



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE OBRAS CIVILES

“HORMIGONES DE PAVIMENTOS PARA LA INDUSTRIA AGRARIA”

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Constructor.

Profesor guía: Carmen Paz Muñoz Effa

Nelson Iván Silva Duarte

Santiago de Chile, enero 2017

RESUMEN

En la industria agraria, es común el desgaste de los pavimentos producto de los diferentes ataques químicos y condiciones medioambientales a los que están expuestos. Es por esto que se decide realizar la presente investigación, donde se analizarán distintas soluciones para los pavimentos de la industria agraria, esto con el fin de encontrar la solución más apropiada, que brinde una alta resistencia y durabilidad a las diferentes condiciones a las que se exponen los pisos de la industria en estudio.

El presente estudio se basa en una investigación del tipo experimental, donde se aplicarán las soluciones que se mencionan en este informe. Se evaluarán los costos para cada solución y luego se determinará, mediante hormigones de prueba, resistencia a la compresión, densidades e impermeabilidad para distintas alternativas al pavimento de hormigón, para así obtener la solución más apropiada para este tipo de pavimentos.

SUMMARY

In the agricultural industry is common the road surface erosion because of the different chemical attack and environmental conditions that are exposed. For this reason is decided to elaborate the following research, where will be analyzed different solutions for the road surface of the agricultural industry, with the purpose of finding out the most suitable solution, that provides a high resistance and durability with the different conditions that the road surface studied are exposed.

The following research is based on an experimental investigation, where the solutions named on this research will be applied. Every solution's cost will be evaluated and then will determine, through testing concrete, the resistance to the compression, densities and impermeability for different alternatives to the concrete road surface, and in this way get the most suitable solution of this kind of road surface.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Nelson Silva Rubio y Juana Duarte Ravelo, mi hermana, Daniela Silva Duarte, porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación, perseverancia y entrega, en gran parte gracias a ustedes, puedo ver alcanzadas mis metas, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo luchar hasta el final.

A mis abuelos y familiares que de donde quiera que se encuentren, siempre fueron apoyo, protección y compañía, en todos los momentos vividos dentro de la universidad.

A mis profesores, amigos, compañeros y Colegio “El Salvador” en general, que gracias a su formación pude afrontar de la mejor forma mi futuro universitario.

A los profesores, Héctor Aguilera y François Moraga, quienes confiaron en mis capacidades, brindándome apoyo y abriéndome puertas para mi desarrollo como académico en la universidad, durante los años de estudio.

A mi polola, familiares, amigos, compañeros de universidad, profesor de batería y conocidos, quienes siempre mostraron preocupación y brindaron apoyo incondicional.

A empresa CAVE por facilitar sus productos y brindar ayuda para el presente experimento.

A laboratorio Geholab, de la comuna de Chimbarongo, por realizar los ensayos de permeabilidad en sus dependencias.

Finalmente, agradezco a mi profesor guía, la Sra. Carmen Paz Muñoz Effa, quien gracias a su compromiso y dedicación con los alumnos, comparte sus conocimientos, asesora y hace posible el triunfo profesional del alumnado en general.

A todos, Muchas Gracias

INDICE DE CONTENIDOS

Capítulo I. Introducción

1.1. Introducción	13
1.2. Antecedentes generales de la construcción	14
1.3. Objetivos	
1.3.1. Objetivo General	15
1.3.2. Objetivos Específicos	15
1.4. Contextualización	
1.4.1. La industria de la construcción como actividad económica.	16
1.4.2. Partes involucradas en la industria de la construcción.	
1.4.2.1. Dueños o mandantes	19
1.4.2.2. Diseñadores	19
1.4.2.3. Constructores (Contratistas y sub-contratistas)	20
1.4.2.4. Fuerza de trabajo	20
1.4.3. Características del proceso de trabajo en la industria de la construcción.	22
1.4.3.1. Diagrama de etapas de la construcción	23
1.4.3.2. Tipos de contratos	24
1.4.3.2.1. Suma alzada	24
1.4.3.2.2. Serie de Precios Unitarios	24
1.4.3.2.3. Administración delegada	24
1.4.4. Escenario de la construcción en el país.	25
1.4.5. Crecimiento Agropecuario del país.	27
1.4.5.1. Introducción.	27
1.4.5.2. Agroindustria láctea.	28
1.4.5.2.1. Análisis sectorial	30
1.4.5.2.2. En regiones	31
1.4.5.2.3. Producción	32
1.5. Metodología	33
1.6. Hipótesis	33

Capítulo II. Marco Teórico

2. Hormigones expuestos a agentes agresivos

2.1. Propiedades del hormigón	34
2.1.1 Características y comportamiento del hormigón	34
2.1.1.1. Características mecánicas	34
2.1.1.2. Fraguado y endurecimiento	34
2.1.1.3. Resistencia	36
2.1.2. Concepto de Durabilidad	38
2.1.2.1. Requisitos de durabilidad debido a la acción de agentes internos	38
2.1.2.1.1. Contenido máximo de sulfatos	38
2.1.2.1.2. Contenido máximo de cloruros	39
2.1.2.1.3. Reacción árido álcali	39
2.1.2.2. Requisitos de durabilidad debido a la acción de agentes externos	40
2.1.2.2.1. Congelación y deshielo	40
2.1.2.2.2. Ataque externo de sulfatos	41
2.1.2.2.3. Requisitos según exposición	42
2.1.3. Hormigones de baja Permeabilidad	42
2.1.4. Tipos de cemento	43
2.1.4.1 Cemento Portland	43
2.1.4.2 Cemento siderúrgico	43
2.1.4.2.1. Cemento Portland siderúrgico	43
2.1.4.2.2. Cemento siderúrgico	44
2.1.4.2.3. Cemento con agregado tipo A	44
2.1.4.2.3.1. Cemento Portland con agregado tipo A	44
2.1.4.2.3.2. Cemento con agregado tipo A	44
2.1.4.3. Cemento puzolánico	44
2.1.4.3.1. Cemento Portland puzolánico	44
2.1.4.3.2. Cemento puzolánico	44
2.1.4.4. Cemento con fines especiales	45
2.1.5. Resumen recomendaciones finales para estructuras durables	45
2.1.6. Aditivos en el hormigón	45

2.1.7. Endurecedores superficiales.	48
2.1.7.1. Ficha técnica	49
2.1.7.2. Uso	50
2.2. Hormigones expuestos a condiciones severas	
2.2.1. Agentes agresivos en el hormigón	50
2.2.1.1 Acciones mecánicas	50
2.2.1.2. Acciones físicas	50
2.2.1.3. Acciones biológicas	50
2.2.1.4. Acciones químicas	50
2.2.2. Hormigones expuestos a agentes derivados de los lácteos	54
2.2.2.1. Características Físico-químicas.	54
2.2.2.2. Estructuración industria lechera.	55
2.2.3. Hormigones sometidos a otros agentes agresivos.	56
2.2.3.1. Hormigón Armado en ambientes marinos.	56
2.2.3.1.1. Causas del deterioro de las estructuras de hormigón en ambiente marino.	56
2.2.3.1.2. Medidas para evitar el deterioro de un hormigón sometido a un ambiente marino.	57
2.2.3.2. Diseño Pavimento Aeroportuario	57
2.2.3.3. Hormigones sometidos a Disgregación	58
2.2.3.4. Desgaste superficial por abrasión	59
2.2.3.5. Disgregación superficial por acción del hielo	59
2.2.3.6. Hormigones en ciclo Hielo-deshielo	59
2.2.3.6.1. Como evitar el problema de las heladas en el hormigón	60

Capítulo III. Hormigón utilizado en la industria agropecuaria.

3. Características de los componentes del hormigón

3.1. Materiales	61
3.1.1. Cemento	61
3.1.1.1. Compuestos del cemento	61
3.1.1.2. Requisitos Químicos	63
3.1.2. Áridos	
3.1.2.1. Arena	63
3.1.2.2. Gravilla	64
3.1.2.3. Grava	64
3.1.3. Agua	64
3.1.3.1. Requisitos	64
3.2. Aditivo relevante de estudio.	
3.2.1. Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo superplastificante	66
3.2.1.1. Ventajas del aditivo superplastificante	66
3.3. Endurecedor Superficial	66
3.3.1. Preparación del endurecedor superficial	67
3.3.2. Experimentos estudiados.	68
3.4. Especificaciones del hormigón.	68
3.4.1. Dosis de cemento	68
3.4.2. Por resistencia	69
3.4.2.1. Resistencia	69
3.4.2.2. Nivel de confianza	69
3.4.2.3. Tamaño máximo	70
3.4.2.4. Asentamiento de cono	70
3.5. Ataque de sulfatos	71
3.5.1. Componentes de la leche	72

3.6.	Proyectos de Hormigón	73
3.6.1.	Especificación del hormigón para un proyecto	73
3.6.2.	Fabricación del Hormigón	73
3.6.3.	Proyectos actuales de pisos industriales de hormigón.	75
3.7.	Soluciones para pisos expuestos a ácidos lácteos.	75
3.7.1.	Soluciones con pinturas epóxicas.	75
3.7.1.1.	Propiedades	75
3.7.1.2.	Campo de aplicación	76
3.7.1.3.	Forma de aplicación de la pintura.	76
3.7.1.4.	Especificaciones y costo pintura epóxica.	77
3.7.1.5.	Composición de las pinturas	77
3.7.2.	Pintura termoplástica.	78
3.7.2.1.	Características, especificaciones y aplicaciones.	78
3.7.3.	Productos CAVE	79
3.7.3.1.	Historia de la empresa	79
3.7.3.2.	Proyecto Planta frutos del Maipo (FLOWFRESH)	80
3.7.3.3.	FLOWFRESH MF	80
3.7.3.3.1.	Especificaciones técnicas	81
3.7.4.	Hormigón polimérico	82
3.7.4.1.	Características y propiedades del hormigón polimérico.	82
3.7.4.2.	Ventajas generales de los hormigones poliméricos	83
3.7.4.3.	Resistencia a la corrosión química	84
3.7.4.4.	Usos.	84
3.7.4.4.1.	Industria	84
3.7.4.4.2.	Alta, media y baja tensión	84
3.7.4.4.3.	Obra civil y pública	85
3.7.4.4.4.	Carreteras y autopistas	85
3.7.4.4.5.	Ferrocarril	85
3.8.	Costos soluciones de pavimentos para la industria agraria. (APU)	85
3.8.1.	Análisis precios unitarios para hormigones, costo directo /m ²	85

3.8.1.1.	Radier G20 Patrón e=10cm /m ²	85
3.8.1.2.	Radier G20 e=10cm, con endurecedor superficial. /m ²	86
3.8.1.3.	Radier G20 e=10cm, con pintura epóxica. /m ²	86
3.8.1.4.	Radier G20 e=10cm, con aditivo superplastificante/m ²	87
3.8.1.5.	Radier G20 e=10cm, con pintura termoplástica. /m ²	87
3.8.1.6.	Radier G20 e=10cm, Aditivo polimérico./m ²	88
3.8.1.7.	Radier G20 e=10cm, con producto CAVE (Flowfresh MF) /m ²	88
3.8.2.	Gráfico costo directo /m ² de las soluciones.	89
3.8.2.1.	Análisis porcentual	89

Capítulo IV. Diseño del experimento y resultados

4. Procedimiento de investigación

4.1.	Ejecución del estudio	90
4.2.	Requisitos de ensayo	91
4.3.	Dosificación del hormigón G20 (90)-40-10	91
4.3.1.	Medición de humedad, absorción densidad real de los áridos.	92
4.3.1.1.	Resultados de la medición según NCh 1117:2010– Áridos para morteros y hormigones – Determinación de las densidades real y neta y la absorción de agua de las gravas y NCh 1239:2009 - Áridos para morteros y hormigones - Determinación de las densidades real y neta y la absorción de agua de las arenas.	92
4.3.1.1.1.	Humedad de los áridos, según NCh1515.Of79. Mecánica de suelos – Determinación de la humedad.	93
4.4.	Procedimiento de ensayo.	93
4.5.	Constantes	95
4.6.	Mediciones hormigón fresco	96
4.7.	Mediciones hormigón endurecido	96
4.8.	Resultados	100

4.8.1. Análisis de resultados, según los parámetros a medir definidos en los puntos 4.6 y 4.7.	100
4.8.2. Densidad, resistencia e impermeabilidad de las probetas posterior al desmolde.	100
4.9. Gráficos	102
4.9.1. Densidades del hormigón (kg/m^3), curado en Agua vs curado en leche	103
4.9.1.1. Hormigón G20 patrón	103
4.9.1.2. Hormigón G20 Endurecedor Superficial	104
4.9.1.3. Hormigón G20 Flowfresh (Producto CAVE)	105
4.9.1.4. Hormigón G20 Aditivo Superplastificante	106
4.9.1.5. Comparación de promedios de densidades (kg/m^3) de las probetas, curadas tanto en agua como en leche.	107
4.9.2. Resistencia del hormigón a la compresión a los 28 días (kgf/cm^2), curado en Agua vs curado en leche.	108
4.9.2.1. Hormigón G20 patrón	108
4.9.2.2. Hormigón G20 Endurecedor Superficial	109
4.9.2.3. Hormigón G20 Aditivo Superplastificante	110
4.9.2.4. Hormigón G20 Flowfresh (Producto CAVE)	111
4.9.3. Comparación de resistencia del hormigón a la compresión a los 28 días (kgf/cm^2), curado en Agua.	112
4.9.3.1. G20 Patrón vs. G20 Endurecedor superficial.	112
4.9.3.2. G20 Patrón vs. G20 Aditivo Super plastificante	113
4.9.3.3. G20 Patrón vs. G20 Flowfresh (Producto CAVE).	114
4.9.4. Comparación de resistencia del hormigón a la compresión a los 28 días (kgf/cm^2), curado en Leche.	115
4.9.4.1. G20 Patrón vs. G20 Endurecedor superficial	115
4.9.4.2. G20 Patrón vs. G20 Aditivo superplastificante	116
4.9.4.3. G20 Patrón vs. G20 Flowfresh (Producto CAVE)	117

4.9.5. Comparación de resistencia a la compresión a los 28 días (kgf/cm ²), de todas las muestras de hormigón, curadas en agua.	118
4.9.6. Comparación de resistencia a la compresión a los 28 días (kgf/cm ²), de todas las muestras de hormigón, curadas en leche.	119
4.9.7. Comparación permeabilidad de todas las muestras.	121

Capítulo V. Conclusiones

5. Resultados	123
5.1. Discusión de resultados	123
5.2. Conclusiones	124

Capítulo VI. Referencias

6. Bibliografía	125
-----------------	-----

Capítulo VII. Anexos

Anexo A. Ficha técnica Endurecedor Superficial	127
Anexo B. Especificación técnica Hormigón Polimérico.	128
Anexo C. Proyecto Planta frutos del Maipo (FLOWFRESH)	129
Anexo D. Flowfresh MF	130
Anexo E. Correcciones por humedad y absorción.	131
Anexo F. Análisis Granulométrico	

Capítulo I. Introducción

1.1. Introducción

Si se decide usar materiales de construcción tradicionales, como el hormigón, debemos tener en cuenta que tiene un alto impacto ambiental. Sin embargo, existen ahora nuevos tipos con añadido de fibras de polipropileno, para hacerlo más resistente, y disminuir la cantidad de barras de acero. También se han creado aceleradores de fraguado que no producen residuos tóxicos. Existen otros casos donde el Hormigón está expuesto a condiciones medioambientales y desfavorables para éste. Uno de esos casos es el hormigón en la industria agropecuaria.

En los últimos años, la industria agraria en el país ha sufrido un aumento considerable, teniendo en cuenta que el tipo de hormigón que se construye en estos casos, pierde durabilidad debido al constante ataque químico al cual está sometido. En este tipo de pavimentos es frecuente el uso de pinturas epóxicas, las cuales son usadas frecuentemente en industrias, las que ayudan a contrarrestar dicha problemática.

Existen además, diferentes tipos de aditivos para que el hormigón aumente su durabilidad en general. La importancia de los aditivos es que, entre otras acciones, permiten la producción de hormigones con características diferentes a los tradicionales y han dado un creciente impulso a la construcción.

Los aditivos mejoran significativamente el rendimiento para algunas, pero no para todas las exposiciones a las cuales está sometido el hormigón. Las estrategias para incrementar la vida de servicio de las estructuras expuestas a ataques químicos deben estar basadas en las mejoras en el rendimiento que puedan razonablemente esperarse cuando se usan aditivos diferentes.

A continuación, estudiaremos y analizaremos lo viable que puede llegar a ser, el uso de aditivos en reemplazo de las pinturas que se usan para evitar el deterioro y la disminución de durabilidad en el hormigón.

1.2. Antecedentes general de la construcción

El sector de la construcción en Chile está conformado por las actividades de edificación habitacional, edificación no habitacional y obras de ingeniería pública y privada para la construcción de infraestructura. Los productos que genera el sector de la construcción son altamente heterogéneos, debido a la diversidad de las características físicas y al requerimiento de recursos empleados para su elaboración. En términos más específicos, el sector de la construcción es aquél que presta servicios de edificación, tanto de obras nuevas como ampliaciones, de viviendas, oficinas y locales comerciales, etc., construcción de infraestructura productiva en general para los otros sectores económicos como la minería, la industria agropecuaria, la que se estudiará; el sector eléctrico, etc., construcción de infraestructura de uso público en general, tales como los edificios de la administración pública, las municipalidades, entre otros y la construcción de caminos, puentes, embalses y obras civiles en general.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Proponer una alternativa de hormigones que se usan en la industria agropecuaria, considerando el reemplazo de pavimentos de hormigón más pintura resistente a ácidos lácticos, por una solución de hormigón con aditivos o endurecedor que permita mantener la durabilidad de la solución constructiva a menor costo.

1.3.2. Objetivos Específicos

Identificar las necesidades de la industria agropecuaria para llevarla a los requerimientos de durabilidad de los hormigones en la Industria de estudio.

Determinar, mediante hormigones de prueba, resistencia a la compresión e impermeabilidad para distintas alternativas al pavimento de hormigón.

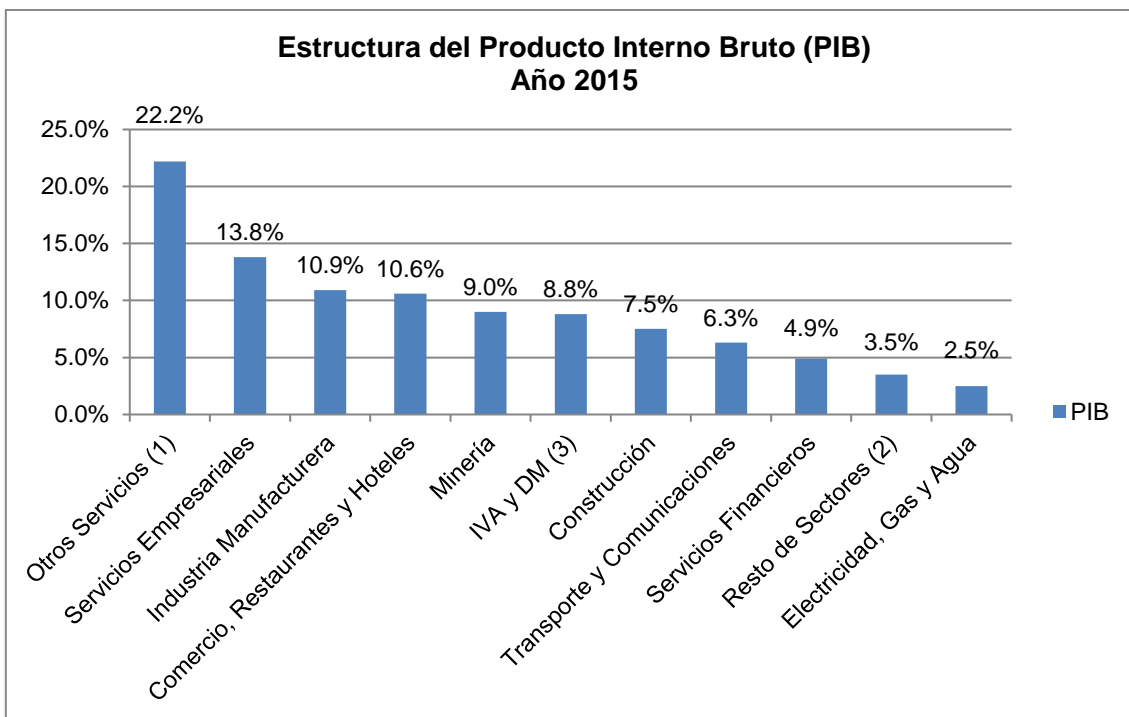
Comparar técnica y económicamente la (s) solución (es) propuesta para condiciones de durabilidad, en hormigones con la (s) solución (es) actuales.

1.4.Contextualización

1.4.1. La industria de la construcción como actividad económica.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas (I.N.E.), la industria de la construcción es uno de los motores principales que impulsa el desarrollo y el progreso de la comunidad nacional. La construcción afecta en forma directa al desempeño y desarrollo de la sociedad, y son utilizados intensivamente por todos los miembros de ella. Por otra parte, la característica central de este sector es el comportamiento productivo inestable que presenta. Es decir, es un área tremendamente sensible a los cambios que experimentan los ciclos económicos, repuntando con lentitud pero con fuerza en los períodos de expansión y siendo afectada, en cambio, más rápidamente y en mayor proporción durante los períodos de crisis o recesión, que el promedio de los otros sectores. A continuación se presenta la tabla, en la cual se puede observar el aporte de la industria de la construcción al P.I.B.¹ en el año 2015.

¹Producto Interno Bruto. Es el valor total de los bienes y servicios producidos en el territorio de un país en un periodo determinado, libre de duplicaciones. Se puede obtener mediante la diferencia entre el valor bruto de producción y los bienes y servicios consumidos durante el propio proceso productivo, a precios comprador (consumo intermedio). Esta variable se puede obtener también en términos netos al deducirle al PIB el valor agregado y el consumo de capital fijo de los bienes de capital utilizados en la producción. (Fuente: www.hacienda.cl)



Fuente: SOFOFA

(1): Incluyen los servicios de vivienda, personales y administración pública.

(2): Incluye Agropecuario-silvícola y pesca.

(3): IVA y Incluye Derechos de importaciones.

Fuente: SOFOFA con cifras del Banco Central de Chile

Por otra parte, desde el punto de vista económico es posible distinguir tres grandes rubros dentro de la industria de la construcción:

- Obras de edificación: viviendas, edificios habitacionales o residenciales y no habitacionales o públicos (hospitales, oficinas, escuelas, establecimientos comerciales, etc.).

- Obras civiles: obras de ingeniería tales como puertos, construcciones marítimas (plataformas, cañerías submarinas, etc.), puentes, caminos, carreteras, túneles, represas, aeropuertos, etc.

- Obras industriales: obras relacionadas con el montaje de equipos e instalaciones de plantas procesadoras industriales.

Ahora bien, dependiendo de cuál sea el agente económico que financie la inversión en un proyecto de construcción la obra será pública o privada. Actualmente, en nuestro país existe una gran preocupación por dar un nuevo impulso a la participación del sector privado en el desarrollo de obras de infraestructura pública, a través del sistema de concesiones. Por otro lado, el Ministerio de Obras Públicas, ha informado de un programa de proyectos de inversión financiera que se concretarán durante los próximos diez años, con una suma total cercana a los treinta mil millones de dólares. Estos antecedentes permiten predecir que en esta década debería aumentar significativamente el nivel de actividad económica de la industria de la construcción.

Otro aspecto económico interesante de destacar se refiere al incremento significativo del número de empresas constructoras privadas en Chile, las cuales participan en licitaciones públicas y/o privadas desarrollando propuestas de proyectos de construcción en calidad de empresas contratistas. También se ha notado un notable crecimiento de la participación de empresas en el desarrollo de proyectos inmobiliarios. No cabe duda que los períodos de auge de la economía de nuestro país generan una proliferación importante de empresas constructoras; sin embargo, conviene destacar que muchas de éstas no logran sobrevivir y desaparecen del mercado durante los períodos de crisis o de alta competencia.

Por otra parte, es preciso señalar que la industria de la construcción absorbe una mano de obra más bien barata dentro del contexto económico de nuestro país. Sin embargo, esta situación no descarta la posibilidad de una mayor variación, puesto que en la realidad concreta se encuentran diferencias significativas en la distribución de las remuneraciones de los distintos niveles ocupacionales que se desempeñan en esta actividad (profesionales, funcionarios administrativos, jefes de obra, capataces, obreros calificados y obreros no-calificados) así como también se encuentran diferencias importantes entre las distintas especialidades, siendo mucho mejor pagadas aquellas que requieren un mayor nivel de capacitación, entrenamiento o calificación y que además, generalmente, son un recurso escaso en el mercado laboral. (Revista Ingeniería de Construcción, N°11, Julio-Diciembre 1991)

1.4.2. Partes involucradas en la industria de la construcción.

La industria de la construcción involucra a diversos grupos de personas en el desarrollo global de cada proyecto. A continuación se distinguen estos grupos:

1.4.2.1. Dueños o mandantes

Los dueños o mandantes son quienes conciben y modifican los proyectos de construcción. Generalmente seleccionan y designan los sitios o terrenos, establecen los requerimientos de diseño, proveen el financiamiento del proyecto, gestionan parte de los permisos necesarios y administran los contratos. En definitiva, son los dueños quienes contratan a empresas constructoras para que ejecuten un proyecto y administren los recursos necesarios (humanos, materiales y financieros) para convertirlo en una realidad. Los dueños son además, los que tienen el mayor impacto en el desarrollo de la industria de la construcción, a través de las exigencias que imponen a los contratistas en la ejecución de los proyectos. Ello pueden, a través de una buena selección, incentivar el aumento de la productividad y calidad de la construcción, al elegir contratistas no sólo en base al precio, sino que también en base a su desempeño anterior en función de estas dos variables.

1.4.2.2. Diseñadores

Generalmente son ingenieros, arquitectos y otros especialistas con las habilidades necesarias para llevar a cabo la transformación de las concepciones de los dueños en direcciones detalladas y específicas para la construcción, por medio de la confección de planos y especificaciones. Los diseñadores pueden operar como parte de un solo equipo diseñador y constructor, o bien, en forma separada. La tendencia actual en muchos países desarrollados es a la integración de estas funciones, utilizando contratos de diseño-construcción o contratos llave en mano.

1.4.2.3. Constructores (Contratistas y sub-contratistas)

Son un equipo de ingenieros y constructores con talentos apropiados para administrar los esfuerzos necesarios con el fin de convertir las direcciones de los diseñadores y el dueño (planos, especificaciones y otros documentos del contrato) en estructuras, plantas u obras en general. Ellos se encargan de comprar materiales de calidad y suministros, de adquirir, administrar y aprovisionar equipos de construcción, de atender y llevar a cabo el seguimiento en las materias financieras y de negocios de toda índole y de supervisar las operaciones de construcción.

Otra función primordial que les compete es la de proveer liderazgo y asesoría administrativa respecto a la fuerza de trabajo, reuniría, dar instrucciones, suministrar un método o plan de trabajo, proveer a los trabajadores de información, materiales, maquinarias, equipos y herramientas con el fin de que estos recursos sean accesibles y aprovechados durante las fases de trabajo.

