

ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESION DE HORMIGONES CON CEMENTO PORTLAND NORMAL, IP 40, IP 30, IF 30.

BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL CEMENTO PORTLAND

1. INTRODUCCIÓN.-

De todos los conglomerantes hidráulicos el cemento Portland y sus derivados son los más empleados en la construcción debido a que están formados, básicamente, por mezclas de caliza, arcilla y yeso que son minerales muy abundantes en la naturaleza, su precio es relativamente bajo en comparación con otros materiales y tienen propiedades muy adecuadas para las metas que se deben alcanzar.

Dentro de los conglomerantes hidráulicos entran también los cementos de altos hornos, los puzolánicos y los mixtos, teniendo todos éstos un campo muy grande de empleo en hormigones para determinados medios, así como los cementos aluminosos "cementos de aluminato de calcio", que se aplican en casos especiales.

Los cementos se emplean para producir morteros y hormigones cuando se mezclan con agua y áridos, naturales o artificiales, obteniéndose con ellos elementos constructivos prefabricados o construidos "in situ".

2. ANTECEDENTES.-

Hace 5.000 años aparecen al norte de Chile las primeras obras de piedra unidas por un conglomerante hidráulico procedente de la calcinación de algas, estas obras formaban las paredes de las chozas utilizadas por los indios.

Los egipcios emplearon morteros de yeso y de cal en sus construcciones monumentales.

En Troya y Micenas, dice la historia que, se emplearon piedras unidas por arcilla para construir muros, pero, realmente el hormigón confeccionado con un mínimo de técnica aparece en unas bóvedas construidas cien años antes de J.C.

Los romanos dieron un paso importante al descubrir un cemento que fabricaban mezclando cenizas volcánicas con cal viva. En Puteoli conocido hoy como Puzzuoli se

encontraba un depósito de estas cenizas, de aquí que a este cemento se le llamase "cemento de puzolana".

Con hormigón construye Agripa en el año 27 antes de J.C. el Panteón en Roma, que sería destruido por un incendio y reconstruido posteriormente por Adriano en el año 120 de nuestra era y que, desde entonces, desafió el paso de tiempo sin sufrir daños hasta el año 609 se transformó en la iglesia de Santa María de los Mártires. Su cúpula de 44 metros de luz está construida en hormigón y no tiene más huecos que un lucernario situado en la parte superior.



Fig.1

3. HISTORIA DEL CEMENTO PORTLAND.-

Hasta el siglo XVIII puede decirse que los únicos conglomerantes empleados en la construcción fueron los yesos y las cales hidráulicas, sin embargo, es durante este siglo cuando se despierta un interés notable por el conocimiento de los cementos.

John Smeaton, ingeniero de Yorkshire (Inglaterra), al reconstruir en 1758 el faro de Eddystone en la costa de Cornish, se encuentra con que los morteros formados por la adición de una puzolana a una caliza con alta proporción de arcilla eran los que mejores resultados daban frente a la acción de las aguas marinas y que la presencia de arcilla en las cales, no sólo las perjudicaba sino que por el contrario, las mejoraba, haciendo que estas cales fraguasen bajo el agua y que una vez endurecidas fuesen insolubles en ella.



Fig. 2

Puede decirse con acierto que el primer padre del cemento fue Vicat a él se debe el sistema de fabricación que se sigue empleando en la actualidad y que propuso en 1817. Vicat fue un gran investigador y divulgador de sus trabajos; en 1818 publicó su "Recherches experimentales" y en 1828 "Mortiers et ciments calcaires". En estos trabajos marca la pauta a seguir en la fabricación del cemento por medio de mezclas calizas y arcillas dosificadas en las proporciones convenientes y molidas conjuntamente. El sistema de fabricación que empleó Vicat fue el de vía húmeda y con él marcó el inicio del actual proceso de fabricación. Este gran científico en 1853 empieza a estudiar la acción destructiva del agua de mar sobre el mortero y hormigón.

En 1824, Joseph Aspdin, un constructor de Leeds en Inglaterra, daba el nombre de cemento Portland y patentaba un material pulverulento que amasado con agua y con arena se endurecía formando un conglomerado de aspecto parecido a las calizas de la isla de Portland. Probablemente, el material patentado por Aspdin era una caliza hidráulica debido, entre otras cosas, a las bajas temperaturas empleadas en la cocción.

En 1838 Brunel emplea por primera vez un cemento procedente de la fábrica de Aspdin en el que se había logrado una parcial sinterización por elección de una temperatura adecuada de cocción. Este cemento se aplicó en la construcción de un túnel bajo el río Támesis en Londres.



Fig. 3

Puede decirse que el prototipo del cemento moderno fue producido a escala industrial por Isaac Johnson quien en 1845 logra conseguir temperaturas suficientemente altas para clinkerizar a la mezcla de arcilla y caliza empleada como materia prima.

El intenso desarrollo de la construcción de ferrocarriles, puentes, puertos, diques, etc., en la segunda mitad del siglo XIX, da una importancia enorme al cemento y las fábricas de éste, especialmente las de cemento natural, empiezan a extenderse por doquier.

Es a partir de 1900 cuando los cementos Pórtland se imponen en las obras de ingeniería y cuando empieza un descenso veloz del consumo de cementos naturales.

Actualmente, el cemento Pórtland ha llegado a una gran perfección y es el material industrializado de construcción de mayor consumo. Se puede decir que el cemento es el alma del hormigón, siendo destinada, prácticamente, toda su producción a aglutinar piedras sueltas para crear el material pétreo que conocemos como hormigón.

Las investigaciones llevadas a cabo por los padres del cemento Michaelis y Le Chatelier, en 1870 y 1880, fueron fundamentales y muy meritorias para el desarrollo de este material.

En ellas se apoya toda la investigación actual que emplea técnicas de análisis muy sofisticadas y rápidas.

4. PROCESO DE FABRICACION DEL CEMENTO.-

La fabricación del cemento es una actividad industrial de procesamiento de minerales que se divide en tres etapas básicas:

- Obtención de materias primas
- Molienda y cocción de materias primas
- Molienda de cemento

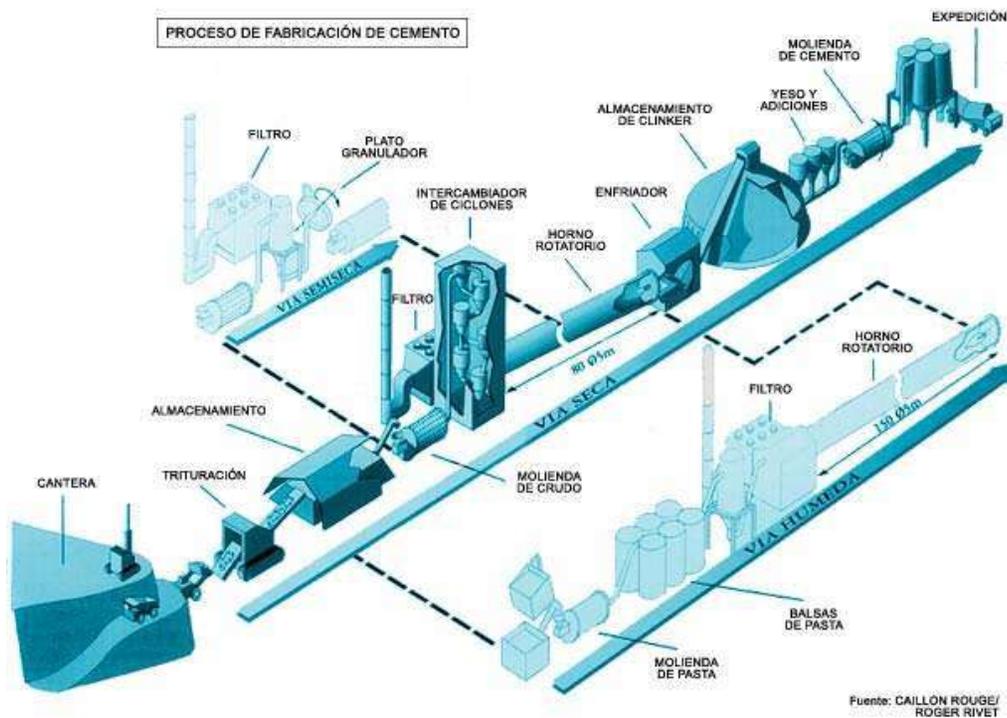


Fig. 4

4.1. OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE MATERIAS PRIMAS.-

El proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención de las materias primas necesarias para conseguir la composición deseada de óxidos metálicos para la producción de clinker.

El clinker se compone de los siguientes óxidos (datos en %)

Porcentaje %

Óxido de calcio "cal" (CaO) 60-69

Óxido de Silicio "sílice" 18-24

Óxido de Aluminio "alúmina" (Al₂O₃) 4-8

Óxido de Hierro (Fe₂O₃) 1-8



Fig. 5

La obtención de la proporción adecuada de los distintos óxidos se realiza mediante la dosificación de los minerales de partida:

- Caliza y marga para el aporte de CaO.
- Arcilla y pizarras para el aporte del resto óxidos.

Las materias primas son transportadas a la fábrica de cemento donde se descargan para su almacenamiento.

La prehomogenización realizada mediante diseños adecuados del apilamiento y la extracción de los materiales en los almacenamientos reduce la variabilidad de los mismos.

Los estudios de composición de los materiales en las distintas zonas de cantera y los análisis que se realizan en fábrica permiten dosificar la mezcla de materias primas para obtener la composición deseada.

4.2. MOLIENDA Y COCCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

La finalidad de la molienda es reducir el tamaño de las partículas de materias para que las reacciones químicas de cocción en el horno puedan realizarse de forma adecuada.

La molienda de materias primas (molienda de crudo) se realiza en equipos mecánicos rotatorios, en los que la mezcla dosificada de materias primas es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas.

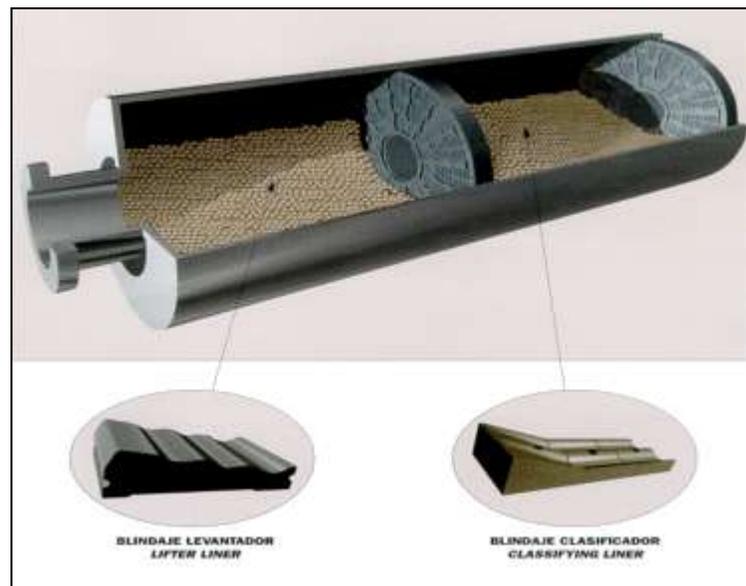


Fig. 6

El material obtenido debe ser homogeneizado para garantizar la calidad del clínker y la correcta operación del horno.

En la actualidad, en torno al 78 % de la producción de cemento de Europa se realiza en hornos de vía semi-seca o semi-húmeda; y un 6 % de la producción europea se realiza mediante vía húmeda.

4.2.1. PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL CLÍNKER.-

- Vía Seca

- Vía semi-seca,

- Vía semi-húmeda

- Vía húmeda

- Proceso de vía seca

La materia prima es introducida en el horno en forma seca y pulverulenta.

El sistema del horno comprende una torre de ciclones para intercambio de calor en la que se precalienta el material en contacto con los gases provenientes del horno.

El proceso de descarbonatación de la caliza (calcinación) puede estar casi completado antes de la entrada del material en el horno si se instala una cámara de combustión a la que se añade parte del combustible (precalcinador).

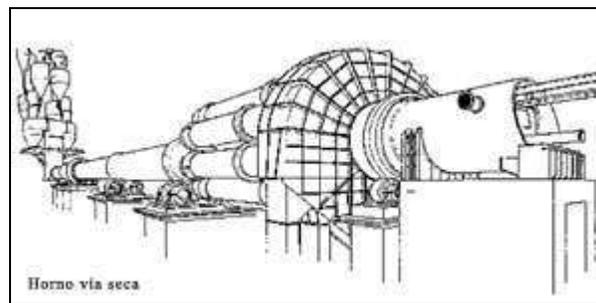


Fig. 7

- Proceso de vía húmeda

Este proceso es utilizado normalmente para materias primas de alto contenido en humedad.

El material de alimentación se prepara mediante molienda conjunta del mismo con agua, resultando una pasta con contenido de agua de un 30-40 % que es alimentada en el extremo más elevado del horno de clínker.

- Procesos de vía semi-seca y semi-húmeda

El material de alimentación se consigue añadiendo o eliminando agua respectivamente, al material obtenido en la molienda de crudo.

Se obtienen "pellets" o gránulos con un 15-20 % de humedad que son depositados en parrillas móviles a través de las cuales se hacen circular gases calientes provenientes del horno. Cuando el material alcanza la entrada del horno, el agua se ha evaporado y la cocción ha comenzado.

En todos los casos, el material procesado en el horno rotatorio alcanza una temperatura entorno a los 1450°. Es enfriado bruscamente al abandonar el horno en enfriadores planetarios o de parrillas obteniéndose de esta forma el clínker.

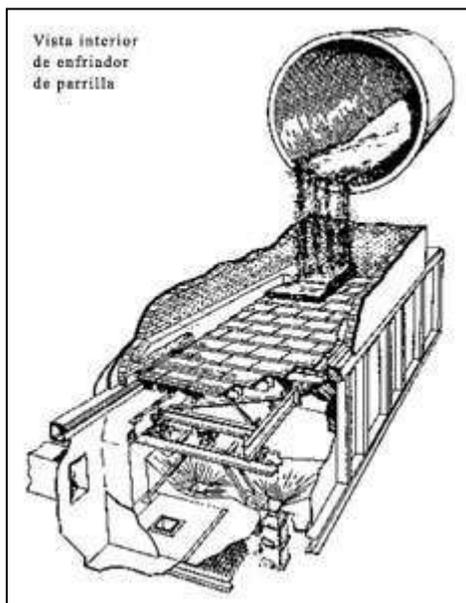


Fig. 8

4.3. MOLIENDA DEL CEMENTO.-

El proceso de fabricación de cemento termina con la molienda conjunta de clínker, yeso y otros materiales denominados "adiciones".

Los materiales utilizables, que están normalizados como adiciones, son entre otros:

- Escorias de horno alto
- Humo de sílice

- Puzolanas naturales
- Cenizas volantes
- Caliza

En función de la composición, la resistencia y otras características adicionales, el cemento es clasificado en distintos tipos y clases

La molienda de cemento se realiza en equipos mecánicos en las que la mezcla de materiales es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas.

Para ello se utilizan los siguientes equipos:

- Prensa de rodillos
- Molinos verticales de rodillos
- Molinos de bolas
- Molinos horizontales de rodillos

Una vez obtenido el cemento se almacena en silos para ser ensacado o cargado a granel.



Fig. 9

5. ELABORACIÓN.-

5.1. MATERIAS PRIMAS.-

Las materias primas fundamentales son las rocas calcáreas y las arcillas. Estas que se extraen de yacimientos a cielo abierto.

La otra materia prima que se utiliza es el yeso, que se incorpora en el proceso de la molienda, para regular el tiempo de fraguado.

5.2. PROCESO DE ELABORACIÓN.-

El proceso consiste en tomar las rocas calcáreas y las arcillas en proporciones adecuadas y molerlas intensivamente, de manera que el compuesto de la caliza (CaO) se vincule íntima y homogéneamente con los compuestos de la arcilla (SiO₂, Al₂O₃ y Fe₂O₃). El producto resultante denominado polvo crudo ingresa al horno y egresa como clinker. El proceso se completa con la molienda conjunta del clinker y yeso, obteniendo el cemento Pórtland.

Trituración primaria: Los bloques de rocas calcáreas y las arcillas provenientes de las canteras, ingresan a la trituradora primaria quedando reducidas a tamaños inferiores a los 10 cm.

Trituración secundaria: Ingresan el material proveniente de la trituradora primaria y sale con tamaños máximos inferiores a 2,5 cm

Molienda: El material resultante de la trituradora secundaria ingresa a un molino, resultando un producto impalpable, denominado polvo crudo.

Homogeneización: Con el fin de alcanzar la unión íntima de los compuestos, se somete al polvo crudo a un mezclado intensivo, por medio de ciclones de aire.

Calcinación: El polvo crudo ingresa al horno, elevándose la temperatura hasta alcanzar los 1450 °C, en donde se produce una fusión incipiente del producto resultante, denominado clinker.

Molienda: Finalmente, el clinker conjuntamente con el yeso se muele hasta obtener el Cemento Pórtland.

Se utilizan dos métodos de manufactura: los procesos mojado y seco. En ambos procesos se prefiere el circuito cerrado pulverizado en preparación de los materiales crudos que el

circuito abierto de pulverizado porque en el primero las partículas pequeñas o finos son colados y los gruesos del material son regresados; mientras que en el segundo, el material crudo es molido continuamente lo que significa que en lo más fino se consigue el valor deseado.

El proceso mojado fue desplazado por un tiempo por el proceso en seco, pero actualmente empieza a ser adaptado por nuevas plantas debido al control más exacto y el mezclado de los materiales crudos con sus proporciones. El material sólido después de un secado abrumador, es reducido a un estado fino de división en un tubo mojado o molino de pelota y pasa por un slurry o lechada a través de un clasificador de balón o colador. El slurry es bombeado a tanques correctivos donde unas aspas hacen una mezcla homogénea y permite los ajustes finales en la composición.

Este slurry es filtrado en un filtro rotatorio continuo y alimentado al horno. El proceso en seco se aplica especialmente a los cementos de roca natural y para la mezcla de roca con cal y esquisto o pizarra. En este proceso los materiales son bruscamente molidos en molinos con mandíbulas seguidas de molinos rotatorios; después son secados, reducidos de tamaño y aún más molidos en un molino de tubo. Este material secado, es decir, en polvo, se alimenta directamente a los hornos rotatorios donde toman lugar las reacciones químicas. El calor es provisto por aceite quemado, gas natural, carbón pulverizado usando aire precalentado del enfriamiento del clinker.

Los hornos del proceso en seco pueden ser de 150 ft y en el proceso mojado los hornos son de 300 a 500 ft, con esto vemos que no son hornos muy comunes. El diámetro interno usualmente es de 8 a 15 ft y tienen una rotación de $\frac{1}{2}$ a 2 rpm dependiendo del tamaño; están un poco inclinados para que los materiales alimentados en la parte superior viajen lentamente a la parte baja tomando de 2 a 3 hr.

5.3. OPERACIONES UNITARIAS, PROCESOS UNITARIOS.-

Esencialmente las operaciones unitarias preparan los materiales crudos en las proporciones necesarias y el estado físico propio de la finura y contacto íntimo tal que las reacciones químicas (procesos unitarios) pueden tomar parte en la temperatura de

calcinación en el horno para formar, por doble descomposición o neutralización, los siguientes componentes:

5.3.1. FÓRMULA NOMBRE ABREVIATURA.-

2CaO.SiO₂ Silicato dicálcico C₂S

3CaO.SiO₂ Silicato tricálcico C₃S

3CaO.Al₂O₃ Aluminato tricálcico C₃A

4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃ Aluminioferrito tetracálcico C₄AF

MgO En estado libre.

