis aditivo | 206 | -44 |
| 3era dosis aditivo | 178 | -51 |

Tabla N° 43, Resistencia Compresión a 28 días y Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón H-3,6.

Fuente: Elaboración Propia.

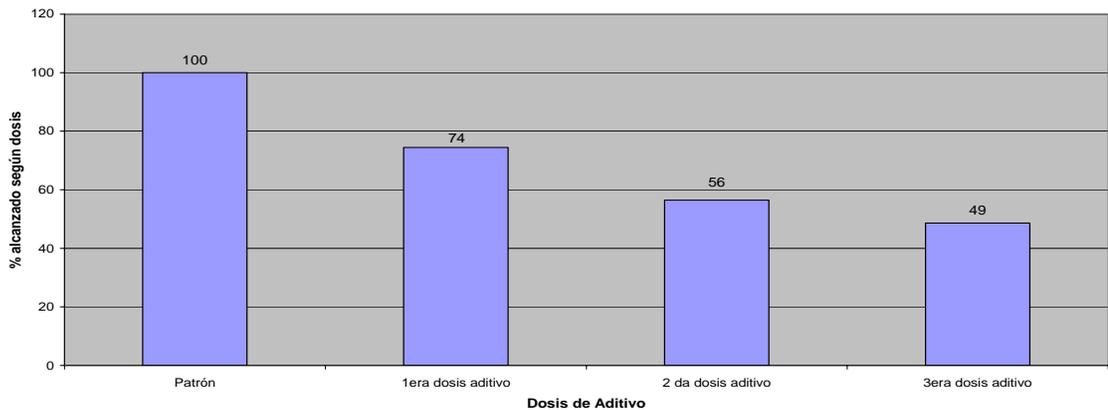
Resistencia compresión a los 28 días, según las distintas dosis de aditivo.



Variación resistencia, 28 días HF-3,6

GRAFICO N° 19

Porcentaje de resistencia alcanzado con respecto al hormigón Patrón.



Porcentaje alcanzado con respecto al patrón HF-3,6.

GRAFICO N° 20

4.3.- Ensayo de flexotracción.

Este ensayo se realizó siguiendo todo lo establecido en la norma Nch 1038.

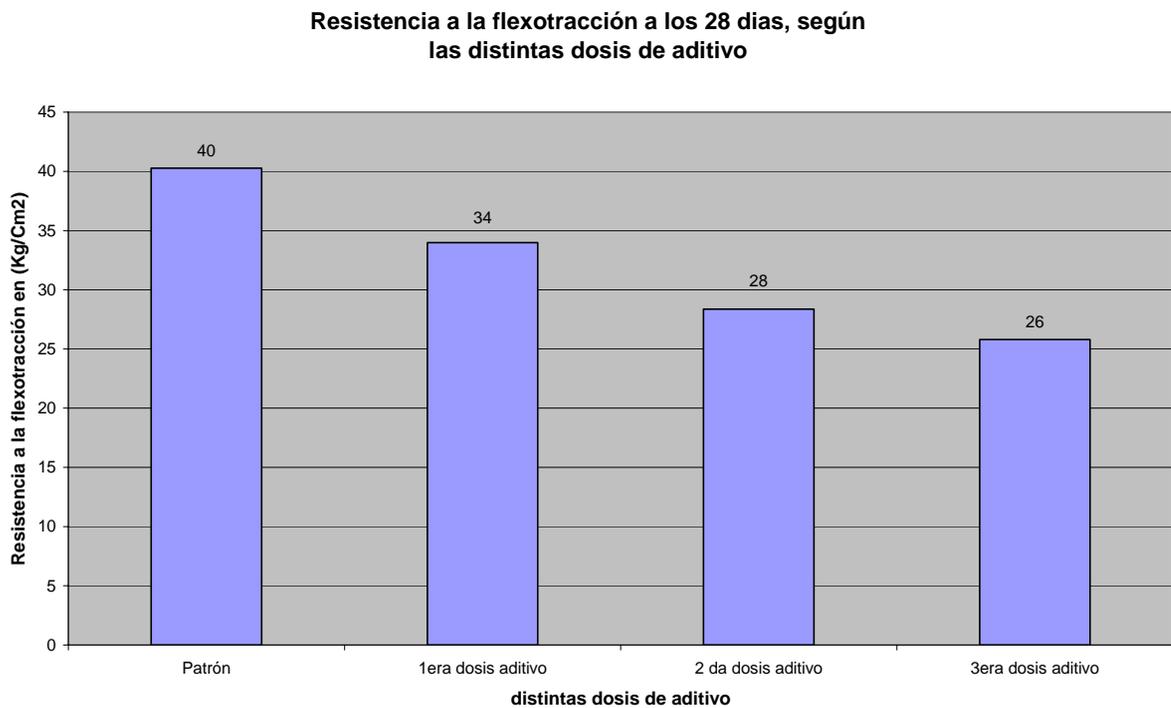
4.3.1.- Resultados

- *HF-3,6 veintiocho días:*

| | Resistencia 28días (Kg/cm²) | % en que vario la resistencia a los 28 días |
|---------------------------|---|--|
| Patrón | 40 | - |
| 1era dosis aditivo | 34 | -15 |
| 2 da dosis aditivo | 28 | -29 |
| 3era dosis aditivo | 26 | -36 |