1.4.2.4. Fuerza de trabajo

La fuerza de trabajo está formada, particularmente, por trabajadores y capataces. Los trabajadores a través de sus habilidades y esfuerzos, canalizados individualmente o en cuadrillas dirigidas por capataces, transforman en una realidad concreta y tangible las direcciones descritas en los planos y especificaciones. Los trabajadores, siguiendo métodos desarrollados por ellos mismos o por los administradores, son quienes unen en las fases de trabajo los recursos materiales, información, maquinaria, herramientas y espacio de trabajo que les son aprovisionados.

Dependiendo de la naturaleza de la obra (obra de edificación, civil o industrial) la fuerza de trabajo deberá considerar diferentes especialidades, tales como: jornales, carpinteros, albañiles, enfierradores (estructuras y refuerzos), trazadores, operadores de maquinaria, estucadores, concreteros, cañoneros, soldadores, montadores de estructuras metálicas, electricistas, pintores, etc. En suma, cada

proyecto de construcción, sea grande o pequeño, involucra a un número de trabajadores de distintas especialidades, sean calificados o no-calificados.

Cabe señalar que para que un proyecto de construcción se vuelva realidad se requiere necesariamente del esfuerzo coordinado de las cuatro partes involucradas, poniendo énfasis en la integración del trabajo de ingeniería con el trabajo en terreno.

Es así como la productividad, el costo y la duración de una obra depende en primera instancia de las tres primeras partes (dueños, diseñadores y constructores), ya que son éstas quienes proveen, administran y controlan los recursos necesarios para su desarrollo. Sin embargo, el desarrollo de las fases de trabajo depende fundamentalmente de la fuerza de trabajo, es decir, de las tareas y actividades que realicen los capataces y los trabajadores.

Durante la ejecución de una obra muchas veces se atribuyen los errores, fallas o aumentos en los costos a una fuerza de trabajo ineficiente. No obstante, en la actualidad se está tomando mayor conciencia respecto a que gran parte de éstos, se deben a deficiencias en las acciones de las otras tres partes, lo que dificulta que capataces y trabajadores sean productivos.

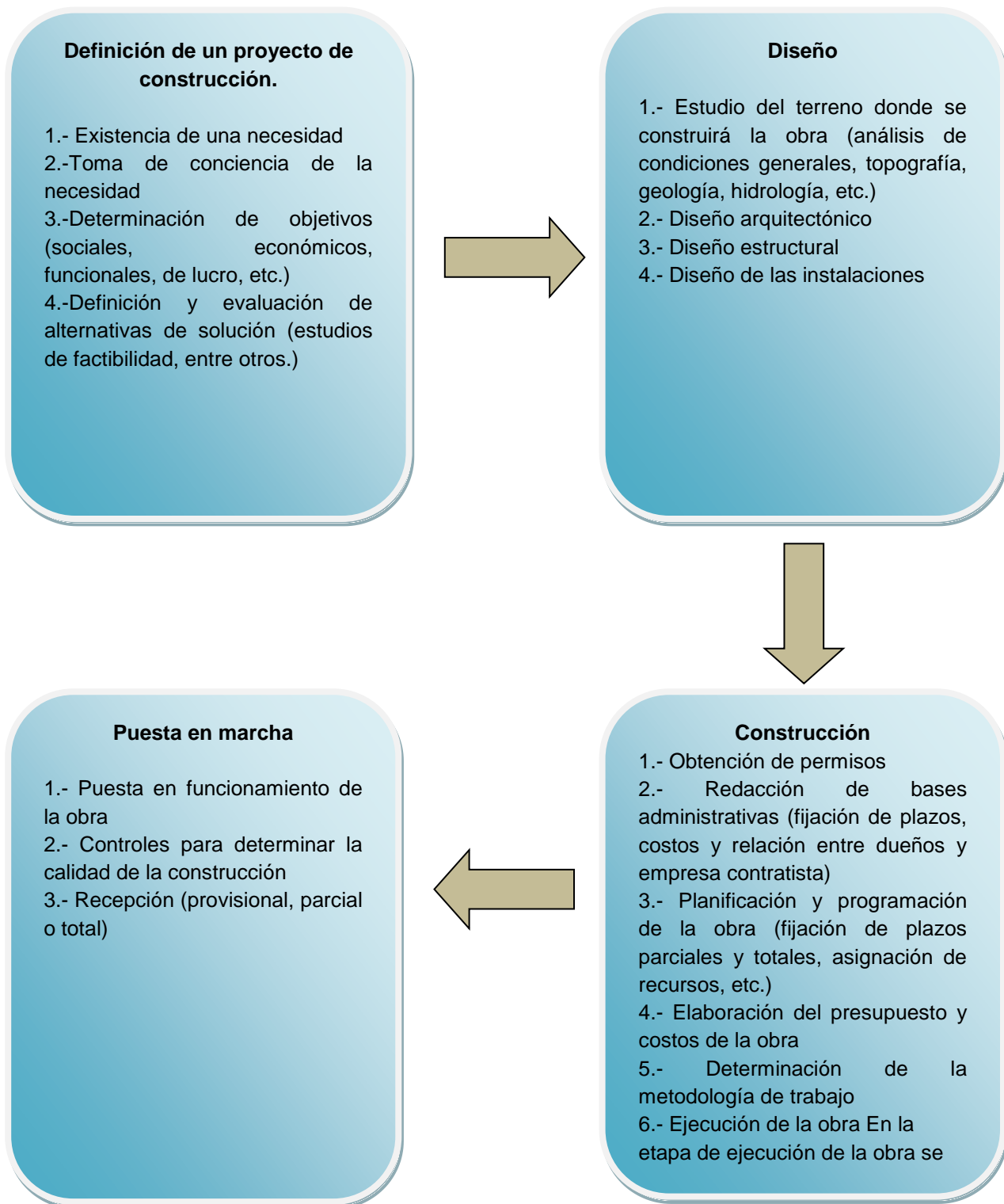
Finalmente, cabe destacar que el desarrollo de cualquier proyecto de construcción involucra la convivencia cotidiana de personas provenientes de diferentes estratos socio-económicos y que poseen, por lo tanto, diversos niveles educacionales y culturales (valores, costumbres, creencias, etc.), produciéndose incluso, una diferencia importante entre el nivel profesional y el técnico y obrero dado que estos últimos, en su mayoría y a diferencia de otras industrias, han sido formados a través de la práctica, con escasos estudios formales. Esto constituye un aspecto característico de la industria de la construcción.(Revista Ingeniería de Construcción, N°11, Julio-Diciembre 1991)

1.4.3. Características del proceso de trabajo en la industria de la construcción.

Existe un acuerdo consensual de que todos los proyectos de construcción de cualquier índole se desarrollan por etapas, es decir, el proceso de trabajo, o bien las tareas y operaciones que se deben ejecutar son generalmente secuenciales a lo largo del continuo temporal.

Con el fin de comprender más cabalmente las fases del proceso de trabajo en la industria de la construcción, se describen a continuación las etapas generales que son propias en la ejecución de cualquier tipo de obra (obra de edificación, civil o industrial).

1.4.3.1. Diagrama de etapas de la construcción



Fuente: Revista Ingeniería en construcción, N°11, Universidad Católica, 1991.

1.4.3.2. Tipos de contratos

Los tipos de contrato en construcción se pueden resumir en:

1.4.3.2.1. Suma alzada:

- Monto único y fijado antes de iniciar trabajos.
- Proyecto totalmente definido.
- Mandante escoge la mejor oferta.
- Cada modificación debe ser pagada por el mandante.
- Mayor riesgo de la constructora a cargo, es absolutamente responsable de las cantidades declaradas en itemizado oficial.

1.4.3.2.2. Serie de Precios Unitarios:

- Se establecen los precios unitarios por contrato.
- El monto final de contrato corresponde a las cantidades de partidas realizadas, por el precio unitario de estas.
- Comparte el riesgo entre el contratista y el mandante.
- Se puede realizar una oferta sin tener todos los proyectos desarrollados.

1.4.3.2.3. Administración delegada:

- Se utiliza principalmente en el caso de que la construcción se inicie sin tener terminada totalmente la Ingeniería de Detalle.
- También se usa en caso de emergencias.
- La Constructora administra la obra y el mandante le reembolsa los gastos.
- La constructora recibe un % por sobre los costos o un valor preestablecido a modo de utilidad.

Tabla 1. Resumen tipo de contrato relación al costo directo, GG y Utilidades.

Tipo de contrato	Suma Alzada	Serie de precios unitarios	Administración delegada
Costo Directo	Monto fijo	Precios unitarios fijos y cantidades a definir.	Mandante paga cada insumo.
Gastos generales	Monto fijo	Monto fijo o a serie de precios unitarios.	Monto fijo o paga mandante.
Utilidades	Monto fijo	Monto fijo o % del total de la obra.	Sueldo fijo, % de la obra o estímulo acordado

Fuente: www.chilecubica.com

1.4.4. Escenario de la construcción en el país.

“El sector construcción crecería 0,6%, pese a la baja base de comparación de 2014”

El 2014 fue un mal año para la construcción. Tanto, que a medida que fueron transcurriendo los meses tuvimos que ir ajustando a la baja las proyecciones sectoriales. A fines del año pasado pensábamos que en 2014 la actividad de nuestra industria iba a crecer 4%, mientras que hoy estimamos que se contraerá 0,8%, llegando a una tasa de desempleo de 10,5%. Ocurrió que los grandes motores de la construcción perdieron fuerza. Proyectos de energía, mineros y de concesiones que no se concretaron explican buena parte de este fenómeno y generan dudas razonables sobre la situación del próximo año. Para 2015 vemos que el proceso de desaceleración podría comenzar a revertirse paulatinamente, llegando el país a crecer en torno al 2,7%. En ese contexto, y con la información disponible, el sector construcción crecería 0,6%, pese a la baja base de comparación que constituye el 2014.

La construcción depende de la actividad de los demás sectores productivos y lo cierto es que la pérdida de dinamismo ha sido generalizada. Sin duda existen condiciones internacionales que han tenido injerencia directa en esto, pero las bajas expectativas del mercado están, asimismo, asociadas a la incertidumbre que generó la primera etapa del debate sobre la reforma tributaria y que aún persiste en el ambiente. Las autoridades han estado trabajando para corregir esta situación. Un ejemplo fue el diseño del Presupuesto 2015, que incluiría aumentos importantes de inversión en vivienda y obras públicas. El éxito de esta política dependerá de cuán oportuna sea la ejecución presupuestaria.

También es valioso el plan de infraestructura en transporte público –que comprometió 14 proyectos por US\$ 4.200 millones, de los cuales cerca de US\$ 2.000 millones serán obras concesionadas–, así como el plan para agilizar iniciativas de inversión privada que se encuentran con trámites pendientes en el sector público. El primero ayudará a reducir el déficit de US\$ 58.000 millones en infraestructura que el país acumularía en el período 2014-2018 y reconoce el rol fundamental del sistema concesiones para cumplir este objetivo, ya que permite avanzar sin comprometer presupuesto público. El segundo debiera marcar el inicio de un esfuerzo sostenido por modernizar el aparato estatal, reduciendo la permisología y la burocracia que ahoga emprendimientos y a quienes se arriesgan a llevar adelante un proyecto. (Segunda, 2014)

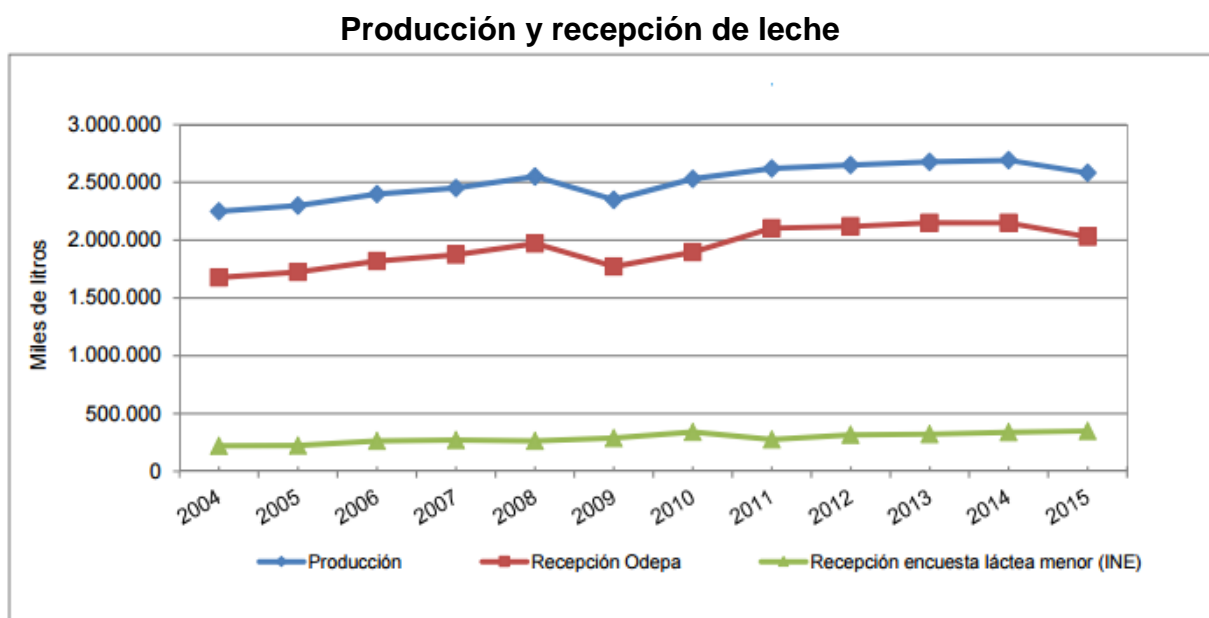
1.4.5. Crecimiento Agropecuario del país.

1.4.5.1. Introducción.

Se entiende por agroindustria a toda actividad que implique el procesamiento de productos generados en la agricultura y pesca. Durante los últimos diez años se ha observado una rápida expansión del sector agroindustrial, la que responde a la interacción de un conjunto de factores de variada índole, que le han conferido un nivel interesante de competitividad externa. Ente tales factores destacan el proceso de apertura al exterior, combinado con un contexto macroeconómico estable, la presencia de una base empresarial importante, con capacidad de innovar, de asumir riesgos y de conectarse con la red comercial y financiera, entre otros. Este conjunto de variables, manejadas de forma adecuada, permitió consolidar, en un plazo relativamente breve, un segmento productivo exportador que realiza un aporte concreto a la economía del país, en términos de generación de divisas, creación de empleo y demanda a otros sectores de la economía. Este informe forma parte de una investigación que tiene como objetivo general estudiar el impacto de las reformas estructurales y del ambiente macroeconómico sobre la inversión de capital fijo en la agroindustria. Específicamente, se presentan cinco subsectores agroindustriales: Vitivinícola, Procesador de frutas y hortalizas, Lácteo, Avícola y Pesquero. Ya que la inversión en las empresas agroindustriales es determinada en parte por la dinámica del segmento de mercado en el cual se encuentra, se presenta un análisis de las características de estos segmentos de mercado, su evolución y sus perspectivas. Luego, para determinar cuáles han sido los factores que han determinado la evolución sectorial y de la inversión en el sector agroindustrial, se presenta la evolución del desempeño de algunas empresas agroindustriales, su rentabilidad y ventas, así como una descripción de qué ha ocurrido con las inversiones y cuáles han sido las formas de financiarla y procesos de internacionalización.

1.4.5.2. Agroindustria láctea.

La producción láctea en Chile ha tenido un variado desarrollo, especialmente en el último decenio. Es así como la recepción de leche en planta ha venido creciendo, en la mayoría de los periodos, lo que se puede observar en el siguiente gráfico.



Fuente: www.odepa.cl

El sector de la industria ha evolucionado alcanzando estándares tecnológicos y niveles de productividad similares a los de los países internacionalmente más competitivos. La agroindustria láctea nacional ha presentado un proceso de “multinacionalización”, es decir, han entrado al mercado doméstico empresas multinacionales que actualmente constituyen la mayor proporción de la oferta. En 1996, sólo seis empresas recibían cerca del 87% del total de la leche procesada. Se trata principalmente de empresas multinacionales o sus filiales, como Nestlé, Parmalat, Soprole, perteneciente al New Zealand Dairy Board y Dos Álamos, que en ese 42% entonces pertenecía a Lever y actualmente pertenece a Soprole. Las dos empresas restantes son nacionales, Colún es una cooperativa y Lonco leche pertenece a Empresas Santa Carolina S.A.

Tabla 2. Recepción de leche por plantas lecheras (Millones de litros)

Plantas lecheras	Años		Enero – julio		Variación %	Participación %
	2014	2015	2015	2016		
Colún	550	538	277	280	1,0	27,4
Soprole	506	495	252	237	-5,8	23,3
Nestle	432	371	197	202	2,2	19,8
Watt´s S.A.	263	250	124	118	-4,8	11,6
Surlat	147	123	69	60	-12,9	5,9
Valle Verde	62	70	33	32	-1,5	3,2
Lacteos del Sur	54	52	27	23	-15,6	2,3
Quillayes	51	48	27	24	-10,9	2,4
Danone S.A.	49	45	23	25	4,5	2,5
Chilolac	20	21	10	10	2,7	1,0
Granarolo	9	12	7	6	-6,0	0,7
Total	2.143	2.025	1.046	1.017	-2,8	100,0

Fuente: elaborado por Odepa con antecedentes proporcionados por las plantas lecheras.

Además de la “multinacionalización”, se ha producido una concentración de las empresas, al haber comprado estas grandes empresas a otras más pequeñas, como se describe a continuación. Nestlé, asociada a capitales suizos, concentraba en 1996 el 26,7% de la recepción nacional, porcentaje que logró alcanzar al adquirir en el año 1993 la empresa Lechera del Sur. Le seguía en importancia Soprole, al recibir el 22,4% de la producción industrial. Un 50,5% de su propiedad corresponde a capitales neozelandeses (New Zealand Dairy Board), inversión concretada en el año 1986. Lonco leche ocupaba el tercer lugar en cuanto a recepción industrial, con una participación del 14,8%, con centros de producción en Lonco Leche, Santiago y Osorno. En 1996, se consolidaron las áreas de servicio de Watt’s Alimentos S.A. y Lonco leche S.A. con el objeto de eliminar ineficiencias y duplicidades de la operación separada de dos empresas similares en cuanto a tipos de distribución y comercialización, clientes, proveedores y equipos. La Cooperativa Lechera de La Unión (Colún), que opera una sola planta, tenía en 1996 el 12,1% de la recepción nacional. Dos Álamos tenía el 6,2% de la recepción nacional, esta empresa ubicada en la X Región, fue adquirida en el año 1992 por la transnacional Unilever, de capitales anglo-holandeses y en el tercer trimestre de 1997 fue comprada por Soprole, convirtiendo a esta última en la principal empresa lechera del país. Finalmente Parmalat, empresa asociada a capitales de origen italiano, concentraba en 1996 el 5,7% de la recepción nacional. Por último, se puede destacar que durante este período, las empresas lecheras han diversificado sus productos, aumentando la participación de productos refrigerados, como yoghurt y postres. (Torrealba, 1999)

1.4.5.2.1. Análisis sectorial

Según el estudio de caracterización de los productores lecheros de la Consultora agrosur GESTA, el sector lácteo comercial, que produce y comercializa sobre el 95% de los productos lácteos que se transan en el mercado interno y el que se exporta, se sitúa entre la Región de Valparaíso y la Región de Los Lagos (Chonchi en la Isla de Chiloé). Es sabido que existen producciones menores en otras Regiones, pero la posibilidad de tener estos datos de forma oportuna, generan un

conflicto en el análisis que se resuelve no considerando estos datos dado el bajo aporte porcentual de esta producción sobre el total nacional.

En este espacio físico se distribuyen 18.774 informantes según el VII Censo Agropecuario, quienes declaran una superficie total de 1.274.983 hectáreas utilizadas, las cuales no son destinadas en su totalidad para lechería. De este total, 117.157 hectáreas se destinan para Cultivos anuales o perennes; 103.045 hectáreas de forrajeras perennes o de rotación; 355.251 hectáreas de praderas mejoradas; y 224.818 hectáreas de praderas naturales. Es importante mencionar que estas hectáreas no son 100% destinadas a la producción lechera ni tampoco es posible estimar su proporción, ya que la base de datos del Censo mismo y la encuesta que se realiza, no permite realizar esta separación.

En parte de esta superficie viven 100.443 personas, de las cuales 39.756 prestan algún servicio al sistema productivo, a lo que se debe sumar 21.714 personas externas que trabajan en el sector, lo que determina que el sector primario genera sobre 61.470 empleos, tanto permanentes como temporales. Otros datos relevantes tienen relación con el número total de vacas que según los informantes son ordeñadas, las que ascienden a 488.383. Sumado a lo anterior, las hectáreas de Bosque Nativo que existen en estas explotaciones ascienden a 249.807 hectáreas. Este puede ser un elemento importante a considerar, donde se puede postular una hipótesis relativa a la producción lechera nacional es Carbono neutral, para lo cual se deberían generar las investigaciones necesarias que permitan validar o rechazar esta hipótesis. (GESTA, 2009)

1.4.5.2.2. En regiones

La recepción de leche de las plantas de la VIII Región del Bío-Bío y de la X Región de los Lagos creció 17,2% y 10,9%, respectivamente, por sobre el crecimiento promedio país de 8,8% registrado en el primer semestre. La IX Región de La Araucanía se ubicó por debajo del promedio con 4,6% de expansión y sólo la Región Metropolitana de Santiago tuvo una caída, del 6,2%. En volúmenes recepcionados, la zona más importante es la X, con el 69,3% del total nacional semestral. Le siguen, en el mismo orden, la IX, con un 13,6%; la VIII, con un 8,6%

y finalmente la Metropolitana de Santiago, con un 8,5%. Otros destinos de la producción láctea lo representan la industrialización predial, alimentación de terneros, autoconsumo humano y venta directa a la población, que sumados a la recepción industrial arrojan una cifra estimada de producción anual total para 2006 de 2.400 millones de litros.

Tabla 3.Recepción industrial de leche y número de plantas en regiones, Año 2015

Región	Número de plantas	Recepción Anual - Año 2015	
		Miles Lts.	%
Total	22	2.028.825	100
Del Bío- Bío	3	173.508	8,6
De la Araucanía	4	157.113	7,74
De los Lagos	12	892.260	43,93
De los Rios	7	679.806	33,51
Metropolitana	3	126.139	6,22

Fuente: Elaborado por Odepa con antecedentes proporcionados por las plantas lecheras.

1.4.5.2.3. Producción

Se estimó que durante el año 2012 la producción nacional de las empresas de la industria láctea menor fue de 315 millones de litros, con 125 plantas procesadoras. En el mismo período, la producción de queso alcanzó 26.389 toneladas, por encima de las 21.870 toneladas registradas durante el 2011. Por otra parte, la producción de queso fresco y quesillo tuvo un aumento desde 11.574 toneladas en el 2011, a 12.891 toneladas el 2012. Entre los otros productos lácteos, la mantequilla aumentó desde 625 toneladas en 2011 a 896 toneladas en 2012, pero el yogurt disminuyó su producción en comparación con el registro de 2011, pasando de 2.618 a 2.223 toneladas. (INE, 2013, págs. 313-314)

1.5. Metodología

La investigación que se ha decidido utilizar para esta investigación es del tipo experimental, la que consiste en la manipulación de una o más variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento permite introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto de las conductas observadas.

1.6. Hipótesis

El hormigón que es sometido a constantes ataques químicos tiende a perder su resistencia. Esto sucede en los hormigones en industrias Agrarias, en las cuales, el ácido láctico y la orina de los animales, contrarresta la durabilidad y la vida del hormigón.

¿Cómo se puede tratar este problema?

Existen en el mercado, diferentes pinturas que repelen los ataques químicos en el hormigón, ayudándolo a conservar su resistencia y su forma. La principal desventaja de esta pintura es su elevado costo y en algunas ocasiones, lo complicado que puede resultar el proceso de aplicación de la misma.

Una de las soluciones para este caso, es encontrar el aditivo óptimo ideal para el hormigón o solución alternativa a la pintura, el cual ayudará a ahorrar costos en pintura, aumentar la durabilidad del hormigón y además, reduciría el tiempo de construcción y entrega final del pavimento o suelo.

Capítulo II. Marco Teórico

2. Hormigones expuestos a agentes agresivos

2.1. Propiedades del hormigón

2.1.1 Características y comportamiento del hormigón

2.1.1.1. Características mecánicas

Según el Ingeniero José María Canciani, la principal característica estructural del hormigón es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de hormigón.

2.1.1.2. Fraguado y endurecimiento

Según los artículos de Tecnología del Hormigón, de la Universidad Católica del Norte, la pasta del hormigón se forma mezclando cemento y agua debiendo embeber totalmente a los áridos. La principal cualidad de esta pasta es que fragua y endurece progresivamente, tanto al aire como bajo el agua.

El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. La fase inicial de hidratación se llama fraguado y se caracteriza por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido. Esto se observa de forma sencilla por simple presión con un dedo sobre la superficie del hormigón. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provocan el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas.

El fraguado y endurecimiento no son más que dos estados separados convencionalmente; en realidad solo hay un único proceso de hidratación continuo.

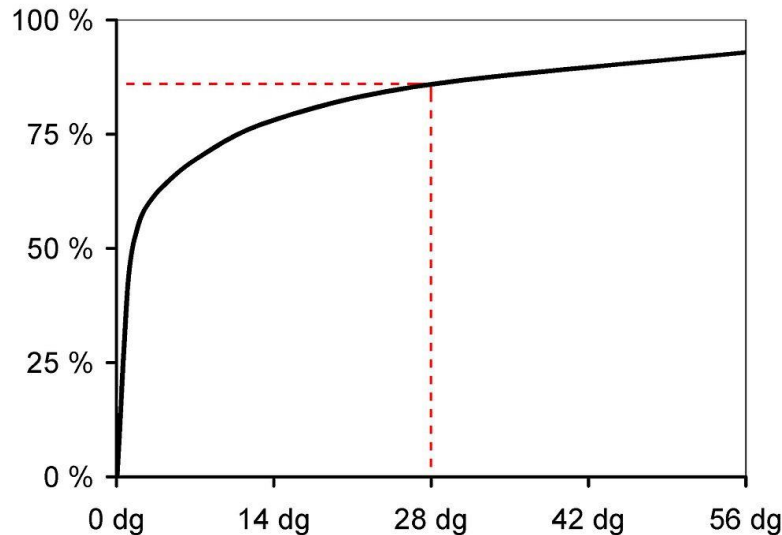
En el cemento portland, el más frecuente empleado en los hormigones, el primer componente en reaccionar es el aluminato tricálcico con una duración rápida y corta (hasta 7-28 días). Después el silicato tricálcico, con una aportación inicial importante y continua durante bastante tiempo. A continuación el silicato bicálcico con una aportación inicial débil y muy importante a partir de los 28 días.

El fenómeno físico de endurecimiento no tiene fases definidas. El cemento está en polvo y sus partículas o granos se hidratan progresivamente, inicialmente por contacto del agua con la superficie de los granos, formándose algunos compuestos cristalinos y una gran parte de compuestos micro cristalino asimilable a coloides que forman una película en la superficie del grano. A partir de entonces el endurecimiento continúa dominado por estas estructuras coloidales que envuelven los granos del cemento y a través de las cuales progresa la hidratación hasta el núcleo del grano.