K₂O y Na₂O formando pequeños montículos de varios componentes con CaO, Al₂O₃, SiO₂ y SO₃

También toman lugar otras reacciones, tal como deshidratación y descarbonización o calcinación de la piedra de cal, ambos siendo endotérmicos con valores de 380 y 665 BTU/lb. respectivamente. La formación del clinker es exotérmica con un valor probable de 200 BTU/lb. de clinker.

Sin embargo, la consumación del carbón indica 3000 o 4000BTU/lb de clinker. Este calor es despedido del horno en las reacciones siguientes:

Temperatura Reacción Intercambio de calor.

100°C Evaporación de agua libre Endotérmica

500°C y más Evolución de agua combinada Endotérmica con la arcilla

900°C y más Evolución del dióxido de carbono Endotérmica del carbonato de calcio.

900°C – 1200°C Reacción principal entre la Exotérmica cal y la arcilla.

1250°C – 1280°C Principio de formación de la Endotérmica líquido.

1280°C y más Formación de más líquidos Probablemente y componentes endotérmica.

Se debe notar que más de las reacciones en el horno proceden en las fases sólidas y en el final ocurre la fusión incipiente. Todas estas reacciones con aprovechadas en la "quema de cemento".

Para obtener una gran economía de calor, las operaciones unitarias se usan para remover parte del agua del slurry. Algunos procesos usan filtros de slurry y separadores Dorr. Algunos otros adjuntos comunes para los hornos rotatorios son los separadores ciclónicos de polvos y precipitadores Cottrel. Los calentadores de calor de desecho algunas veces se utilizan para conservar el calor y son, particularmente, salvadores o guardadores en el proceso en seco, donde los gases de desecho del horno son más calientes que los que provienen del horno en el proceso mojado que puede ser de 800°C.

Debido a que el revestimiento del horno tenía que resistir abrasiones severas y ataque químico a altas temperaturas en la zona del clinker y que el cambio del revestimiento refractario es difícil; comúnmente se usa ladrillo de superalúmina y ladrillo de súper magnesio; sin embargo si solo se utiliza cemento Pórtland, es satisfactorio.

6. PROPIEDADES QUÍMICAS.-

La propiedad de liga de las pastas de cemento Pórtland se debe a la reacción química entre el cemento y el agua llamada hidratación.

El cemento Portland no es un compuesto químico simple, sino que es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos conforman el 90% o más de el peso del cemento Pórtland y son: el silicato tricálcico, el silicato dicálcico, el aluminato tricalcico y el aluminio ferrito tetracálcico. Además de estos componentes principales, algunos otros desempeñan papeles importantes en el proceso de hidratación. Los tipos de cemento Pórtland contienen los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes.

Cuando el clinker (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Pórtland) se examina al microscopio, la mayoría de los compuestos individuales del cemento se pueden identificar y se puede determinar sus cantidades. Sin embargo, los granos más pequeños evaden la detección visual. El diámetro promedio de una partícula de cemento

típica es de aproximadamente 10 micras, o una centésima de milímetro. Si todas las partículas de cemento fueran las promedio, el cemento Portland contendría aproximadamente 298,000 millones de granos por kilogramo, pero de hecho existen unos 15 billones de partículas debido al alto rango de tamaños de partícula. Las partículas en un kilogramo de cemento Portland tienen un área superficial aproximada de 400 metros cuadrados.

Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen cerca del 75% del peso del cemento Portland, reaccionan con el agua para formar dos nuevos compuestos: el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es el componente cementante más importante en el concreto. Las propiedades ingenieriles del concreto, fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional principalmente dependen del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la medula del concreto.

La composición química del silicato de calcio hidratado es en cierto modo variable, pero contiene cal (CaO) y sílice (SiO_2), en una proporción sobre el orden de 3 a 2. El área superficial del hidrato de silicato de calcio es de unos 3000 metros cuadrados por gramo. Las partículas son tan diminutas que solamente son vistas en microscopio electrónico. En la pasta de cemento ya endurecida, estas partículas forman uniones enlazadas entre las otras fases cristalinas y los granos sobrantes de cemento sin hidratar; también se adhieren a los granos de arena y a piezas de agregado grueso, cementando todo el conjunto. La formación de esta estructura es la acción cementante de la pasta y es responsable del fraguado, del endurecimiento y del desarrollo de resistencia.

Cuando el concreto fragua, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, mismos que no tienen resistencia alguna. La resistencia esta en la parte sólida de la pasta, en su mayoría en el hidrato de silicato de calcio y en las fases cristalinas.

Entre menos porosa sea la pasta de cemento, mucho mas resistente es el concreto. Por lo tanto, cuando se mezcle el concreto no se debe usar una cantidad mayor de agua que la absolutamente necesaria para fabricar un concreto plástico y trabajable. Entonces, el agua empleada es usualmente mayor que la que se requiere para la completa hidratación

del cemento. La relación mínima Agua – Cemento (en peso) para la hidratación total es aproximadamente de 0.22 a 0.25.

El conocimiento de la cantidad de calor liberado a medida de que el cemento se hidrata puede ser útil para planear la construcción. En invierno, el calor de hidratación ayudara a proteger el concreto contra el daño provocado por temperaturas de congelación. Sin embargo, el calor puede ser en estructuras masivas, tales como presas, porque puede producir esfuerzos indeseables al enfriarse luego de endurecer. El cemento Pórtland tipo 1 un poco mas de la mitad de su calor total de hidratación en tres días. El cemento tipo 3, de alta resistencia temprana, libera aproximadamente el mismo porcentaje de su calor en mucho menos de tres días. El cemento tipo 2, un cemento de calor moderado, libera menos calor total que los otros y deben pasar mas de tres días para que se libere únicamente la mitad de ese calor. El uso de cemento tipo 4, cemento Pórtland de bajo calor de hidratación, se debe de tomar en consideración donde sea de importancia fundamental contar con un bajo calor de hidratación.

Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque la velocidad determina el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del clinker, actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del cemento Pórtland. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluyen la finura de molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado.

Campos de Aplicación

Se emplea en todo tipo de obra que no requiera de un cemento especial, a saber:

- Estructuras de Hormigón Armado, pretensado y postesado
- Premoldeados
- Pavimentos, pistas de aeropuertos y puentes

- Canales y alcantarillas
- Trabajos de albañilería (carpetas, morteros)

Por su elevada resistencia y rápida evolución, se recomiendan especialmente para:

- Hormigones de alta resistencia
- Habilitación al tránsito (fast-track). Pavimentos de hormigón donde se requiere una rápida habilitación
- Estructuras elaboradas con encofrados deslizantes.
- Hormigonados en períodos de baja temperatura

Los hormigones elaborados con Cemento Pórtland Normal poseen los máximos valores de resistencia, permitiendo:

- Incrementar la seguridad, si se mantiene la dosificación
- Posibilitar, además, una durabilidad mayor
- Economizar el costo, si se reduce el contenido de cemento

Los hormigones elaborados con Cemento Pórtland Normal desarrollan una rápida evolución de resistencia posibilitando:

- Acortar los tiempos de obra
- Habilitar más rápidamente la obra
- Reducir costos
- El Cemento Pórtland Normal es moderadamente resistente a los sulfatos

7. NORMAS DE CALIDAD DEL CEMENTO PÓRTLAND.-

Análisis químico (ASTM C 114-16 T): Este análisis consiste en un grupo de procedimientos de prueba por el que se determina cuantitativamente los óxidos, álcalis y residuos del cemento. La química de los cementos es una cuestión complicada, por lo que es indispensable tener personal especializado para ejecutar estos análisis.

Finura, superficie específica en centímetros cuadrados por gramo. (Especificación ASTM C 115-58 o C 204-55): Los dos aparatos más comunes para medir la finura del cemento Pórtland son el turbidímetro de Wagner y el aparato de Blaine para determinar la permeabilidad del aire. El turbidímetro se basa en la teoría de la sedimentación para obtener la distribución de las partículas en tamaños con la que se calcula la superficie específica. Se dispersa una muestra de cemento en kerosene en una probeta de vidrio y se mide la velocidad de sedimentación por los cambios en la intensidad de la luz que pasa a través de la suspensión. En el método de permeabilidad al aire se determina la superficie específica haciendo pasar una cantidad definida de aire por una muestra preparada. La cantidad de aire que pasa es una función del tamaño y distribución de las partículas.

Constancia de volumen (ASTM C 266-58 T o C 191-58): Las agujas de Gillmore y las de Vicat se utilizan para determinar la rapidez con la que se endurece el cemento Pórtland.

Se prepara una muestra de pasta en condiciones especificadas y se cura a humedad y temperatura constantes. Se apoya la aguja de Gillmore o la de Vicat sobre la pasta un tiempo determinado, y la penetración indica la dureza o fraguado. La composición química, la finura, el contenido de agua y la temperatura son factores importantes que influyen en la duración del fraguado, y como el fraguado es un punto muy importante, es importante que se controle cuidadosamente.

Resistencia a la compresión en lb/pulg (ASTM C 109-58): La muestra del cemento se mezcla con una arena silicosa y agua en las proporciones preescritas y se moldean en cubos de 2x2x2 pulgadas. Estos cubos se curan y luego se prueban a la compresión para obtener una indicación de las características que sirven para desarrollar la resistencia del cemento.

Con lo anterior podemos observar el proceso de manufactura del cemento Pórtland, así como los principales componentes y las propiedades químicas y físicas de este cemento. Por lo que cabe en los campos de aplicación determinamos que el cemento Pórtland es el de más uso común, además de su calidad podemos observar un costo accesible, por lo que lo hace el apropiado para construcciones en general.

Las normas de calidad que rigen que se señalan en este trabajo son las más comunes, sin embargo, en cada planta procesadora de cemento Pórtland se basan en pruebas específicas de calidad, por lo que resulta un poco difícil detallar todas las normas de cada una de las plantas.

Podemos concluir que la hidrólisis y la hidratación son los factores importantes en el endurecimiento del cemento, ya que los productos que resultan de la hidratación tienen muy baja solubilidad en el agua. Si esto no fuera cierto, el concreto sería atacado rápidamente al contacto con el agua.

8. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CLINKER DE CEMENTO PORTLAND.-

Dada la complejidad de los compuestos en el clinker del cemento Portland, generalmente se usa la abreviación de estos para la descripción de los compuesto, (ver tabla 1).

TABLA 1.- Nomenclatura de los compuestos del clinker

COMPUESTO	NOMBRE	NOMBRE COMUN	ABREVIACIÓN
Ca O	Oxido de Calcio	“Cal”	C
Si O ₂	Dióxido de Silicio	“Sílice”	S
Al ₂ O ₃	Oxido de Aluminio	“Alúmina”	A
Fe ₂ O ₃	Oxido Férrico	“Hierro”	F
H ₂ O	Agua		H
S O ₃	Sulfato		S

Existen varios tipos de cementos en el mundo, siendo el más comúnmente usado el denominado cemento Portland I, que actualmente se produce en nuestro país, cada tipo de cemento tiene una aplicación especial o específica.

Para preparar un cemento Portland y para que sea catalogado de esa forma, tiene que cumplir ciertos requisitos de tipo físico y químico.

Para cumplir con dichas especificaciones, el proceso de producción de cemento debe ser llenado a cabo de acuerdo a reglas operativas y control de materias primas, por ejemplo la preparación de un buen material para la cocción en el horno es un factor clave para este fin.

9. COMPONENTES PRINCIPALES DEL CLINKER.-

9.1. SILICATO TRICÁLCICO (C₃ S).-

Conocido como ALITA es un compuesto hidráulicamente activo; es decir, que reacciona ante presencia de agua y aire, responsable de las resistencias mecánicas altas a los primeros días y cuyo fraguado está regulado por la adición de yeso, tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

El porcentaje usual de este compuesto en el clinker debe estar comprendido entre el 45 y el 65%.

9.2. SILICATO DICÁLCICO (C₂ S).-

Conocido como Belita, este compuesto es también hidráulicamente activo y favorece el endurecimiento, es responsable de las resistencias mecánicas finales. La adición de yeso, no produce cambios notables en este compuesto. El silicato dicálcico tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

El valor de C₂ S para condiciones normales debe estar entre el 10 y 30%.

9.3. ALUMINATO TRICÁLCICO (C₃ A).-

Este compuesto genera calor al hidratarse, siendo un punto negativo en la preparación de la mezcla de cemento, los cementos que contienen un elevado porcentaje de $C_3 A$, generan gran cantidad de calor, produciendo esfuerzos que ocasionan posteriores fisuras internas en el hormigón.

El $C_3 A$ esta regulado por la adición de yeso, el cual retarda la hidratación del mismo; a mayores cantidades de $C_3 A$ se requieren mayores cantidades de yeso.

Los valores del $C_3 A$ usualmente deben estar entre 5 – 15 %.

9.4. FERROALUMINATO TETRACÁLCICO ($C_4 AF$).

Es un compuesto que no tiene mucha influencia en el desarrollo de la resistencia del cemento, su influencia se siente más en la coloración del mismo. Su participación varía entre el 12 al 18%.

9.5. CAL LIBRE (CAO).

En el proceso de clinkerización el óxido de calcio ($Ca O$) existente en la harina cruda, reaccionara con los óxidos de sílice, alúmina y hierro para formar los silicatos y aluminatos de calcio.

La cal libre, corresponde a la cantidad de óxido de calcio que no ha reaccionado químicamente y que se encuentra como tal. La presencia de cantidades elevadas (mayor al 1%) de cal libre, implica que la dosificación de las materias primas ha sido incorrecta o hubo deficiencias, en el proceso de quemado o clinkerización.

La cal libre es un compuesto indeseable porque es expansivo, es decir, aumenta su volumen cuando se mezcla con agua, provocando esfuerzos internos y agrietamiento en el concreto, participa entre un 55 y un 65%.

9.6. OXIDO DE MAGNESIO (MG O)

Es un compuesto sin propiedades hidráulicas, en contacto con el agua se hidrata aumentando su volumen. Porcentajes de $Mg O$ mayores que el 5%, implican peligro de

expansión. La expansión por magnesio es muy peligrosa, pues se manifiesta con gran lentitud a través de los años.

9.7. RESIDUO INSOLUBLE (RI).-

El residuo insoluble, señala el grado de perfección en las reacciones que se efectúan en el horno, a menor valor de residuo insoluble, el desarrollo de los minerales del clinker es más perfecto. De igual forma, cuando se aumenta agregado al cemento el valor del residuo insoluble tiende a subir, puede variar según los parámetros utilizados por cada tipo de cemento, para nuestro medio no debe exceder del 25% de acuerdo a la NB-011.

10. FENOMENOLOGÍA DEL PROCESO DE CLINKERIZACIÓN.-

Vamos a analizar paso a paso los procesos que tienen lugar para transformar las materias primas en clinker.

10.1. PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS.-

Cuando los componentes que forman los minerales de clinker no se encuentran bien dosificados, se tendrá un cemento de baja resistencia, con compuestos químicos no deseados, que provocan mala calidad en el cemento.

Como en la naturaleza, no podemos encontrar estos componentes en estado puro, tenemos que combinar ciertos materiales para poder alcanzar esta composición. Dentro de estos materiales tenemos:

Caliza: La caliza químicamente es una mezcla de Carbonato de Calcio, carbonato de magnesio y arcillas.

Arcillas: Son minerales que contienen sílice, alúmina y hierro básicamente. Se emplean los términos caliza alta y caliza media para diferenciar las calizas con alto y bajo contenido de carbonato de calcio.

Caliza alta >75% de carbonato de calcio

Caliza media <75% de carbonato de calcio

Ejemplo:

Caliza de Sayari	83% de carbonato de calcio
Mármol	99% de carbonato de calcio
Caliza de pérmico	64% de carbonato de calcio

Normalmente la arcilla contenida en la caliza, no es suficiente para introducir un componente importante para la producción de cemento, como es la alúmina, en este caso se añade a la mezcla otro componente arcilloso conocido como LUTITA.

La lutita aporta básicamente Alúmina y Sílice a la mezcla.

Como en nuestras arcillas, incluyendo la lutita y el contenido en la misma caliza no tienen suficiente hierro, se añade mineral de hierro para completar la dosis requerida para la mezcla.

Lo importante a resaltar en este punto es que, los ingredientes que componen la materia base para producir cemento, deben estar dosificados en forma proporcional, y dependen de otros, es decir debe haber una cierta cantidad de sílice dependiendo de la cantidad de carbonato de calcio, debe haber una cierta cantidad de hierro y alúmina dependiendo de la cantidad de sílice que existe.

Para llevar un mejor control de estas relaciones se usa en la técnica cementera unas relaciones que dan buen resultado en la práctica diaria de producción de cemento, estos parámetros son el Modulo silícico, Modulo fundente y el Índice de saturación de cal.

Estos parámetros son determinados luego de un análisis químico de la harina cruda realizada en laboratorio, de la muestra tomada de la harina homogenizada, preparada y dosificada por el laboratorio y controlada por el encargado de crudo.

MODULO SILICICO:

$$M_s = \frac{SiO_2}{Al_2O_3Fe_2O_3}$$

Este modulo es muy importante debido a que afecta la conducta del horno y la calidad del clinker. Un incremento en la sílice (SiO_2) a expensas de la alúmina (Al_2O_3), produce una harina difícil de quemar, alto consumo de energía y también puede deteriorar el refractario, lo que indica que se tiene alto modulo silícico.

Este módulo en Coboce se mantiene entre 2.5 a 3.0

MODULO FUNDENTE: (MODULO DE ALUMINA)

$$M_F = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

Bajos módulos fundentes facilitan la formación de los compuestos del clinker a baja temperatura, altos módulos fundentes es decir mayor proporción de alúmina respecto al hierro produce una mezcla difícil de cocer.

Los factores favorables se contraponen con el peligro de taponamientos, formación de bolones, mucha costra, etc. Cuando se trabaja con módulos fundentes bajos.

En Coboce este módulo varía entre 1.4 a 1.9

INDICE DE SATURACIÓN DE CAL:

$$SF = \frac{CaO}{2.8SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

El óxido de calcio (Ca O) debe ser cuidadosamente proporcionado con relación a los otros constituyentes de la harina cruda.

Harinas con alto contenido de Ca O son difíciles de quemar, tienden a producir cementos de mala calidad debida fundamentalmente a la mal cocción.

Harinas con bajo contenido de óxido de calcio pueden producir cementos con baja resistencia.

Coboce mantiene este índice entre 89 y 95.

La etapa de selección de los materiales básicos para su correspondiente explotación es realizada por el departamento de explotación (Cantera) conjuntamente con el departamento de control de calidad (Laboratorio). Los cuales entregan el material bruto explotado al departamento de producción.

Este material es acumulado en diferentes playas, dependiendo de su composición y procedencia y pasan luego a la primera etapa del proceso, el chancado.

El departamento de Producción a través de la sección molienda de crudo y homogeneización, se encarga de preparar la harina cruda base, para producir clinker en el horno.

10.2. PROCESOS DE COCCIÓN.-

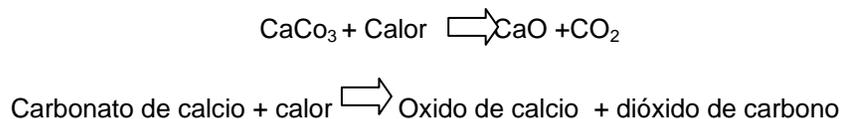
En el proceso general de cocción del cemento se distinguen los siguientes procesos particulares:

10.2.1. DESECACIÓN DE LOS MINERALES ARCILLOSOS.-

A temperaturas superiores a los 100°C hasta los 250°C, tiene lugar la eliminación del agua absorbida por el mineral arcilloso, le sigue luego el proceso de deshidratación del agua químicamente unida, es decir que en esta etapa se termina el secado iniciado en el molino de crudo, tiene lugar en el primer y segundo ciclón de los precalentadores Humboldt y Fuller.