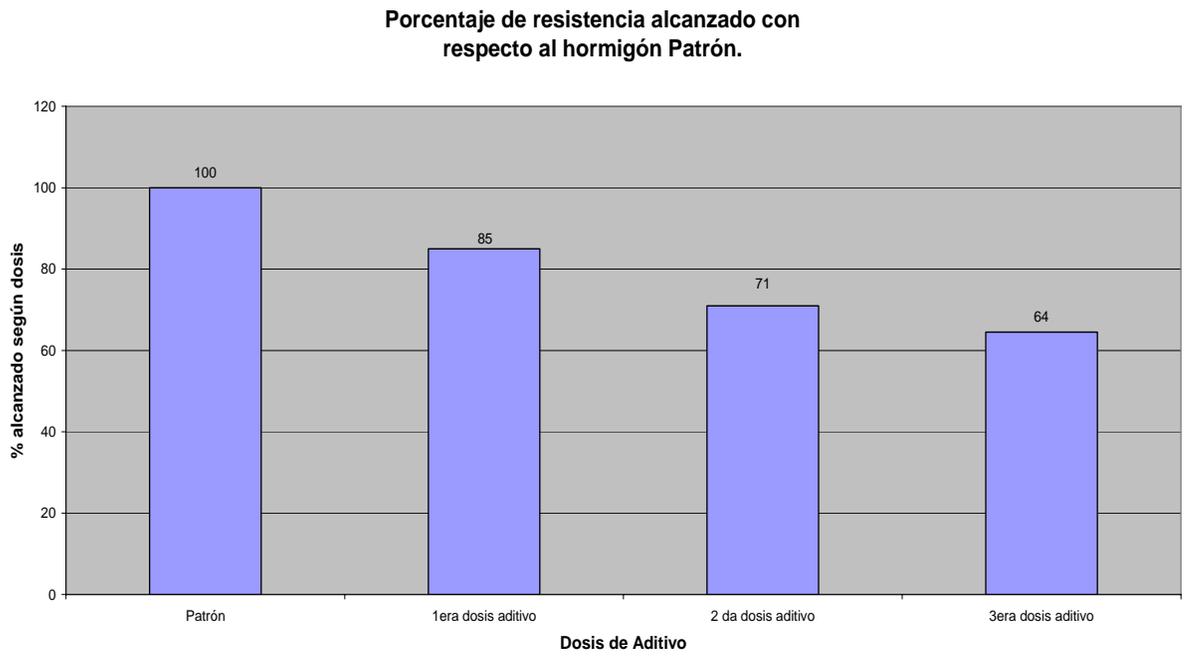
Tabla N° 44, Resistencia Flexotracción a 28 días y Porcentaje de Variación Resistencias en base al hormigón patrón HF-3,6.

Fuente: Elaboración Propia.



Variación resistencia, 28 días HF-3,6

GRAFICO N° 21



Porcentaje alcanzado con respecto al patrón HF-3,6.

GRAFICO N° 22

CAPITULO V

CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos en las experiencias desarrolladas podemos obtener las siguientes conclusiones:

❖ RESISTENCIA

➤ *Resistencia a Compresión.*

- La resistencia a compresión disminuye fuertemente a medida que aumenta la dosis de aditivo incorporador de aire obteniéndose la resistencia más baja con la dosis máxima de aditivo utilizada, la que es recomendada por el fabricante.
- La influencia en la pérdida de resistencia de las distintas dosis aplicadas es similar en todas las edades de ensayo consideradas en el estudio y para todos los tipos de hormigón analizados.
- Para todos los tipos de hormigón considerados en el estudio la pérdida de resistencia es más fuerte al aplicar la dosis mínima (1era dosis), disminuyendo en la aplicación de las dosis 2da, 3era y 4ta.
- La disminución promedio es de un 27% con la dosis mínima y de un 53% con la dosis máxima ambas recomendadas por el fabricante.

➤ *Resistencia a Flexotracción.*

- La resistencia a la flexotracción disminuye al aumentar la dosis del aditivo incorporador de aire.
- El aumento en la disminución de resistencia según la dosis aplicada es similar en cada una de ellas.