El hecho de que pueda regularse la velocidad con que el cemento amasado pierde su fluidez y se endurece, lo hace un producto muy útil en construcción. Una reacción rápida de hidratación y endurecimiento dificultaría su transporte y una cómoda puesta en obra rellenando todos los huecos en los encofrados. Una reacción lenta aplazaría de forma importante el desarrollo de resistencias mecánicas. En las fábricas de cemento se consigue controlando la cantidad de yeso que se añade al clinker de cemento. En la planta de hormigón, donde se mezcla la pasta de cemento y agua con los áridos, también se pueden añadir productos que regulan el tiempo de fraguado.

En condiciones normales un hormigón portland normal comienza a fraguar entre 30 y 45 minutos después de que ha quedado en reposo en los moldes y termina el fraguado trascurridas sobre 10 ó 12 horas. Después comienza el endurecimiento que lleva un ritmo rápido en los primeros días hasta llegar al primer mes, para después aumentar más lentamente hasta llegar al año donde prácticamente se estabiliza.¹² En el cuadro siguiente se observa la evolución de la resistencia a compresión de un hormigón tomando como unidad la resistencia a 28 días, siendo cifras orientativas:

Diagrama indicativo de la resistencia (en %) que adquiere el hormigón a los 14, 28, 42 y 56 días.



Fuente: Tecnología del Hormigón. www.ucn.cl, Universidad Católica del Norte.

2.1.1.3. Resistencia

En el proyecto previo de los elementos, la resistencia característica (f_{ck}) del hormigón es aquella que se adopta en todos los cálculos como resistencia a compresión del mismo.

La resistencia característica de proyecto (f_{ck}) establece por tanto el límite inferior, debiendo cumplirse que cada amasada de hormigón colocada tenga esa resistencia como mínimo. En la práctica, en la obra se realizan ensayos estadísticos de resistencias de los hormigones que se colocan y estos deben ser superiores a f_{ck} .

La resistencia del hormigón a compresión se obtiene en ensayos de rotura por compresión de probetas cilíndricas normalizadas realizados a los 28 días de edad y fabricadas con las mismas amasadas puestas en obra.

Tabla 1. Clasificación de los Hormigones por Resistencia a Compresión.

Grado	Resistencia especificada, f'c MPa
G05	5
G10	10
G15	15
G17	17
G20	20
G25	25
G30	30
G35	35
G40	40
G45	45
G50	50
G55	55
G60	60

Nota: Pueden existir grados mayores a los indicados en la tabla.
(INN, NCh170-2016 Hormigón - Requisitos Generales, 2016)

NOTA: En casos excepcionales, en que no se disponga de probetas cilíndricas para realizar el control del hormigón, el proyectista puede autorizar el uso de probetas cúbicas indicando el factor de conversión.

Tabla 2. Clasificación por resistencia a flexotracción.

Grado	Resistencia especificada,ft MPa
HF3,0	3,0
HF3,5	3,5
HF4,0	4,0
HF4,5	4,5
HF5,0	5,0
HF5,5	5,5
HF 6,0	6,0

Nota: Pueden existir grados mayores a los indicados en la presente tabla.
Fuente: Nch170:2016. Hormigón – Requisitos Generales

2.1.2. Concepto de Durabilidad

Un hormigón es durable, si puede soportar las condiciones para las cuales fue diseñado, sin deterioro durante el período de vida útil para el cual fue proyectado.

En estructuras para las cuales se requiera evitar ese deterioro en el tiempo, el énfasis en la importancia en los requisitos de durabilidad, debe ser establecido antes que el diseñador seleccione la resistencia especificada f_c' y recubrimiento de armadura (en el caso de Hormigón Armado).

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

Estas acciones de variada índole, según NCh 170:2016, se puede resumir como:

2.1.2.1. Requisitos de durabilidad debido a la acción de agentes internos

2.1.2.1.1. Contenido máximo de sulfatos

El contenido máximo de sulfatos en el hormigón, expresados en SO_4 , debe ser menor o igual al 2% del peso del cemento y corresponde a la contribución total de los componentes del hormigón, excluyendo el cemento. Se pueden utilizar áridos y agua cuyos contenidos de sulfatos superen los valores máximos establecidos en las NCh163 y NCh1498, siempre que el contenido máximo de sulfatos en el hormigón no supere lo establecido precedentemente.

2.1.2.1.2. Contenido máximo de cloruros

El contenido máximo de iones de cloruros solubles en el hormigón, aportados por todos sus componentes, son los que se indican en la tabla N°3.

Tabla 3. Contenido máximo de iones cloruro solubles en el hormigón

Tipo de Hormigón	Contenido iones cloruro solubles en agua kgCl/m³ de hormigón
Hormigón armado y hormigón en masa que contenga armadura	1,20
Hormigón pretensado	0,25

Nota: para cuantificar el contenido de iones cloruro, se debe considerar el aporte de todos los constituyentes considerados en 1 m³ de hormigón.

Fuente: NCh170:2016

Se pueden utilizar áridos y agua cuyos contenidos de cloruros superen los valores máximos establecidos en NCh163 y NCh1498, siempre que el contenido máximo de cloruros en el hormigón no supere lo establecido precedentemente.

2.1.2.1.3. Reacción árido álcali

Cuando se disponga de áridos clasificados según NCh163 como reactivos o potencialmente reactivos y además el hormigón va a estar expuesto a un ambiente de alta humedad o sumergido, es posible utilizar estos áridos si se cumple alguna de las condiciones siguientes:

- a) se dispone de información respecto de obras similares, construidas con materiales de la misma fuente, en las cuales no se haya presentado daño como consecuencia de la reacción árido álcali. Los cementos con adiciones utilizados en Chile han demostrado ser altamente eficaces en evitar que se produzcan daños como consecuencia de la reacción árido álcali.
- b) se utilice un cemento Portland definido según NCh148, cuyo contenido de álcalis solubles en agua, expresado como sodio equivalente, sea $\leq 0,6\%$.

- c) se verifique que la expansión determinada según ASTM C227, con los materiales de la obra, sea menor a 0,05% a 3 meses o menor a 0,10% a 6 meses.
- d) se cuente con estudios especiales que permitan su uso.

2.1.2.2. Requisitos de durabilidad debido a la acción de agentes externos

2.1.2.2.1. Congelación y deshielo

Cuando el hormigón va a estar sometido a la acción de ciclos de congelación y deshielo, la resistencia mínima especificada y el contenido total de aire deben cumplir con lo indicado en Tabla 4, de acuerdo al grado de exposición.

Tabla 4. Requisitos del hormigón sometido a la acción de congelación y deshielo

Grado de exposición		Mínimo grado de resistencia especificado MPa	Aire total %	D _n mm
F0	Hormigón no expuesto a congelación y deshielo	Sin restricción	Sin Restricción	Sin Restricción
F1	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y ocasionalmente expuesto a humedad	G30	6,0 5,0 4,5	10 20 40
F2	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y en contacto continuo con humedad	G30	7,5 6,0 5,5	10 20 40
F3	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y en contacto continuo con humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	G35	7,5 6,0 5,5	10 20 40

Fuente: NCh170:2016

La tolerancia en el contenido de aire es de $\pm 1,5\%$. Para hormigones de grado superior a G35, el contenido total de aire indicado en Tabla 4, se puede reducir en un punto porcentual.

Independiente del grado de exposición, se puede utilizar hormigones con resistencias y contenidos de aire distintos a los prescritos, si se demuestra mediante ensayos de comportamiento del hormigón que la expansión máxima obtenida no es mayor que 0,05%. Este ensayo se realiza según NCh2185, sobre probetas que tengan 28 días de edad. (NCh170:2016 Hormigón - Requisitos Generales, 2016)

2.1.2.2.2. Ataque externo de sulfatos

Los grados de exposición se indican en la tabla 5.

Tabla 5. Grado de exposición por sulfatos

Grado		Contenido máximo SO ₄	
		Soluble en el suelo % en peso	Disuelto en agua ppm
S0	No agresivo	< 0,10	< 150
S1	Moderada	0,10 ≤ SO ₄ < 0,20	150 ≤ SO ₄ < 1500 Agua de mar
S2	Severa	0,20 ≤ SO ₄ ≤ 2,00	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000
S3	Muy severa	SO ₄ > 2,00	SO ₄ > 10000

Fuente: NCh170:2016

En condiciones de exposición a la acción de sulfatos presentes en el agua o en el suelo, que se encuentra en contacto con el hormigón, se pueden adoptar medidas para aislar y proteger el hormigón de la acción de estos agentes, lo que se debe considerar para determinar el grado de exposición, indicadas en Tabla N° 5.

2.1.2.2.3. Requisitos según exposición

Según NCh170:2016, para cada grado de exposición, el hormigón debe cumplir con el requisito de resistencia mínima especificada y con uno de los siguientes requisitos: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua, lo que debe quedar establecido en la especificación técnica del proyecto.

Tabla 6. Requisitos del hormigón según grado de exposición

Grado de exposición	Mínimo grado de resistencia especificado MPa	Dosis mínima de cemento kg/m³	Profundidad de penetración de agua según NCh2262 mm
C0	G17	-	-
C1	G17	270	≤ 50
C2-A	G20	300	≤ 40
C2-B	G25	330	≤ 30
C2-C	G35	360	≤ 20

Fuente: NCh170:2016

Nota 1: Para los grados de exposición C1, C2-A, C2-B y C2-C se debe cumplir con el mínimo grado de resistencia especificada y con uno de los siguientes requisitos: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua.

Nota 2: El proyectista estructural puede disminuir en 5 MPa el mínimo grado de resistencia indicado en esta Tabla cuando se haya especificado la profundidad de penetración de agua en lugar de la dosis mínima de cemento. En todo caso, el mínimo grado de resistencia debe ser > G17.

2.1.3. Hormigones de baja Permeabilidad

La permeabilidad del hormigón es uno de los principales factores que influyen en su durabilidad, ya que determina la posibilidad de acceso al interior de la masa de hormigón de agentes agresivos disueltos que pueden ocasionar daño tanto al hormigón como a las armaduras. (Soto, 2007)

En estructuras en que se requiere que el hormigón tenga una baja permeabilidad, se debe verificar en probetas moldeadas para tal efecto, que se cumplen los requisitos indicados en Tabla 7.

Tabla 7. Requisitos de profundidad de penetración de agua determinada según NCh2262

Exposición		Profundidad de penetración de agua mm
Grado	Condición	
P0	Hormigón en ambiente seco o en contacto con agua pero que no requiere baja permeabilidad	Sin restricción
P1	Hormigón en contacto con agua que requiere baja permeabilidad	≤ 40
P2	Hormigón en contacto con agua que requiere baja permeabilidad y existe posibilidad de ataque químico no considerado subcláusulas anteriores	≤ 20

Fuente: NCh170:2016

2.1.4. Tipos de cemento:

Los cementos, según NCh148.0f68, se clasifican de acuerdo a su composición en las siguientes clases.

2.1.4.3 Cemento Portland

Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta de clínquer y yeso, con adición de otros materiales⁶.

2.1.4.4 Cemento siderúrgico

2.1.4.2.1. Cemento Portland siderúrgico

Es el cemento en cuya composición entrará escoria básica granulada de alto horno en una proporción no superior al 30% en peso del producto terminado.

⁶ Puede aceptar hasta un 3% de materias extrañas, excluido el sulfato de calcio hidratado.

2.1.4.2.2. Cemento siderúrgico

Es el cemento en cuya composición entrará escoria básica granulada de alto horno en una proporción comprendida entre el 30% y el 75% del producto terminado.

2.1.4.2.3. Cemento con agregado tipo A⁷.

2.1.4.2.3.1. Cemento Portland con agregado tipo A

Es el cemento en cuya composición entrará agregado tipo A, en una proporción no superior a 30% en peso del producto terminado.

2.1.4.2.3.2. Cemento con agregado tipo A

Es el cemento en cuya composición entrará agregado tipo A en una proporción comprendida entre el 30% y 50% en peso del producto terminado.

2.1.4.3. Cemento puzolánico

2.1.4.3.1. Cemento Portland puzolánico

Es el cemento en cuya composición entrará puzolana en una proporción no superior a 30% en peso del producto terminado.

2.1.4.3.2. Cemento puzolánico

Es el cemento en cuya composición entrará puzolana en una proporción comprendida entre el 30% y 50% en peso del producto terminado.

⁷ agregado tipo A: es una mezcla de sustancias compuestas de un material calcáreo-arcilloso que ha sido calcinado a una temperatura superior a 900 °C y otros materiales a base de óxidos de silicio, aluminio y hierro. El contenido de calcio del agregado, expresado como CaO total, fluctuará entre 5% mínimo y 30% máximo.

2.1.4.4. Cemento con fines especiales

Es el cemento en cuya composición entran los productos que se emplean normalmente en la fabricación de cementos, cuyos requisitos y propiedades se establecen por acuerdo Previo entre productor y consumidor para cumplir determinados fines. (INN, NCh 148 Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones, 1968)

2.1.5. Resumen recomendaciones finales para estructuras durables

- Es necesario establecer el cumplimiento de dosis mínimas en las especificaciones de los proyectos.
- Según NCh170-2016, con el fin de proteger a las estructuras de hormigón armado en condiciones ambientales consideradas como no agresivas, se debe utilizar una dosis de cemento mínima de 240 kg/m³.
- Criterios de diseño y calidad de construcción también juegan un importante rol: recubrimientos mínimos y calidad en las superficies de las estructuras.
- Los hormigones deben cumplir las restricciones de Agua/ Cemento máximo establecidas en los códigos, estas deben quedar establecidas en las especificaciones de los proyectos. (www.Melon.cl)

2.1.6. Aditivos en el hormigón

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

De acuerdo con su función principal y la de requerimientos para este caso en particular, se clasifica a los aditivos para el hormigón de la siguiente manera:

a) Aditivo reductor de agua/plastificante: Aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir el contenido de agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta el asentamiento (cono de abrams)/escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

b) Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo superplastificante: Aditivo que, sin modificar la consistencia del hormigón, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asentamiento (cono de abrams)/ escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

Los aditivos plastificantes y superplastificantes, son aditivos para hormigón capaces de mejorar las propiedades del hormigón. Se emplean para conferir al hormigón fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y bombeabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad final.

Fuente: www.ephotan.cl

c) Aditivo reductor de agua: Aditivo que reduce la pérdida de agua, disminuyendo la exudación. Con los aditivos reductores de agua normalmente se obtiene un aumento de la resistencia porque se disminuye la relación agua-cemento. En Hormigones con los mismos contenidos de cemento y de aire y asentamiento, la resistencia a los 28 días de un hormigón conteniendo un reductor de agua (y reducción de la cantidad de agua) puede ser del 10% al 25% mayor que la resistencia de un concreto sin aditivo.

d) Aditivo inclusor de aire: Protege al concreto de los daños causados por la congelación y el deshielo. Aumentando la trabajabilidad de la mezcla debido a la acción lubricante de micro burbujas de aire. Reduce la segregación aún en concretos con granulometría deficiente. Aumenta la

resistencia del concreto al ataque de cloruros y sulfatos. Disminuye capilaridad, brindando concretos más durables. El porcentaje de inclusión de aire está en un rango del 4 al 6%. (Curacreto)

e) Aditivo retardador de fraguado: Aditivo que aumenta el tiempo del principio de transición de la mezcla para pasar del estado plástico al estado rígido. El retraso en la hidratación se atribuye a que el aditivo es absorbido por las partículas de cemento dilatando el contacto del agua con el cemento, el fenómeno a nivel de superficie evita por lo tanto que la mezcla se haga rígida en el tiempo de acción del aditivo. Posteriormente, al disminuir el efecto del aditivo, el agua alcanza las partículas de cemento y la hidratación prosigue en forma normal. Los compuestos químicos más conocidos como retardantes son: los sulfatos de calcio, los azúcares, los ácidos hidroxicarboxílicos, y los compuestos orgánicos basados en fosfatos, boro y sales de magnesio.

f) Aditivo hidrófugo de masa: Aditivo que reduce la absorción capilar del hormigón endurecido. Los aditivos hidrófugos están destinados a reducir la penetración o paso de agua a través del mortero u hormigón. Se denomina hidrófugo de masa aquel que se incorpora en el mortero u hormigón en el momento del amasado. Se excluyen, por lo tanto, los productos aplicados superficialmente, los que se denominan impermeabilizantes superficiales.

Aditivo impermeabilizante por cristalización: Se usa para tratamiento químico único para la impermeabilización, protección y mejoramiento del concreto. El aditivo es agregado al concreto en el momento de su mezcla. Está compuesto por cemento Portland, arena silícea finamente gradada y varios productos químicos. Estos químicos activos reaccionan con la humedad del concreto fresco y con los subproductos de la hidratación del cemento ocasionando una reacción catalítica. Esta reacción genera una formación de cristales no solubles dentro de los poros y los capilares del concreto, sellándolo permanentemente contra la penetración de agua y otros líquidos en cualquier sentido. (Fuente: PK Chile S.A.)

2.1.7. Endurecedores superficiales.

Son compuestos en polvo fabricados con distintos tipos de agregados y aditivos, que al ser aplicados sobre la superficie fresca del concreto, aumentan la resistencia a la abrasión y al impacto. Entre los más comunes se encuentran los fabricados a base de agregado de cuarzo y agregado metálico. Los primeros brindan una resistencia a la abrasión equivalente al doble de la resistencia que presenta un piso de concreto bien curado, mientras que los fabricados con agregado metálico, llegan a alcanzar resistencias de hasta ocho veces la obtenida en un piso de concreto bien curado. Por otro lado estos endurecedores pueden ser color natural, manteniendo la apariencia del concreto, o bien, pueden brindar un color diferente con el fin de mejorar la apariencia general del piso e incluso la reflectividad del mismo, disminuyendo así el consumo de energía eléctrica para iluminación, además de disminuir la permeabilidad del concreto, previniendo así la absorción de líquidos derramados, siempre y cuando sean limpiados oportunamente. El uso de este tipo de endurecedores es particularmente útil en zonas sujetas a abrasión constante e impactos fuertes, tales como: andenes de carga y descarga, industria metal mecánica, tiendas comerciales, almacenes, entre otros. (Arqhys Arquitectura)

A menudo, los pisos de concreto deben ser resistentes a las cargas y a la abrasión. Tanto a las cargas estáticas como a las cargas dinámicas. El paso constante de los montacargas y de las personas produce cierto desgaste en la superficie, que tarde o temprano irá mostrando, primero el agregado fino y luego el agregado grueso del concreto. Si solo se compromete el aspecto estético del piso, sería un problema menor, pero por lo general el daño que se produce afecta también el desempeño a largo plazo. Algunos pisos sujetos a abrasión tienden a generar polvo superficial, cambios de niveles en las franjas de mayor circulación, exposición de agregados, y daños superficiales. Muchos problemas relacionados con la superficie vista de las losas se pueden evitar colocando endurecedores superficiales de pisos. Algunas veces el endurecedor se puede colocar en forma manual, especialmente cuando la franja de concreto en la que se trabaja es delgada, y también cuando las dosificaciones a utilizar sean bajas.

2.1.7.1. Ficha técnica:

Producto en polvo y/o líquido, basado en conglomerantes hidráulicos, agregados inertes, aditivos y adiciones, que aplicado sobre el hormigón fresco forma una capa de 3 a 5 mm. de espesor, de alta resistencia a la abrasión y al impacto. (Ver anexo 1)

a) Aplicaciones

Revestimientos de pisos:

- Pisos industriales expuestos a tránsito pesado.
- Rampas y plataformas de carga y descarga.
- Reparación de pavimentos industriales.
- Pisos en talleres, maestranzas, bodegas, garages, etc.

b) Características cuantitativas y/o cualitativas

Tabla 8. Características físicas y químicas.

Densidad	1,4 kg/dm ³
Punto de inflamación	No aplica
Presión de vapor a 20 °C	No aplica
pH a 20 °C (10g/100ml de agua)	12 -13
Consumo	En pisos con tránsito moderado: 6kg/m ² en 3 mm de espesor. En pisos con tránsito pesado: 10kg/m ² en 5mm de espesor.

Fuente: www.sika.cl

2.1.7.2. Uso

Se utiliza comúnmente en plantas para el procesamiento de alimentos y bebidas en todas sus formas, en áreas para procesos húmedos y secos, cámaras de congelados y refrigeradores, en áreas sometidas a choques térmicos, plantas de productos lácteos, cervecerías, bodegas, bebidas gaseosas, jugos y embotelladoras, golosinas, plantas de procesos de productos cárnicos (y sus derivados), pollos, pescados y destilerías, laboratorios, plantas para procesamientos químicos, industria farmacéutica, plantas de pulpa y papel, petroleras y petroquímicas, industria automotriz, industria minera, industria pesada, depósitos y áreas de almacenamiento, y en todo tipo de sector donde sea necesario un piso de altas prestaciones y rápida habilitación.

Además, en todo sector de la industria donde existan condiciones extremas y que el piso deba ser antideslizante en estado húmedo, se puede utilizar el endurecedor superficial.

(SIKA S.A. CHILE)

2.2. Hormigones expuestos a condiciones severas

2.2.1. Agentes agresivos en el hormigón

Los agentes que pueden atentar contra la durabilidad del hormigón son muchos y que, forma simplificada, pueden agruparse en:

2.2.1.1 Acciones mecánicas: Cargas, sobrecargas, impactos, vibraciones.

Producidos por causas naturales (agua corriente, aire) o artificiales.

Como consecuencia de estas acciones el hormigón puede fisurarse.

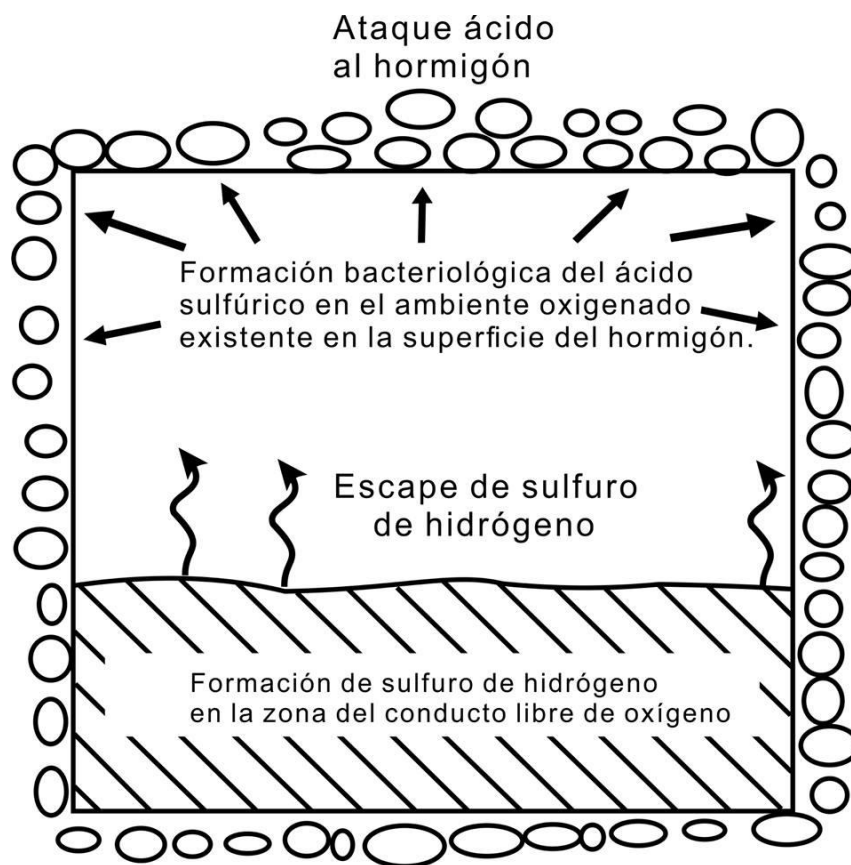
2.2.1.2. Acciones físicas: Variaciones de temperatura y humedad, heladas, temperaturas extremas, corrientes eléctricas, erosión, fuego, radiaciones.

2.2.1.3. Acciones biológicas: Están relacionadas directamente con la problemática de los suelos industriales y plantas de lácteos. La Vegetación, microorganismos son algunos de estos actos biológicos.

Tales acciones pueden causar daños de tipo mecánico (fuerzas de expansión) o por segregación de ácidos húmicos (directamente o por sus productos de

descomposición) que disuelven la pasta de cemento. Por otra parte, toda esta vegetación puede causar un efecto de retención de agua sobre la superficie del hormigón, lo que provoca la saturación del mismo y el consiguiente riesgo de daños por heladas.

En la práctica, la mayor parte de estos fenómenos se presenta en las redes de alcantarillado, en las que, en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno), puede formarse sulfuro de hidrógeno, el que, al oxidarse por la acción bacteriológica, forma ácido sulfúrico, con el consiguiente ataque al hormigón situado por encima del nivel del agua. (Prada, 2011)



Fuente: "Procesos químicos, físicos y biológicos", Miguel A. Fernández Prada.

En contraposición a todo lo anterior, la vegetación acuática que se desarrolla en las estructuras marinas suele tener un efecto favorable, ya que las plantas consumen el oxígeno antes de que éste se difunda en el hormigón, evitando así que participe en el proceso de corrosión de las armaduras.

2.2.1.4. Acciones químicas: Son las más importantes a estudiar. Relacionadas con el Aire y otros gases, en atmósfera natural o contaminada. Aguas agresivas (de curado, naturales superficiales o profundas, de mar, industriales, negras agrícolas, negras urbanas) y otros líquidos. Productos químicos orgánicos (aceites, grasas) o inorgánicos. Suelos y terrenos agresivos.

a) La acción de los ácidos sobre el hormigón produce una conversión de sus compuestos cálcicos (hidróxido cálcico, silicato cálcico hidratado y aluminato cálcico hidratado) en sales cálcicas del ácido actuante: el ácido clorhídrico origina cloruro cálcico; el nítrico, nitrato cálcico, sal muy soluble como la anterior; el sulfúrico, sulfato cálcico, que precipita como yeso; etc. Con ácidos orgánicos sucede lo mismo. El resultado de estas transformaciones es una destrucción de la estructura del cemento endurecido, cualquiera que sea la compacidad de este. En cambio, en el ataque por sulfatos la compacidad de la pasta de cemento tiene gran importancia, al no destruirse en este caso todo el sistema poroso como sucede con los ácidos.

La velocidad del proceso de deterioro depende más de la solubilidad de la sal cálcica resultante que de la agresividad del ácido actuante. Cuanto menos soluble es la sal, mayor es el efecto pasivante de la sal precipitada; y viceversa, si la sal es soluble, la velocidad de las reacciones corre pareja con la velocidad de disolución de la sal cálcica. De ello se deduce la siguiente regla, de validez general para todas las reacciones químicas: la velocidad de deterioro causada por el ataque de un agresivo químico es mucho mayor si la solución fluye que si está estancada. Como ejemplo puede recordarse que, es mucho más peligroso emplear aguas nocivas para el curado del hormigón que utilizarlas para su amasado.