10.2.2. DESCOMPOSICIÓN DE LOS CARBONATOS DE CALCIO Y MAGNESIO

El carbonato de calcio se descompone en oxido de calcio y dióxido de carbono ante la acción del calor, según la siguiente relación:



Esta relación de descomposición es fuertemente endotérmica, es decir que absorbe bastante calor para que pueda ocurrir.

Se denomina normalmente reacción de calcinación (descarbonatación) a lo siguiente: por ejemplo una calcinación del 25% significa que, del total posible a calcinar un 25% del carbonato de calcio se ha descompuesto para formar cal y gas dióxido de carbono y un 75% permanece como carbonato de calcio.

Considerando un grano de carbonato de calcio molido, para que la anterior reacción tenga lugar se tienen los siguientes pasos:

Llevar calor a la superficie que rodea la partícula.

El calor debe conducirse de la superficie del grano hacia el centro.

A cierta temperatura y cuando el carbonato ya ha calentado empieza a reaccionar o descomponerse como se había explicado anteriormente.

La reacción anterior deja como producto un material cocido, como resultado de la anterior reacción, el gas dióxido de carbono debe abandonar ahora el grano hacia la corriente exterior, viajando del centro hacia la superficie de la partícula.

Este gas CO_2 luego es arrastrado por la corriente de gases y eliminado por la chimenea.

Esta reacción tiene lugar en los precalentadores Fuller y Humboldt en los ciclones 2, 3 y 4, es en el calentador donde se descarbonata cerca al 95%, y en el horno donde finaliza todo el proceso de la descarbonatación.

10.2.3. REACCIONES ENTRE SÓLIDOS.-

Desde los 650°C hasta los 1050°C se produce una reacción entre los sólidos de las materia primas, formándose los primeros minerales de clinker, el límite máximo para estas reacciones es los 1250°C , cuando aparece la fase líquida de clinker.

Un aspecto importante en este punto para el buen desarrollo de estas reacciones es el tamaño de partículas.

Con la deshidratación de los minerales de arcilla, la Al_2O_3 y el Fe_2O_3 se hacen reactivas y comienzan a combinarse con el óxido de calcio CaO del carbonato de calcio quemado.

De la reacción entre, el Ca O y la Si O₂ se produce rápidamente C₂S, cuya cuantía se incrementa a los 1000°C en esta fase, se forman también los minerales precursores de la fase fundida el C₃ S y el FA C₄. Estas reacciones, básicamente se desarrollan entre el calcinador y el horno.

10.2.4. REACCIONES EN PRESENCIA DE MATERIA FUNDIDA.-

Entre los 1250°C y 1280°C aparece una fase líquida y entre 1250°C y 1450°C se produce solo una reacción, la formación de C₃S a partir del CaO y C₂S, de hecho este mineral es el más importante del clinker.

Las siguientes etapas tienen lugar durante esta reacción:

El CaO debe moverse en el medio líquido para alcanzar al C₂S.

Una vez en contacto estos elementos, la reacción tiene lugar formando el principal producto del clinker, el C₃S.

Cristalización del C₃S; luego de reaccionar el CaO y el C₂S y convertirse en C₃S, este material debe enfriarse para su posterior uso.

La segunda etapa, es la más importante, habida cuenta que si se tiene granos grandes la reacción no se desarrollará completamente quedando algo de CaO sin reaccionar, esto se conoce como cal libre.

Esta reacción tiene lugar solamente en el horno.

10.2.5. ENFRIAMIENTO.-

El enfriamiento, contribuye a la cristalización de los minerales formados, las particularidades del enfriamiento ya sea rápida o lentamente, fijarán las características cristalográficas de los minerales de clinker, desde el punto de vista de su reordenamiento reticular y su tamaño, esto se traduce luego en ciertas características de calidad del

mismo. Por ejemplo, cuando el enfriamiento es lento, algo del compuesto más importante del clinker el C_3S se descompone en C_2S y en Cal libre. Esta etapa tiene lugar en la parte final del horno y enfriador de parrilla fuller.

11. DIFERENCIAS EN LA FABRICACIÓN DE LOS CEMENTOS PORTLAND Y CON ADICIÓN.-

Hasta el momento hemos visto el proceso de fabricación del clinker que es la materia prima para la fabricación del cemento, las adiciones se las realiza al final del proceso cuando el clinker está frío y molido, entonces todas las adiciones son a final de línea de producción.

Por lo explicado no existe diferencia en el proceso de fabricación ya que la base del cemento es la misma y las adiciones como ser: Puzolanas naturales, Filler calizo, escoria de altos hornos, cenizas volantes y humo de sílice, son adicionadas en frío y antes de ser embolsado el cemento.

En el aspecto técnico se aborda la influencia positiva de los cementos con adiciones en el comportamiento de los conglomerados, desde el punto de vista de su resistencia mecánica, de su estabilidad y durabilidad en distintos aspectos.

En la faceta económica se considera la importancia en el ahorro de energía y de recursos naturales que tiene la utilización de materiales naturales y de subproductos industriales como adiciones para los cementos.

En el aspecto ecológico se menciona el efecto beneficioso que lleva consigo el empleo de dichas adiciones.

12. CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS DE ACUERDO A LA NORMA BOLIVIANA NB-011.-

12.1. CEMENTO PORTLAND.-

Es el producto obtenido por la pulverización del clinker Portland con la adición de piedra de yeso natural, se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso total, siempre y cuando los cementos resultantes cumplan las condiciones físicas, químicas y mecánicas requeridas. Con la denominación Portland existen tres tipos:

12.2. CEMENTO PORTLAND TIPO I.-

Son los conglomerantes, hidráulicos constituidos a base de: clinker Portland en proporción no menor al 95% en masa y de cualquiera de los componentes adicionales definidos en esta norma, o mezclas de ellos, en proporción no mayor del 5% en masa.

12.3. CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA, TIPO IP.-

Son los conglomerantes hidráulicos constituidos a base de: clinker Portland en proporción no menor del 70% ni mayor del 94% en masa, puzolana natural en proporción no menor del 6% ni mayor del 30% en masa y de otros de los componentes adicionales definidos en esta norma, en proporción comprendida entre el 0% y el 5% en masa.

12.4. CEMENTO PORTLAND CON FILLER CALIZO, TIPO IF.-

Son los conglomerantes hidráulicos constituidos a base de: clinker Portland en proporción no menor del 80% ni mayor del 94% en masa, filler calizo en proporción no menor del 6% ni mayor del 15% en masa y de otros de los componentes adicionales definidos en esta norma, en proporción comprendida entre el 0% y el 5% en masa.

12.5. CEMENTOS PUZOLÁNICOS, TIPO P.-

Son los conglomerantes hidráulicos constituidos a base de: clinker Portland en proporción no menor del 60% en masa, de puzolanas naturales, cenizas volantes u otros materiales puzolánicos en proporción total no mayor del 40% en masa y de otros de los constituyentes definidos en esta norma, en proporción total no mayor del 5% en masa.

TABLA 2.- Clasificación y composición de los cementos

TIPOS DE CEMENTOS			PROPORCIÓN EN MASA % (1)			
			COMPONENTES PRINCIPALES			Componentes adicionales (2) (3)
Denominación	Designación	Tipo	Clinker	Puzolana Natural (2)	Filler Calizo (3)	
Cemento Portland	Cemento Portland	I	95 a 100	---	---	0 a 5
	Cemento Portland con Puzolana	IP	70 a 94	6 a 30	---	0 a 5
	Cemento Portland Con Filler Calizo	IF	80 a 94	---	6 a 15	0 a 5
Cemento Puzolánico		P	>=60	<=40	---	0 a 5

12.6. CATEGORÍAS RESISTENTES DE LOS CEMENTOS.-

TABLA 3.- Categorías resistentes de los cementos

CATEGORIAS RESISTENTES	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa) (NB 470) (1)		
	Mínimas a 3 días	Mínimas a 7 días	Mínimas a 28 días

Alta	40	17	25	40
Media	30	---	17	30
Corriente	25	---	15	25

1. El método alternativo de la NB 644, da resultados notoriamente más altos; por lo tanto, estas especificaciones de resistencia no son adecuadas para el control de calidad.

12.7. ESPECIFICACIONES FÍSICAS PARA LOS CEMENTOS.-

TABLA 4.- Especificaciones físicas para los cementos

TIPOS (I)	EXPANSIÓN	
	Autoclave % máximo (NB 471)	Le Chatelier máximo en mm (NB 643)
I	0.80	10
IP, IF, P	1,00	10

*Véase tipos de cementos en la tabla 1

12.8. ESPECIFICACIONES QUÍMICAS PARA LOS CEMENTOS.-

TABLA 5.- Especificaciones químicas para los cementos

Características Químicas (NB 061)	TIPOS DE CEMENTO (1)			
	I	IP	IF	P
Pérdida por calcinación (% máx.)	5	7	7	8
Residuo Insoluble (% máx.)	3	---	5	---
Trióxido de azufre (SO ₃)	3.5	4	4	4
Oxido de magnesio (Mg O) (% máx.)	6	6	6	6
Puzolanicidad (8 o 15 días)	---	---	---	Positiva

*Véase tipos
tabla 1.

de cemento

13. CONCEPTOS GENERALES DEL CONCRETO.-

13.1. DEFINICIÓN.-

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

De la definición antes mencionada se desprende que se obtiene un producto híbrido, que conjuga en mayor o menor grado las características de los componentes.

13.2. CARACTERÍSTICAS.-

De forma superficial ya hemos esbozado los ingredientes del concreto, pero para entender completamente las propiedades y el comportamiento del producto resultante pasaremos a evaluar de manera sucinta las características de los componentes.

13.3. MATERIALES COMPONENTES.-

Los componentes son:

- Cemento Portland
- Agua
- Agregados
- Aditivos

14. CEMENTO PORTLAND.-

14.1. GENERALIDADES.-

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

El nombre proviene de la similitud en apariencia y el efecto publicitario que pretendió darle en el año 1924 Joseph Apsdin un constructor inglés, al patentar un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiriera según él la misma resistencia que la piedra de la isla de Portland cerca del pueblo de Dorset.

Pero en 1845 es cuando se desarrolla el procedimiento industrial del cemento Portland moderno, que con algunas variantes persiste hasta nuestros días y que consiste en moler rocas calcáreas con rocas arcillosas en cierta composición y someter este polvo a temperaturas sobre los 1300 °C produciéndose lo que se denomina el clinker, constituido por bolas endurecidas de diferentes diámetros, que finalmente se muelen añadiéndose yeso para tener como producto definitivo un polvo sumamente fino.

14.2. MECANISMOS DE HIDRATACIÓN.-

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados.

Los componentes antes ya mencionados, al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de Calcio complejos.

Dependiendo de la temperatura, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan se pueden definir los siguientes estados.

14.3. PLÁSTICO.-

Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable. Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación es mucho más resistente.

El primer elemento en reaccionar es el C3A, y posteriormente los silicatos y el C4AF, caracterizándose el proceso por la dispersión de cada grano de cemento en millones de partículas. La acción del yeso contrarresta la velocidad de las reacciones y en este estado se produce lo que se denomina el periodo latente o de reposo en que las reacciones se atenúan y dura entre 40 y 120 minutos dependiendo de la temperatura ambiente y el cemento en particular.

14.4. FRAGUADO INICIAL.-

Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que evidencia el proceso exotérmico donde se genera el denominado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas.

Se forma una estructura porosa llamada gel de Hidratos de Silicatos de Calcio (CHS o Torbemorita), con consistencia coloidal intermedia entre sólido y líquido que va rigidizándose cada vez más en la medida que se siguen hidratando los silicatos.

Este periodo dura alrededor de tres horas y se producen una serie de reacciones químicas que van haciendo más estable con el tiempo al gel CHS.

En esta etapa la pasta puede remezclarse sin producirse deformaciones permanentes ni alteraciones en la estructura que aún está en formación.

14.5. FRAGUADO FINAL.-

Se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.

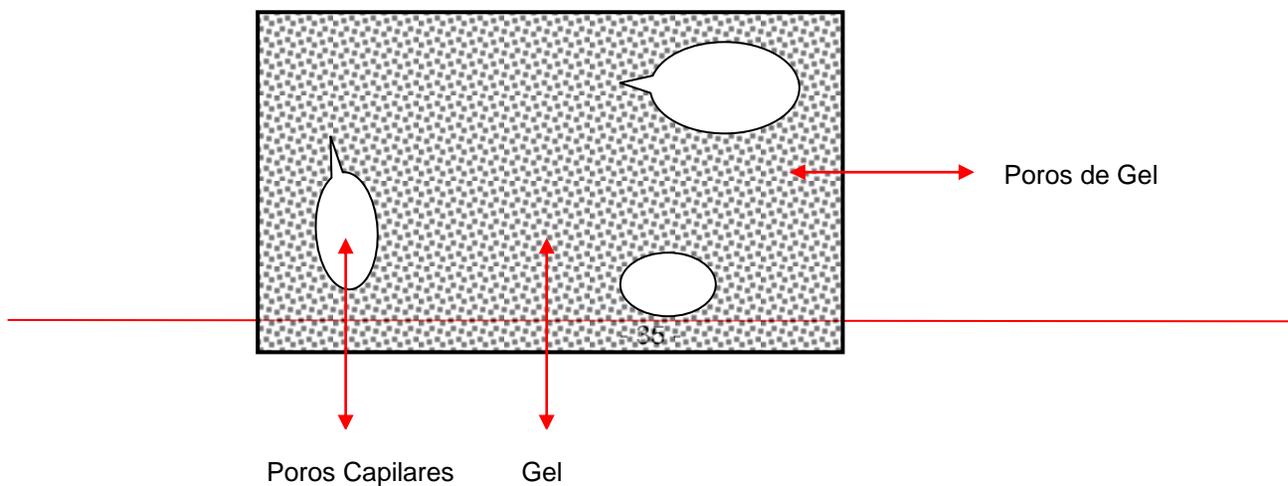
14.6. ENDURECIMIENTO.-

Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio y en teoría continua de manera indefinida. Es el estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento.

Durante el proceso de hidratación, el volumen externo de la pasta se mantiene relativamente constante, sin embargo, internamente el volumen de sólidos se incrementa constantemente con el tiempo, causando la reducción permanente de la porosidad, que está relacionada de manera inversa con la resistencia de la pasta endurecida y en forma directa con la permeabilidad.

Para que se produzca la hidratación completa se necesita la suficiente cantidad de agua, la temperatura adecuada y el tiempo y de aquí es donde se desprende el concepto fundamental del curado, que consiste en esencia en procurar estos tres elementos para que el proceso se complete.

Un concepto básico que nos permitirá entender el comportamiento del concreto, reside en que el volumen de los productos de hidratación siempre es menor que la suma de los volúmenes de agua y cemento que los originan debido a que por combinación química el volumen de agua disminuye en alrededor de una 25%, lo que trae como consecuencia la contracción de la pasta endurecida.



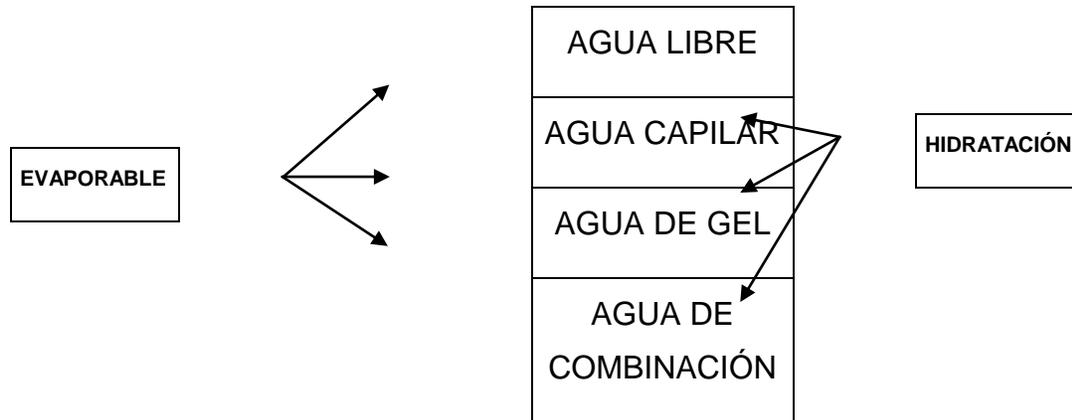


Fig. 10

Esquema típico de la estructura de la pasta de cemento y de la distribución del agua.

Otro concepto importante que hay que tomar en cuenta es que está demostrado que la relación Agua/Cemento mínima para que produzca la hidratación completa del cemento es del orden de 0.35 a 0.40 en peso dependiendo de cada caso particular.

14.7. TIPOS DE CEMENTO Y SUS APLICACIONES.-

Los tipos de cemento portland que podemos calificar de standard, ya que su fabricación esta normada por requisitos específicos son:

Tipo I.- De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.

Tipo II.- De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y en vaciados masivos.

Tipo III.- Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío p en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.

Tipo IV.- De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.

Tipo V.- Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

Todos estos cementos tienen variante en que se les añade aire incorporado (sufijo A), se induce resistencia moderada a los sulfatos (sufijo M), o se modera el calor de hidratación (sufijo H).

Las puzolanas son materiales inertes silíceos o aluminosos, que individualmente tienen propiedades aglomerantes casi nulas, pero que finamente molidas y al reaccionar químicamente con hidróxidos de Calcio y agua adquieren propiedades aglomerantes. Las puzolanas se obtienen por lo general de arcillas calcinadas, tierras diatomáceas, tufos y cenizas volcánicas y de residuos industriales como cenizas volátiles, ladrillo pulverizado, etc.

La particularidad de reemplazar parte del cemento por estos materiales, estriba en cambiar algunas de sus propiedades, como son el aumentar los tiempos de duración de los estados mencionados anteriormente, retrasar o disminuir el desarrollo de resistencia en el tiempo, reducir la permeabilidad, mayor capacidad para retener agua, mayor cohesividad, incremento de los requerimientos de agua para formar la pasta, menor calor de hidratación y mejor comportamiento frente a la agresividad química.

Hay que tener muy presente que la variación de estas propiedades no siempre será conveniente dependiendo del caso particular, por lo que no se puede tomar a los cementos puzolánicos o la inclusión de puzolana como una panacea, ya que son muy sensibles a las variaciones de temperatura los procesos constructivos y las condiciones de curado.

Para fines de diseño de mezclas hay que tener en cuenta que los cementos estándar tienen un peso específico de $3,150 \text{ kg/m}^3$ y de los cementos puzolánicos son más livianos con pesos específicos entre $2,850$ y $3,000 \text{ kg/m}^3$.

15. EL AGUA.-

15.1. EL AGUA EN EL CONCRETO.-

Ya hemos visto que el agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este elemento debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

1. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
2. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
3. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que daña al hombre no daña al concreto.

En este sentido, es interesante distinguir el agua potable en términos de los requerimientos nominales establecidos por los organismos que regulan su producción y uso, el agua apta para consumo humano, ya que los requerimientos aludidos normalmente son mucho más exigentes de lo necesario.

Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas “aguas potables” incumplan con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de establecer especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica.

15.2. REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR.-

No existe un patrón definitivo en cuanto a las limitaciones en composición química que debe tener el agua de mezcla, ya que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para preparar concreto y por otro lado depende mucho del tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

La Norma Peruana establece como requisitos para agua de mezcla y curado:

Tabla 6

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
Sólidos de suspensión	5,000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total expresada en NaHCO ₃)	1,000 ppm máximo
Sulfatos (Ión SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (Ión Cl)	1,000 ppm máximo
pH	Entre 5.5 y 8

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5,000 ppm, ocasionan reducción de resistencias hasta del orden del 30% con relación a concretos con agua pura.

La materia orgánica por encima de las 1,000 ppm reduce resistencia e incorpora aire. El criterio que establece la Norma ITINTEC 339.088 y el Comité ACI-318 para evaluar la habilidad de determinada agua para emplearse en concreto, consiste en preparar cubos de mortero de acuerdo con la norma ASTM C-109 usando el agua dudosa y compararlos con cubos similares elaborados con agua potable. Si la resistencia en compresión a 7 y 28 días de los cubos con el agua en prueba no es menor del 90% de la de los cubos de control, se acepta el agua como apta para su uso en concreto.