- La pérdida en la resistencia con la dosis máxima es inferior a la obtenida a la compresión (Flexotracción 36% y compresión 53%).
- La disminución de resistencia a la flexotracción es de 15% con la dosis mínima y de 36% con la dosis máxima.

❖ DENSIDAD

El aditivo incorporador de aire produce una disminución de la densidad en los hormigones fabricados con él.

Las densidades mínimas obtenidas con la dosis máxima, son prácticamente iguales para todos los hormigones estudiados.

Las densidades mínimas determinadas están levemente por debajo de la mínima que se recomienda para un hormigón normal (2,55 – 2,35 kg/dm³).

El contenido de aire, que para los hormigones patrones considerados para este estudio se estima 10 lts. según norma Nch170, aumenta con la dosis mínima de aditivo incorporador de aire en 24 lts los que sumados a los 10 lts del hormigón patrón llegan a 34 Lts.

Con la dosis máxima aumento el contenido de aire en 69 lts los que sumados a los 10 lts del hormigón patrón nos dan un total de 79 lts.

En términos porcentuales expresados en volumen los hormigones patrones contienen un 1% de aire versus los hormigones fabricados con la dosis mínima donde el contenido de aire total es de un 3,4% y con la dosis máxima los hormigones alcanzan un contenido de aire total de un 7,9%.

Por último, de los resultados obtenidos, se puede decir que los aumentos en el contenido de aire debido al aditivo incorporador de aire es similar en todos los hormigones incluidos en el presente estudio.

❖ DOCILIDAD

Se pudo observar que el aditivo incorporador de aire tiene un efecto importante en la docilidad de los hormigones.

La docilidad aumenta en todos los tipos de hormigones estudiados, a mayor dosis de aditivo incorporador de aire.

- Para el hormigón H-25, con la dosis mínima el asentamiento del cono varió de 7cm a 11cm siendo el aumento de 4cm, con la dosis máxima vario de 7 a 16cm siendo el aumento 9cm.
- Para el hormigón H-30, con la dosis mínima el asentamiento del cono vario de 6cm a 9cm siendo el aumento de 3cm, con la dosis máxima vario de 6 a 13cm siendo el aumento de 7cm.
- Para el hormigón H-3,6, con la dosis mínima el asentamiento del cono vario de 6cm a 9cm siendo el aumento de 3cm, con la dosis máxima vario de 6 a 14cm siendo el aumento de 8cm.

El aumento de la docilidad tanto para la dosis mínima como para la dosis máxima y para todos los tipos de hormigón estudiados son similares observándose diferencias de solo 1 a 2cm

BIBLIOGRAFIA

- ZABALETA, HERNAN. 1988. Compendio de Tecnología del Hormigón. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.
- ZABALETA, HERNAN ; MONTEGU, JORGE. 1990. Manual de Aditivos: Adiciones y Protecciones del Hormigón. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.
- INSTITUTO CHILENO DEL CEMENTO Y DE HORMIGÓN, 1989. Manual de Ensayos.
- 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.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 171 Eof. 1975. Hormigón – Extracción de Muestras del Hormigón.

- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1017 Eof. 1975. Hormigón – Confección y Curado en Obra de Probetas para Ensayos de Comprensión y Tracción.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1018 Eof. 1977. Hormigón – Preparación de mezclas de prueba en laboratorio.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 1019 Eof. 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 Eof. 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.

ANEXO 1 :

Ficha Técnica, Aditivo Sika Aer.

Sika® Aer

Aditivo incorporador de aire

Definición

General

Sika® Aer es un aditivo elaborado a base de agentes tensoactivos que adicionado al hormigón genera microburbujas que se reparten uniformemente en la masa del hormigón. No contiene cloruros.

Usos

- Hormigón sometido a bajas temperaturas.
- Hormigón de subterráneos, cimientos, sobrecimientos, obras hidráulicas en general (represas, canales, etc.).
- Hormigón en carreteras, aeropuertos, etc.
- Transporte del hormigón en camión tolva.
- Hormigón a la vista, hormigón bombeado.

Ventajas

Hormigón fresco:

Sika® Aer confiere al hormigón las siguientes cualidades:

- Permite un aumento en la trabajabilidad y/o una disminución en el agua de amasado.
- Reduce la segregación en el hormigón, especialmente en las faenas de transporte.
- Reduce la exudación en el hormigón.
- Incrementa la cohesión interna de la masa del hormigón.
- Permite reducir el tiempo de vibración y colocación.
- Mejora el aspecto superficial del hormigón.

Hormigón endurecido:

- Incremento de la impermeabilidad.
- Aumento de las resistencias a la acción de aguas agresivas.
- Incremento de las resistencias a ciclos de hielo y deshielo.

Datos Básicos

Color

Líquido color café

Almacenamiento

Sika® Aer se puede almacenar durante 1 año en su envase original cerrado, sin deterioro y en lugar fresco y bajo techo. A temperaturas bajo 5°C se puede producir turbidez en el aditivo, lo cual no altera su efectividad.