Las aguas puras al igual que los ácidos, disuelven los compuestos cálcicos, por lo que causan el mismo efecto destructor sobre la pasta endurecida de cemento. Por su parte, la lluvia ácida no aporta suficiente cantidad de ácido al año como para que su efecto sobre el hormigón resulte significativo.

b) El ataque por sulfatos se caracteriza por la reacción del ión sulfato, como sustancia agresiva, con el aluminato del cemento, lo que origina la formación de sulfo aluminato tricálcico, con notable aumento de volumen, que puede originar la desintegración del hormigón. Obsérvese que, a diferencia de los ácidos, que reaccionan con todos los componentes del cemento, los sulfatos sólo atacan al componente alúmina. Por ello y como se ha dicho anteriormente, en el caso de los sulfatos la mayor o menor compacidad del hormigón juega un papel determinante en el proceso de deterioro. (Armado, 2011)

c) El ataque por álcalis: se parece al de sulfatos, con la diferencia de que aquí la sustancia que reacciona con el agente agresivo no es el cemento sino que son los áridos. El hidróxido cálcico de los poros del hormigón contiene álcalis (ión sodio y ión potasio) en mayor o menor proporción, y estos álcalis pueden atacar a la sílice contenida en los áridos originando el gel álcali-sílice. Esta reacción, que se presenta únicamente con ciertos áridos de naturaleza opalina cuya sílice no está bien cristalizada, puede provocar expansiones destructivas en el hormigón, que se manifiestan en la superficie mostrando un esquema de fisuración en mapa, típico de todo proceso expansivo (volumétrico, no lineal como en el caso de la corrosión de las barras de acero) en el interior del hormigón. Otras manifestaciones típicas son los hinchamientos locales y la exudación de productos cristalinos (lágrimas de gel sílice-álcali).

d) Las sustancias que poseen carácter agresivo para el hormigón son, las siguientes:

- Gases que poseen olor amoniacal o que, por su carácter ácido, enrojecen el papel azul de tornasol. En general, el ataque sólo es importante cuando se trata de gases de concentración alta y en ambiente húmedo, salvo el anhídrido carbónico, que es agresivo en ambiente seco.
- Aguas agresivas del subsuelo o de otros orígenes, tales como las aguas ácidas de pH inferior a 5, las aguas puras, las aguas sulfatadas o selenitosas, las aguas residuales que contienen más de 30 g/l de sales disueltas, las aguas de ciertas

canteras, las aguas detergentes, etcétera. La agresividad es mucho más fuerte cuando se trata de aguas en movimiento.

- Líquidos que desprenden burbujas gaseosas, poseen olor nauseabundo, dejan residuos cristalinos o terrosos al evaporarlos o que, por su carácter ácido, enrojecen el papel azul de tornasol; aceites vegetales y otros compuestos orgánicos análogos
- Tierras o suelos con humus o sales cristalizadas; y sólidos secos o húmedos cuyas dispersiones acuosas enrojecen el papel azul de tornasol.

Las acciones citadas pueden producir en el hormigón grietas, descamaciones, fallos de unión pasta-árido, formación de compuestos expansivos debidos a reacciones químicas que ocasionan la consiguiente fisuración, formación de eflorescencias por cristalización de sales solubles de calcio y magnesio durante períodos secos, cambios de coloración, etc. (Armado, 2011)

2.2.2. Hormigones expuestos a agentes derivados de los lácteos.

Al hablar de residuos industriales, en la industria de la lechería, no solo se puede referir leche y suero de leche, sino también a productos químicos utilizados para la limpieza como cloro, gel, yodo, ácido (soda), entre otros. También el ambiente está contaminado con excrementos de los animales que son limpiados con los productos anteriormente mencionados. Por estas causas se sabe también que las paredes y principalmente la losa está siendo permanentemente expuesta con agua. De ahí la importancia de proteger las estructuras que están en contacto con los agentes agresivos en la industria lechera.

2.2.2.1. Características Físico-químicas.

La leche es un líquido de composición y estructura compleja, blanca opaca, de sabor suave, olor característico y con un pH cercano a la neutralidad. La materia

grasa se encuentra en emulsión, las proteínas constituyen una suspensión, mientras que los restantes componentes (lactosa, otras sustancias nitrogenadas, minerales, etc.) están disueltos. (Desarrollo, 1980)

2.2.2.2. Estructuración industria lechera.

Las estructuras que conforman la industria lechera en general corresponden a muros de hormigón armado, losa de hormigón que puede o no ser armado, barandas metálicas para set de ordeña, estanques de acero y pozo de ordeña. Existen otras alternativas utilizadas como por ejemplo la utilización de estructuras de madera en la pequeña industria lechera, donde se utilizan pozos para la ordeña o bien se construye una especie de pasarela en altura para realizar esta labor. En este análisis se estudia el comportamiento del hormigón frente al medio agresivo, como material utilizado en la mediana y gran industria lechera. El contacto de la leche de vaca, del suero de leche, de productos de limpieza, de agua, entre otros agentes agresivos, con el hormigón se produce principalmente en pisos y paredes del pozo de ordeña. También existe contacto, pero en menor grado, en pisos de sectores cercanos a la ordeña y traslado de los animales.

En lo que se refiere a las causas por las cuales aparecen diferentes modalidades de corrosión, es más difícil encontrar datos. Las más usuales, sin embargo, parecen ser:

- Errores en la construcción y/o fabricación,
- Especificación inadecuada de los materiales,
- Diseño erróneo,
- Funcionamiento incorrecto de la planta, y
- Mantenimiento inadecuado.

(Rocha, 2005)

2.2.3. Hormigones sometidos a otros agentes agresivos.

2.2.3.1. Hormigón Armado en ambientes marinos.

El principal proceso de degradación del hormigón armado en ambiente marino es la corrosión de las armaduras por la acción de los cloruros del agua del mar.

El cálculo de la vida útil de una estructura de hormigón armado en ambiente marino debe contabilizar el periodo de iniciación (tiempo que tardan los cloruros en alcanzar el nivel de las armaduras y despasivarlas) y el periodo de propagación (tiempo que tarda en producirse la fisuración del recubrimiento) de la corrosión.

2.2.3.1.1. Causas del deterioro de las estructuras de hormigón en ambiente marino.

La permeabilidad es la llave de la durabilidad: el origen de esta insuficiente impermeabilidad puede estar en mezclas de hormigón mal dosificadas, ausencia de aire incluido si la estructura se encuentra en climas fríos, compactación y curado inadecuado, falta de recubrimiento de las armaduras, juntas mal diseñadas o construidas, y microfisuración del hormigón debido a las cargas, a la retracción térmica o de secado, y a la expansión por la reacción álcali-árido.

El tipo y la severidad del daño pueden no ser uniformes a lo largo de la estructura: La sección situada en la atmósfera marina nunca está en contacto con el mar, pero recibe sal procedente de la brisa marina y niebla salina, por lo que será más susceptible a la acción de la helada y la corrosión de las armaduras. Entre la zona de atmósfera marina y el nivel de marea alta se encuentra la zona de salpicadura, sujeta a la humectación directa con agua de mar procedente de las olas y la espuma; puede entonces sufrir daño por heladas, abrasión debida a la acción del oleaje y corrosión de las armaduras activadas por los cloruros. El mayor riesgo de corrosión ocurre en la zona atmosférica, y sobre todo, en la de salpicaduras. La sección situada en la zona de oscilación de la marea sufrirá además el efecto de los ciclos de humedad-sequedad, los ataques químicos debido a la reacción álcali-

árido y a la interacción de la pasta de cemento y el agua de mar. El hormigón así debilitado puede desintegrarse debido a la acción de las olas y el impacto de arena, grava y hielo. Esta es por tanto la zona de máximo deterioro. Por último la zona siempre sumergida solo estará sometida al ataque químico del agua de mar (debido a la ausencia de oxígeno apenas habrá corrosión, ya que la concentración de oxígeno disuelto en agua de mar es mínimo).

2.2.3.1.2. Medidas para evitar el deterioro de un hormigón sometido a un ambiente marino.

Si se utiliza un cemento Pórtland deberá limitarse el contenido del cemento. El cemento con escorias de alto horno tiene una elevada resistencia. La estabilidad de cementos con un 20 % de puzolanas depende de la composición mineralógica y de la reactividad de la puzolana.

La relación a/c se deberá conservar lo más baja posible ($a/c < 0.5$) y se deberá asegurar la trabajabilidad (utilizando plastificantes)

El recubrimiento mínimo deberá aumentarse donde pueda producirse abrasión. En las zonas sumergidas se pueden utilizar recubrimientos menores. (Heumann, 2009)

2.2.3.2. Diseño Pavimento Aeroportuario

Los factores a tener en cuenta para la planificación de pavimentos aeroportuarios se dividen en dos grupos: factores técnicos y factores económicos.

Los factores técnicos se caracterizan por cubrir la geotecnia (“CBR” para pavimento flexible o “módulo de balasto”, para pavimento rígido), mezclas de aeronaves (pesos de las operaciones), tráfico (salidas anuales), disponibilidad de materiales, condiciones climáticas, geometría necesaria, normativa a emplear tipo de obra (Aeródromo nuevo o existente).

Por otro lado, los factores económicos se basan en la elaboración del pavimento siendo en planta o in situ, el volumen de las obras a ejecutar, distancia de puntos

de abastecimiento de materiales al lugar de las obras, distancia de vertederos la maquinaria disponible para la ejecución (rendimientos).

Estos pavimentos están sujetos a una amplia gama de cargas y efectos climáticos. Los ingenieros de carreteras, basan el diseño del espesor del pavimento en análisis teóricos de distribución de la carga en el pavimento y el suelo, el análisis de datos experimentales y el estudio del pavimento en condiciones de servicio.

El diseño estructural del pavimento consiste en la determinación del espesor completo de la estructura de pavimento junto con los espesores individuales de cada capa. Las variables que determinan el diseño son:

- Magnitud y características de las cargas de las aeronaves.
- Volumen de tráfico.
- Concentración de tráfico en algunas áreas.
- Capacidad de soporte del suelo.
 - Calidad de materiales de la estructura.

(BÓRQUEZ, 2014)

2.2.3.3. Hormigones sometidos a Disgregación

Las disgregaciones son roturas que se producen en el interior del hormigón por tracciones internas que el hormigón no puede resistir. Pueden producirse por causas muy diversas.

Las acciones de tipo físico que pueden deteriorar al hormigón dando lugar a su desgaste superficial o a su pérdida de integridad o disgregación pueden ser de diferentes tipos tales como: hielo y deshielo; abrasión, cavitación y choques térmicos. Existen procesos muy variados de erosión del hormigón, parte de ellos ligados a usos industriales específicos. Otros son de tipo más general y se resumen a continuación:

2.2.3.4. Desgaste superficial por abrasión

La abrasión producida por elementos que rozan sobre las superficies del hormigón produce un desgaste muy importante del mismo que no sólo se traduce en la formación de una superficie suave y deslizante sino también, en muchas ocasiones, en la destrucción del hormigón.

El desgaste superficial es producido por acciones mecánicas debidas a tráfico de peatones, vehículos ordinarios, vehículos industriales especiales y más excepcionalmente a la acción del oleaje, si el agua lleva partículas en suspensión. La resistencia a la abrasión es proporcionada por el árido grueso, pues el mortero tiene una resistencia al desgaste inferior a la del árido.

Desgaste superficial por cavitación

El fenómeno de cavitación ataca a la superficie del hormigón en forma de picaduras que posteriormente se unen en zonas erosionadas amplias. Se trata de un arrancamiento progresivo del hormigón.

2.2.3.5. Disgregación superficial por acción del hielo

Antes de la helada, tanto el mortero como el árido grueso absorben agua y expanden al congelarse. Los efectos producidos por el aumento de volumen dentro de los poros se traduce en tensiones importantes en el hormigón que termina produciendo roturas locales en la superficie, con pérdida de material. Dicho deterioro se caracteriza por el progresivo desprendimiento de trozos en forma de escama, en planos paralelos a las superficies. Estos efectos son tanto más importantes cuanto mayor sea la porosidad del hormigón y cuanto mayor sea el número de ciclos hielo-deshielo a que se encuentre sometido.

2.2.3.6. Hormigones en ciclo Hielo-deshielo

Los denominados ciclos hielo-deshielo se producen cuando el hormigón alcanza un grado de saturación tal que cuando las temperaturas descienden y se produce la helada, el agua carece de espacio suficiente para expandirse. Cuanto menor es

el tamaño de los poros, mayor es la presión a la que están sometidos y por tanto, menor será la temperatura de congelación.

De esta forma, se produce una variación en la temperatura de congelación en diferentes puntos del hormigón de modo que al descender la temperatura el agua de los poros de mayor diámetro se hiela antes que la de los poros más finos apareciendo una presión hidráulica sobre las paredes de dichos poros lo que puede dañar al hormigón. Posteriormente, la subida de las temperaturas descongela el hielo formado para posteriormente producirse otra nueva saturación de agua y repitiéndose el ciclo cuando vuelvan a descender las temperaturas.

2.2.3.6.1. Como evitar el problema de las heladas en el hormigón

Para evitar este fenómeno y que no se produzcan tensiones peligrosas es necesario que la pasta que conforma el hormigón contenga aire ocluido en su interior. Se denomina factor de espaciado a la cantidad de aire que debe incorporarse a un hormigón para evitar este tipo de problemas, y se debe determinar en función de la frecuencia de las heladas previstas y del tamaño máximo de árido empleado. También se pueden emplear productos de deshielo tales como cloruro de sodio y a veces cloruro de calcio, aunque con cuidado.

Las medidas para que el hormigón sea durable frente a la acción de las heladas son:

- Proyectar la obra para que no esté expuesta directamente a la acción del agua.
- Emplear cementos adecuados, como los puzolánicos.
- Utilizar áridos compactos, limpios y con buena rugosidad superficial.
- Usar relaciones agua/cemento lo más bajas posibles.
- Emplear agentes aireantes.
- Cuidar el curado húmedo del hormigón para que se formen geles que cierren los poros. (Amador., 2015)

Capítulo III. Hormigón utilizado en la industria agropecuaria.

3. Características de los componentes del hormigón

3.1. Materiales

3.1.1. Cemento

Es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire.

Dicho compuesto debe cumplir, en términos generales, con la NCh 148.Of68 - Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales

3.1.1.1. Compuestos del cemento

- a) Clinquer: es el producto que está constituido principalmente, por silicatos cálcicos. Se obtiene por calentamiento hasta una temperatura que no podrá ser inferior a la temperatura de fusión incipiente de una mezcla homogénea finamente molida en proporciones adecuadas, formada principalmente por óxidos de calcio (CaO) y silicio (SiO_2) y por óxidos de aluminio (Al_2O_3) y fierro (Fe_2O_3) en proporciones menores.
- b) Cemento con agregado tipo A: es el producto que se obtiene de la molienda conjunta de clinquer, agregado tipo A y yeso, que pueda aceptar hasta un 3% de materias extrañas, excluido el sulfato de calcio hidratado.
- c) Agregado tipo A: es una mezcla de sustancias compuestas de un material calcáreo-arcilloso que ha sido calcinado a una temperatura superior a $900\text{ }^\circ\text{C}$ y otros materiales a base de óxidos de silicio, aluminio y fierro. El contenido de calcio del agregado, expresado como CaO total, fluctuará entre 5% mínimo y 30% máximo

d) Escoria básica granulada de alto horno: es el producto que se obtiene por enfriamiento brusco de la masa fundida no metálica que resulta en el tratamiento de mineral de hierro en un alto horno. Este producto tiene como constituyentes principales silicatos y sílico-aluminaíos de calcio y su composición química es tal que cumple con el siguiente requisito:

$$(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{AL}_2\text{O}_3) / (\text{SiO}_2) > 1$$

e) Puzolana: es un material silíceo-aluminoso que aunque no posee propiedades aglomerantes por sí solo, las desarrolla cuando está finamente dividido y en presencia de agua, por reacción química con hidróxido de calcio a la temperatura ambiente. (Nch148, 1968)

3.1.1.2. Requisitos Químicos:

Tabla 1: Requisitos químicos para los cementos (%)

	Cemento Portland	Cemento Siderúrgico	Cemento Puzolánicos	Cemento Agregado Tipo A
	Portland siderúrgico	Siderúrgico	Portland Puzolanico	Puzolánico
Perdida con calcinación máxima	3,0	5,0	4,0	5,0
Residuo insoluble máximo	1,5	3,0	30,0	50,0
Contenido máximo de SO ₃	4,0	4,0	4,0	4,0
Contenido máximo de MgO.	5,0	-	-	-
Contenido máximo de Mn ₂ O ₃	-	2,0	2,0	-

Fuente: NCh148 Of.68 Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.

Nota:

SO₃ - Ácido sulfúrico.

MgO – Oxido de magnesio.

Mn₂O₃ - Oxido de magnaneso.

3.1.2. Áridos

Los áridos se clasifican en distintos grupos, los cuales deben cumplir para el presente estudio, con la NCh163:2013–Áridos para morteros y hormigones.

3.1.2.1. Arena

Las arenas en general deben ser chancadas y rodadas de río. Las granulometrías llegan hasta los 10 milímetros, siendo óptimas para las hormigoneras y pre-fabricadores por el gran aporte de finos que contienen. En caso de necesitar

mayores porcentajes de fino se debe contar con arenas correctoras. Se recomienda a todas las arenas pasar por procesos con altos estándares, controladas diariamente para mantener un módulo de finura uniforme y con mínimas variaciones.

3.1.2.2. Gravilla

La gravilla es producida principalmente desde los 10 a los 19 milímetros. Sin embargo, también se tiene la capacidad de producir gravillas desde 5 milímetros. Al igual que las arenas, este material tiene un alto uso en las hormigoneras y prefabricadores.

3.1.2.3. Grava

Este material chancado tiene una granulometría entre 19 y 38 milímetros. Su principal uso está dado para hormigones, bases, sub-bases y materiales de relleno. Los porcentajes de chancado de las gravas están por sobre el 80% en promedio. (Fuente: www.polpaico.cl)

3.1.3. Agua

El agua de amasado para el hormigón debe cumplir con la NCh 1498:2012 Hormigón – agua de amasado – requisitos.

3.1.3.1. Requisitos

- a) El Agua potable de la red puede emplearse como agua de amasado siempre que no se contamine antes de su uso.
- b) Se permite el empleo de agua de mar solamente en hormigones simples de resistencia característica a la compresión inferior a 15Mpa (150kgf/cm²) siempre que no exista otra fuente de agua disponible en la zona.
- c) No se permite el empleo de agua que contenga azúcares como sacarosa, glucosa o similares.

- d) Pueden emplearse aguas de otro origen o procedencia o cuya calidad se desconozca, siempre que cumplan con los requisitos químicos básicos indicados en la tabla número 2. Si el contenido de sólidos disueltos resulta mayor que 5000 mg/l, las aguas deben cumplir además con los requisitos químicos complementarios que se indican en la tabla número 3.
- e)

Tabla 2. Requisitos químicos básicos

Requisitos químicos	Unidad	Valores Límites
Valor del pH	-	6 a 9,2
Sólidos en suspensión	mg/l	≤ 2000
Sólidos disueltos	mg/l	≤ 15000
Materiales orgánicos	mg/l	≤ 5

Fuente: NCh1498:2012 – Hormigón – Agua de amasado.

Notas:

- a) Se recomienda determinar el pH en el mismo lugar del muestreo o lo más pronto posible después de tomada la muestra.
- b) El contenido de sólidos disueltos puede determinarse, aproximadamente, mediante el ensayo de conductancia eléctrica específica.

Tabla 3. Requisitos químicos complementarios.

Requisitos químicos	Unidad	Valores máximos
Sulfatos solubles en agua	Kg/m ³	0,600
f) En todo hormigón	Hormigón	

Fuente: NCh1498:2012 – Hormigón – Agua de amasado.

Notas:

- a) El contenido de cloruro en el hormigón corresponde al total aportado por los áridos, cemento, agua y aditivos.
- b) El contenido de sulfatos solubles en el hormigón corresponde al total aportado por los áridos, agua y aditivos.

3.2. Aditivo relevante de estudio.

3.2.1. Aditivo reductor de agua de alta actividad/aditivo superplastificante:

Aditivo que, sin modificar la consistencia del hormigón, o que sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asiento (cono de abrams)/ escurrimiento, o que produce ambos efectos a la vez.

Los aditivos plastificantes y superplastificantes, son aditivos para hormigón capaces de mejorar las propiedades del hormigón. Se emplean para conferir al hormigón fresco un mejor comportamiento en cuanto a trabajabilidad y bombeabilidad, pero también se busca con su uso mejorar significativamente la resistencia y la durabilidad final.

3.2.1.1. Ventajas del aditivo superplastificante:

- a) Consistencia fluida sin disminución de resistencias mecánicas.
- b) Calidad homogénea, es decir, mínima segregación y exudación.
- c) Disminución notable de las retracciones y tendencias a la fisuración.
- d) Incremento de impermeabilidad, durabilidad y resistencia al ciclo hielo-deshielo.
- e) Confiere al hormigón una superficie de excelente calidad y permite realizar formas complicadas.
- f) Aumento de la productividad de la faena de hormigonado, facilidad de colocación, compactación y terminación superficial.
- g) Mejora sustancialmente las características del hormigón bombeado, reduciendo las presiones de bombeo y aumentando considerablemente el rendimiento del equipo.

- h) Hormigón de altas resistencias iniciales y finales debido a la fuerte reducción de agua (15%-25%)

Fuente: www.sika.cl

3.3. Endurecedor Superficial

Como se pudo observar en el punto 2.1.5., capítulo II del presente estudio, los endurecedores superficiales son compuestos en polvo fabricados con distintos tipos de agregados y aditivos, que al ser aplicados sobre la superficie fresca del concreto, aumentan la resistencia a la abrasión y al impacto. Entre los más comunes se encuentran los fabricados a base de agregado de cuarzo y agregado metálico. Son productos en polvo y/o líquido, basado en conglomerantes hidráulicos, agregados inertes, aditivos y adiciones, que aplicado sobre el hormigón fresco forma una capa de 3 a 5 mm. de espesor, de alta resistencia a la abrasión y al impacto. (Ver Anexo A)

3.3.1. Preparación del endurecedor superficial.

- a) Se aplica espolvoreado sobre el hormigón fresco del pavimento, antes de que se inicie el fraguado
- b) Inmediatamente colocado el hormigón, se espolvorea manual mente el total del producto determinado para el área previamente establecida, esperar aproximadamente 15 minutos para que el polvo seco absorba el agua del hormigón fresco y cuando esté húmedo proceder a compactar golpeando, luego se pasa la llana.
- c) La terminación se da con la llana, evitando excesos.
- d) Se puede utilizar alisador mecánico para obtener una óptima terminación.
- e) Su rendimiento, para altas resistencias es de 0,8 a 2,0 % del peso del cemento, debe diluirse en el agua de amasado, la que debe reducirse en un 10 y un 25 %, según dosis utilizada para obtener consistencia requerida. (Melón)

3.3.2. Experimentos estudiados.

En la investigación realizada por el alumno Eliseo Rocha Muñoz, sobre Endurecedores superficiales en pisos industriales (2008), se pudo concluir que el endurecedor superficial en polvo es la solución más acertada y sencilla, cuando se requieren pisos industriales con excelente durabilidad.

Además, su aplicación reduce la aparición de grietas en la superficie de pisos industriales, cuando se construyen bajo condiciones ambientales adversas, contradiciendo lo que se pudiese pensar. Son productos en polvo que se aplican de forma seca sobre la superficie del hormigón.

Los endurecedores líquidos reducen el desprendimiento de polvo, incluso resisten deterioros provocados por aceites y productos químicos que pueden estar en contacto con el hormigón.

3.4. Especificaciones del hormigón.

Los hormigones se pueden especificar de dos formas, estas son:

3.4.1. Dosis de cemento

En este caso sólo se especifica la dosis mínima de cemento que debe tener el hormigón. Este tipo de hormigones no tienen requisitos de resistencia mecánica. Generalmente las dosis especificadas son múltiplos de 42,5 (un saco de cemento)

Ejemplo:

170 kg/m³: Hormigón con 170 kg de cemento por metro cúbico (4 sacos)

212,5 kg/m³: Hormigón con 212,5 kg de cemento por metro cúbico (5 sacos)

3.4.2. Por resistencia

Para especificar un hormigón por resistencia, se tienen que tomar en consideración 4 parámetros, que están asociados al elemento a hormigonar y método de colocación del hormigón:

3.4.2.1. Resistencia

El hormigón se clasifica en grados, en función de la resistencia a compresión o flexotracción. La resistencia se expresa en megapascales (MPa), a 28 días considerando probetas cúbicas de 200 mm de arista para compresión y en probetas prismáticas de 150 por 150 mm de sección y largo mayor a 500 mm, en el caso de hormigones especificados a flexotracción.

Los grados van acompañados de una sigla que, diferencia un hormigón según el esfuerzo que será sometido. Se emplea las letras H o HN para hormigones normales diseñados para esfuerzos a compresión y HF o P para hormigones diseñados para esfuerzos de flexotracción o pavimentos.

Adicionalmente, se utiliza la sigla HB cuando se define un hormigón que debe ser diseñado para ser transportado por bombas hormigoneras.

Nota: $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kgf/cm}^2$

3.4.2.2. Nivel de confianza

Se define en términos porcentuales como la cantidad de resultados iguales o mayores a un valor de resistencia especificada.

Para hormigones estructurales los niveles de confianza pueden ser 90 o 95%. Sólo para hormigones no estructurales, es decir, aquellos hormigones con resistencia inferior a 20 MPa se aceptan el uso de niveles de confianza de 80%.

3.4.2.3. Tamaño máximo

En relación al tamaño máximo nominal, este se define en función del elemento a hormigonar. En general se recomienda que el tamaño máximo del árido sea menor o igual que:

- a) Un quinto entre la menor distancia entre las paredes del molde
- b) Tres cuartos de la menor distancia libre entre armaduras
- c) Un tercio del espesor de losas armadas.

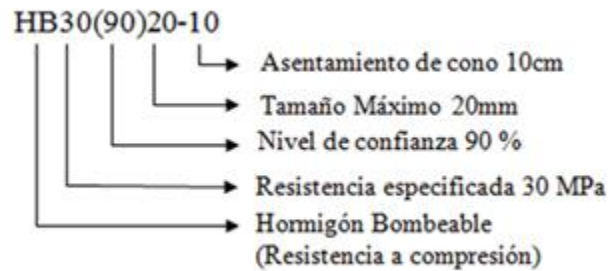
3.4.2.4. Asentamiento de cono

- a) El asentamiento de cono se debe definir en función del elemento a hormigonar y el método de transporte del hormigón.
- b) Para hormigones de pavimento se recomienda emplear asentamientos de conos menores o iguales a 6cm.
- c) Para pavimentos industriales, se recomienda que el asentamiento de cono mínimo sea de 10cm.
- d) De este modo, el método de transporte y colocación del hormigón es por medio de bombas hormigoneras.



Fuente: www.plataformaarquitectura.cl

Ejemplo:



Fuente: www.plataformaarquitectura.cl

3.5. Ataque de sulfatos

El deterioro del concreto expuesto a sulfatos es el resultado de la reacción química de la matriz de cemento, con agentes agresivos que penetran en su interior, siendo las principales reacciones involucradas: la formación de etringita y de yeso y la descalcificación. Estas reacciones químicas pueden conducir a la expansión y el agrietamiento del concreto, y/o la pérdida de resistencia y de las propiedades elásticas del mismo.