Finalmente, podemos concluir en que salvo casos especiales de aguas contaminadas en exceso (residuos industriales) o que los agregados o aditivos contribuyan a incrementar notablemente las sustancias nocivas, siempre es posible usar aguas con ciertas impurezas afrontando las consecuencias ya indicadas que en la mayoría de casos son manejables.

16. AGREGADOS.-

16.1. DEFINICIÓN.-

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de la $\frac{3}{4}$ partes del volumen total, luego la calidad de estos tienen una importancia primordial en el producto final.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

Se ha establecido convencionalmente la distinción entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM #4).

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto pues, para tener una estructura densa y eficiente así como una trabajabilidad adecuada, debe haber un ensamble casi total de manera, que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto esté unido por la pasta de cemento.

16.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS Y LOS REQUISITOS PARA SU EMPLEO EN CONCRETO.-

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros algunos conceptos relativos a ciertas características numéricas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros algunos conceptos relativos a ciertas características numéricas.

Peso Específico.- Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos únicamente, es decir no incluye los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 kg/m³.

Peso Unitario.- Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen total incluyendo los vacíos. Su valor para agregados normales oscila entre 1.500 y 1.700 kg/m³.

16.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.-

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños.

Como sería sumamente difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas, se usa una manera indirecta, cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Esto es válido mientras

se trabaja con agregados normales, en que los pesos específicos de las partículas no difieren mucho, pero cuando se trata de mezclas de agregados de pesos específicos diferentes, hay que hacer las conversiones convenientes para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración de concreto.

La serie de tamices standard ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3" y el siguiente tiene una abertura igual a la mitad de la anterior. A partir de la malla 3/8" se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgadas cuadrada. En la Tabla siguiente se indican los tamices estándar ASTM.

Tabla 7

TAMICES ESTÁNDAR A.S.T.M.		
Denominación del Tamiz	Abertura en Pulgada	Abertura en Milímetros
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000
3/8"	0.3750	9.5000
N° 4	0.1875	4.7500
N° 8	0.0937	2.3600
N° 16	0.0469	1.1800
N° 30	0.0234	0.5900
N° 50	0.0117	0.2950
N° 100	0.0059	1.475
N° 200	0.0029	0.0737

16.4. MÓDULO DE FINEZA.-

Es un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y que se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz N° 100 y esta cantidad se divide entre 100. El sustento

matemático reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

La justificación experimental que avala esto consiste en que está demostrado que independientemente de la granulometría, los concretos con agregados de igual módulo de fineza, mantienen las mismas condiciones de trabajabilidad y resistencia.

Debe tenerse muy claro que es un criterio que se aplica al agregado en conjunto y no sólo a la arena ya que el concepto es general.

La norma ASTM C-33 establece los requisitos que deben cumplir los agregados para usarse en concreto y en las (Tablas 8 y 9) se pueden apreciar dichos requerimientos.

En cuanto a los requisitos químicos, lo básico en general es evitar contaminaciones de manera similar al caso del agua, además de los requisitos específicos indicados.

Una situación especial la constituyen los agregados denominados potencialmente reactivos con los álcalis de cemento, constituidos por minerales particulares como algunas andesitas, ópalo, etc. Que bajo ciertas condiciones de humedad, temperatura y ataque de álcalis, producen un gel expansivo que rompe la estructura interna del concreto.

En nuestro país no hay evidencias comprobadas de reacciones de este tipo, sin embargo existen andesitas en grandes cantidades, que podrían motivar que en futuro se presenten casos de este tipo, por lo que es importante evaluar este riesgo al calificar agregados.

REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS PARA AGREGADO FINO Y LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN AGREGADO FINO Y GRUESO SEGÚN ASTM C-33
--

Tabla 8

REQUISITOS GRANULOMETRICOS		LIMITES PARA SUSTANCIAS PERJUDICIALES EN AGREGADO GRUESO Y FINO		
TAMIZ ESTANDAR (Abertura cuadrada)	LIMITES TOTALES % PASANTE	DESCRIPCION	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
3/8"	100	1.Lentes de Arcilla y Partículas Desmenuzables	3%	(c) 2.0% a 10.0
N° 4	95 a 100	2.Menor que la Malla N° 200	(a) 3.0% a 6.0	(*) 1.0%
N° 8	80 a 100	3.Carbón y Lignito	(b) 0.5% a 1.0	(d) 0.5% a 1.0
N° 16	50 a 85	4.Particulas Ligeras (G<2,4)	---	(e) 3.0% a 8.0
N° 30	25 a 60	5.Suma de 1,3 y 4	---	(f) 3.0% a 10.0
N° 50	10 a 30	6.Abrasión	---	50.0%
N° 100	2 a 10	7.Desgaste con Sulfato de Sodio	10%	12.0%
		8.Desgaste con Sulfato de Magnesio	15%	18.0%
OBSERVACIONES				
<p>(a) 3% Para concretos sujetos a Abrasión y 5% para los demás.</p> <p>(b) 1% Para elementos Interiores, 0.5% para los demás.</p> <p>(c) 2% y 3% Para concreto estructural en clima severo y moderado, 3% para losas y pavimentos expuestos a humedecimiento, 5% en estructuras interiores y 10% en zapatas y columnas interiores.</p> <p>(d) 0.5% En concreto exterior, 1% en el resto.</p> <p>(e) 3% En concreto arquitectónico, 5% en concreto a la intemperie, 8% en el resto.</p> <p>(f) 3% y 5% Para concreto estructural en clima severo y moderado, 7% en concreto a la intemperie, 10% en el resto.</p> <p>(*) Este límite puede incrementar a 1.5% si el material < Malla 200 no es arcilla o si el agregado fino tiene un % < Malla 200 interior al límite permisible, en cuyo caso, el límite para el agregado grueso se calculara con la formula $L=1+[(p)/(100-p)]*(I-A)$ donde L es el nuevo límite, P es el % de arena con respecto al total de agregado T es el límite de la Tabla para la arena y A es el % de Material < Malla 200 existente en la arena.</p>				

Tabla 9

REQUISITOS GRANULOMETRICOS ASTM C- 33 APRA AGREGADO GRUESO														
TAMAÑO	TAMAÑO NORMAL EN PULGADAS (ABERTURA CUADRADA)	PORCENTAJES PASANTES PARA CADA MALLAS STANDARD												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90 mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (53 mm)	2" (50 mm)	1 1/2" (37,5 mm)	1" (25 mm)	3/4" (19 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	N° 4 (4,75 mm)	N° 8 (2,36 mm)	N° 16 (1,18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" a 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	2" a N° 4				100	90 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" a 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" a N° 4					100	90 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" a 1/2"						95 a 100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
58	1" a 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" a N° 4						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
0	3/4" a 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4" a N° 4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" a N° 4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8" a N° 8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

16.5. ADITIVOS.-

Con respecto a este punto sólo nos limitaremos a tocar de manera muy general su intervención en el concreto, dato que el tema es sumamente amplio, siendo claro que consiste en sustancias que se añaden al concreto para modificar adrede algunas de sus propiedades.

17. PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO.-

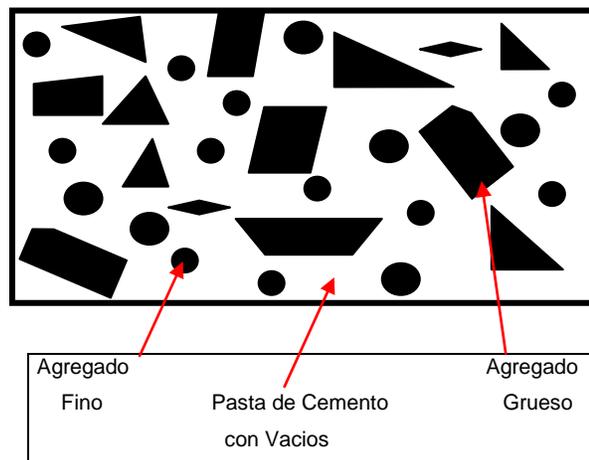
17.1. ESTRUCTURA INTERNA DEL CONCRETO.-

En la figura N° 11 se puede apreciar el esquema típico de la estructura interna del concreto endurecido, que consiste en el aglomerante o estructura básica constituida por la pasta de cemento y agua, que aglutina a los agregados gruesos, finos, aire y vacíos, estableciendo un comportamiento resistente debido en gran parte a la capacidad de la

pasta para adherirse a los agregados y soportar esfuerzos de tracción y compresión, así como a un efecto puramente mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias.

Una conclusión inmediata que se desprende del esquema mencionado, es que la estructura del concreto no es homogénea y en consecuencia no es isotrópica, es decir no mantiene las mismas propiedades en diferentes direcciones.

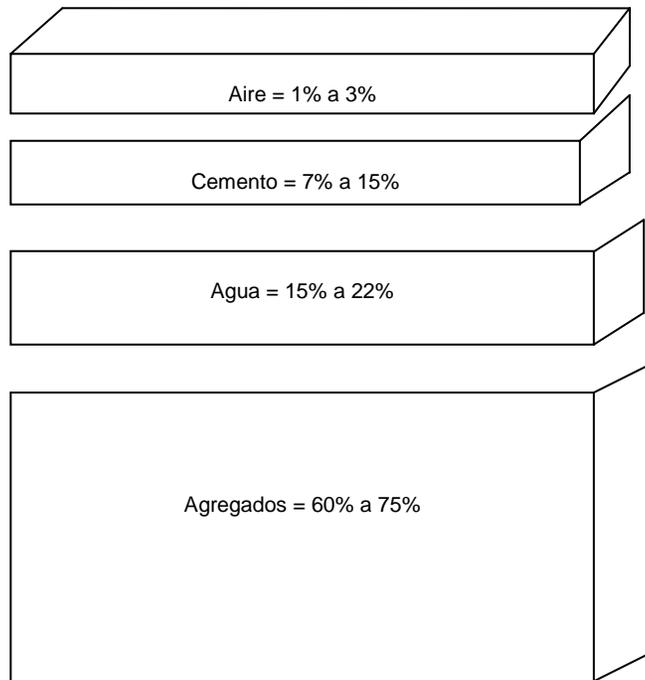
Esto se debe principalmente a los diferentes materiales que intervienen, su variabilidad individual así como al proceso mismo de elaboración, en que durante la etapa en que la pasta es plástica, se posibilita el acomodo aleatorio de los diferentes componentes hasta su ubicación definitiva al endurecer.



Esquema típico de la estructura del concreto endurecido.

Fig. 11

En la figura N° 12, podemos observar las proporciones típicas en volumen absoluto, en que intervienen los componentes del concreto para un rango de contenido de cemento entre 200 y 500 kg/m³, siendo significativa la trascendencia primordial de la pasta (cemento y agua) en la estructura, ya que pese a ocupar en promedio alrededor del 30% del volumen total, es la que condiciona en mayor grado el resultado final.



Propiedades Típicas en Volumen Absoluto de los Componentes del Concreto.

Fig. 12

Un aspecto sumamente importante en la estructura del concreto endurecido reside en la porosidad o sistema de vacíos. Gran parte del agua que interviene en la mezcla, sólo cumple la función de lubricante en el estado plástico, ubicándose en líneas de flujo y cumple la función de lubricante en el estado plástico, ubicándose en líneas de flujo y zonas de sedimentación de los sólidos, de manera que al producirse el endurecimiento y evaporarse, quedan los vacíos o poros, que condicionan el comportamiento posterior del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad o capacidad de flujo a través de él.

18. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO.-

18.1. TRABAJABILIDAD.-

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural o inducido de la masa.

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos $\frac{1}{4}$ " sobre el agregado grueso.

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que pueden obtener concretos con igual slump pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

18.2. SEGREGACIÓN.-

La diferencia de densidades entre los componentes del concreto provoca una tendencia natural a que las partículas más pesadas desciendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra mayor del 55% en peso respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más del 6%.

18.3. RESISTENCIA.-

18.3.1. EXUDACIÓN.-

Es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se sientan dentro de la masa plástica.

El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuando a los efectos negativos que pudiera tener.

18.3.2. CONTRACCIÓN.-

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia.

Ya hemos visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química y a esto se le llama contracción intrínseca que es un producto irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla. Este proceso no es irreversible, ya que si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida.

Esta propiedad es muy importante en relación con los cambios volumétricos en el concreto, siendo lo fundamental en esta revisión de conceptos, el tener claro que el concreto de todas maneras se contrae y si no tomamos las medidas adecuadas

indefectiblemente se fisura y en muchos casos esta fisuración es inevitable por lo que sólo resta preverla y orientarla.

19. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO.-

19.1. ELASTICIDAD.-

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un “Modulo de elasticidad estático” del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un porcentaje de la tensión última.

Los módulos de Elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto y por ende la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de Elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

19.2. RESISTENCIA.-

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a un elemento adicional constituido por la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto. Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento

del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseño sin aditivos que han permitido obtener resistencias del orden de 700 kg/cm². Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión superiores a los 1,500 kg/cm².

19.3. EXTENSIBILIDAD.-

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último y a una deformación unitaria de 0.0012 y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

19.4. DURABILIDAD.-

El Comité 201 del ACI define la durabilidad del concreto de cemento Portland, como: “La capacidad para resistir a la acción del tiempo, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro, es decir, el concreto durable retendrá su forma original, su calidad y su servicio, cuando se exponga a su medio ambiente”. Ningún material es intrínsecamente durable. Producto de la interacción entre su microestructura y el ambiente que lo rodea hace que sus propiedades cambien con el tiempo. Se considera que un material alcanza el final de su vida de servicio cuando sus propiedades bajo ciertas condiciones de uso se han deteriorado a tal extremo, que el continuar utilizándolo

se le considera inseguro o antieconómico. Los procesos que pueden provocar una durabilidad insuficiente son variados y complejos y dependen, tanto de la concepción del elemento estructural realizado durante el proyecto, la calidad de los materiales componentes, forma de dosificación, fabricación y su mantenimiento.

Un hormigón es durable, si puede soportar las condiciones para las cuales fue diseñado, sin deterioro durante el periodo 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.

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 se puede resumir como:

Causas externas (agentes físicos, químicos o mecánicos):

- Intemperismo
- Temperaturas extremas
- Abrasión
- Ataques de líquidos
- Gases naturales o industriales

Causa internas:

- Reacción álcali-árido
- Cambios de volumen por diferencias en las propiedades térmicas de los áridos y la pasta de cemento.

- Permeabilidad del hormigón.

La propiedad más característica del hormigón endurecido, después de la resistencia a la compresión es su durabilidad. Estando ésta muy relacionada con el grado de permeabilidad que tenga asociado.

La permeabilidad determina en gran medida la vulnerabilidad del hormigón a los factores externos. De tal manera que para ser durable, el hormigón tiene que ser relativamente impermeable.

La variable más estudiada y de impacto directo en la durabilidad o permeabilidad ha sido la relación Agua/Cemento de la mezcla. Por lo tanto, la relación Agua/Cemento es un factor importante para controlar la durabilidad.

Diversos códigos hacen limitaciones a una serie de parámetros que tienen gran influencia en la durabilidad.

Las limitaciones establecidas en códigos son:

- Relación A/C
- Dosis mínima de cemento
- Recubrimiento mínimo de armaduras
- Duración del periodo de curado.

Como situaciones adicionales podemos resumir:

- Ataque químico, lixiviación del cemento por:
 - Acción de sulfatos
 - Aguas marinas
 - Aguas acidas

- Congelamiento en estado fresco.

19.5. IMPERMEABILIDAD.-

El hormigón es un material poroso. El volumen, tamaño y distribución de los poros y sus características regulan la rapidez con que el hormigón absorbe agua y otros líquidos o gases, y su permanencia en los mismos.

Se entiende como permeabilidad la velocidad con que el agua y otros líquidos fluyen a través del hormigón.

Cuanto más permeable sea el hormigón menor será su durabilidad. Un hormigón permeable es propenso a su desintegración porque el agua que penetra en sus poros se expande por congelación sometándolo a tensiones que no puede soportar. Igualmente la fácil penetración de sulfatos, ácidos y otros productos químicos agresivos aceleran el proceso de destrucción del hormigón, así como de las barras de acero en los hormigones armados.

Por lo anteriormente expuesto, la reducción de la permeabilidad es una manera efectiva para mejorar la durabilidad del hormigón y para lograrla se deben conocer los factores que más influyen en esa reducción.

El hormigón tiene un sistema de poros internos y vacíos comunicados entre sí; su tamaño, número y continuidad hacen al hormigón más o menos permeable a gases, líquidos y sales disueltas. Estos poros pueden presentarse en la pasta de cemento, en los agregados y en la zona de contacto de ambos.

20. PROPORCIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO.-

20.1. INTRODUCCIÓN.-

En lo posible la dosificación del concreto debe basarse en los datos obtenidos de pruebas o experiencias adquiridas con los materiales que de hecho serán empleados cuando estos antecedentes sean limitados o no estén disponibles, pueden aplicarse los valores estimados que se presentan en la práctica de dosificación.

20.2. CONSIDERACIONES.-

En nuestro medio casi en forma general, el uso de hormigones se realiza utilizando cemento del tipo IP-30, IF-30 y en casos especiales el cemento IP-40 y ya no se utiliza el cemento Portland Normal, además para la fabricación del hormigón se realiza utilizando los agregados pétreos (grava y arena) procedentes del Río Pirai.

En la mayoría de casos cuando se realiza el control de calidad de los materiales en diferentes obras se suele a proyectar resistencias a compresión de probetas de hormigón a edades posteriores y para llevar a cabo esta proyección generalmente se utiliza una curva tipo obtenida para resistencias de hormigón fabricado con cemento Portland Normal y algunas veces se utiliza parámetros de proyección utilizando el criterio de Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón o bien los valores de proyección del Comité Europeo del Hormigón (C.E.B) y valores propuestos por Peterson y la curva obtenida por Portland Cemento Association.

Tabla N° 10

INCREMENTO APROXIMADO PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON EL TIEMPO	
EDAD (DIAS)	%RESISTENCIA CON RESPECTO A LA DE 28 DIAS
0	0
1	12
3	40
7	65
14	90
28	100
56	110
90	120
180	128

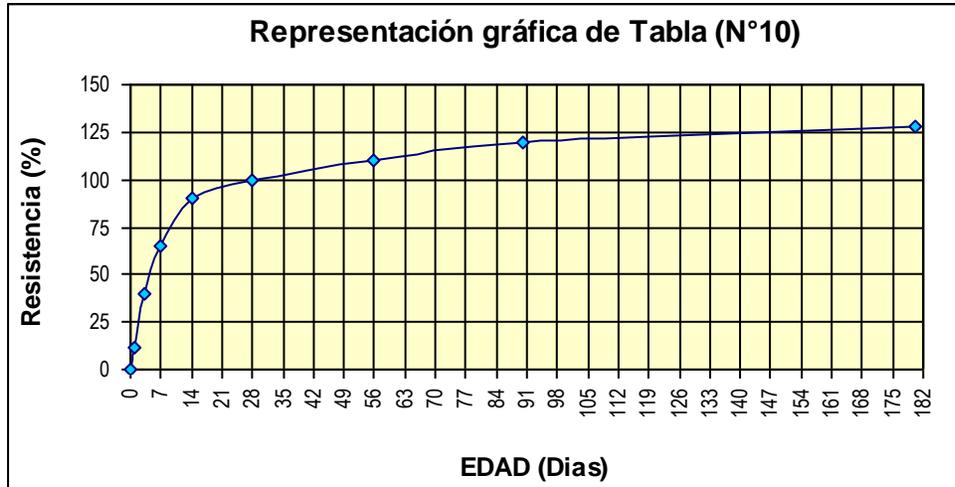


Tabla N° 11

RELACION DE VALORES DE COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES SEGUN C.E.B.