Presentación

Tambor 200 kg.

Datos Técnicos

Densidad

1,02 kg/dm³

Aplicación

Consumo

0,03 a 0,12 kg por cada 100 kg de cemento.

Método de aplicación

Se utiliza diluido en el agua de amasado en una dosis variable comprendida entre un 0,3 y 1,2 por mil, referido al peso del cemento. Mayores dosis pueden ser utilizadas si así se determina en ensayos previos con los materiales a usar en la obra.

La incorporación de aire en un hormigón depende principalmente de:

- Los agregados pétreos (granulometría y forma de los granos).
- Razón A/C.
- Dosis de cemento por m³ de hormigón elaborado.
- Finura del cemento.
- Relación áridos finos/gruesos.
- Tipo de mezcladora y tiempo de mezclado.
- Temperatura, etc.



Según las necesidades, la cantidad de aire incorporado debe estar comprendida entre un 3 y 6%. Es indispensable controlar esos valores durante la faena.

Sika® Aer se entrega listo para su uso y se emplea disuelto en el agua de amasado, de acuerdo a la dosis determinada en el laboratorio. No deben prepararse diluciones de antemano.

Al no disponer de aparatos automáticos de dosificación, utilizar un recipiente con la medida exacta para cada amasada, evitándose con ello errores de dosis.

Instrucciones de seguridad

Precauciones de Manipulación

Evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase utilizando guantes, anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua. En general, en caso de emergencia contacte al CITUC, FONDO: 635 38 00

Ecología

No disponer el producto en el suelo o cursos de agua, sino conforme a las regulaciones locales y previa neutralización. Para mayor información, solicite la hoja de seguridad del producto.

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, sustratos 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 Aer.



Ficha de Datos de Seguridad

según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1

(ver instrucciones en Anexo de 93/112/EC)

Página 1/5

Revisión: 17.05.2001

Código: 1029000

1. Identificación del producto y de la empresa

Identificación del producto:

Nombre comercial

Sika Aer

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:

Centro de Información Toxicológica UC

Teléfono de urgencias:

CITUC 635 38 00

2. Composición/información de los componentes

Descripción química

Solución Acuosa de Resina Vinsol

3. Identificación de peligros

Ver capítulo 11 y 12

4. Primeros auxilios

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.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados:

Elegir los medios de extinción según el incendio rodeante.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad:

Chorro de agua

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios

Usar equipo respiratorio autónomo.

Indicaciones adicionales

Refrigerar con agua pulverizada los recipientes en peligro.

El producto no arde por si mismo

Los restos del incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

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

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación:

Indicaciones para manipulación sin peligro

Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal

Almacenamiento:

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

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.

8. Límites de exposición y medidas de protección personal

Protección personal:

Medidas generales de protección e higiene
Quitarse inmediatamente la ropa manchada o empapada.
Observar las medidas de precaución habituales en el manejo de productos químicos.
Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el area de trabajo

Protección de las manos
Guantes de goma natural o sintética

Protección de los ojos
Gafas protectoras

Protección corporal
Ropa de trabajo

9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto:

Estado físico: Líquido
Color: Pardo
Olor: suave olor a colofonia

Datos signif. p. la seguridad

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Punto de ebullición | > 100 °C |
| Punto de inflamación: | No aplicable |
| Inflamabilidad | No aplicable |
| Temperatura autoinflamació | No aplicable |
| Peligro de explosión: | No aplicable |
| Límite explosión inferior | No aplicable |
| Límite explosión superior | No aplicable |
| Densidad a 20°C | 1.01 - 1.02 g/cm ³ |
| Solubilidad en agua a 20°C | El producto es miscible. |
| pH a 20°C | 10.5 - 11.5 |
| Viscosidad a 20°C | 5 - 15 mPa.s |

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones que deben evitarse
No se conocen

Materias que deben evitarse / Reacciones peligrosas
Posibles reacciones peligrosas con:
Acidos

Descomposición térmica y productos de descomposición peligrosos
Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

11. Informaciones toxicológicas

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

12. Informaciones ecológicas

Indicaciones adicionales
Debido al pH puede poner en peligro los organismos acuáticos
No permitir el paso al alcantarillado, cursos de agua o terrenos.

13. Eliminación de residuos

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.

14. Información relativa al transporte

ADR/RID
Información complementaria
Mercancía no peligrosa

14. Información relativa al transporte (continuación)

IMO/IMDG

Información complementaria

Mercancía no peligrosa

IATA/ICAO

Información complementaria

Mercancía no peligrosa

15. Disposiciones de carácter legal

Según la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiqueta.

16. Otras informaciones

La información contenida en este 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.