La forma y extensión de los daños en el concreto dependerán de la concentración de los sulfatos, del tipo de cationes (sodio o magnesio) en la solución de sulfato, del pH de la solución, y por supuesto, de la micro estructura de la pasta de cemento endurecida. Algunos cementos son más susceptibles al sulfato de magnesio que al sulfato de sodio, siendo el mecanismo clave, el remplazo del calcio en el silicato de calcio hidratado que forma parte de la matriz de cemento, lo que conduce a una pérdida de las propiedades de la unión de la matriz.

Es por esto, que una buena resistencia química está relacionada con la resistencia de la matriz de cemento a las reacciones con sulfatos nocivos. Un hormigón resistente a sulfatos puede lograrse utilizando una cantidad suficiente de cemento

resistente a sulfatos y baja relación a/c, para obtener concretos con baja permeabilidad al agua. (Cement Concrete & Aggregates. “Sulfate – Resisting Concrete”.)

3.5.1. Componentes de la leche

Desde el punto de vista físico-químico, la leche se considera una emulsión del tipo grasa en agua, donde los glóbulos grasos se disponen en el seno de un líquido acuoso. En este medio acuoso se encuentran diferentes componentes como azúcares, proteínas, vitaminas y aminoácidos disueltos. Paralelamente se encuentra una fase sólida compuesta por proteínas complejas (básicamente caseínas), fosfatos y otras sales insolubles de calcio. Finalmente se encuentra la fase lipídica, compuesta por triglicéridos (con presencia elevada de ácidos grasos saturados), esteroides, vitaminas liposolubles (principalmente A y D).

Estos componentes de la leche vienen marcados por la estación del año en la que se realice el ordeño, el alimento recibido (dependiendo si es pasto o grano) y las razas ganaderas. Por otro lado, la leche es un alimento inestable y perecedero que se altera rápidamente, sobre todo por la contaminación microbiana; debe refrigerarse lo antes posible.

Actualmente existe en el mercado una gran diversidad de tipos de leche, en base a los tratamientos tecnológicos a los que hayan sido sometidos. Así, se obtiene leche pasteurizada de vida corta y necesitada de refrigeración; esterilizada con el proceso UHT (altas temperaturas y tiempos muy cortos) que puede ser almacenada durante meses sin necesidad de refrigeración; leche entera, semidesnatada y desnatada en función del porcentaje de grasa que tenga; homogenizada para romper los glóbulos grasos de gran tamaño y facilitar su proceso de digestión; concentrada por evaporación a 2/3 o 1/3 de su volumen original; condensada mediante la adición de sacarosa y finalmente en polvo, totalmente deshidratada. (Sabrosía, 2013)

3.6. Proyectos de Hormigón

3.6.1. Especificación del hormigón para un proyecto:

Antes de construir cualquier elemento de hormigón deben calcularse las cargas a que estará sometido y, en función de las mismas, se determinarán las dimensiones de los elementos y calidad de hormigón, la disposición y cantidad de las armaduras en los mismos.

El cálculo de una estructura de hormigón consta de varias etapas. Primero se realizan una serie de simplificaciones en la estructura real transformándola en una estructura ideal de cálculo. Después se determinan las cargas que va a soportar la estructura, considerando en cada punto la combinación de cargas que produzca el efecto más desfavorable. Por último se dimensiona cada una de las secciones para que pueda soportar las sollicitaciones más desfavorables.

Una vez calculada la estructura se redacta el proyecto, que es el conjunto de documentos que sirve para la realización de la obra y que detalla los elementos a construir. En el proyecto están incluidos los cálculos realizados. También incluye los planos donde figuran las dimensiones de los elementos a ejecutar, la tipificación de los hormigones previstos y las características resistentes de los aceros a emplear

3.6.2. Fabricación del Hormigón

Según el Sr Guillermo Cavieres, es muy importante conseguir la mezcla óptima en las proporciones precisas de áridos de distintos tamaños, cemento y agua. No hay una mezcla óptima que sirva para todos los casos. Para establecer la dosificación adecuada en cada caso se debe tener en cuenta la resistencia mecánica, factores asociados a la fabricación y puesta en obra, así como el tipo de ambiente a que estará sometido.

Las proporciones definitivas de cada uno de los componentes se suelen establecer mediante ensayos de laboratorio, realizando correcciones a lo obtenido en los métodos teóricos.

Aspectos básicos a que hay que determinar para la fabricación del hormigón

- a) La resistencia característica (f_{ck}) se fija en el proyecto.
- b) La selección del tipo de cemento se establece en función de las aplicaciones del hormigonado (en masa, armado, pretensado, prefabricado, de alta resistencia, desencofrado rápido, hormigonados en tiempo frío o caluroso, etc.) y del tipo de ambiente a que estará expuesto.
- c) El tamaño máximo del árido interesa que sea el mayor posible, pues a mayor tamaño menos agua necesitará ya que la superficie total de los granos de áridos a rodear será más pequeña. Pero el tamaño máximo estará limitado por los espacios que tiene que ocupar el hormigón fresco entre dos armaduras cercanas o entre una armadura y el encofrado.
- d) La cantidad de agua por metro cúbico de hormigón. Conocida la consistencia, el tamaño máximo del árido y si la piedra es canto rodado o de machaqueo es inmediato establecer la cantidad de agua que se necesita.
- e) La relación agua/cemento depende fundamentalmente de la resistencia del hormigón, influyendo también el tipo de cemento y los áridos empleados.

Los materiales se amasan en hormigonera o amasadora para conseguir una mezcla homogénea de todos los componentes. El árido debe quedar bien envuelto por la pasta de cemento. Para conseguir esta homogeneidad, primero se vierte la mitad de agua, después el cemento y la arena simultáneamente, luego el árido grueso y por último el resto de agua.

Para el transporte al lugar de empleo se deben emplear procedimientos que no varíen la calidad del material, normalmente camiones hormigonera. El tiempo transcurrido no debe ser superior a hora y media desde su amasado. Si al llegar donde se debe colocar el hormigón, este ha empezado a fraguar debe desecharse. (Pizarro, 2009)

3.6.3. Proyectos actuales de pisos industriales de hormigón.

Actualmente, se busca entregar una solución para proteger pisos para que no sean atacados químicamente por los fluidos corrosivos, tales como electrolito, ácido sulfúrico diluido entre otros.

Específicamente, la empresa Invenio, implementa un conjunto Mortero polimérico – FRP es una eficaz barrera química entre el fluido corrosivo y el hormigón tradicional. Ambas barreras proporcionan una doble protección del hormigón estructural. Esta solución tiene excelente adherencia a los sustratos de hormigón.

El revestimiento protector de hormigón, es utilizado para la protección de hormigón, impermeabilización y protección ambiental, en construcciones nuevas y acondicionamiento de:

- Pisos industriales atacados químicamente.
- Fundaciones. (Ver Anexo B)

3.7. Soluciones para pisos expuestos a ácidos lácteos.

3.7.1. Soluciones con pinturas epóxicas.

Las pinturas formulada con resinas epóxicas, reciben el nombre de pinturas epóxicas. Estas son especialmente recomendadas para pisos de hormigón sometidos a continuo desgaste por tráfico normal, salpicaduras o derrame de productos químicos diluidos.

3.7.1.1. Propiedades

- a) Buena adherencia al hormigón.
- b) Protector del hormigón.
- c) Fácil de aplicar mediante brocha o rodillo de chiporro de pelo corto.
- d) Excelente resistencia a soluciones salinas, ácidos diluidos, álcalis diluidos, aceite, grasas, kerosene, aguas servidas.

3.7.1.2. Campo de aplicación

Como pintura de recubrimiento en pavimentos de:

- a) Almacenes.
- b) Salas de producción de alimentos.
- c) Garajes y talleres automotores sin mayor impacto.
- d) Piscinas y depósitos de agua.
- e) Silos, bodegas.
- f) Pasillo de tránsito peatonal.
- g) Terrazas, losas de hormigón sometidas a tránsito liviano y ataque químico moderado.

3.7.1.3. Forma de aplicación de la pintura.

- a) La superficie debe estar completamente seca y libre de grasas y aceites, así como de cualquier sustancia que altere la naturaleza del sustrato.
- b) Al ejecutar la aplicación, el hormigón debe tener por lo menos 28 días.
- c) Si la superficie es rugosa (piso con árido a la vista), se sugiere aplicar un mortero pre dosificado para nivelar y obtener una superficie uniforme.
- d) Para superficies de terminaciones lisas y tratadas con membranas de curado, se recomienda realizar un pulido mecánico para obtener un mejor perfil de adherencia.
- e) Se aconseja utilizar un agitador mecánico de bajas revoluciones para mezclar el kit de la pintura, se aplica con brocha o rodillo de chiporro de pelo corto. El tiempo de secado entre capas puede variar, según el proveedor, entre 8 a 12 horas.
- f) La temperatura ideal de aplicación es de 18 °C a 25 °C, pues a mayor temperatura disminuye el tiempo de trabajabilidad y a temperaturas menores los tiempos de secados se alargan.
- g) Puesta en servicio (tránsito liviano): 24 horas después de aplicada la última mano.

3.7.1.4. Especificaciones y costo pintura epóxica.

De una marca “X”, se pudo obtener la ficha técnica para una pintura epóxica, para uso de pisos industriales.

Tabla 4. - Ficha técnica

Atributos	Detalle
Rendimiento	32,3 m ² /galón
Contenido	1 galón
Línea	Industrial
Procedencia	Chile
Preparación	La superficie a pintar debe estar perfectamente seca y limpia, libre de contaminantes o de pintura mal adherida.
Características	Presenta una mayor Resistencia a químicos, cargas mecánicas y derrames industriales, gases corrosivos, ideal para utilizarlo en ambientes marinos o industriales severos. Forma una película absolutamente impermeable y de excelente adherencia al sustrato.
Costos	1,76 UF/galón
Tiempo de espera segunda mano	5 horas

Fuente: www.epothan.cl

3.7.1.5. Composición de las pinturas

El principal componente de las pinturas epóxicas, que logra las durabilidades y características esperadas es la resina epóxica.

Dichas resinas, son un material ideal para cubrir y proteger grandes superficies industriales, como plantas químicas, laboratorios, farmacias, hospitales, consultorios y similares.

Las resinas epóxicas son polímeros termoestables en estado líquido que al ser mezclados con un catalizador en una proporción definida provocan una reacción de endurecimiento. Las resinas epóxicas son ampliamente usadas en sectores industriales, como adhesivos, revestimientos y aditivos.

Los precios de las resinas epóxicas, para una tineta de 5kg, varía entre los 3,15 UF aproximadamente y su rendimiento es de 600gr/m².

3.7.2. Pintura termoplástica.

Las pinturas termoplásticas son la combinación de resinas, empleadas en el marcaje de señales altamente reflectivas de pavimentos, su aplicación requiere equipo especial y su durabilidad es 5 veces mayor a la pintura líquida.

3.7.2.1. Características, especificaciones y aplicaciones.

Tabla 5. Características

Cantidad	22,68 kg/saco
Procedimiento	EEUU
Espesor	2.286 mm
Rendimiento	4,0 a 5,0 m ² /saco
Tiempo secado	2 a 10 min.
Costo	1,2 UF/saco

Fuente: www.lorenzini.cl

Micro esferas: posee micro esferas y también se le pueden agregar adicionales, estas deben poseer recubrimiento superficial.

Ventajas: bajos niveles de componentes orgánicos volátiles (VOC), libre de plomo, secado rápido, flamabilidad grado 1.

Aplicación: El sustrato debe estar a mínimo 10°C y libre al 100% de humedad y sin pronóstico de lluvia durante las siguientes 3 horas. Puede ser aplicado mediante equipo autopropulsado o equipo manual, en hormigón se requiere imprimación previa.

Norma: Manual de Carreteras Volumen N°6, Seguridad Vial, 2013

Usos: recomendada para ser aplicada en vialidad, señalización de calles, autopistas, carreteras, aeropuertos, estacionamientos, señalización, simbología, leyendas sobre pavimentos, entre otros que pueda pasar alto tráfico de vehículos.

3.7.3. Productos CAVE

3.7.3.1. Historia de la empresa

CAVE, es parte del holding RPM International Inc., el cual cuenta con más de 85 compañías alrededor del mundo.

Las principales áreas de negocio de Cave son: impermeabilizantes, sellos, adhesivos, siliconas estructurales, grouts, pisos industriales/residenciales, hormigón estampado y aditivos para hormigón entre otros.

CAVE, ya cuenta con 25 años de liderazgo en Chile y tiene certificación ISO 9001:2008, hasta el año 2017. Su casa matriz, centro de distribución, fábrica y centro técnico se ubican en la ciudad de Santiago, Santa Isabel 585, Lampa.

La solidez de los productos CAVE se refleja no sólo en resultados, sino que además por segunda vez consecutiva han sido elegidos dentro de las mejores 20 empresas para trabajar, ocupando el lugar 13 dentro de las medianas empresas, según la medición de Great Place to Work.

Se pueden encontrar los productos en los principales distribuidores de materiales de construcción en más de 300 puntos de venta en Chile, con la asesoría y respaldo regional de nuestros representantes técnico/comerciales.

Los productos son comercializados bajo las siguientes marcas: CAVE, DAP, INCRETE, FLOWCRETE, TREMCO, RUST-OLEUM, EUCLID, VIAPOL y VANDEX.

3.7.3.2. Proyecto Planta frutos del Maipo (FLOWFRESH)

Para este proyecto de rehabilitación de la planta de Frutos del Maipo, se contemplaron ampliaciones y mejoras a recintos existentes así como renovación de líneas de producción. CAVE, pudo proveer a sus suelos de hormigón un revestimiento protector capaz de soportar el servicio industrial y derrames propios de esta industria, así como ciclos de lavado permanentes y el tráfico de personal. Fue así como se eligió a Flowfresh, producto destacado e innovador en revestimiento de pisos expuestos a diferentes desechos químicos.

Por su alta calidad FLOWFRESH da la confianza para realizar un trabajo sano y seguro, pues su calidad es de alto nivel.

Para lograr un trabajo de excelencia se selecciona el sistema de revestimientos ya mencionado, Flowfresh especialmente reconocido por su aditivo anti bacterial Polygiene®, ideal para este tipo de trabajos industriales. (Ver anexo C)

3.7.3.3. FLOWFRESH MF

Es un sistema de pisos en uretano cementicio, con aditivo antibacterial, para áreas de trabajo pesado y con alta resistencia química. Producto de aplicación con rastrillo y esparcimiento de agregados de cuarzo.

FLOWFRESH MF proporciona un acabado decorativo, con color, resistente a los choques térmicos y la transmisión de humedad. Ideal para áreas de procesos húmedos como la fabricación y empaque de alimentos, así como para plantas de procesamiento químico.

- Contiene Polygiene®, aditivo antibacterial
- Alta resistencia química
- Superficie fácil de limpiar y esterilizar, no tiene juntas
- Resistente a temperaturas hasta de 93°C (200°F)
- No contamina, ni genera polvo

- Excelente resistencia a la abrasión
- Alta resistencia a la tensión mecánica
- Excelente alternativa a los pisos de baldosa resistentes a químicos
- Bajo olor durante la aplicación
- Diferentes acabados antideslizantes
- Rápida instalación
- Alta resistencia al vapor de agua
- Puede ser aplicado sobre concreto nuevo después de 7-10 días.



Fuente: www.productoscave.cl

3.7.3.3.1. Especificaciones técnicas

- a) Rendimiento Flowfresh: 2,2 m²/Unidad a 4.8 mm de espesor.
- b) Acabado auto sellante
- c) Resistencia a la compresión $\geq 7,250$ psi
- d) Unidad de 18,1 kg
- e) El rango de precio irá de \$40.000 a \$120.000 /m².

- f) Excelente resistencia a los azúcares y ácidos tanto orgánicos como inorgánicos.

Flowfresh



Fuente: Elaboración propia

(Ver anexo D)

3.7.4. Hormigón polimérico

3.7.4.1. Características y propiedades del hormigón polimérico.

El hormigón polimérico se obtiene cuando se sustituye de una manera total el ligante de cemento por otro exclusivamente polimérico. Normalmente como polímero se utiliza una resina de curado a temperatura ambiente.

El hormigón polimérico es en esencia una mezcla constituida por dos fases: una continua que es la resina y otra dispersa que es el árido. A continuación se expone un resumen de las principales propiedades de los diferentes obtenidos por polimeración (reacción de adición, sin liberación de producto (secundarios)).

Tabla 5. Hormigón polimérico y sus características.

Propiedad	Valor
Densidad kg/m ³	1900-2400
Deformación última en compresión %	≤ 12
Coefficiente de Poisson (viscosidad)	0,16-0,33
Rango de temperatura de trabajo °C	60-80
Resistencia a la corrosión	Buena a Excelente
Costo (m ³)	0,61 UF

Fuente: www.aco.es

3.7.4.2. Ventajas generales de los hormigones poliméricos:

- a) Alta estabilidad dimensional. En condiciones normales y expuestos a la acción de líquidos.
- b) Rapidez en el endurecimiento
- c) Alta rigidez estática y dinámica
- d) Facilidad de fabricación en formas complicadas sin necesidad de mecanizado
- e) Bajos coeficientes de dilatación y conductividad térmica
- f) Buenas propiedades mecánicas
- g) Muy elevada resistencia a la tracción / compresión
- h) Muy buena adherencia
- i) Curva carga deformación del tipo usual en hormigones
- j) Capacidad de poder diseñarse materiales “a medida”
- k) Coste razonable
- l) Es posible preparar piezas de espesores inferiores a 20mm, no teniendo que estarlas piezas más de 30 minutos en los moldes. En 12 minutos se suele adquirir el 50% de la resistencia, a las 3 horas el 90% y el 100% a las 24 horas.
- m) Aunque la densidad del hormigón polímero es parecida a la del hormigón normal, los productos obtenidos son mucho más ligeros debido a sus menores espesores, lo que supone un menor coste de transporte y menor peso
- n) Gran capacidad dieléctrica
- o) Buena absorción de vibraciones

- p) Facilidad para dar color a la masa
- q) Gran resistencia al impacto

3.7.4.3. Resistencia a la corrosión química

Una de las principales ventajas del hormigón reside en la gran resistencia a la corrosión por un gran número de agentes químicos, esta propiedad permite utilizar el hormigón polímero como material protector en drenaje, aireación, protección de piezas, etc., en industrias químicas, agroalimentarias, protección en ambientes salinos, etc.

3.7.4.4. Usos.

3.7.4.4.1. Industria

- a) Drenaje exterior para pluviales: canales
- b) Drenaje interior para limpieza de procesos
- c) Ventilación inferior
- d) Bancadas de motores o de máquinas-herramienta
- e) Zócalos
- f) Sistema de protección anti derrame de productos químicos
- g) Protección de estructuras de hormigón armado dañadas con piezas especiales
- h) Posibilidad de utilización como pavimentos
- i) Conducción de servicios

3.7.4.4.2. Alta, media y baja tensión

- a) Aislante

3.7.4.4.3. Obra civil y pública

- a) Drenaje interior

3.7.4.4.4. Carreteras y autopistas

- a) Drenaje

- b) Pasos de fauna
- c) Conducción de servicios

3.7.4.4.5. Ferrocarril

- a) Elementos de ventilación
- b) Drenaje
(passavant)

3.8. Costos soluciones de pavimentos para la industria agraria. (APU)

Análisis de precios unitarios de soluciones en estudio, elaboración propia.

3.8.1. Análisis precios unitarios para hormigones, costo directo /m²

3.8.1.1. Radier G20 Patrón e=10cm /m²

Radier G20 e=10cm	Un.	Descripción	Cantidad	P.U.	Total (\$)	Total (UF)
G20 - bombeable	M ³	Material	0,12	41.000	4.920	0,200
Servicio Bombeo	M ³	Maquinaria	0,12	7.700	924	0,040
Concretero	HD	Mano de obra	0,07	33.500	2.345	0,090
Leyes Sociales	%	-	0,2	2345	469	0,019
Vibrador de inmersión	D	Maquinaria	0,06	2500	150	0,010
						0,359

Fuente: Elaboración propia

3.8.1.2. Radier G20 e=10cm, con endurecedor superficial. /m²

Radier G20 e=10cm	Un.	Descripción	Cantidad	P.U.	Total (\$)	Total (UF)
G20 - bombeable	M ³	Material	0,12	41.000	4.920	0,20
Servicio Bombeo	M ³	Material	0,12	7.700	924	0,04
Concretero	HD	Mano de obra	0,07	33.500	2.345	0,09
Albañil	HD	Mano de obra	0,20	34.500	6.900	0,28
Endurecedor superficial	Kg	Material	0,20	10.000	2.000	0,08
Leyes Sociales	%	-	0,20	9245	1849	0,074
Vibrador de inmersión	D	Maquinaria	0,06	2500	150	0,006
						0,764

Fuente: Elaboración propia

3.8.1.3. Radier G20 e=10cm, con pintura epóxica. /m²

Radier G20 e=10cm	Un.	Descripción	Cantidad	P.U.	Total (\$)	Total (UF)
G20 - bombeable	M ³	Material	0,12	41.000	4.920	0,200
Servicio Bombeo	M ³	Material	0,12	7.700	924	0,040
Concretero	HD	Mano de obra	0,07	33.500	2.345	0,090
Albañil	HD	Mano de obra	0,20	34.500	6.900	0,280
Esmalte epóxico (2 capas)	HD	Material	0,06	43.900	2.634	0,105
Leyes Sociales	%	-	0,2	11.413	2.282	0,09
Vibrador de inmersión	D	Maquinaria	0,06	2500	150	0,010
Ayudante	HD	Mano de obra	0,08	27.100	2.168	0,090
						0,905

Fuente: Elaboración propia

3.8.1.4. Radier G20 e=10cm, con aditivo superplastificante/m²

Radier G20 e=10cm	Un.	Descripción	Cantidad	P.U.	Total (\$)	Total (UF)
G20 - bombeable	M ³	Material	0,12	41.000	4.920	0,20
Servicio Bombeo	M ³	Maquinaria	0,12	7.700	924	0,04
Concretero	HD	Mano de obra	0,10	33.500	3.350	0,134
Leyes Sociales	%	-	0,20	5.518	1.104	0,04
Ayudante	%	Mano de obra	0,08	27.100	2.168	0,09
Vibrador de inmersión	D	Maquinaria	0,06	2500	150	0,01
Aditivo	Kg	Material	0,004	215.000	860	0,034
						0,548

Fuente: Elaboración propia

3.8.1.5. Radier G20 e=10cm, con pintura termoplástica. /m²

Radier G20 e=10cm	Un.	Descripción	Cantidad	P.U.	Total (\$)	Total (UF)
H25- bombeable	M ³	Material	0,12	41.000	4.920	0,200
Servicio Bombeo	M ³	Material	0,12	7.700	924	0,040
Concretero	HD	Mano de obra	0,07	33.500	2.345	0,090
Albañil	HD	Mano de obra	0,20	34.500	6.900	0,280
Pintura termoplastica	KG	Material	0,22	27.696	6093	0,244
Leyes Sociales	%	-	0,2	11.413	2.282	0,09
Vibrador de inmersión	D	Maquinaria	0,06	2500	150	0,010
Ayudante	HD	Mano de obra	0,08	27.100	2.168	0,090
						1,044

Fuente: Elaboración propia

3.8.1.6. Radier G20 e=10cm, Aditivo polimérico./m²

Radier G20 e=10cm	Un.	Descripción	Cantidad	P.U.	Total (\$)	Total (UF)
H25- bombeable	M ³	Material	0,12	35.000	4200	0,17
Servicio Bombeo	M ³	Maquinaria	0,12	7.700	924	0,04
Concretero	HD	Mano de obra	0,10	33.500	3.350	0,134
Leyes Sociales	%	-	0,20	5.518	1.104	0,04
Ayudante	%	Mano de obra	0,08	27.100	2.168	0,09
Vibrador de inmersión	D	Maquinaria	0,06	2.500	150	0,01
Aditivo polimérico	kg	Material	0,034	92.160	3.072	0,123
						0,607

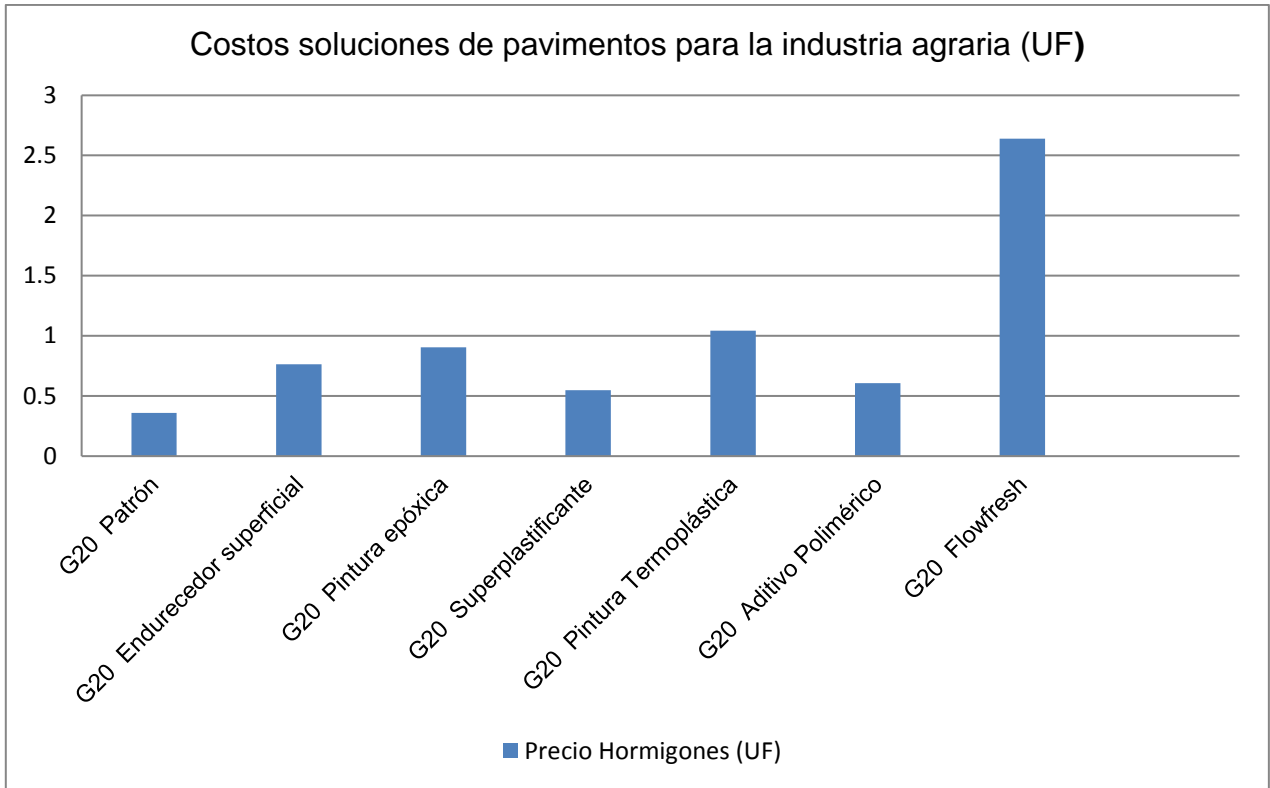
Fuente: Elaboración propia / Aditivo polimérico: Epodur 63. (www.epothan.cl)

3.8.1.7. Radier G20 e=10cm, con producto CAVE (Flowfresh MF) /m²

Radier G20 e=10cm	Un.	Descripción	Cantidad	P.U.	Total (\$)	Total (UF)
H25- bombeable	M ³	Material	0,12	41.000	4.920	0,200
Servicio Bombeo	M ³	Material	0,12	7.700	924	0,040
Concretero	HD	Mano de obra	0,07	33.500	2.345	0,090
Albañil	HD	Mano de obra	0,20	34.500	6.900	0,280
Revestimiento CAVE		Material	0,25	184.620	46.155	1,84
Leyes Sociales	%	-	0,2	11.413	2.282	0,09
Vibrador de inmersión	D	Maquinaria	0,06	2500	150	0,010
Ayudante	HD	Mano de obra	0,08	27.100	2.168	0,090
						2,64

Fuente: Elaboración propia / Miguel Muñoz Rodríguez, Product Manager Pisos & Recubrimientos, Productos CAVE

3.8.2. Gráfico costo directo /m² de las soluciones.



Fuente: elaboración propia

3.8.2.1. Análisis porcentual

Se analiza, porcentualmente, el aumento económico en base al precio del Hormigón H25 patrón. (0,359 UF)

Tabla 6. Variación de precios en base al Hormigón Patrón.