EDAD DEL HORMIGÓN EN DIAS	3	7	28	90	360
Cemento Portland Normal	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35
Cemento Portland de alta resistencia inicial	0,55	0,75	1,00	1,15	1,20

Tabla N° 12

INFLUENCIA DE LA EDAD EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS TESTIGO, SEGÚN PETERSONS

TIPO DE CEMENTO	RESISTENCIA RELATIVA					
	7 días	14 días	28 días	3 meses	1 año	>2 años
Normal	0,70	0,88	1	1,12	1,18	1,20
De alta resistencia inicial	0,80	0,92	1	1,10	1,15	1,15
De endurecimiento lento	---	0,70	1	1,40	1,60	1,70

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE ROTURA DESPUÉS DE LOS 28 DÍAS
(INSTITUTO CHILENO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN)

$$F = \frac{3.69 + T^{2/3}}{1.4 \times T^{2/3}} \quad R_{28} = F \times R_r$$

R_r = Resistencia cilíndrica obtenida en laboratorio en la rotura después de 28 días

T = Número de días mayor a 28

R₂₈ = Resistencia cilíndrica a la rotura probable a los 28 días

F = Factor para tiempo menor a 28 días

Tabla N° 13

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE ROTURA DESPUÉS DE LOS 28 DÍAS

T EN DIAS	F						
29	0,993	47	0,916	65	0,877	83	0,853
30	0,987	48	0,914	66	0,875	84	0,852
31	0,981	49	0,911	67	0,874	85	0,851
32	0,975	50	0,908	68	0,872	86	0,850
33	0,970	51	0,906	69	0,871	87	0,849
34	0,965	52	0,903	70	0,869	88	0,848
35	0,960	53	0,901	71	0,869	89	0,847
36	0,956	54	0,899	72	0,866	90	0,846
37	0,951	55	0,896	73	0,865	91	0,845
38	0,947	56	0,894	74	0,864	92	0,844
39	0,943	57	0,892	75	0,862	93	0,843
40	0,939	58	0,890	76	0,861	94	0,842
41	0,936	59	0,888	77	0,86	95	0,841
42	0,932	60	0,886	78	0,858	96	0,840
43	0,929	61	0,884	79	0,857	97	0,839
44	0,925	62	0,882	80	0,856	98	0,838
45	0,922	63	0,881	81	0,855	99	0,837
46	0,919	64	0,879	82	0,854	100	0,836

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE ROTURA ANTES DE LOS 28 DÍAS

(INSTITUTO CHILENO DEL CEMENTO Y DEL HORMIGÓN)

$$F = \frac{1.35T + 10}{T + 20}$$

$$R_{28} = \frac{Rt}{F}$$

Rt = Resistencia cilíndrica obtenida en laboratorio en la rotura antes de 28 días

T = Número de días menor a 28

R₂₈ = Resistencia cilíndrica a la rotura probable a los 28 días

F = Factor para tiempo menor a 28 días

Tabla N° 14**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE ROTURA ANTES DE LOS 28 DÍAS**

T DIAS	F	T DIAS	F
0	0,500	14	0,850
1	0,540	15	0,864
2	0,577	16	0,878
3	0,611	17	0,890
4	0,642	18	0,903
5	0,670	19	0,914
6	0,696	20	0,925
7	0,720	21	0,935
8	0,743	22	0,945
9	0,764	23	0,955
10	0,783	24	0,964
11	0,802	25	0,972
12	0,819	26	0,980
13	0,835	27	0,988

Con el objetivo de verificar el comportamiento y la aproximación de los parámetros antes indicados, se ha procedido a realizar mezclas de hormigones por el método de Dosificación A.C.I., para utilizar este método se realizaron pruebas en laboratorio del cemento y los agregados.

Para comparar el comportamiento de estos cementos, se utilizó la misma proporción de:

- Cemento
- Grava
- Arena
- Asentamiento (sin aire incluido)

Los valores de las diferentes pruebas se adjuntan en las planillas adjuntas.

21. CONCLUSIONES.-

Utilizando los materiales pétreos de procedencia del Río Pirai y con los cementos utilizados en nuestro medio se han realizado la dosificaciones utilizando el método A.C.I.,

en las mezclas con los diferentes marcas de cemento se ha realizado la mezcla en igual proporción de materiales y se ha obtenido los valores de rotura a compresión a diferentes edades, con los cuales se ha podido obtener una curva de resistencia versus edad en días y se ha podido observar el comportamiento y el incremento variable de resistencia de los cementos puzolánicos denominados IP 30, IP 40, cementos con contenido de Filler IF 30 y cementos con contenido de cal, puzolana y Filler denominados CPF 30 (de procedencia de la Republica Argentina), a continuación se muestran los resultados de los análisis de los cementos:

Tabla 15

DETALLE	NORMA	UNIDAD	CAMBA IF 30	FANCESA IP - 30	WARNES IP 30	WARNES IP 40	COBOCE IP-40	MINETTI CPF 30	LIMITES NB - 011	
									IP 40	IP 30
CARACTERISTICAS FISICAS										
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	170	135	170	220	120	210	>45,00	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	220	180	220	280	230	250	<600,00	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184 *	%	9,00	1,90			2,30			
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)	ASTM C430 *	%	23,10	23,10	10,58	10,58	10,58			
SUPERFICIE ESPECIFICA (RI AINF)	ASTM C204*	m ² /kg	347,61	424,40	336,30	336,30	364,60		>260,00	>260,00
PESO ESPECIFICO REAL	ASTM C188 *	(g/cm ³)	3,10	3,10	3,00	3,05	3,10	2,98		
EXPANSION EN CALIENTE	ASTM C151*	mm	1,200	0,800	0,690	0,690	0,690		<10,00	<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION										
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00		
1 Dia		Mpa	7,27	8,92	11,21	10,89	12,85	7,25		
3 Dias		Mpa	14,67	15,71	17,94	25,12	18,96	16,25	>17,00	>10,00
7 Dias		Mpa	17,35	24,52	22,79	34,22	28,02	22,32	>25,00	>17,00
28 Dias		Mpa	22,52	30,29	37,31	40,36	38,05	27,55	>40,00	>30,00
ANALISIS QUIMICO										
PERDIDA AL FUEGO	ASTM C114	%	7,00	3,00	3,25	3,25	3,28		<10,00	<10,00
SiO ₂	*	%	18,00		28,72	28,72	21,53			
Fe ₂ O ₃	*	%	3,56		3,24	3,24	4,37			
Al ₂ O ₃	*	%	2,44		4,43	4,43	2,57			
CaO	*	%	64,12		54,52	54,52	61,40			
MgO	*	%	3,23	4,10	2,16	2,16	4,47		<6,00	<6,00
SO ₃	*	%	3,77	2,70	2,70	2,70	1,90		<4,00	<4,00
Na ₂ O	*	%	0,21							
K ₂ O	*	%	0,89							
RESIDUO INSOLUBLE	*	%	1,00		10,28	10,28	1,00		<5,00	<5,00
OBSERVACIONES:										
* Fuente: Valores adoptados de "Control de Calidad del Cemento" del fabricante										

Como se puede observar en el cuadro, los parámetros obtenidos del control de calidad de los cementos cumple con la Norma Boliviana NB 011, por consiguiente los cementos son aptos para la fabricación de hormigones.

Para obtener los valores de resistencia a compresión del hormigón como se indica en el párrafo se utilizo los agregados obtenidos del Río Piraí y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 16

ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS			
Tipo de Agregado : ARENA Procedencia: Río Piráí (Santa Cruz)			
PROPIEDADES FISICAS	NORMA	UNIDAD	VALOR
PESO UNITARIO SUELTO	ASTM C191	Kg/m ³	1490.00
PESO ESPECIFICO ABSOLUTO	ASTM C127		2.55
TAMAÑO MAXIMO	ASTM C33	mm.	4.75
MODULO DE FINEZA			2.59
PORCENTAJE DE ABSORCION	ASTM C127	%	1.22
DESGASTE DE LOS ANGELES	ASTM C131	%	

Tabla 17

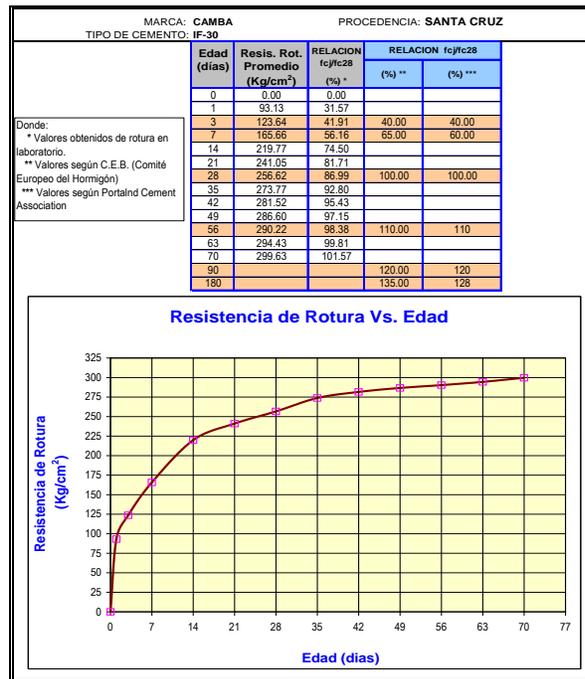
ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS			
Tipo de Agregado : GRAVA Procedencia: Río Piráí (Santa Cruz)			
PROPIEDADES FISICAS	NORMA	UNIDAD	VALOR
PESO UNITARIO SUELTO	ASTM C191	Kg/m ³	1630.00
PESO ESPECIFICO ABSOLUTO	ASTM C127		2.60
TAMAÑO MAXIMO	ASTM C33	mm.	25.00
MODULO DE FINEZA			6.21
PORCENTAJE DE ABSORCION	ASTM C128	%	3.25
DESGASTE DE LOS ANGELES	ASTM C131	%	40.34

Con los valores indicados en las Tablas 16 y 17, y utilizando los diferentes tipos de cemento se realizo la dosificación del hormigón según método ACI y se obtuvo la siguiente proporción:

1,00 : 2.00: 3,40

Con esta dosificación se moldeo los cuerpos de prueba y se obtuvieron los resultados que se indica en detalle en la parte de Anexo (Ensayo de laboratorio), y el resumen se indica a continuación:

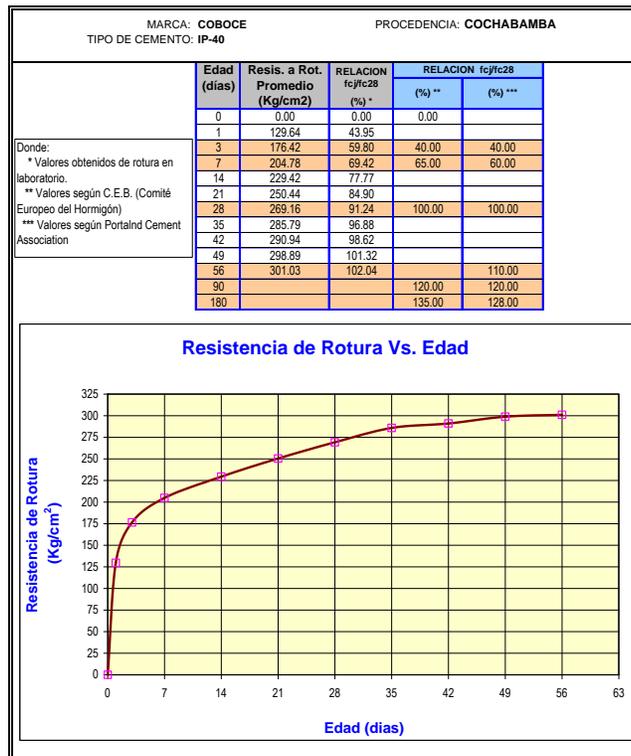
Tabla 18.1:



Este cemento está caracterizado por presentar las características de fraguado inicial normal a los primeros 3 días alcanzando el 41.91% de la resistencia característica a los 28 días, lo que supera a la resistencia obtenida con el cemento Portland Normal que es el 40%, y a los 7 días alcanza a 56.16% de la resistencia característica y el cemento Portland Normal alcanza valores entre 65% a 60%, esta resistencia se incrementa a los 28 días alcanzando el 86,99% y el cemento Portland Normal tiene la resistencia al 100%, a los 56 días alcanza al 98.38%, alcanzando la resistencia esperada del 100% a los 70 días.

No se obtuvieron valores para edades mayores debido a que la presentación del trabajo tiene una fecha límite autorizada por la UAGRM.

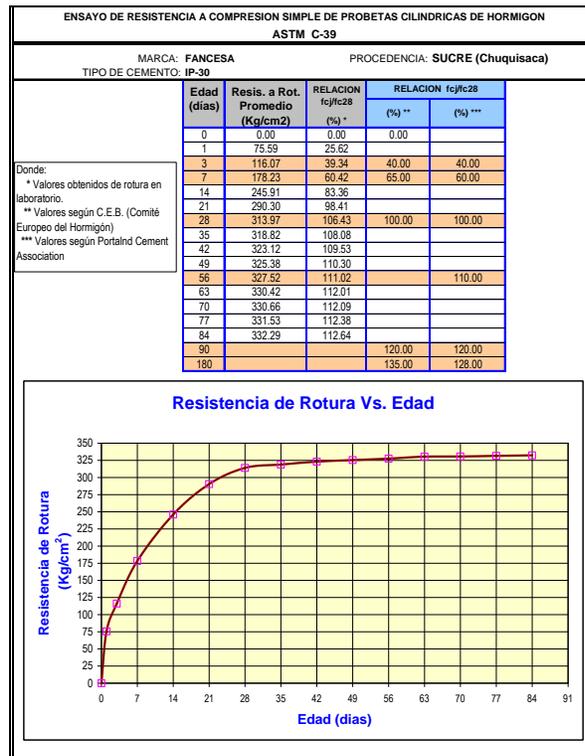
Tabla 18.2:



Este cemento esta caracterizado presenta la características de fraguado inicial rápido de los primeros 3 días alcanzando el 59.80% de la resistencia característica a los 28 días, lo que supera a la resistencia obtenida con el cemento Pórtland que es el 40%, y a los 7 días alcanza a 69.42% de la resistencia características y el cemento Pórtland Normal alcanza valores entre 65% a 60%, por consiguiente este cemento supera los valores del cemento Pórtland Normal, esta resistencia se incrementa a los 28 días alcanzando el 91,24% y el cemento Pórtland Normal tiene la resistencia al 100%, el incremento de la resistencia para alcanzar el 100% de la resistencia calculada es a los 49 días, esta resistencia se incrementa en forma gradual y muy lenta hasta alcanzar 102.04% a los 56 días.

No se obtuvo valores para edades mayores debido a que la presentación del trabajo tiene una fecha límite autorizada por la UAGRM.

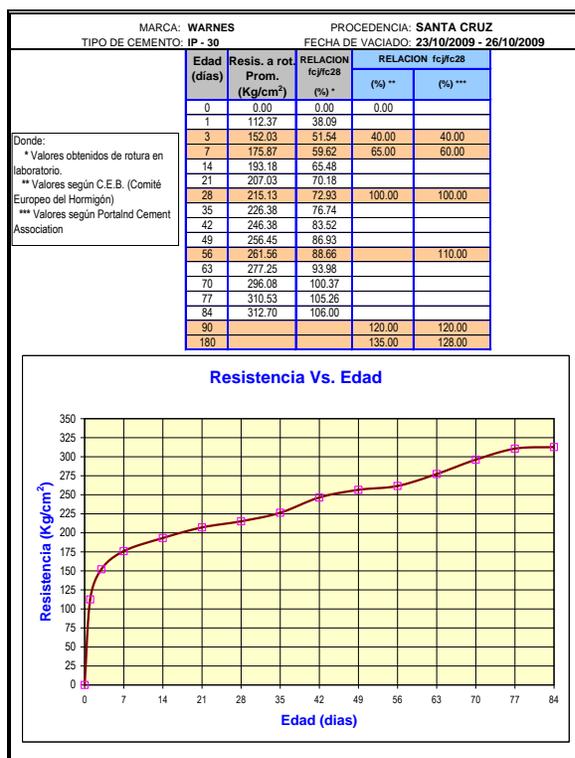
Tabla 18.3:



Este cemento esta caracterizado presenta la características de fraguado inicial normal de los primeros 3 días alcanzando el 39.34% de la resistencia característica a los 28 días, la resistencia obtenida con el cemento Pórtland Normal que es el 40%, y a los 7 días alcanza a 60.42% de la resistencia características y el cemento Pórtland Normal alcanza valores entre 65% a 60%, lo que nos indica que este cemento que el comportamiento igual que el cemento Pórtland Normal, esta resistencia se incrementa a los 28 días alcanzando el 106,43% y el cemento Pórtland Normal tiene la resistencia al 100%, lo que nos indica que este cemento representa buenas cualidades de comportamiento en las resistencias, alcanzando 111.02% a los 56 días y el cemento Pórtland Normal alcanza el 110%, en este cemento la resistencia se incrementa en forma gradual y lento hasta alcanzar el 112.64% a los 84 días.

No se obtuvo valores para edades mayores debido a que la presentación del trabajo tiene una fecha límite autorizada por la UAGRM.

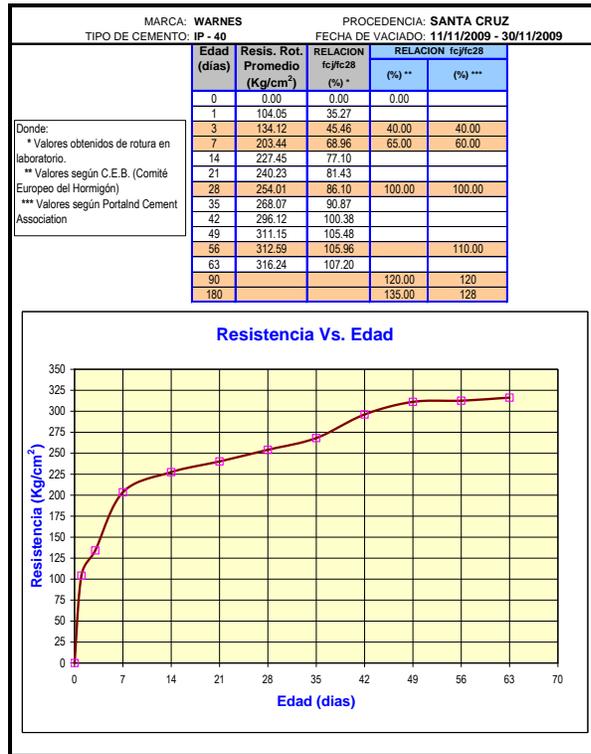
Tabla 18.4:



Este cemento esta caracterizado presenta la características de fraguado inicial rápido de los primeros 3 días alcanzando el 51.54% de la resistencia característica a los 28 días, lo que supera a la resistencia obtenida con el cemento Pórtland Normal que es el 40%, y a los 7 días alcanza a 59.62% de la resistencia características y el cemento Pórtland Normal alcanza valores entre 65% a 60%, este cemento tiene un comportamiento casi similar que el cemento Pórtland Normal, esta resistencia se incrementa a los 28 días alcanzando el 72.93% y el cemento Pórtland Normal tiene la resistencia al 100%, esta resistencia se incrementa en forma gradual y muy lenta hasta alcanzar 88.66% a los 56 días y el cemento Pórtland Normal alcanza el 110%, en este cemento se alcanzo el 100% de la resistencia esperada a los 70 días, y 106% a los 84 días.

No se obtuvo valores para edades mayores debido a que la presentación del trabajo tiene una fecha límite autorizada por la UAGRM.