Solución	Porcentaje
Endurecedor superficial	112,80 %
Pintura epóxica	152,08%
Aditivo superplastificante	52,64%
Pintura Termoplástica	190,80%
Aditivo Polimérico	69,08%
Flowfresh	635,37%

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV. Diseño del experimento y resultados

4. Procedimiento de investigación

4.1. Ejecución del estudio

Se realizarán, para cada solución, ocho probetas cúbicas de arista 20 cm de las cuales, cuatro tendrán curado en agua y cuatro serán curadas en agua y leche (estas últimas en una razón de 1:10)

Las probetas estarán elaboradas según corresponda la solución de estudio. Es decir:

En el caso de las probetas confeccionadas y que posteriormente se les aplicará el producto en estudio, deberán ser curadas 28 días tanto en agua como en leche, según corresponda, para posteriormente agregar dichas soluciones según especifique cada una de estas.

En el caso de las soluciones con aditivos, estos se deben aplicar durante la confección del hormigón, modificando la razón A/C según corresponda, para luego proceder con su curado respectivo.

Para el endurecedor superficial, se agregará al hormigón en estado fresco, según sus especificaciones técnicas y procederá al curado tanto en agua como en leche.

Las mediciones para cada una de las muestras serán de temperatura, cono, densidad y aire, estos en estado fresco. Luego del plazo de curado, se procederá a medir su resistencia a la compresión e impermeabilidad.

Todos estos parámetros de medición, determinarán durabilidad del hormigón.

4.2. Requisitos de ensayo:

Para la confección de las 8 probetas por cada solución de estudio (0,064 m³), se requiere la cantidad descrita en la tabla N° 1, para cada solución de estudio.

La dosificación del hormigón será la misma para todas las probetas. En el caso del aditivo superplastificante, se debe corregir la razón A/C.

Tabla 1. Cantidad de material de ensayo

Material	Cantidad
Endurecedor Superficial	2kg / 0,064 m ³
Pintura epóxica	0,1 L / 0,064 m ³
Aditivo Superplastificante	0,4 L / 0,064 m ³
Pintura termoplástica	1,8 kg / 0,064 m ³
Aditivo Polimérico	100grs / 0,064 m ³
Producto CAVE	2,5 kg / 0,064 m ³

Fuente: Elaboración propia

NOTA: No fue posible contar con algunas de las soluciones para la realización de este estudio, esto por no disponer de algún proveedor que pudiese facilitarlas y/o por sus elevados costos.

4.3. Dosificación del hormigón G20 (90)-40-10

Tabla 2. Dosificación.

Descripción	Unidad	Cantidad
Agua Red Pública	Litros	178
Plastificante	Kilos	1,242
Grava 40mm Granel	Kilos	560
Gravilla 20mm Granel	Kilos	370
Arena 10mm Granel	Kilos	1000
Cemento	Kilos	300

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Medición de humedad, absorción densidad real de los áridos.

4.3.1.1. Resultados de la medición según NCh 1117:2010– Áridos para morteros y hormigones – Determinación de las densidades real y neta y la absorción de agua de las gravas y NCh 1239:2009 - Áridos para morteros y hormigones - Determinación de las densidades real y neta y la absorción de agua de las arenas.

- a) Se medirán según la norma chilena anteriormente citada, densidades de los áridos, al momento de iniciar el experimento.

Tabla 3. Densidades de los áridos

Mediciones	Grava	Gravilla	Arena gruesa
Densidad real (Kg/m ³)	2700	2660	2570
Densidad real seca (Kg/m ³)	2660	2610	2510
Densidad neta (Kg/m ³)	2770	2740	2680

Fuente: Elaboración propia.

- b) Se registrará porcentaje de absorción de los áridos, en los diferentes días que se confeccionan las muestras.

Tabla 3.1. Absorción de los áridos

Medición	Grava	Gravilla	Arena gruesa
28-07-2016	1,57 %	1,86 %	2,45 %
04-08-2016	1,6 %	1,9 %	2,5 %
11-11-2016	1,5 %	1,8 %	2,45 %

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.1.1. Humedad de los áridos, según NCh1515.Of79. Mecánica de suelos – Determinación de la humedad.

- Se registran porcentajes de humedad, en cada confección de probetas.

Tabla 4. Humedad de los áridos

Medición	Grava	Gravilla	Arena gruesa
28-07-2016	1,3 %	1,4 %	4,4 %
04-08-2016	1,36 %	1,13 %	2,9 %
11-11-2016	2,3 %	1,4 %	3,6 %

Fuente: Elaboración propia

4.4. Procedimiento de ensayo.

1. Se mide porcentaje de humedad y absorción de los áridos según NCh1515.Of79 y NCh 1117:2010, NCh 1239:2009, respectivamente.
2. Se corrigen las cantidades de áridos a cargar, según su porcentaje de absorción y humedad. (Ver anexo E)
3. Se preparan probetas de acuerdo a la NCh1017:2009. Hormigón – Confección y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción.
4. La elaboración del hormigón es en base a la NCh1018:2009. Hormigón – preparación de mezclas para ensayos en laboratorio.
5. La tolerancia de asentamiento de cono viene dada por NCh1019:2009 - Hormigón - Determinación de la docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams.
6. Se mide densidad y contenido de aire del hormigón, según NCh1564. Of2009. Hormigón – Determinación de la densidad aparente del hormigón fresco.
7. Las probetas son dejadas en el laboratorio por 3 días bajo la protección de una capa de polietileno (Nylon), para el posterior desmolde.

8. El desmolde y curado de probetas viene especificado en el punto número 7 de la ya mencionada NCh1017.
9. Al cuarto día, se procede al desmolde y posterior curado en agua de 7 días de todas las probetas resultantes.

Nota: La temperatura de curado está directamente relacionada con la temperatura ambiente del mes en el cual se desarrolla el ensayo. Entre los meses que se confeccionan las probetas (Julio-Agosto-Noviembre), la temperatura del agua varía entre 8 y 15°C

10. Luego de estos 7 días, la mitad de las probetas se dejan en agua hasta completar los 28 días y los cubos restantes, se sumergen en leche hasta cumplir 28 días desde la confección del hormigón.
 - 10.1. Para el curado en leche, se ha considerado una relación de 1:10 para leche sobre agua.
11. Posterior a los 28 días de la elaboración del hormigón y curado en agua y/o leche de las probetas, estas serán retiradas de sus respectivas piscinas y, según corresponda, se aplicará la solución de estudio según sus especificaciones técnicas.
12. En el caso del endurecedor superficial, este es aplicado en estado fresco, según sus especificaciones técnicas descritos en el punto 3.3.1, para luego proceder con el curado correspondiente indicado en los puntos 10 y 11 del presente punto.
 - 12.1. Para el aditivo súper plastificante y aditivo polimérico, estos se aplican durante la confección del hormigón, según la ya mencionada NCh1018 para luego cumplir con sus respectivos curados.
 - 12.2. Para el caso de la pintura epóxica, esta se aplicará según detalla el punto 3.7.1.3. (Página 75) del presente estudio.
 - 12.3. Para la aplicación de la pintura termoplástica, la aplicación está descrita en el punto 3.7.2.1. (Página 78).
 - 12.4. Para la última solución de estudio, proporcionada por la empresa CAVE, esta se aplicará según detalla el punto 3.7.3.3.1.

13. Una vez aplicada cada solución de estudio y respetando los tiempos de secado, se realizarán los ensayos de compresión, según NCh1037:2009 Hormigón – Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.
14. Finalmente, para el ensayo de impermeabilidad según NCh 2262 Of.2009 Hormigón y mortero – Métodos de ensayo – Determinación de la impermeabilidad al agua – Método de penetración de agua bajo presión. considerarán dos probetas para cada solución. Una curada en leche y la otra en agua.
15. Se registra resultados de los ensayos realizados.

4.5. Constantes

El hormigón de estudio es H25 (90) 40 -10, con dosificación descrita en el punto 4.3.

Según NCh170:2016, se tolera ± 3 cm para la aceptación del cono, esto quiere decir que para el estudio, el cono aceptable varía entre 7 y 13.

La razón A/C (178/300) de diseño variará según la solución de ensayo, por esta razón se podrá considerar la razón A/C como una variable.

4.6. Mediciones hormigón fresco

La siguiente tabla muestra cada una de las mediciones que se realizarán en el hormigón en estado fresco. Todo esto durante la confección del hormigón.

Tabla número 7. Variables a medir durante la confección de las probetas

Variable	Simple	Endurecedor Superficial	Pintura Epóxica	Aditivo Súper-plastificante	Pintura Termo-plástica	Aditivo polimérico	Producto CAVE
Aire (%)							
Cono (cm)							
Densidad (kg/cm ³)							
A/C real							
Temperatura (°C)							

Fuente: Elaboración propia

4.7. Mediciones hormigón endurecido

En las siguientes tablas, se registrarán los resultados de las mediciones una vez transcurridos los 28 días de curado de las muestras.

Los datos se dividen en curado en agua y curado en leche, registrando: Densidad, Resistencia a la compresión e impermeabilidad de cada una de las probetas.

G20 patrón

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

G20 Endurecedor superficial**Curado en Agua**

Sol 2	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)*					

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 2	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

G20 Pintura Epóxica**Curado en Agua**

Sol 3	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 3	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Agua

Sol 4	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 4	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

G20 Pintura termoplástica

Curado en Agua

Sol 5	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 5	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (Mpa)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Prop

G20 Aditivo Polimérico

Curado en Agua

Sol 6	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 6	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

G20 Producto CAVE

Curado en Agua

Sol 7	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 7	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)					
R28 (kgf/cm ²)					
Impermeabilidad (mm)					

Fuente: Elaboración Propia

4.8. Resultados

4.8.1. Análisis de resultados, según los parámetros a medir definidos en los puntos 4.6 y 4.7.

Tabla número 8. Variables a medir durante la confección de las probetas

Variable	Simple	Endurecedor Superficial	Aditivo Súper-plastificante	Producto CAVE
Aire (%)	2,4	2,3	2,2	2,4
Cono (cm)	7,5	7,5	7,5	7,5
Densidad (kg/m ³)	2260	2270	2255	2260
A/C real	0,6	0,7	0,4	0,6
Temperatura (°C)	18,6	18,3	17,3	18,4

Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Densidad, resistencia e impermeabilidad de las probetas posterior al desmolde.

G20 patrón

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2420	2410	2415	2430	2420
R28 (kgf/cm ²)	260	254	258	-	257
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2320	2370	2385	2320	2350
R28 (kgf/cm ²)	253	227	253	-	244
Impermeabilidad (mm)*	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

G20 Endurecedor superficial**Curado en Agua**

Sol 2	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2450	2560	2520	2490	2505
R28 (kgf/cm ²)	259	257	260	-	259
Impermeabilidad (mm)*	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 2	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2375	2390	2395	2370	2380
R28 (kgf/cm ²)	239	252	248	-	246
Impermeabilidad (mm)*	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

G20 Aditivo Superplastificante**Curado en Agua**

Sol 3	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2370	2390	2370	2365	2375
R28 (kgf/cm ²)	258	248	251	-	252
Impermeabilidad (mm)*	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 3	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2365	2350	2335	2350	2350
R28 (kgf/cm ²)	246	251	256	-	251
Impermeabilidad (mm)*	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración propia

G20 Producto CAVE

Curado en Agua

Sol 4	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2520	2525	2510	2520	2520
R28 (kgf/cm ²)	265	263	268	-	265
Impermeabilidad (mm)*	-	-	-	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 4	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2485	2470	2480	2475	2480
R28 (kgf/cm ²)	262	260	269	-	264
Impermeabilidad (mm)*	-	-	-	0	0

Fuente: Elaboración Propia

4.9. Gráficos

De los resultados obtenidos, se procede a la confección de diferentes gráficos, los que comparan densidades, resistencias a la compresión e impermeabilidad, entre las probetas curadas tanto en agua como en leche.

Además, se realiza una comparación de resistencias entre el hormigón patrón y el hormigón con las diferentes soluciones en estudio.

4.9.1. Densidades del hormigón (kg/m³), curado en Agua vs curado en leche.

Se detalla, el promedio de la densidad (kg/m³) de las probetas curadas tanto en agua como en leche, para las diferentes soluciones.

4.9.1.1. Hormigón G20 patrón

Curado en Agua

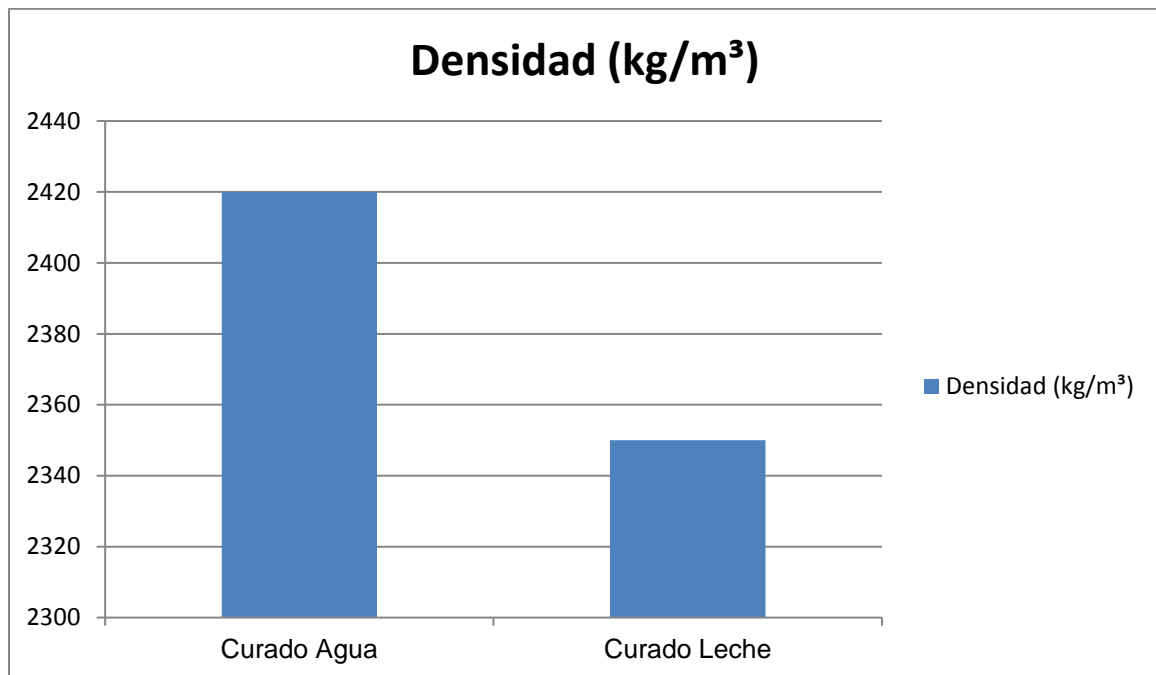
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2420	2410	2415	2430	2420

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2320	2370	2385	2320	2350

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia

Según muestra el gráfico, las densidades de las probetas curadas en leche, son menores en un 2,89% a las curadas en agua. Esto a la larga se traduce en una pérdida de resistencia a la compresión, para las probetas curadas en leche.

4.9.1.2. Hormigón G20 Endurecedor Superficial

G20 Endurecedor superficial

Curado en Agua

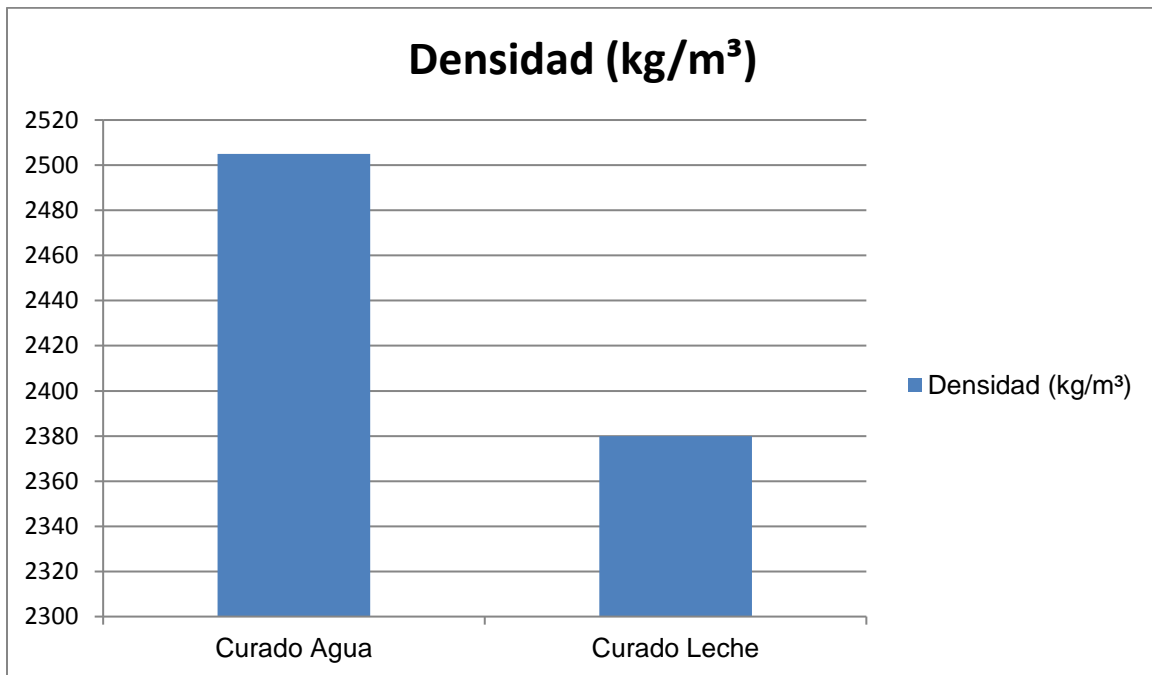
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2450	2560	2520	2490	2505

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2375	2390	2395	2370	2380

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Para el caso del endurecedor superficial, la diferencia de promedio de las densidades, para las probetas, es de un 5 %, siendo mayores en el curado en agua que en el curado en leche.

4.9.1.3. Hormigón G20 Flowfresh (Producto CAVE)

G20 Producto CAVE

Curado en Agua

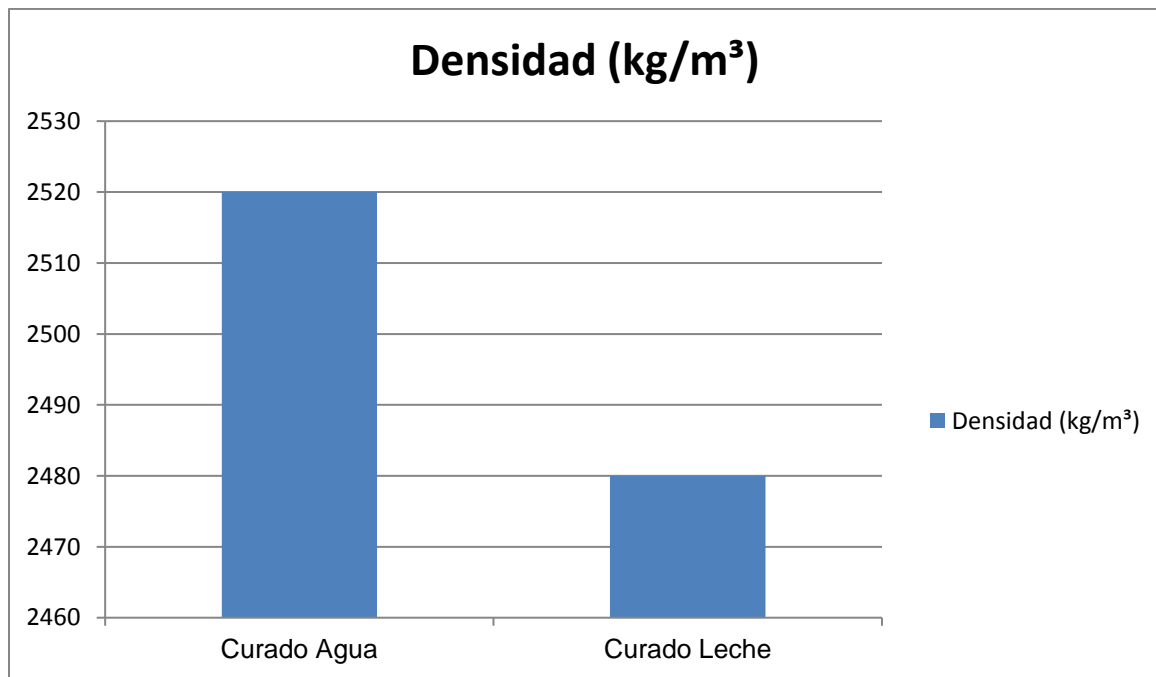
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2520	2525	2510	2520	2520

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2485	2470	2480	2475	2480

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

En un 1,59% se diferencian los promedios de densidades para los distintos curados de las probetas en estudio, siendo las curadas en leche, las que reinciden en una baja en comparación a las curadas en agua.

4.9.1.4. Hormigón G20 Aditivo Superplastificante

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Agua

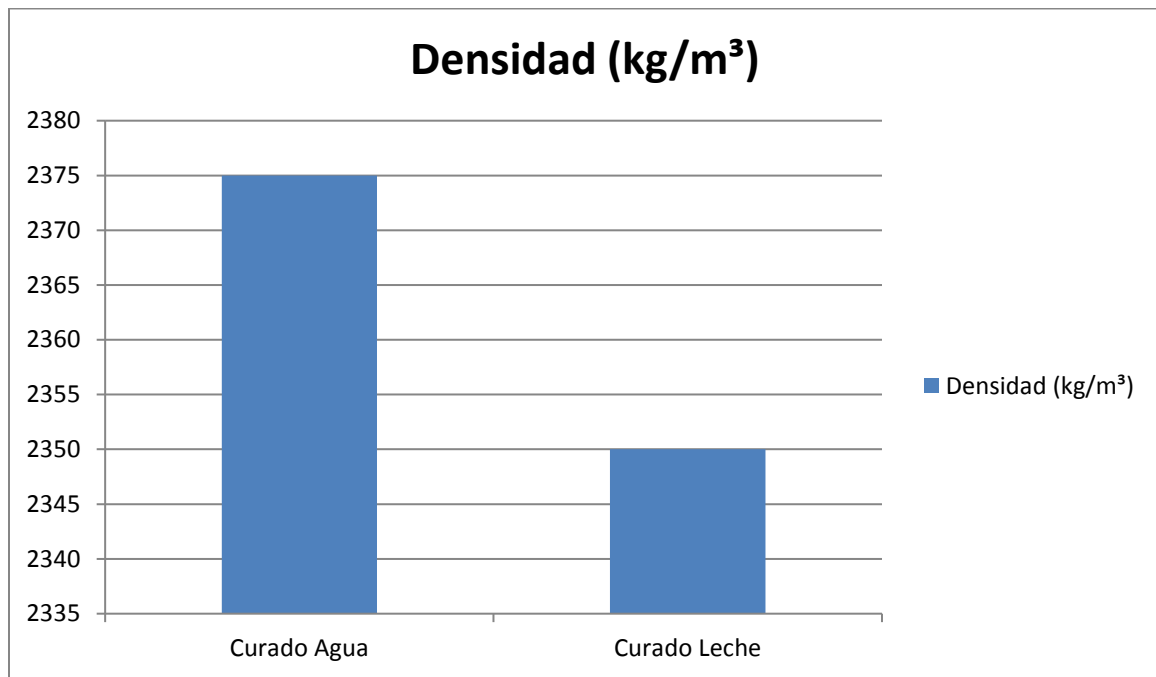
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2370	2390	2370	2365	2375

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Densidad (Kg/m ³)	2365	2350	2335	2350	2350

Fuente: Elaboración propia

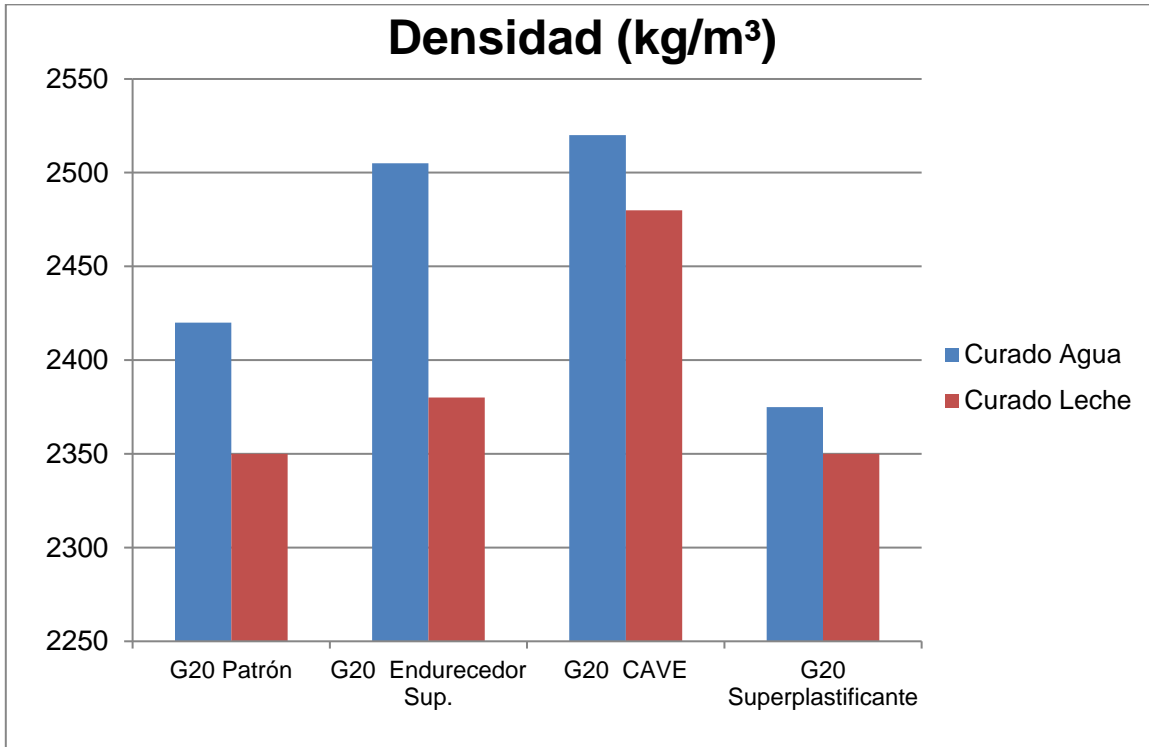


Fuente: Elaboración Propia

La variación más baja de promedios de densidades se aprecia en la solución de aditivo superplastificante, la que en promedio varía en un 1%, de curado en agua por sobre curado en leche.