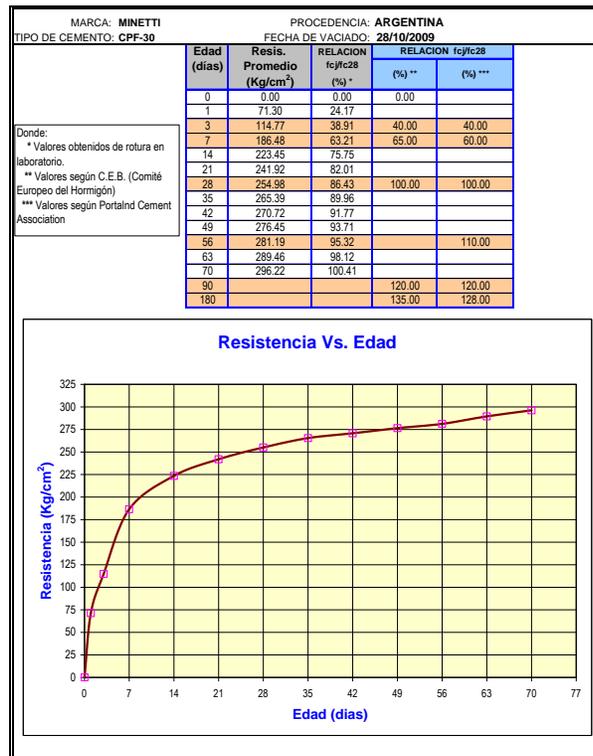
Tabla 18.5:



Este cemento esta caracterizado presenta la características de fraguado inicial rápido a los primeros 3 días alcanzando el 45.46% de la resistencia característica a los 28 días, lo que supera a la resistencia obtenida con el cemento Pórtland Normal que es el 40%, y a los 7 días alcanza a 68.96% de la resistencia características y el cemento Pórtland Normal alcanza valores entre 65% a 60%, esta resistencia se incrementa hasta alcanzar 86.10% a los 28 días y el cemento Pórtland Normal tiene la resistencia al 100%, esta resistencia se incrementa en forma gradual y hasta alcanzar 100% de la resistencia esperada a los 42 días , este cemento alcanzo el 105% de la resistencia esperada a los 56 días y 107.20% a los 63 días.

No se obtuvo valores para edades mayores debido a que la presentación del trabajo tiene una fecha limite autorizada por la. UAGRM.

Tabla 18.6:



Este cemento de origen Argentino de muy utilizada en el Norte Argentino, esta adicionado con cal, puzolana y filler, esta caracterizado por presentar de características de fraguado inicial normal, a los primeros 3 días alcanzando el 38.91% de la resistencia característica a los 28 días, valor próximo a la resistencia obtenida con el cemento Pórtland Normal que es el 40%, y a los 7 días alcanza a 63.21% de la resistencia características y el cemento Pórtland Normal alcanza valores entre 65% a 60%, esta resistencia se incrementa a los 28 días alcanzando el 86,43% y el cemento Pórtland Normal tiene la resistencia al 100%, la resistencia a los 56 días alcanza el 95.32%, en cambio el cemento Pórtland Normal alcanza el 110%, el incremento de la resistencia hasta alcanzar el valor esperado del 100% de la resistencia calculada es a los 70 días.

No se obtuvo valores para edades mayores debido a que la presentación del trabajo tiene una fecha límite autorizada por la UAGRM y además se presenta dificultad de obtención del cemento del vecino país.

El resumen de los valores obtenidos de las diferentes marcas de cemento y la resistencia a compresión obtenidas y los porcentajes correspondientes de incrementos de resistencia se indica en la tabla siguiente:

Tabla 19:

RESUMEN DE ROTURAS A COMPRESION DE HORMIGON (ASTM C 39)																								
EDAD	FANCESA				WARNES								COBOCE				CAMBA				MINETTI			
	IP 30				IP - 30				IP - 40				IP - 40				IF 30				CPF 30			
	Kg./cm ²	(%)*	(%)**	(%)***	Kg./cm ²	(%)*	(%)**	(%)***	Kg./cm ²	(%)*	(%)**	(%)***	Kg./cm ²	(%)*	(%)**	(%)***	Kg./cm ²	(%)*	(%)**	(%)***	Kg./cm ²	(%)*	(%)**	(%)***
0	0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00			0.00	0.00			0.000	0.000			0.00	0.00		
1	75.59	25.62			112.37	38.09			104.05	35.27			129.64	43.95			93.130	31.570			71.30	24.17		
3	116.07	39.34	40.00	40.00	152.03	51.54	40.00	40.00	134.12	45.46	40.00	40.00	176.42	59.80	40.00	40.00	123.64	41.91	40.00	40.00	114.77	38.91	40.00	40.00
7	178.23	60.42	65.00	60.00	175.87	59.62	65.00	60.00	203.44	68.96	65.00	60.00	204.78	69.42	65.00	60.00	165.66	56.16	65.00	60.00	186.48	63.21	65.00	60.00
14	245.91	83.36			193.18	65.48			227.45	77.10			229.42	77.77			219.77	74.50			223.45	75.75		
21	290.30	98.41			207.03	70.18			240.23	81.43	100.00		250.44	84.90			241.05	81.71			241.92	82.01		
28	313.97	106.43	100.00	100.00	215.13	72.93	100.00	100.00	254.01	86.10	100.00	100.00	269.16	91.24	100.00	100.00	256.62	86.99	100.00	100.00	254.98	86.43	100.00	100.00
35	318.82	108.08			226.38	76.74			268.07	90.87			285.79	96.88			273.77	92.80			265.39	89.96		
42	323.12	109.53			246.38	83.52			296.12	100.38			290.94	98.62			281.52	95.43			270.72	91.77		
49	325.38	110.30			256.45	86.93			311.15	105.48			298.89	101.32			286.60	97.15			276.45	93.71		
56	327.52	111.02		110.00	261.56	88.66		110.00	312.59	105.96		110.00	301.03	102.04			290.22	98.38		110.00	281.19	95.32		110.00
63	330.42	112.01			277.25	93.98			316.24	107.20							294.43	99.81			289.46	98.12		
70	330.66	112.09			296.08	100.37											299.63	101.57			296.22	100.41		
77	331.53	112.38			310.53	105.26																		
84	332.29	112.64			312.70	106.00																		
90			120.00	120.00			120.00	120.00			120.00	120.00			120.00	120.00			120.00	120.00			120.00	120.00
180			135.00	128.00			135.00	128.00			135.00	128.00			135.00	128.00			135.00	128.00			135.00	128.00

OBSERVACIONES:
 * Valores obtenidos de rotura en laboratorio
 ** Valores según C.E.B. - Comité Europeo del Hormigon
 *** Valores según Portlan Cement Association

22. RECOMENDACIONES.-

1. Sobre las bases de los parámetros obtenidos tanto de los ensayos de laboratorio del control de calidad del cemento, rotura de morteros y de hormigones, además de la información bibliográfica obtenida de la literatura especializada y de los fabricantes, se puede indicar que estos cementos cumple con las Norma especificadas de la NB 011 y Normas ASTM, por consiguiente estos cementos cumple con la calidad en la fabricación de hormigones utilizados en obras civiles.
2. De acuerdo al comportamiento de los cementos utilizado en nuestro medio, como se puede ver en las tablas contenidas en el punto 21 (Conclusiones), las roturas a compresión realizadas no cumple los porcentajes obtenidos para un cemento Pórtland Normal, excepto el cemento FANCESA IP 30, por consiguiente, para proyectar resistencia a los 28 días debe tomarse en cuenta que los valores existentes en la literatura especializadas no corresponde al comportamiento de la

curva de resistencia del cemento Pórtland Normal, sino que estas resistencias alcanzan los valores correspondientes al 100% de la resistencia esperada a días posteriores a los 28 días, como se puede ver en la tabla de resumen.

3. Se recomienda que este trabajo debe ser ampliado para la obtención de mayor información y realizar trabajos de mayor envergadura con participación de las entidades involucradas en esta rama de la ingeniería como ser: Instituto Boliviano del Hormigón, Honorable Alcaldía Municipal, Prefectura, Sociedad de Ingenieros, las empresas cementeras y otras entidades dedicadas a la construcción de obras civiles, de tal forma que los valores que se obtenga de este estudio tenga validez y reconocimiento de las entidades involucradas.

ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS

Tipo de Agregado : **GRAVA**
 Procedencia: **Río Pirai (Santa Cruz)**

PROPIEDADES FISICAS	NORMA	UNIDAD	VALOR
PESO UNITARIO SUELTO	ASTM C29	Kg/m ³	1630,00
PESO ESPECIFICO ABSOLUTO	ASTM C128	(g/cm ³)	2,60
TAMAÑO MAXIMO	ASTM C33	mm.	25,00
MODULO DE FINEZA			6,21
PORCENTAJE DE ABSORCION	ASTM C128	%	3,25
DESGASTE DE LOS ANGELES	ASTM C131	%	40,34

ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS

Tipo de Agregado : **ARENA**
 Procedencia: **Río Pirai (Santa Cruz)**

PROPIEDADES FISICAS	NORMA	UNIDAD	VALOR
PESO UNITARIO SUELTO	ASTM C29	Kg/m ³	1490,00
PESO ESPECIFICO ABSOLUTO	ASTM C127	(g/cm ³)	2,55
TAMAÑO MAXIMO	ASTM C33	mm.	4,75
MODULO DE FINEZA			2,59
PORCENTAJE DE ABSORCION	ASTM C127	%	1,22
DESGASTE DE LOS ANGELES	ASTM C131	%	

ANÁLISIS DEL CEMENTO

Marca del Cemento: **CAMBA**

Procedencia: **Santa Cruz**

Tipo de cemento: **Portland Puzolana IF -30 (NB-011)**

Fecha de Análisis: **Noviembre del 2009**

DETALLE	NORMA	UNIDAD	VALOR	LIMITES NORMA NB - 011
CARACTERISTICAS FISICAS				
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	170	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	220	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184 *	%	9,00	
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)	ASTM C430 *	%	23,10	
SUPERFICIE ESPECIFICA (RI AINF)	ASTM C204*	m ² /kg	347,61	>260,00
PESO ESPECIFICO REAL	ASTM C188 *	(g./cm ³)	3,10	
EXPANSION EN CALIENTE	ASTM C151*	mm	1,200	<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION				
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%	23,00	
01 DIA		Mpa	7,27	
03 DIAS		Mpa	14,67	>10,00
07 DIAS		Mpa	17,35	>17,00
28 DIAS		Mpa	22,52	>30,00
ANALISIS QUIMICO				
PERDIDA AL FUEGO	*	%	7,00	<10,00
SiO ₂	*	%	18,00	
Fe ₂ O ₃	*	%	3,56	
Al ₂ O ₃	*	%	2,44	
CaO	*	%	64,12	
MgO	*	%	3,23	<6,00
SO ₃	*	%	3,77	<4,00
Na ₂ O	*	%	0,21	
K ₂ O	*	%	0,89	
RESIDUO INSOLUBLE	*	%	1,00	<5,00

OBSERVACIONES:

* Fuente: Valores adoptados de "Control de Calidad del Cemento" del fabricante

ANÁLISIS DEL CEMENTO

Marca del Cemento: **FANCESA**

Procedencia: **Sucre (Chuquisaca)**

Tipo de cemento: **Portland Puzolana IP -30 (NB-011)**

Fecha de Análisis: **Noviembre del 2009**

DETALLE	NORMA	UNIDAD	VALOR	LIMITES NORMA NB - 011
CARACTERISTICAS FISICAS				
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	135	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	180	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184 *	%	1,90	
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)	ASTM C430 *	%	23,10	
SUPERFICIE ESPECIFICA (RI AINF)	ASTM C204*	m ² /kg	424,40	>260,00
PESO ESPECIFICO REAL	ASTM C188 *	(g./cm ³)	3,10	
EXPANSION EN CALIENTE	ASTM C151*	mm	0,800	<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION				
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%	23,00	
01 DIA		Mpa	8,92	
03 DIAS		Mpa	15,71	>10,00
07 DIAS		Mpa	24,52	>17,00
28 DIAS		Mpa	30,29	>30,00
ANALISIS QUIMICO				
PERDIDA AL FUEGO	*	%	3,00	<10,00
SiO ₂	*	%		
Fe ₂ O ₃	*	%		
Al ₂ O ₃	*	%		
CaO	*	%		
MgO	*	%	4,10	<6,00
SO ₃	*	%	2,70	<4,00
Na ₂ O	*	%		
K ₂ O	*	%		
RESIDUO INSOLUBLE	*	%		<5,00

OBSERVACIONES:

* Fuente: Valores adoptados de "Control de Calidad del Cemento" del fabricante

ANÁLISIS DEL CEMENTO

Marca del Cemento: **WARNES**

Procedencia: **Santa Cruz**

Tipo de cemento: **Portland Puzolana IP -30 (NB-011)**

Fecha de Análisis: **Noviembre del 2009**

DETALLE	NORMA	UNIDAD	VALOR	LIMITES NORMA NB - 011
CARACTERISTICAS FISICAS				
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	170	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	220	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184 *	%		
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)	ASTM C430 *	%	10,58	
SUPERFICIE ESPECIFICA (RI AINF)	ASTM C204*	m ² /kg	336,30	>260,00
PESO ESPECIFICO REAL	ASTM C188 *	(g./cm ³)	3,00	
EXPANSION EN CALIENTE	ASTM C151*	mm	0,690	<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION				
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%	23,00	
01 DIA		Mpa	11,21	
03 DIAS		Mpa	17,94	>10,00
07 DIAS		Mpa	22,79	>17,00
28 DIAS		Mpa	37,31	>30,00
ANALISIS QUIMICO				
PERDIDA AL FUEGO	*	%	3,25	<10,00
SiO ₂	*	%	28,72	
Fe ₂ O ₃	*	%	3,24	
Al ₂ O ₃	*	%	4,43	
CaO	*	%	54,52	
MgO	*	%	2,16	<6,00
SO ₃	*	%	2,70	<3,50
Na ₂ O	*	%		
K ₂ O	*	%		
RESIDUO INSOLUBLE	*	%	10,28	<3,00

OBSERVACIONES:

* Fuente: Valores adoptados de "Control de Calidad del Cemento" del fabricante

ANÁLISIS DEL CEMENTO

Marca del Cemento: **WARNES**

Procedencia: **Sucre (Chuquisaca)**

Tipo de cemento: **Portland Puzolana IP -40 (NB-011)**

Fecha de Análisis: **Noviembre del 2009**

DETALLE	NORMA	UNIDAD	VALOR	LIMITES NORMA NB - 011
CARACTERISTICAS FISICAS				
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	220	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	280	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184	%		
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)		%	10,58	
SUPERFICIE ESPECIFICA (RI AINF)	ASTM C204	m ² /kg	336,30	>260,00
PESO ESPECIFICO REAL	ASTM C188	(g./cm ³)	3,05	
EXPANSION EN CALIENTE		mm	0,690	<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION				
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%	23,00	
01 DIA		Mpa	10,89	
03 DIAS		Mpa	25,12	>17,00
07 DIAS		Mpa	34,22	>25,00
28 DIAS		Mpa	40,36	>40,00
ANALISIS QUIMICO				
PERDIDA AL FUEGO		%	3,25	<10,00
SiO ₂		%	28,72	
Fe ₂ O ₃		%	3,24	
Al ₂ O ₃		%	4,43	
CaO		%	54,52	
MgO		%	2,16	<6,00
SO ₃		%	2,70	<4,00
Na ₂ O		%		
K ₂ O		%		
RESIDUO INSOLUBLE		%	10,28	<5,00

OBSERVACIONES:

* Fuente: Valores adoptados de "Control de Calidad del Cemento" del fabricante

ANÁLISIS DEL CEMENTO

Marca del Cemento: **COBOCE**

Procedencia: **Cochabamba**

Tipo de cemento: **Portland Puzolana IP -40 (NB-011)**

Fecha de Análisis: **Noviembre del 2009**

DETALLE	NORMA	UNIDAD	VALOR	LIMITES NORMA NB - 011
CARACTERISTICAS FISICAS				
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	120	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	230	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184 *	%	2,30	
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)	ASTM C430 *	%	10,58	
SUPERFICIE ESPECIFICA (RI AINF)	ASTM C204*	m ² /kg	364,60	>260,00
PESO ESPECIFICO REAL	ASTM C188 *	(g./cm ³)	3,10	
EXPANSION EN CALIENTE	ASTM C151*	mm	0,690	<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION				
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%		
01 DIA		Mpa	12,85	
03 DIAS		Mpa	18,96	>17,00
07 DIAS		Mpa	28,02	>25,00
28 DIAS		Mpa	38,05	>40,00
ANALISIS QUIMICO				
PERDIDA AL FUEGO	*	%	3,28	<10,00
SiO ₂	*	%	21,53	
Fe ₂ O ₃	*	%	4,37	
Al ₂ O ₃	*	%	2,57	
CaO	*	%	61,40	
MgO	*	%	4,47	<6,00
SO ₃	*	%	1,90	<4,00
Na ₂ O	*	%		
K ₂ O	*	%		
RESIDUO INSOLUBLE	*	%	1,00	<5,00

OBSERVACIONES:

* Fuente: Valores adoptados de "Control de Calidad del Cemento" del fabricante

ANÁLISIS DEL CEMENTO

Marca del Cemento: **MINETTI**

Procedencia: **REP. ARGENTINA**

Tipo de cemento: **Portland CPF -30 (NB-011)**

Fecha de Análisis: **Noviembre del 2009**

DETALLE	NORMA	UNIDAD	VALOR	LIMITES NORMA NB - 011
CARACTERISTICAS FISICAS				
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	210	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	250	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184	%		
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)	ASTM C430	%		
SUPERFICIE ESPECIFICA (RI AINF)	ASTM C204	m ² /kg		>260,00
PESO ESPECIFICO REAL	ASTM C188	(g./cm ³)	2,98	
EXPANSION EN CALIENTE	ASTM C151	mm		<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION				
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%		
01 DIA		Mpa	7,25	
03 DIAS		Mpa	16,25	>10,00
07 DIAS		Mpa	22,32	>17,00
28 DIAS		Mpa	27,55	>30,00
ANALISIS QUIMICO				
PERDIDA AL FUEGO	ASTM C114	%		<10,00
SiO ₂		%		
Fe ₂ O ₃		%		
Al ₂ O ₃		%		
CaO		%		
MgO		%		<6,00
SO ₃		%		<4,00
Na ₂ O		%		
K ₂ O		%		
RESIDUO INSOLUBLE		%		<5,00

OBSERVACIONES:

DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO A.C.I.

Tipo de Agregado: **Arena y Grava**
 Procedencia del material: **Río Piráí (Santa Cruz)**

Hormigón: **H21**

1.- MATERIALES A EMPLEAR

CARACTERISTICA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1,18	1490,00	1630,00
PESO ESPECIFICO ABSOLUTO	3,00	2,55	2,60
TAMAÑO MAXIMO (mm)		4,75	25,00
MODULO DE FINEZA (mm)		2,59	6,21
PORCENTAJE DE ABSORCION		1,22	3,25

2.- CONDICIONES DE CALCULO

CONDICIONES MEDIAS

RESISTENCIA CARACTERISTICA A 28 DIAS: Fck = 210 kg/cm²

RESISTENCIA MEDIA A LOS 28 DIAS: Fcm = 335 kg/cm²

ASENTAMIENTO : 6 cm

TIPO DE CEMENTO: Cemento Portland Normal

MARCA DE CEMENTO: Fancesa IP-30

3.- DOSIFICACION DE HORMIGON EN PESO PARA 1 m³ DE HORMIGON

a) ASENTAMIENTO: 6 cm

b) TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO: 25,00 mm

AGUA : 180 lt.

c) R = a/c 0,48

d) CEMENTO: 375,0 kg/m³

e) VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO: 0,7 Kg/m³

f) PESO UNITARIO DEL HORMIGON FRESCO: 2375 Kg/m³

g) Grueso = 1141,00 Kg

Fino = 679,0 Kg

DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO A.C.I.

Tipo de Agregado: **Arena y Grava**
 Procedencia del material: **Río Piráí (Santa Cruz)**

Hormigón: **H21**

CEMENTO =	375,0	kg/m ³ H ^o
AGUA =	180	kg/m ³ H ^o
GRAVA =	1141,00	kg/m ³ H ^o
ARENA =	679,0	kg/m ³ H ^o

CORRECCION POR HUMEDAD

HUMEDAD DE GRAVA =	0,00 %
HUMEDAD DE ARENA=	0,00 %
ABSORCION DE GRAVA =	3,25 %
ABSORCION DE ARENA=	1,22 %

Gc =	1141,00 kg.
Fc =	679,00 kg.
Ac =	225,33 lt.

CEMENTO =	375,0	kg/m ³ H ^o
AGUA =	225,33	kg/m ³ H ^o
GRAVA =	1141,00	kg/m ³ H ^o
ARENA =	679,00	kg/m ³ H ^o

4.- DOSIFICACION EN VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS COMPONENTES, KG.

A =	0,180	m ³
C =	0,125	m ³
G =	0,439	m ³
AIRE =	0,010	m ³
F =	0,256	m ³
F =	653,19	kg

CEMENTO =	375,0	kg
AGUA =	225,33	kg
GRAVA =	1141,00	kg (seco)
ARENA =	653,19	kg (seco)

DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO A.C.I.

Tipo de Agregado: **Arena y Grava**

Hormigón: **H21**

Procedencia del material: **Río Pirai (Santa Cruz)**

VOLUMEN ABSOLUTO EN PESO CORREGIDO POR HUMEDAD

Gc = 1141,00 kg.

Fc = 653,19 kg.

Ac = 225,02 kg.

CEMENTO =	375,0	kg
AGUA =	225,02	kg
GRAVA =	1141,00	kg (humedo)
ARENA =	653,19	kg (humedo)

Relación:

C 1,0

A 1,7

G 3,0

1,00 : 2,00 : 3,40

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
MÉTODO MECÁNICO DESIGNACIÓN ASTM C33

Tipo de Agregado: **Grava** Peso **11383,00** gramos
 Procedencia del material: **Río Piráí (Santa Cruz)**

NÚMERO DE TAMIZ	PESO RET. ACUMULADO	PESO RET. CADA TAMIZ	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. TÉCNICAS	HUMEDAD NATURAL
2"	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100	
1 1/2"	205,00	205,00	1,80	1,80	98,20	95- 100	Tara N°
1"	1380,00	1175,00	10,32	12,12	87,88		P.Tara
3/4"	2611,00	1231,00	10,81	22,94	77,06	35 - 70	P.Hum.+Tara
1/2"	4386,00	1775,00	15,59	38,53	61,47		P.seco +Tara
3/8"	6002,00	1616,00	14,20	52,73	47,27	10 - 30	P. agua 0,0
N° 4	9244,00	3242,00	28,48	81,21	18,79	0- 5	Peso seco 11383,0
N° 8	11023,00	1779,00	15,63	96,84	3,16		% Humedad 0,00
N° 16	11258,00	235,00	2,06	98,90	1,10		
N° 30	11315,00	57,00	0,50	99,40	0,60		
N° 50	11331,00	16,00	0,14	99,54	0,46		
N° 100	11343,00	12,00	0,11	99,65	0,35		
N° 200	11350,00	7,00	0,06	99,71	0,29		
Base	11371,00	21,00	0,18	99,89	0,11		

MODULO DE FINEZA Y TAMAÑO MÁXIMO DE LOS AGREGADOS

NÚMERO DE TAMIZ	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO
1 1/2"	1,80	0,00
3/4"	21,14	22,94
3/8"	29,79	52,73
N° 4	28,48	81,21
N° 8	15,63	96,84
N° 16	2,06	98,90
N° 30	0,50	99,40
N° 50	0,14	99,54
N° 100	0,11	99,65
Módulo de Fineza (MF)		6,51
Tamaño Máximo (TM)		25,00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
MÉTODO MECÁNICO DESIGNACIÓN ASTM C33

Tipo de Agregado: **Arena**

Peso: **3376,00 gramos**

Procedencia del material: **Río Pirá (Santa Cruz)**

NÚMERO DE TAMIZ	PEÑO RET. ACUMULADO	PESO RET. CADA TAMIZ	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. TÉCNICAS	HUMEDAD NATURAL
3/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100	Tara N° 13
N° 4	21,00	21,00	0,62	0,62	99,38	95- 100	P.Tara 212,0
N° 8	267,00	246,00	7,29	7,91	92,09	80- 100	P.Hum.+Tara 3783,0
N° 16	649,00	382,00	11,32	19,22	80,78	50- 85	P.seco +Tara 3588,0
N° 30	1759,00	1110,00	32,88	52,10	47,90	25- 60	P. agua 195,0
N° 50	2799,00	1040,00	30,81	82,91	17,09	10- 30	Peso seco 3376,0
N° 100	3244,00	445,00	13,18	96,09	3,91	2- 10	% Humedad 5,78
N° 200	3331,00	87,00	2,58	98,67	1,33		
Base	3371,00	40,00	1,18	99,85	0,15		

MODULO DE FINEZA Y TAMAÑO MÁXIMO DE LOS AGREGADOS

NÚMERO DE TAMIZ	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO
1 1/2"	0,00	0,00
3/4"	0,00	0,00
3/8"	0,00	0,00
N° 4	0,62	0,62
N° 8	7,29	7,91
N° 16	11,32	19,22
N° 30	32,88	52,10
N° 50	30,81	82,91
N° 100	13,18	96,09
Módulo de Fineza (MF)		2,59
Tamaño Máximo (TM)		4,75

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
DESIGNACIÓN ASTM C127

Tipo de Agregado: **Grava**
Procedencia del material: **Río Pirá (Santa Cruz)**

Muestra N°	1	
A Peso de la muestra secada al horno en el aire (g.)	5878,00	
B Peso de la muestra en la condición de saturada y superficie seca en el aire (g.)	6069,00	
C Peso de la muestra saturada en el agua (g.)	3733,00	
1 Peso específico a granel (g./cm ³)	2,52	
2 Peso específico a granel s.s.s. (g./cm ³)	2,60	
3 Peso específico aparente (g./cm ³)	2,74	
4 % de absorción (%)	3,25	

DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS
MÉTODO MECÁNICO DESIGNACIÓN ASTM C127

Tipo de Agregado: **Arena**
Procedencia del material: **Río Piráí (Santa Cruz)**

Muestra N°		1	
Volumen picnómetro	(cm ³)	500,00	
Peso picnometro	(g.)	167,00	
Peso muestra sat. con superficie seca (Psss)	(g.)	500,00	
Picnómetro + agua, (B)	(g.)	664,00	
Peso pignometro + agua + muestra (C)	(g.)	968,00	
Peso muestra seca despues del ensayo, (A)	(g.)	493,98	
Peso especifico real, Psss/(B+Psss-C)	(g./cm ³)	2,55	
Peso especifico aparente; A/(B+A-C)	(g./cm ³)	2,60	
Pocentaje de absorcion, (Psss-A)/A	(%)	1,22	

<u>DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO (GRAVA)</u>		
<u>DESIGNACIÓN ASTM C29</u>		
Tipo de Agregado: Grava Procedencia del material: Río Piraí (Santa Cruz)		
Ensayo N°		1
Peso de la muestra + Molde "A" (g.)		13910,00
Peso del molde "B" (g.)		5270,00
Volumen del molde "C" (g.)		5301,00
Peso Unitario suelto del agregado (g./cm³)		1,630
Ensayo N°		
Peso de la muestra + Molde "A" (g) (g.)		
Peso del molde "B" (g) (g.)		
Volumen del molde "C" (g) (g.)		
Peso unitario suelto del agregado (g/cm³) (g./cm³)		
Promedio del Peso unitario suelto del agregado (g/cm³)		1,630

<u>DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO (ARENA)</u>		
<u>DESIGNACIÓN ASTM C29</u>		
Tipo de Agregado: Arena Procedencia del material: Río Piraí (Santa Cruz)		
Ensayo N°		1
Peso de la muestra + Molde "A" (g.)		13171,00
Peso del molde "B" (g.)		5270,00
Volumen del molde "C" (g.)		5301,00
Peso Unitario suelto del agregado (g./cm³)		1,490
Ensayo N°		
Peso de la muestra + Molde "A" (g) (g.)		
Peso del molde "B" (g) (g.)		
Volumen del molde "C" (g) (g.)		
Peso unitario suelto del agregado (g/cm³) (g./cm³)		
Promedio del Peso unitario suelto del agregado (g/cm³)		1,490

DESGASTE EN LA MÁQUINA "LOS ÁNGELES"
MÉTODO MECÁNICO DESIGNACIÓN ASTM C131

Tipo de Agregado: **Grava**

Procedencia del material: **Río Pirai (Santa Cruz)**

GRADACION	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
CARGA ABRASIVA	12	11	8	6	12	12	12
REV A 32,5 R/min.	500	500	500	500	1000	1000	1000

	PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	CANTIDAD EN (g)
PORCION DE MUESTRA	1 1/2"	1"	1250
	1"	3/4"	1250
	3/4"	1/2"	1250
	1/2"	3/8"	1250

CANTIDAD TOTAL TOMADA EN (g)

$P_i = 5000,00$

RETENIDO TAMIZ DE CORTE Nº 12 (g)

$P_F = 2983,00$

CÁLCULO

PORCENTAJE DE DESGASTE =
$$\frac{P_i - P_F}{P_i} \times 100 \rightarrow 40.34\%$$

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO ASTM C109															
MARCA: CAMBA										PROCEDENCIA: SANTA CRUZ					
TIPO DE CEMENTO: IF-30															
N°	ITEM O DETALLE	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resis. promedio	Resis. (Mpa)
1	CAT - IF 30	12/06/2009	13/06/2009	1	5,0	5,1	5,1	25,50	130,05	278	2,14	1900	74,51	72,72	7,272
2	CAT - IF 30	12/06/2009	13/06/2009	1	5,0	5,1	5,0	25,50	127,50	284	2,23	1800	70,59		
3	CAT - IF 30	12/06/2009	13/06/2009	1	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	281	2,12	1900	73,05		
4	CAT - IF 30	12/06/2009	15/06/2009	3	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	3700	142,25	141,68	14,168
5	CAT - IF 30	12/06/2009	15/06/2009	3	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	3700	142,25		
6	CAT - IF 30	12/06/2009	15/06/2009	3	5,2	5,2	5,1	27,04	137,90	274	1,99	3800	140,53		
7	CAT - IF 30	12/06/2009	19/06/2009	7	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	290	2,14	4600	173,45	173,45	17,345
8	CAT - IF 30	12/06/2009	19/06/2009	7	5,1	5,2	5,2	26,52	137,90	282	2,04	4700	177,22		
9	CAT - IF 30	12/06/2009	19/06/2009	7	5,2	5,1	5,1	26,52	135,25	279	2,06	4500	169,68		
10	CAT - IF 30	12/06/2009	26/06/2009	14	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	5100	196,08	196,03	19,603
11	CAT - IF 30	12/06/2009	26/06/2009	14	5,1	5,0	5,1	25,50	130,05	283	2,17	5000	196,08		
12	CAT - IF 30	12/06/2009	26/06/2009	14	5,3	5,2	5,1	27,56	140,56	296	2,10	5400	195,94		
13	CAT - IF 30	12/06/2009	03/07/2009	21	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	284	2,14	5400	207,61	208,75	20,875
14	CAT - IF 30	12/06/2009	03/07/2009	21	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,12	5500	211,46		
15	CAT - IF 30	12/06/2009	03/07/2009	21	5,3	5,1	5,0	27,03	135,15	287	2,12	5600	207,18		
16	CAT - IF 30	12/06/2009	10/07/2009	28	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	285	2,15	5900	226,84	225,18	22,518
17	CAT - IF 30	12/06/2009	10/07/2009	28	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	285	2,11	5900	222,47		
18	CAT - IF 30	12/06/2009	10/07/2009	28	5,1	5,2	5,4	26,52	143,21	301	2,10	6000	226,24		
19	CAT - IF 30	12/06/2009	17/07/2009	35	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	285	2,15	5900	226,84	228,32	22,832
20	CAT - IF 30	12/06/2009	17/07/2009	35	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	285	2,15	6000	230,68		
21	CAT - IF 30	12/06/2009	17/07/2009	35	5,1	5,0	5,4	25,50	137,70	301	2,19	5800	227,45		

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO

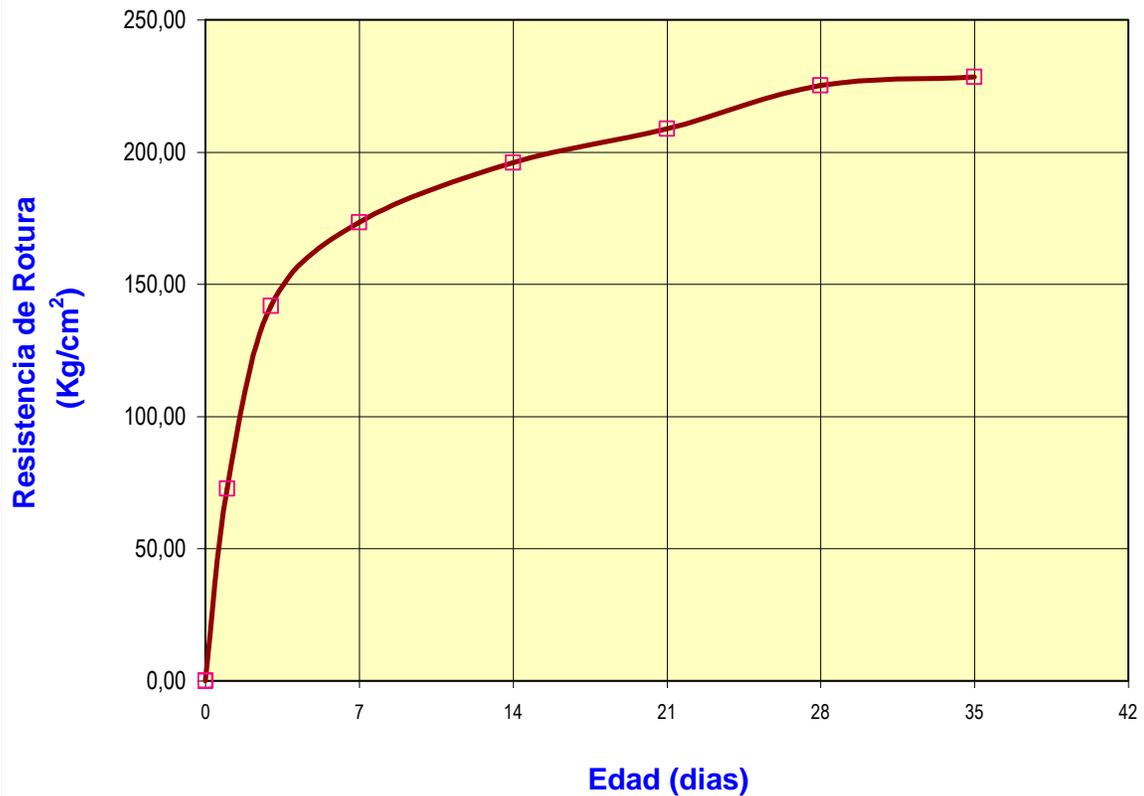
ASTM C-104

MARCA: **CAMBA**
 TIPO DE CEMENTO: **IF-30**

PROCEDENCIA: **SANTA CRUZ**

Edad (días)	Resis. Promedio (Kg/cm ²)
0	0,00
1	72,72
3	141,68
7	173,45
14	196,03
21	208,75
28	225,18
35	228,32