4.9.1.5. Comparación de promedios de densidades (kg/m³) de las probetas, curadas tanto en agua como en leche.

Con los datos de los gráficos anteriormente expuestos, se realiza una comparación de los promedios de todas las muestras en estudio.



Fuente: Elaboración Propia

Para las probetas curadas en agua y según lo representado en el gráfico de comparación de todas las muestras, la solución de G20 CAVE, es la que presenta mejor promedio de densidades (superando a la más cercana en un 0,6%) y la que presenta un menor promedio corresponde a la solución de Superplastificante, siendo superada en 1,86% por el G20 patrón.

4.9.2. Resistencia del hormigón a la compresión a los 28 días (kgf/cm²), curado en Agua vs curado en leche.

Se obtiene, un promedio de resistencia a la compresión, a los 28 días de curado, en agua o en leche según corresponda, de las probetas estudiadas con su respectiva solución.

4.9.2.1. Hormigón G20 patrón

G20 patrón

Curado en Agua

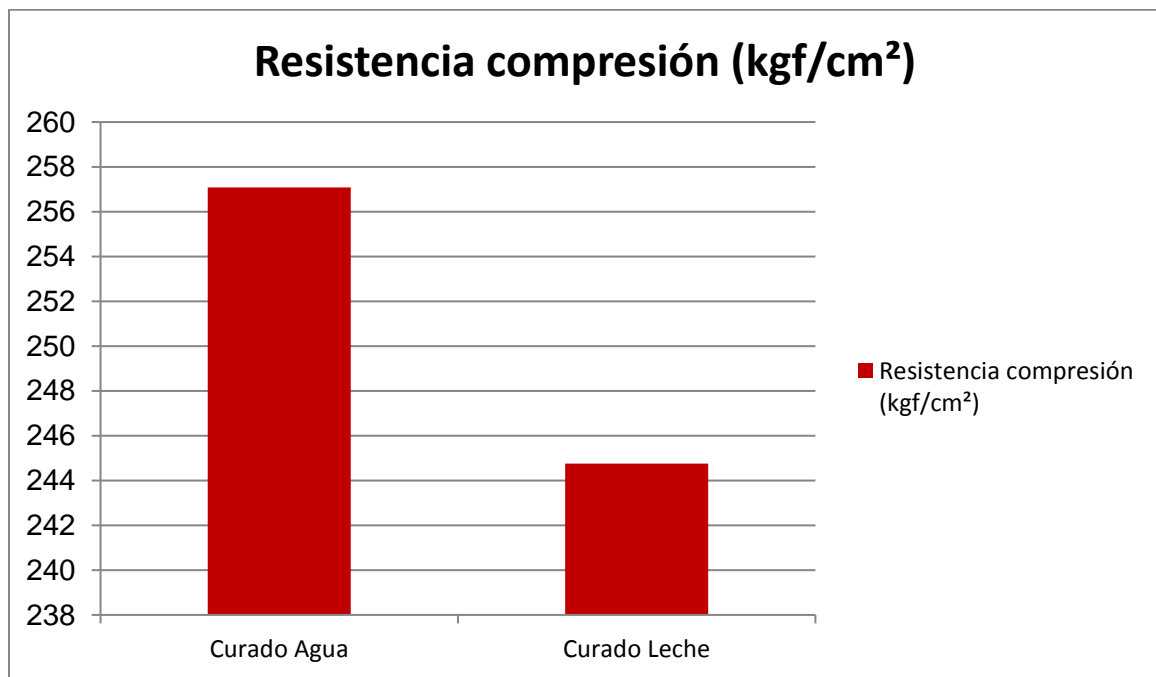
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	260	254	258	-	257

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	253	227	253	-	244

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Las variaciones de resistencia presentadas en el curado en agua son mayores en un 5,06 % que las probetas curadas en leche, en el G20 Patrón.

4.9.2.2. Hormigón G20 Endurecedor Superficial

G20 Endurecedor superficial

Curado en Agua

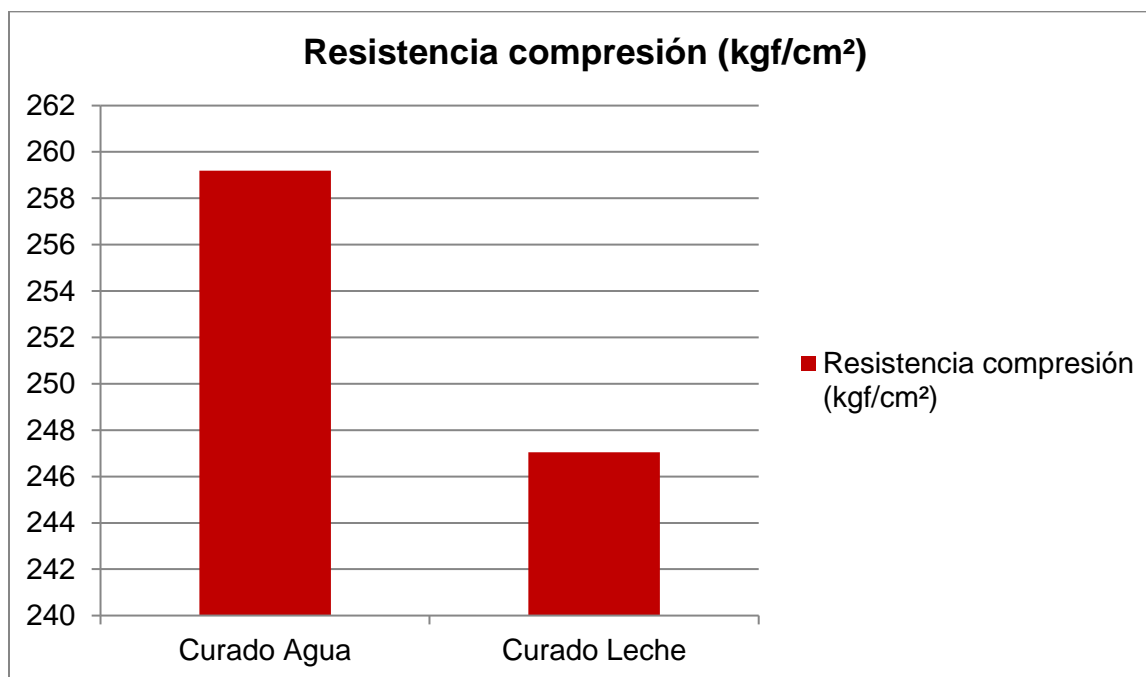
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	259	257	260	-	259

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	239	252	248	-	246

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Para la solución de Endurecedor Superficial, la mayor resistencia a la compresión se promedia en las probetas curadas en agua por sobre las curadas en leche. Esta diferencia corresponde a un 5,02%

4.9.2.3. Hormigón G20 Aditivo Superplastificante

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Agua

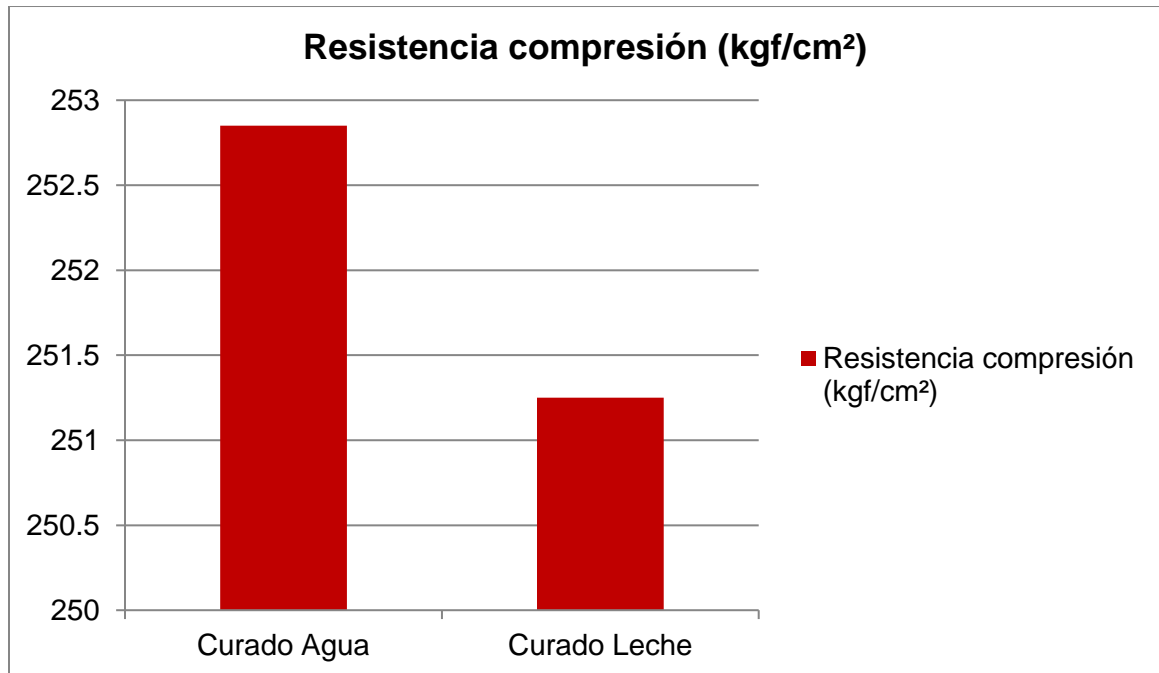
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	258	248	251	-	252

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	246	251	256	-	251

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración Propia

El promedio de ambos curados de probetas varían en un 0,4%, lo que se considera como una diferencia poco significativa para la solución de aditivo Superplastificante.

4.9.2.4. Hormigón G20 Flowfresh (Producto CAVE)

G20 Producto CAVE

Curado en Agua

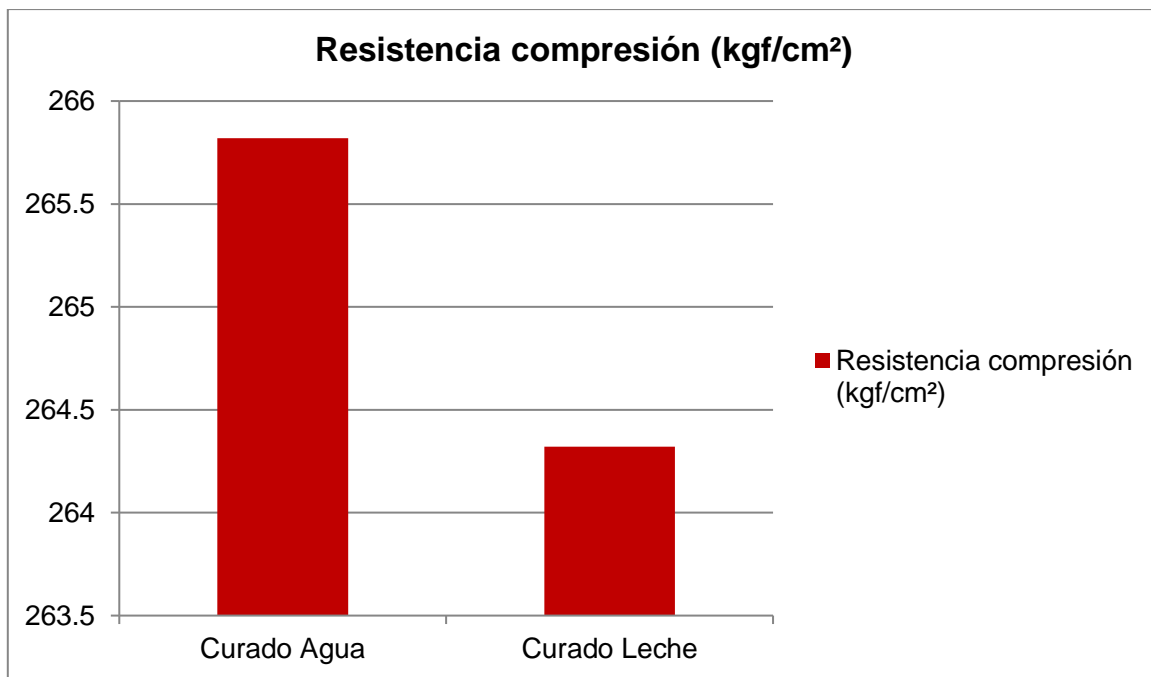
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	265	263	268	-	265

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	262	260	269	-	264

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia promedio a la compresión similar en ambos curados de probetas, su media se diferencia en un 0,4 %.

4.9.3. Comparación de resistencia del hormigón a la compresión a los 28 días (kgf/cm²), curado en Agua.

Se realiza una comparación, entre los promedios de resistencias a la compresión obtenidos en las probetas curadas en agua, para el G20 patrón y las diferentes soluciones aplicadas en el presente estudio.

4.9.3.1. G20 Patrón vs. G20 Endurecedor superficial.

G20 patrón

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	260	254	258	-	257

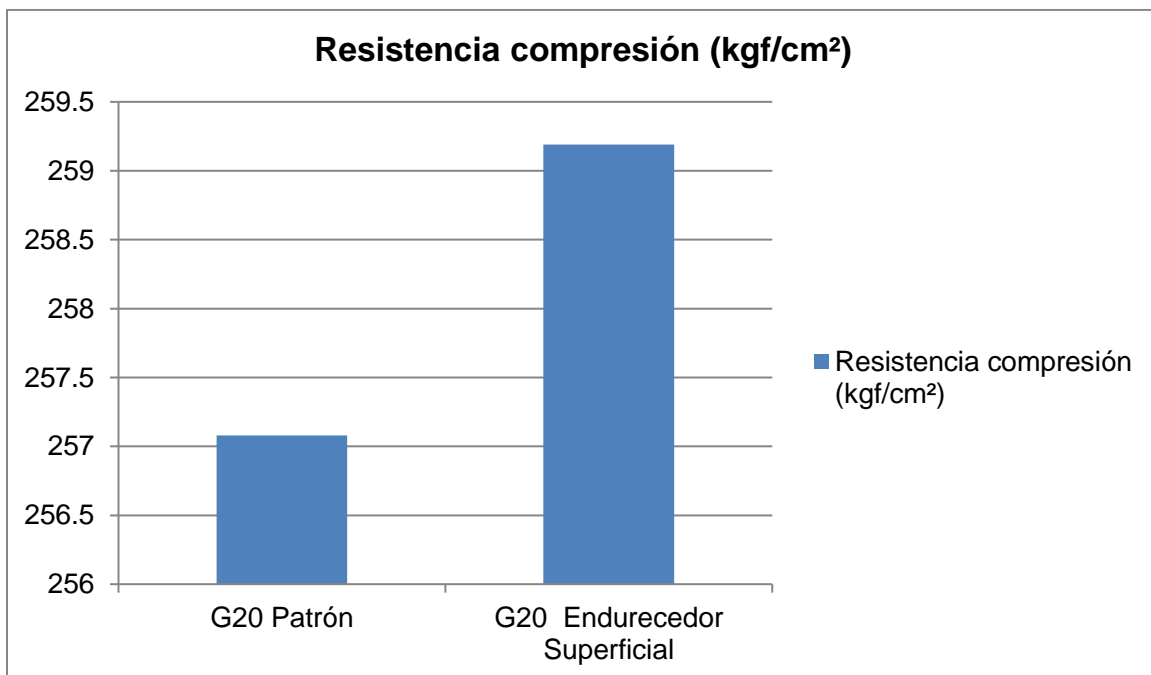
Fuente: Elaboración Propia

H25 Endurecedor superficial

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	259	257	260	-	259

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Las resistencias a la compresión del hormigón, para el curado en agua, en promedio, son mayores en un 0,77% para el endurecedor superficial.

4.9.3.2. G20 Patrón vs. G20 Aditivo Super plastificante.

G20 patrón

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	260	254	258	-	257

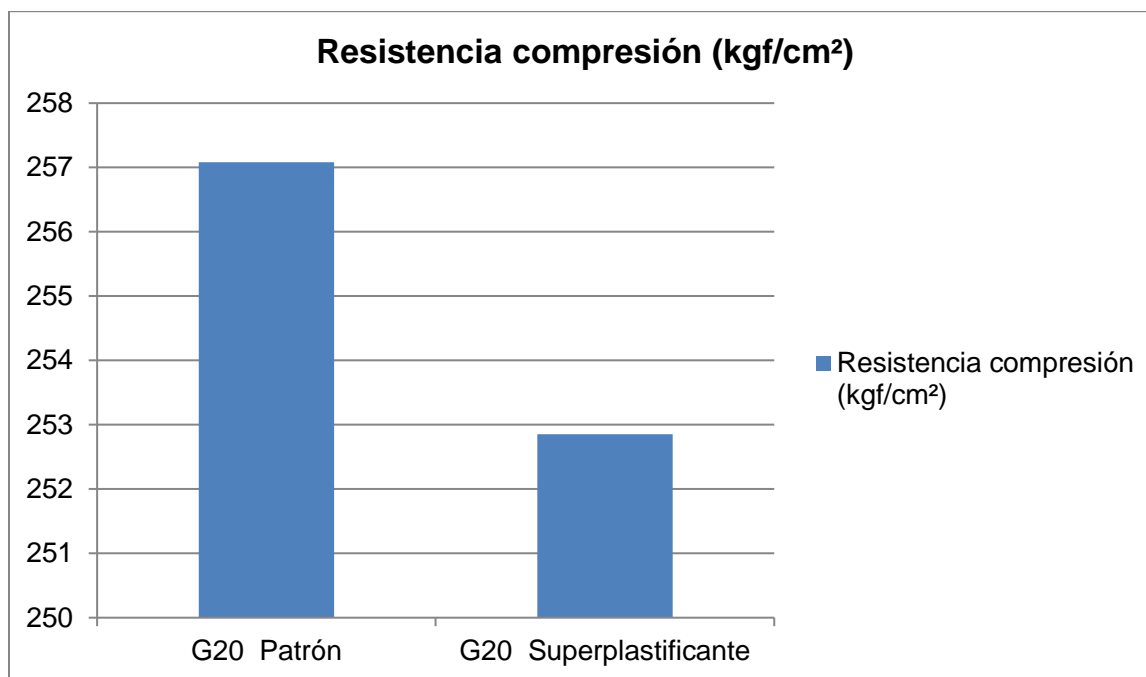
Fuente: Elaboración Propia

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	258	248	251	-	252

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

El promedio de resistencias para el Hormigón patrón es mayor en un 1,94% sobre la resistencia promedio del G20 Superplastificante, curados en agua.

4.9.3.3. G20 Patrón vs. G20 Flowfresh (Producto CAVE).

G20 patrón

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	260	254	258	-	257

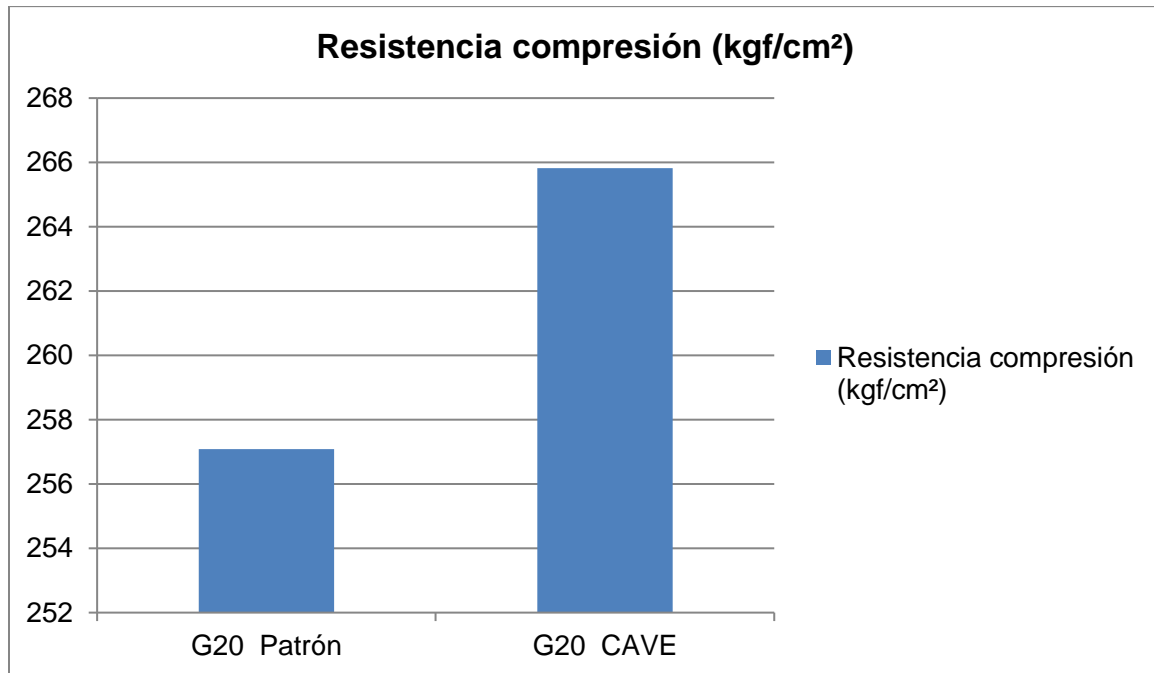
Fuente: Elaboración Propia

G20 Producto CAVE

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	265	263	268	-	265

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Un 3,02% superior de resistencia promedio a la compresión del G20 CAVE sobre el G20 Patrón, ambos curados en agua.

4.9.4. Comparación de resistencia del hormigón a la compresión a los 28 días (kgf/cm²), curado en Leche.

Se realiza una comparación, entre los promedios de resistencias a la compresión obtenidos en las probetas curadas en leche, para el G20 patrón y las diferentes soluciones aplicadas en el presente estudio.

4.9.4.1. G20 Patrón vs. G20 Endurecedor superficial

H25 Patrón

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	253	227	253	-	244

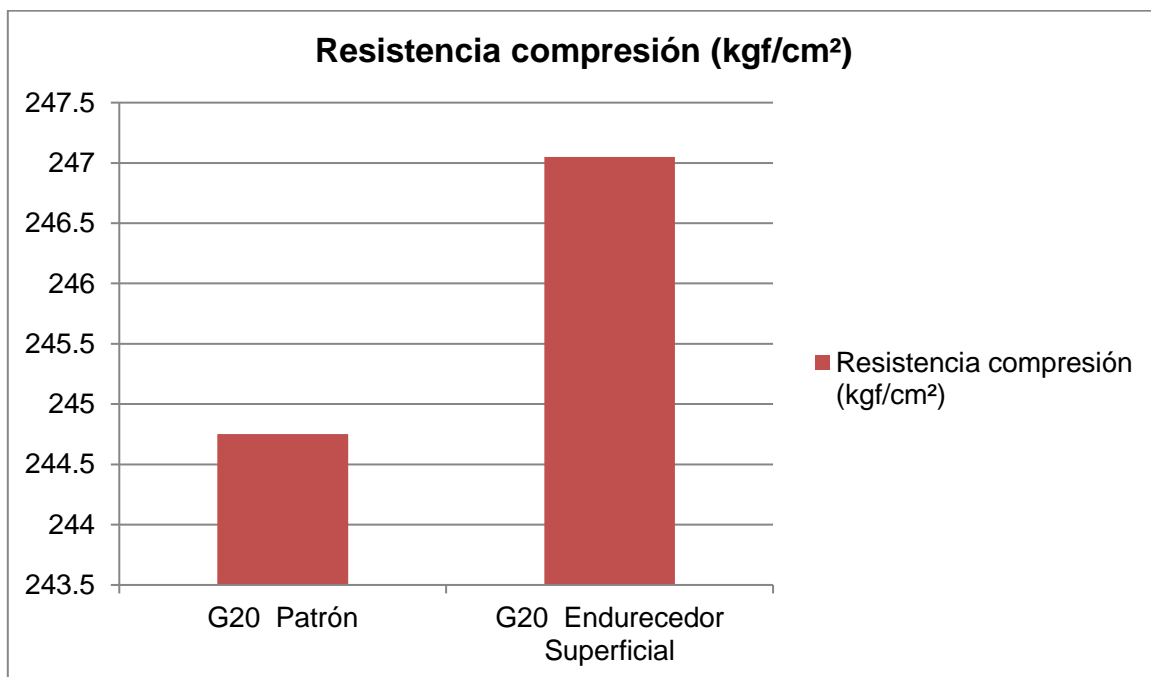
Fuente: Elaboración Propia

H25 Endurecedor superficial

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	239	252	248	-	246

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Comparando las soluciones con el G20 Patrón, ambas curadas en leche, se obtiene que las diferencias de resistencia a la compresión son de un 0,81%, siendo favorable para el G20 Endurecedor Superficial.

4.9.4.2. G20 Patrón vs. G20 Aditivo superplastificante

G20 Patrón

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	253	227	253	-	244

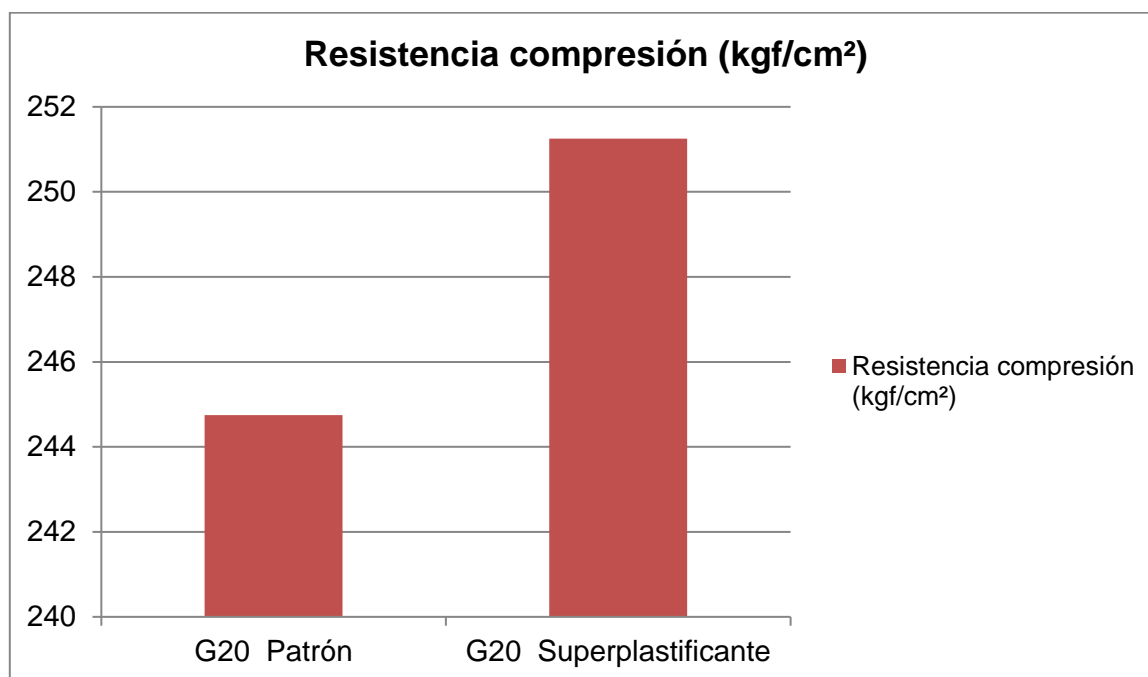
Fuente: Elaboración Propia

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	246	251	256	-	251

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración Propia

En la presente comparación, el aditivo superplastificante es un 2,79% más resistente a la compresión que el H25 Patrón, ambos curados en leche.

4.9.4.3. G20 Patrón vs. G20 Flowfresh (Producto CAVE)

G20 Patrón

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	253	227	253	-	244

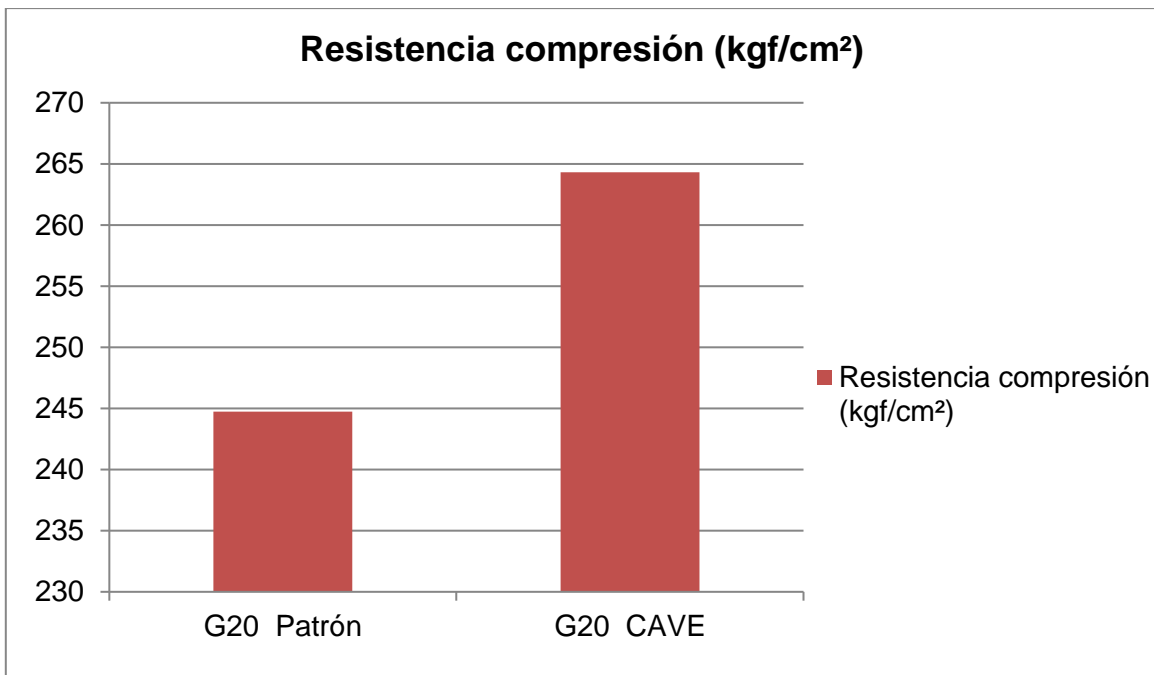
Fuente: Elaboración Propia

G20 Producto CAVE

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	262	260	269	-	264

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Curado en leche, el G20 CAVE, supera en un 7,58% a hormigón patrón, el cual fue curado bajo el mismo método mencionado anteriormente.

4.9.5. Comparación de resistencia a la compresión a los 28 días (kgf/cm²), de todas las muestras de hormigón, curadas en agua.

Grafico comparativo de todas las muestras de hormigón H25, curadas en agua, según promedios de resistencia a la compresión, como detallan las tablas:

G20 patrón

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	260	254	258	-	257

Fuente: Elaboración Propia

G20 Endurecedor superficial

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	259	257	260	-	259

Fuente: Elaboración Propia

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	258	248	251	-	252

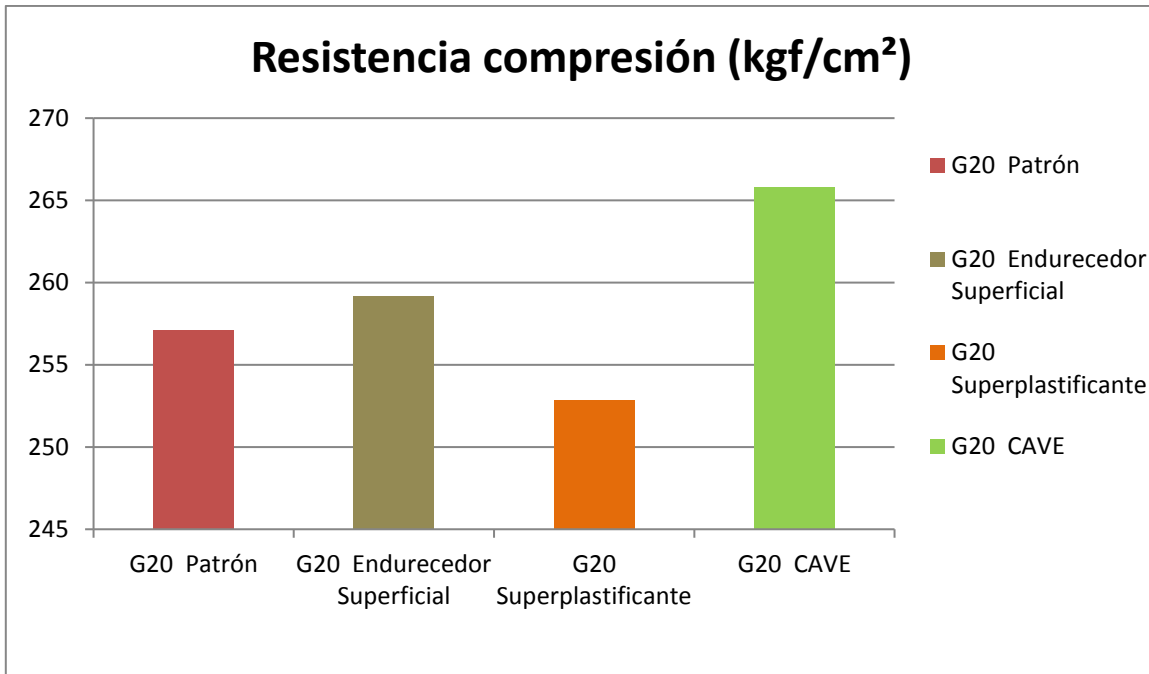
Fuente: Elaboración Propia

G20 Producto CAVE

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	265	263	268	-	265

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Entre las distintas soluciones estudiadas, la que promedia una mayor resistencia a la compresión en el curado en agua, corresponde a la del G20 CAVE, siendo esta mayor que la del G20 Patrón en un 3,02 %.

4.9.6. Comparación de resistencia a la compresión a los 28 días (kgf/cm²), de todas las muestras de hormigón, curadas en leche.

Grafico comparativo de todas las muestras de hormigón G20, curadas en leche, según promedios de resistencia a la compresión, como detallan las tablas:

G20 Patrón

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	253	227	253	-	244

Fuente: Elaboración Propia

G20 Endurecedor superficial

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	239	252	248	-	246

Fuente: Elaboración Propia

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	246	251	256	-	251

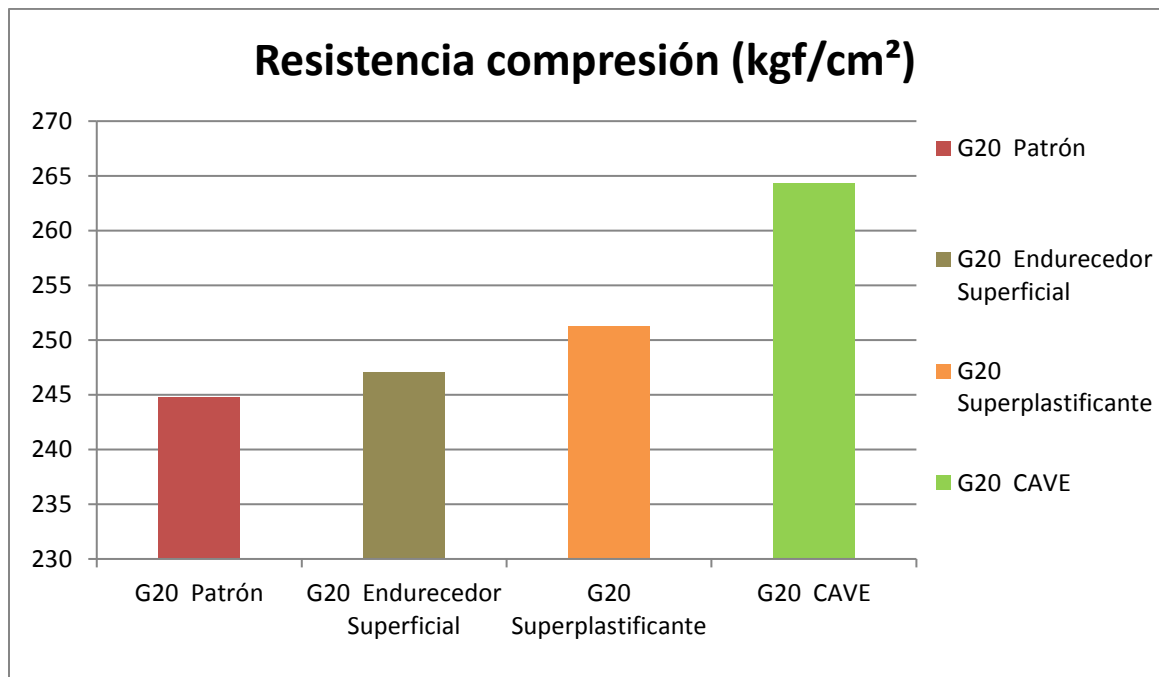
Fuente: Elaboración propia

G20 Producto CAVE

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
R28 (kgf/cm ²)	262	260	269	-	264

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Entre todas las soluciones curadas en leche, la que supera al resto en su promedio de resistencia es la del G20 CAVE, en comparación con las muestras del G20 Patrón y corresponde a un 7,58 %.

4.9.7. Comparación permeabilidad de todas las muestras.

En el estudio de permeabilidad realizado en el laboratorio Geholab, de la comuna de Chimbarongo, VI región, según NCh2262:2009, se obtuvieron los siguientes resultados:

G20 patrón

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

G20 Endurecedor superficial

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

G20 Aditivo Superplastificante

Curado en Agua

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	200	200

Fuente: Elaboración propia

G20 Producto CAVE

Curado en Agua

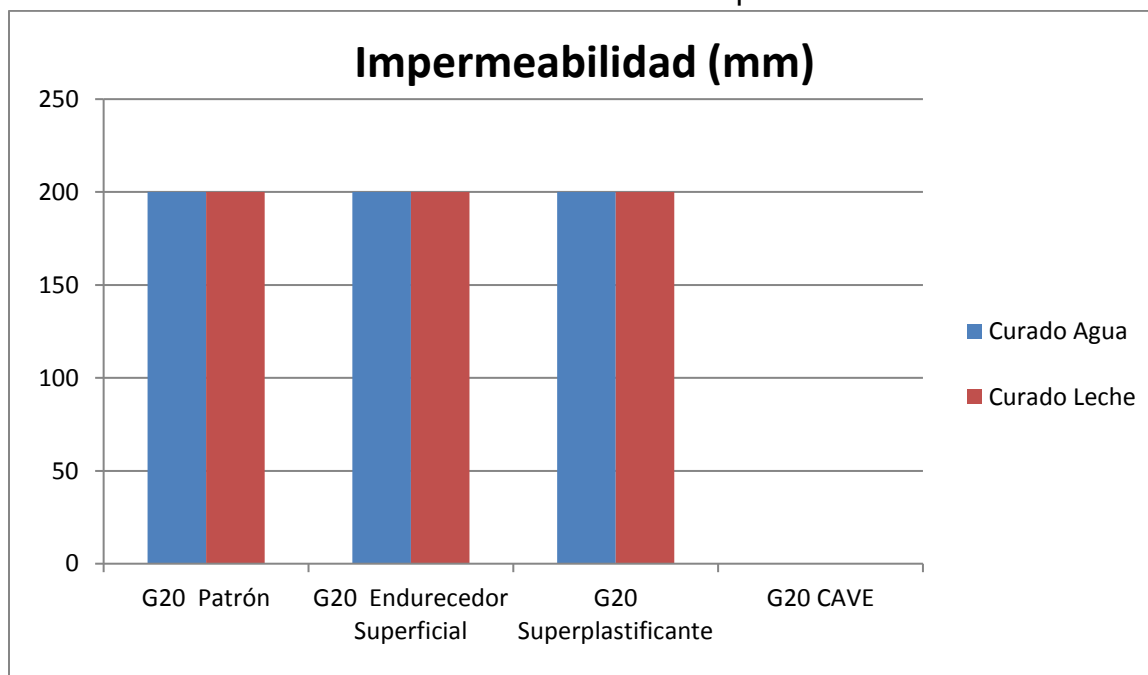
Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Curado en Leche

Sol 1	(1)	(2)	(3)	(4)	Promedio
Impermeabilidad (mm)	-	-	-	0	0

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Según los estudios realizados en la comuna de Chimbarongo, se puede especificar:

Para el G20 patrón, la penetración de agua para las muestras curadas tanto en agua como en leche es de 200mm, por tanto, la penetración de agua se visualiza en el total de las probetas.

En el caso del G20 Producto CAVE, la penetración de agua, en ambas formas de curado de las muestras, es nula.

G20 Endurecedor superficial y G20 Superplastificante, presentan una totalidad de penetración de agua en sus probetas.

Capítulo V. Conclusiones

5. Resultados

5.1. Discusión de resultados

Según los resultados obtenidos en el presente experimento, se señala:

Para las muestras del G20 patrón y para la solución con endurecedor superficial, las resistencias a la compresión para las probetas curadas en agua varían en un 5% de las curadas en leche. Para las soluciones de superplastificante y el producto de la empresa CAVE, la variación es considerada baja y/o nula (del orden de 0,4%).

A través de esto, se puede concluir que solución donde se más se asimilan las resistencias a la compresión de las muestras en estudio, curadas en agua como en leche, es para el caso del aditivo superplastificante y el producto CAVE.

5.2. Conclusiones

El estudio anteriormente expuesto, revela las variaciones de resistencia y permeabilidad, que pueden sufrir los hormigones al estar expuestos a diferentes condiciones, ya sean medioambientales o frente a ataques químicos como la leche en descomposición.

En la investigación llevada a cabo y, para el análisis de precios unitarios por metro cuadrado de solución (UF/m²), se puede observar que la solución del aditivo superplastificante, es la que menos varía con respecto al hormigón patrón (solo un 52%) y que la que más aumenta es el de la empresa CAVE (por sobre los 635%), siendo ambas las que mejores resultados arrojaron en los ensayos de compresión e impermeabilidad. (Variación de 0,4% para ambas soluciones, en los dos tipos de curados y nula penetración de agua para la solución de la empresa CAVE)

Es por esto, que la mejor solución dentro de las estudiadas, es la de la empresa CAVE (Flowfresh MF), la que ayuda con el aumento de resistencia a la compresión, aumentando un 3,02 % en curado en agua y un 7,58% para el curado en leche, comparado con el hormigón patrón. Además, la penetración de agua es completamente nula, con lo cual, el hormigón no se ve afectado por posibles contactos con agua contaminada o químicos presentes en la industria agraria y ayuda con la durabilidad de este tipo de pavimento.

Finalmente, el experimento nos demuestra que la razón entre las mejoras para el hormigón en industria agraria y la solución para dicha problemática de la empresa CAVE, es directamente proporcional en costo/durabilidad.

Capítulo VI. Referencias

Bibliografía

1. <http://www.arqhys.com/arquitectura/endurecedores-superficiales-concreto.html>. (s.f.).
2. Amador., Á. (2015). *Los ciclos hielo-deshielo en el hormigón*.
3. Armado, N. d. (2011). *Ataques Químicos al Hormigón*.
4. *Arqhys Arquitectura* . (s.f.). Obtenido de <http://www.arqhys.com/arquitectura/endurecedores-superficiales-concreto.html>
5. BÓRQUEZ, M. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento de la pista del aeródromo de Panguipulli*.
6. Cement Concrete & Aggregates. "Sulfate – Resisting Concrete". (s.f.).
7. Curacreto.
8. Desarrollo, G. d. (1980). *Corporación de Fomento de la Producción Chile: Utilización del suero de queso*.
9. ENCONCRETO. (4 de Septiembre de 2011). *PAVIMENTOS Y PISOS DE CONCRETO*. Obtenido de <http://www.enconcreto-mf.blogspot.cl/2011/09/endurecedor-superficial.html>
10. Heumann, M. V. (2009). *Hormigón armado en ambiente marino*.
11. INE. (2013). *Compendio Estadístico*.
12. 2009 *Informe estudio caracterización de los productores lecheros, usando bases de datos disponibles*. Santiago, Chile
13. INN. (1968). *Nch 148 - Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales*.
14. INN. (1968). *NCh 148 Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones*.
15. INN. (2016). *NCh170-2016 Hormigón - Requisitos Generales*.

16. Melón. (s.f.). *Ficha de morteros* .
17. Nch148. (1968). *Nch 148 - Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales*.
18. (2016). *NCh170:2016 Hormigón - Requisitos Generales*.
19. Ondac. (2007). *Lista de materiales de construcción*.
20. passavant, A. d. (s.f.). Obtenido de <http://www.construnario.com/diccionario/swf/26226/caract%20hormig%C3%B3n%20pol%C3%ADmero.pdf>
21. Pizarro, G. C. (2009). *Tecnología del Hormigón*.
22. Prada, M. F. (2011). *Agentes Agresivos al Hormigón*. Obtenido de <http://notasdehormigonarmado.blogspot.cl/2011/04/agentes-agresivos-al-hormigon.html>
23. Revista Ingeniería de Construcción, N°11, Julio-Diciembre 1991. (s.f.).
24. Rocha, A. (2005). *Desempeño de evaluación de la degradación del refuerzo de hormigones armados protegidos con impermeabilizante en un medio industrial de residuos lácteos*. Valdivia.
25. Sabrosía, W. . (2013). *La leche de vaca: origen y composición*.
26. Segunda, L. (2014). *Hacia dónde navega la economía . Proyecciones económicas 2015* , 22.
27. SIKA S.A. CHILE. (s.f.). Obtenido de <http://chl.sika.com/es/group.html>
28. Soto, P. G. (2007). Obtenido de http://tecnohorm.weebly.com/uploads/9/6/2/7/9627075/tecnologia_del_hormigon_gs.ppt
29. Starchevich, J. C. (2013). *Recubrimiento Mínimo de la Armadura en Hormigón Armado*. Obtenido de <http://juancastarcreaciones.blogspot.cl/2013/01/recubrimiento-minimo-de-la-armadura-en.html>
30. Torrealba, F. S. (1999). *La inversión en el sector agroindustrial chileno*. Páginas 41 y 42 .
31. www.Melon.cl. (s.f.). *Melon Online*. Obtenido de <http://www.melon.cl/durabilidad-del-hormigon>

Capítulo VII. Anexos

Anexo A. Ficha técnica Endurecedor Superficial

Ficha Técnica
Versión Mayo, 2016
Sika Chapdur

Sika® Chapdur

Endurecedor de pisos de hormigón

Construcción

Descripción del Producto Sika® Chapdur es un producto en polvo basado en conglomerantes hidráulicos, agregados inertes, aditivos y adiciones, que aplicado sobre el hormigón fresco forma una capa de 3 a 5 mm. de espesor, de alta resistencia a la abrasión y al impacto.

Usos Revestimientos de pisos :

- Pisos industriales expuestos a tránsito pesado.
- Rampas y plataformas de carga y descarga.
- Reparación de pavimentos industriales.
- Pisos en talleres, maestranzas, bodegas, garages, etc.

Ventajas

- Elevadas resistencias mecánicas; sobre 400 kg/cm² a compresión.
- Material listo para usar.
- Alta dureza superficial.
- Endurecimiento rápido.
- Aplicable en pavimentos interiores y exteriores.
- Antipolvo.

Datos del Producto

Color Polvo color gris

Almacenamiento / Vencimiento 6 meses en su envase original cerrado en sitio fresco y bajo techo.

Presentación Saco 30 kg.

Datos Técnicos

Densidad 1,4 kg/dm³

Detalles de Aplicación

Consumo Aplicación en pisos con tránsito moderado: 6 kg/m² en 3 mm. de espesor.
Aplicación en pisos con tránsito pesado: 10 kg/m² en 5 mm. de espesor.

Método de aplicación Sika® Chapdur se aplica espolvoreado sobre el hormigón fresco del pavimento, antes de que se inicie el fraguado.

Para controlar la cantidad a aplicar, marcar previamente el área a cubrir con Sika® Chapdur, según lo indicado en consumo (por ejemplo para 10 m² en 3 mm. de espesor se requieren 60 kg. de Sika® Chapdur).

Inmediatamente de colocado el hormigón y platachado, espolvorear manualmente el total del producto determinado para el área preestablecida, introducir el material saturado con la humedad del hormigón y proceder a compactar golpeando y frotando suavemente con platacho de madera y luego con llana.

Terminar con llana metálica, evitar allanado excesivo, sólo lo necesario para una buena terminación.

Para una óptima terminación y presentación se debe utilizar alisador mecánico (helicóptero) y luego sellar inmediatamente con Sikacure® 116 que deja un sello brillante.

Cuando se requiera revestir o reparar pavimentos existentes, Sika® Chapdur se debe mezclar con agua en proporción de 3,6 a 3,9 litros por saco de 30 kg. En este caso la superficie del hormigón debe prepararse adecuadamente de manera que se encuentre limpia sin partes sueltas o lechada, debe colocarse Colma Fix® 32 ó Sikadur® 32 como puente de adherencia.



Anexo B. Especificación técnica Hormigón Polimérico.



**ESPECIFICACION TECNICA DE HORMIGÓN POLIMERICICO
Y FRP**

Anexo C. Proyecto Planta frutos del Maipo (FLOWFRESH)

CAVE // EUCLID GROUP



PROYECTO DESTACADO

PLANTA FRUTOS DEL MAIPO



DATOS DE PROYECTOS

Ubicación : Linares.
Region : VII Región.
Aplicador : IMCO LTDA.
Cliente : Agrícola Futos del Maipo.
Area Total : 35.000 pies² (3.250 m²).

PRODUCTOS

- FLOWFRESH MF®
- FLOWFRESH HF®
- FLOWFRESH CM®

VISIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Flowfresh® con su aditivo antibacterial Polygiene®. Para las áreas con exposición al agua se aplicó Flowfresh HF® y para sectores secos Flowfresh MF®.

Se confeccionó curva sanitaria con Flowfresh CM® en encuentros de piso/muro de modo de asegurar las propiedades higiénicas y aspecto uniforme.

RESUMEN DEL PROYECTO

Para este proyecto de rehabilitación de la planta de Frutos del Maipo, se contemplaron ampliaciones y mejoras a recintos existentes así como renovación de líneas de producción. CAVE®, pudo proveer a sus suelos de hormigón de un revestimiento protector capaz de soportar el servicio industrial y derrames propios de esta industria así como ciclos de lavado permanente y el tráfico de personal. Fue así como se eligió a Flowfresh®, producto destacado e innovador en revestimiento de pisos expuestos a diferentes desechos químicos.

Por su alta calidad FLOWFRESH® da la confianza para realizar un trabajo sano y seguro, pues su calidad es de alto nivel.

Para lograr un trabajo de excelencia seleccionamos el sistema de revestimientos ya mencionado, Flowfresh® especialmente reconocido por su aditivo antibacterial Polygiene®, ideal para este tipo de trabajos industriales.

Para áreas con exposición permanente a agua se aplicó Flowfresh HF®, por la humedad persistente.

Para sectores secos FLOWFRESH MF®. Además de revestir los pisos, en todos los recintos tratados, que alcanzó una superficie de 3.250 m², se confeccionó una curva sanitaria con FLOWFRESH CM® en los encuentros de piso / muro para asegurar las propiedades higiénicas requeridas.

Anexo D. Flowfresh MF



Flowfresh MF (5 mm - 6 mm)

Sistema autonivelante, de uretano cementicio, que provee un acabado liso.



Aditivo Antimicrobial:

Contiene Polygiene®, aditivo, a base de iones de plata.



Fácil de Limpiar:

Fácil de limpiar y esterilizar, no tiene juntas ni uniones. No contamina, ni genera polvo.



Resistencia Química:

Protección contra la mayoría de los ácidos utilizados en procesos de fabricación.



Inafectado por MVT:

Material permite la transmisión segura de vapor.



Bajo Olor:

No afecta la calidad del aire durante la instalación.

Anexo E. Correcciones por humedad y absorción.

Materiales a cargar

- Primera elaboración de probetas, preparadas el día jueves 28-07-2016, para el H25 simple y H25 producto CAVE, para 80 Lts.

Tabla 1. Corrección por humedad de los áridos.

Material	Unidad	Dosificación	Humedad	Absorción	Para 80 Lt.	Corrección	Total
Cemento	Kg	300	-	-	24	0	24
Grava	Kg	560	1,3	1,57	45	-0,12	44,68
Gravilla	Kg	370	1,4	1,86	30	-0,14	29,46
Arena	Kg	1000	4,4	2,45	80	1,56	81,56
Agua	Lt.	178	-	-	14	0,3	14,30
Aditivo	Kg	1,242	-	-		-	0,030

Fuente: Elaboración propia

- Segunda elaboración de probetas, preparadas el día jueves 04-08-2016, para el H25 Superplastificante, para 80 Lts.

Tabla 2. Corrección por humedad de los áridos.

Material	Unidad	Dosificación	Humedad	Absorción	Para 80 Lt.	Corrección	Total
Cemento	Kg	300	-	-	24	0	24
Grava	Kg	560	1,36	1,6	45	-0,09	44,71
Gravilla	Kg	370	1,13	1,9	30	-0,22	29,38
Arena	Kg	1000	2,9	2,5	80	0,4	80,4
Agua	Lt.	178	-	-	17	-0,89	12,11
Aditivo		1,242	-	-		-	0,030

Fuente: Elaboración propia

- Tercera elaboración de probetas, preparadas el día viernes 11-11-2016, para el H25 endurecedor superficial para 50 Lts.

Tabla 3. Corrección por humedad de los áridos.

Material	Unidad	Dosificación	Humedad	Absorción	Para 50 Lt.	Corrección	Total
Cemento	Kg	300	-	-	15	0	15
Grava	Kg	560	2,3	1,5	28	0,20	28,2
Gravilla	Kg	370	1,4	1,8	19	-0,0851	18,41
Arena	Kg	1000	3,6	2,45	50	0	50
Agua	Lt.	178	-	-	11	0,12	10,78
Aditivo	Kg	1,242	-	-		-	0,030

Fuente: Elaboración propia