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: CAMBA				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	14/10/2009	15/10/2009	1	15,00	176,72	16300	92,24	93,13
2	14/10/2009	15/10/2009	1	15,50	188,69	17400	92,21	
3	14/10/2009	15/10/2009	1	15,50	188,69	17600	93,27	
4	14/10/2009	15/10/2009	1	15,00	176,72	16300	92,24	
5	14/10/2009	15/10/2009	1	15,30	183,85	17000	92,46	
6	14/10/2009	15/10/2009	1	15,50	188,69	17900	94,86	
7	14/10/2009	15/10/2009	1	15,40	186,27	17400	93,42	
8	14/10/2009	15/10/2009	1	15,50	188,69	17800	94,33	
1	14/10/2009	17/10/2009	3	15,00	176,72	21800	123,36	123,64
2	14/10/2009	17/10/2009	3	15,00	176,72	21600	122,23	
3	14/10/2009	17/10/2009	3	15,50	188,69	23500	124,54	
4	14/10/2009	17/10/2009	3	15,20	181,46	22500	124,00	
5	14/10/2009	17/10/2009	3	15,40	186,27	23200	124,55	
6	14/10/2009	17/10/2009	3	15,50	188,69	23200	122,95	
7	29/12/2009	01/01/2010	3	15,50	188,69	23400	124,01	
8	29/12/2009	01/01/2010	3	15,30	183,85	22700	123,47	
1	14/10/2009	21/10/2009	7	15,70	193,59	32200	166,33	165,66
2	14/10/2009	21/10/2009	7	15,00	176,72	29500	166,94	
3	14/10/2009	21/10/2009	7	15,60	191,13	31700	165,85	
4	14/10/2009	21/10/2009	7	15,10	179,08	29800	166,41	
5	14/10/2009	21/10/2009	7	15,10	179,08	29600	165,29	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: CAMBA				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
6	14/10/2009	21/10/2009	7	15,60	191,13	31400	164,28	
7	29/12/2009	05/01/2010	7	15,40	186,27	30800	165,36	
8	29/12/2009	05/01/2010	7	15,40	186,27	30700	164,82	
1	14/10/2009	28/10/2009	14	15,20	181,46	40000	220,44	219,77
2	14/10/2009	28/10/2009	14	15,30	183,85	40300	219,20	
3	14/10/2009	28/10/2009	14	15,20	181,46	39800	219,33	
4	14/10/2009	28/10/2009	14	15,30	183,85	40500	220,28	
5	14/10/2009	28/10/2009	14	15,20	181,46	39900	219,88	
6	14/10/2009	28/10/2009	14	15,50	188,69	41500	219,93	
7	14/10/2009	28/10/2009	14	15,20	181,46	40000	220,44	
8	14/10/2009	28/10/2009	14	15,30	183,85	40200	218,65	
1	14/10/2009	04/11/2009	21	15,50	188,69	45500	241,13	241,05
2	14/10/2009	04/11/2009	21	15,40	186,27	45000	241,59	
3	14/10/2009	04/11/2009	21	15,30	183,85	44400	241,50	
4	14/10/2009	04/11/2009	21	15,50	188,69	45400	240,60	
5	14/10/2009	04/11/2009	21	15,40	186,27	44700	239,98	
6	14/10/2009	04/11/2009	21	15,40	186,27	44800	240,52	
7	14/10/2009	04/11/2009	21	15,40	186,27	45000	241,59	
8	14/10/2009	04/11/2009	21	15,30	183,85	44400	241,50	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: CAMBA				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	14/10/2009	11/11/2009	28	15,40	186,27	47600	255,55	256,62
2	14/10/2009	11/11/2009	28	15,50	188,69	48500	257,03	
3	14/10/2009	11/11/2009	28	15,50	188,69	48400	256,50	
4	14/10/2009	11/11/2009	28	15,50	188,69	48600	257,56	
5	14/10/2009	11/11/2009	28	15,30	183,85	47000	255,64	
6	14/10/2009	11/11/2009	28	15,50	188,69	48500	257,03	
7	14/10/2009	11/11/2009	28	15,40	186,27	47900	257,16	
8	14/10/2009	11/11/2009	28	15,50	188,69	48400	256,50	
1	20/10/2009	24/11/2009	35	15,20	181,46	49800	274,44	273,77
2	20/10/2009	24/11/2009	35	15,50	188,69	51600	273,46	
3	20/10/2009	24/11/2009	35	15,30	183,85	50400	274,13	
4	20/10/2009	24/11/2009	35	14,80	172,03	47000	273,20	
5	20/10/2009	24/11/2009	35	15,30	183,85	50200	273,04	
6	20/10/2009	24/11/2009	35	15,50	188,69	51600	273,46	
7	02/12/2009	06/01/2010	35	15,50	188,69	51700	273,99	
8	02/12/2009	06/01/2010	35	15,20	181,46	49800	274,44	
1	20/10/2009	01/12/2009	42	15,60	191,13	53800	281,48	281,52
2	20/10/2009	01/12/2009	42	15,50	188,69	53100	281,41	
3	20/10/2009	01/12/2009	42	15,70	193,59	54500	281,52	
4	20/10/2009	01/12/2009	42	15,50	188,69	53200	281,94	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: CAMBA				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
5	20/10/2009	01/12/2009	42	15,40	186,27	52500	281,86	
6	20/10/2009	01/12/2009	42	15,20	181,46	51200	282,16	
7	20/10/2009	01/12/2009	42	15,60	191,13	53600	280,43	
8	20/10/2009	01/12/2009	42	15,50	188,69	53100	281,41	
1	20/10/2009	08/12/2009	49	15,40	186,27	53300	286,15	286,60
2	20/10/2009	08/12/2009	49	15,80	196,07	56300	287,15	
3	20/10/2009	08/12/2009	49	15,40	186,27	53200	285,61	
4	20/10/2009	08/12/2009	49	15,20	181,46	52200	287,67	
5	20/10/2009	08/12/2009	49	15,40	186,27	53400	286,69	
6	20/10/2009	08/12/2009	49	15,50	188,69	54100	286,71	
7	20/10/2009	08/12/2009	49	15,40	186,27	53500	287,22	
8	20/10/2009	08/12/2009	49	15,80	196,07	56000	285,62	
1	20/10/2009	15/12/2009	56	15,60	191,13	55600	290,89	290,22
2	20/10/2009	15/12/2009	56	15,60	191,13	55400	289,85	
3	20/10/2009	15/12/2009	56	15,50	188,69	54400	288,30	
4	20/10/2009	15/12/2009	56	15,60	191,13	55600	290,89	
5	20/10/2009	15/12/2009	56	15,40	186,27	54000	289,91	
6	20/10/2009	15/12/2009	56	15,50	188,69	54800	290,42	
7	20/10/2009	15/12/2009	56	15,40	186,27	54200	290,98	
8	20/10/2009	15/12/2009	56	15,60	191,13	55400	289,85	
9	20/10/2009	15/12/2009	56	15,60	191,13	55600	290,89	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: CAMBA				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	20/10/2009	22/12/2009	63	15,50	188,69	55500	294,13	294,43
2	20/10/2009	22/12/2009	63	15,70	193,59	57000	294,43	
3	20/10/2009	22/12/2009	63	15,40	186,27	54900	294,74	
4	20/10/2009	22/12/2009	63	15,40	186,27	54700	293,67	
5	20/10/2009	22/12/2009	63	15,50	188,69	55500	294,13	
6	20/10/2009	22/12/2009	63	15,40	186,27	54900	294,74	
7	20/10/2009	22/12/2009	63	15,50	188,69	55500	294,13	
8	20/10/2009	22/12/2009	63	15,70	193,59	57200	295,46	
1	20/10/2009	08/12/2009	70	15,40	186,27	55800	299,57	299,63
2	20/10/2009	08/12/2009	70	15,80	196,07	59000	300,92	
3	20/10/2009	08/12/2009	70	15,40	186,27	55700	299,04	
4	20/10/2009	08/12/2009	70	15,20	181,46	54600	300,89	
5	20/10/2009	08/12/2009	70	15,40	186,27	55600	298,50	
6	20/10/2009	29/12/2009	70	15,30	183,85	54900	298,61	
7	20/10/2009	29/12/2009	70	15,00	176,72	53100	300,48	
8	20/10/2009	29/12/2009	70	15,40	186,27	55700	299,04	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON
ASTM C-39**

MARCA: **CAMBA**
TIPO DE CEMENTO: **IF-30**

PROCEDENCIA: **SANTA CRUZ**

Donde:

* Valores obtenidos de rotura en laboratorio.

** Valores según C.E.B. (Comité Europeo del Hormigón)

*** Valores según Portland Cement Association

Edad (días)	Resis. Rot. Promedio (Kg/cm ²)	RELACION fcj/fc28 (%) *	RELACION fcj/fc28	
			(%) **	(%) ***
0	0,00	0,00		
1	93,13	31,57		
3	123,64	41,91	40,00	40,00
7	165,66	56,16	65,00	60,00
14	219,77	74,50		
21	241,05	81,71		
28	256,62	86,99	100,00	100,00
35	273,77	92,80		
42	281,52	95,43		
49	286,60	97,15		
56	290,22	98,38	110,00	110
63	294,43	99,81		
70	299,63	101,57		
90			120,00	120
180			135,00	128

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE INICIO Y FIN DE FRAGUADO

ASTM C-191

ENSAYO 1

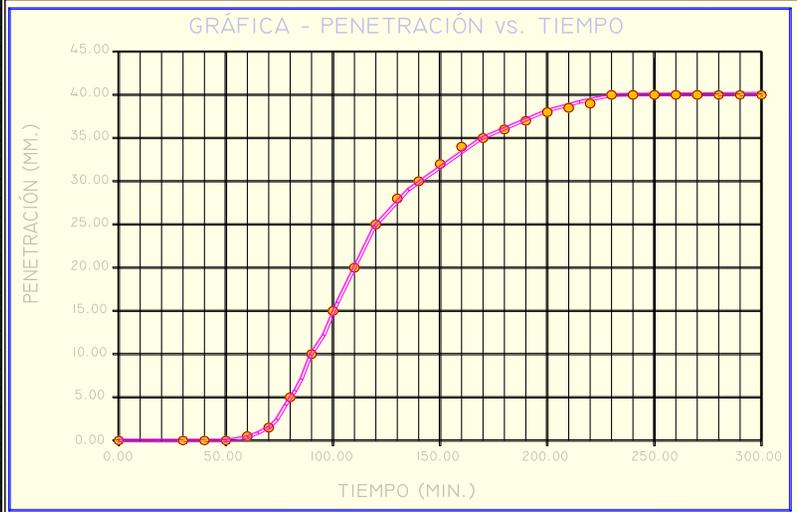
Marca del Cemento: COBOCE

Tipo de cemento: Portland IP -40 (NB-011)

Fecha de inicio de analisis: 27/10/2009

Agua = 150 ml
 Cemento = 500 gr. Temp.=29°C

Tiempo	Lo	Lf	Penetración
0	18,00	18,00	0,00
30	18,00	18,00	0,00
40	18,00	18,00	0,00
50	18,00	18,00	0,00
60	18,00	17,95	0,50
70	18,00	17,85	1,50
80	18,00	17,50	5,00
90	18,00	17,00	10,00
100	18,00	16,50	15,00
110	18,00	16,00	20,00
120	18,00	15,50	25,00
130	18,00	15,20	28,00
140	18,00	15,00	30,00
150	18,00	14,80	32,00
160	18,00	14,60	34,00
170	18,00	14,50	35,00
180	18,00	14,40	36,00
190	18,00	14,30	37,00
200	18,00	14,20	38,00
210	18,00	14,15	38,50
220	18,00	14,10	39,00
230	18,00	14,00	40,00
240	18,00	14,00	40,00
250	18,00	14,00	40,00
260	18,00	14,00	40,00
270	18,00	14,00	40,00
280	18,00	14,00	40,00
290	18,00	14,00	40,00
300	18,00	14,00	40,00
310	18,00	14,00	40,00



TIEMPO DE INICIO DE FRAGUADO=	120,00	min.
TIEMPO DE FIN DE FRAGUADO=	230,00	min.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS (U.A.G.R.M.)

ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE HORMIGONES: CEMENTO PORTLAND NORMAL, IP 40, IP 30, IF 30.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO ASTM C109															
MARCA: COBOCE TIPO DE CEMENTO: IP-40										PROCEDENCIA: COCHABAMBA					
N°	ITEM O DETALLE	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resis. promedio	Resis. (Mpa)
1	CAT - IP 40	10/11/2009	11/11/2009	1	5,0	5,1	5,1	25,50	130,05	279	2,15	3300	129,41		
2	CAT - IP 40	10/11/2009	11/11/2009	1	5,0	5,1	5,0	25,50	127,50	282	2,21	3200	125,49		
3	CAT - IP 40	10/11/2009	11/11/2009	1	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	283	2,13	3400	130,72	128,54	12,854
4	CAT - IP 40	10/11/2009	13/11/2009	3	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	4900	188,39		
5	CAT - IP 40	10/11/2009	13/11/2009	3	5,1	5,0	5,1	25,50	130,05	282	2,17	4800	188,24	189,64	18,964
6	CAT - IP 40	10/11/2009	13/11/2009	3	5,2	5,1	5,1	26,52	135,25	274	2,03	5100	192,31		
7	CAT - IP 40	10/11/2009	20/11/2009	7	5,1	5,2	5,0	26,52	132,60	290	2,18	7200	271,49		
8	CAT - IP 40	10/11/2009	20/11/2009	7	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,12	7400	284,51	280,20	28,020
9	CAT - IP 40	10/11/2009	20/11/2009	7	5,2	5,0	5,1	26,00	132,60	279	2,10	7400	284,62		
10	CAT - IP 40	10/11/2009	27/11/2009	14	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	8200	315,26		
11	CAT - IP 40	10/11/2009	27/11/2009	14	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	283	2,09	8300	312,97	314,23	31,423
12	CAT - IP 40	10/11/2009	27/11/2009	14	5,3	5,1	5,1	27,03	137,85	296	2,15	8500	314,47		
13	CAT - IP 40	10/11/2009	04/12/2009	21	5,1	5,0	5,1	25,50	130,05	284	2,18	8500	333,33		
14	CAT - IP 40	10/11/2009	04/12/2009	21	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,12	8700	334,49	333,88	33,388
15	CAT - IP 40	10/11/2009	04/12/2009	21	5,3	5,2	5,0	27,56	137,80	287	2,08	9200	333,82		
16	CAT - IP 40	10/11/2009	11/12/2009	28	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	285	2,15	9500	365,24		
17	CAT - IP 40	10/11/2009	11/12/2009	28	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	285	2,11	9700	365,76	364,33	36,433
18	CAT - IP 40	10/11/2009	11/12/2009	28	5,1	5,2	5,4	26,52	143,21	301	2,10	9600	361,99		
19	CAT - IP 40	10/11/2009	18/12/2009	35	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	285	2,15	9900	380,62		
20	CAT - IP 40	10/11/2009	18/12/2009	35	5,1	5,0	5,1	25,50	130,05	285	2,19	9700	380,39	380,47	38,047
21	CAT - IP 40	10/11/2009	18/12/2009	35	5,1	5,0	5,4	25,50	137,70	301	2,19	9700	380,39		

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO

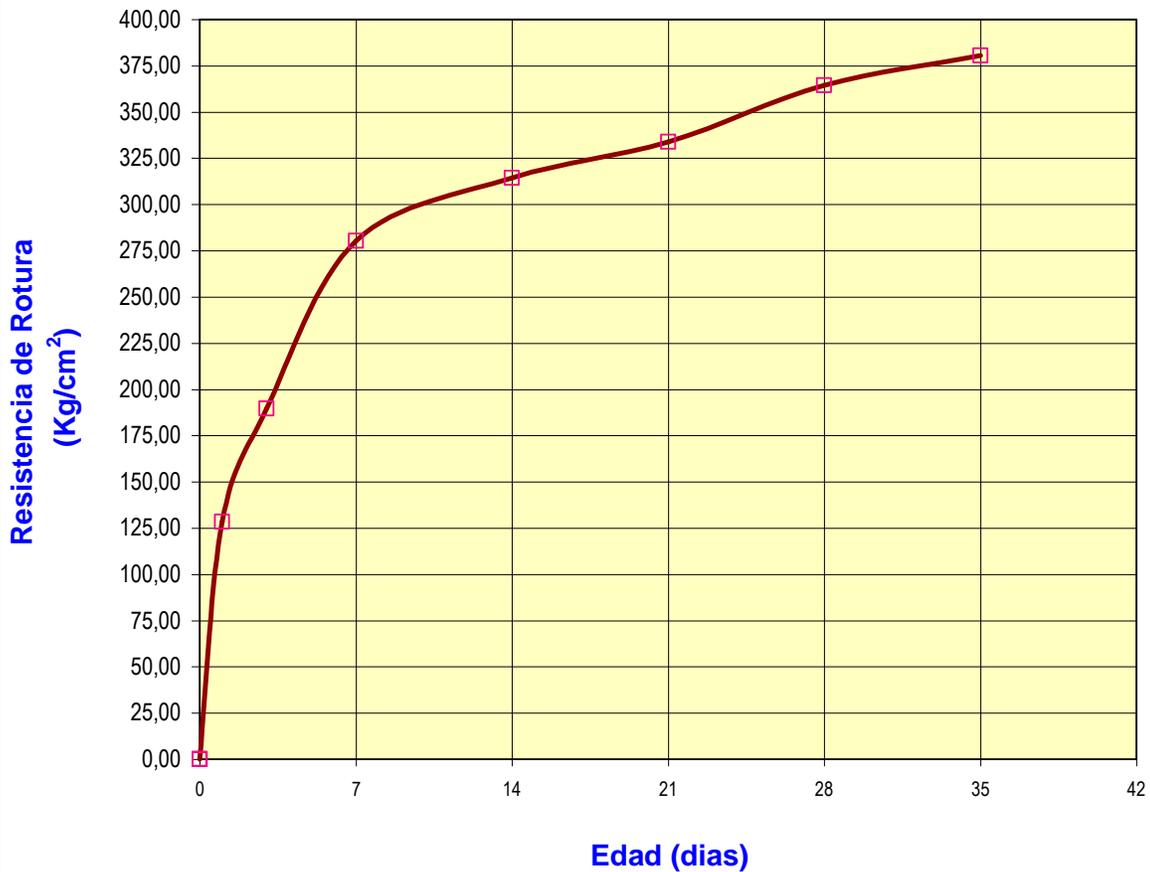
ASTM C-104

MARCA: COBOCE
TIPO DE CEMENTO: IP-40

PROCEDENCIA: COCHABAMBA

Edad (días)	Resis. Promedio (Kg/cm ²)
0	0,00
1	128,54
3	189,64
7	280,20
14	314,23
21	333,88
28	364,33
35	380,47

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: COBOCE				PROCEDENCIA: COCHABAMBA				
TIPO DE CEMENTO: IP-40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	27/11/2009	28/11/2009	1	15,40	186,27	24200	129,92	129,64
2	27/11/2009	28/11/2009	1	15,20	181,46	23600	130,06	
3	27/11/2009	28/11/2009	1	15,30	183,85	23900	129,99	
4	27/11/2009	28/11/2009	1	15,20	181,46	23500	129,51	
5	27/11/2009	28/11/2009	1	15,30	183,85	23800	129,45	
6	27/11/2009	28/11/2009	1	15,40	186,27	24100	129,39	
7	29/12/2009	30/12/2009	1	15,50	188,69	24500	129,84	
8	29/12/2009	30/12/2009	1	15,20	181,46	23400	128,95	
1	27/11/2009	30/11/2009	3	15,50	188,69	33100	175,42	176,42
2	27/11/2009	30/11/2009	3	15,60	191,13	33500	175,27	
3	27/11/2009	30/11/2009	3	15,50	188,69	33300	176,48	
4	27/11/2009	30/11/2009	3	15,20	181,46	32200	177,45	
5	27/11/2009	30/11/2009	3	15,30	183,85	32500	176,77	
6	27/11/2009	30/11/2009	3	15,40	186,27	32800	176,09	
7	29/12/2009	01/01/2010	3	15,50	188,69	33400	177,01	
8	29/12/2009	01/01/2010	3	15,20	181,46	32100	176,90	
1	27/11/2009	04/12/2009	7	15,00	176,72	36400	205,98	204,78
2	27/11/2009	04/12/2009	7	15,40	186,27	38100	204,55	
3	27/11/2009	0/12/2009	7	15,00	176,72	35900	203,15	
4	27/11/2009	04/12/2009	7	15,00	176,72	36200	204,85	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: COBOCE				PROCEDENCIA: COCHABAMBA				
TIPO DE CEMENTO: IP-40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
5	27/11/2009	04/12/2009	7	15,20	181,46	37200	205,01	
6	27/11/2009	01/12/2009	7	15,30	183,85	37800	205,60	
7	29/12/2009	05/01/2010	7	15,50	188,69	38500	204,04	
8	27/11/2009	05/01/2010	7	15,60	191,13	39200	205,09	
1	27/11/2009	11/12/2009	14	15,50	188,69	43300	229,47	229,42
2	27/11/2009	11/12/2009	14	15,70	193,59	44700	230,90	
3	27/11/2009	11/12/2009	14	15,50	188,69	43100	228,41	
4	27/11/2009	11/12/2009	14	15,70	193,59	44500	229,86	
5	27/11/2009	11/12/2009	14	15,50	188,69	43200	228,94	
6	27/11/2009	11/12/2009	14	15,70	193,59	44500	229,86	
7	27/11/2009	11/12/2009	14	15,30	183,85	42100	228,99	
8	27/11/2009	11/12/2009	14	15,10	179,08	41000	228,95	
1	27/11/2009	18/12/2009	21	15,60	191,13	47900	250,61	250,44
2	27/11/2009	18/12/2009	21	15,60	191,13	47700	249,56	
3	27/11/2009	18/12/2009	21	15,60	191,13	48000	251,13	
4	27/11/2009	18/12/2009	21	15,30	183,85	45800	249,11	
5	27/11/2009	18/12/2009	21	15,40	186,27	46600	250,18	
6	27/11/2009	18/12/2009	21	15,50	188,69	47400	251,20	
7	27/11/2009	18/12/2009	21	15,60	191,13	48100	251,65	
8	27/11/2009	18/12/2009	21	15,60	191,13	47800	250,09	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: COBOCE				PROCEDENCIA: COCHABAMBA				
TIPO DE CEMENTO: IP-40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	27/11/2009	25/12/2009	28	15,50	188,69	50700	268,69	269,16
2	27/11/2009	25/12/2009	28	15,40	186,27	50200	269,51	
3	27/11/2009	25/12/2009	28	15,20	181,46	48900	269,48	
4	27/11/2009	25/12/2009	28	15,50	188,69	50700	268,69	
5	27/11/2009	25/12/2009	28	15,30	183,85	49500	269,23	
6	27/11/2009	25/12/2009	28	15,20	181,46	48800	268,93	
7	27/11/2009	25/12/2009	28	15,50	188,69	50800	269,22	
8	27/11/2009	25/12/2009	28	15,40	186,27	50200	269,51	
1	27/11/2009	01/01/2010	35	15,80	196,07	56000	285,62	285,79
2	27/11/2009	01/01/2010	35	15,80	196,07	56000	285,62	
3	27/11/2009	01/01/2010	35	15,80	196,07	55900	285,11	
4	27/11/2009	01/01/2010	35	15,20	181,46	51800	285,46	
5	27/11/2009	01/01/2010	35	15,50	188,69	54000	286,18	
6	27/11/2009	01/01/2010	35	15,30	183,85	52700	286,64	
7	27/11/2009	01/01/2010	35	15,50	188,69	53800	285,12	
8	27/11/2009	01/01/2010	35	15,20	181,46	52000	286,57	
1	17/11/2009	29/12/2009	42	15,60	191,13	55800	291,94	290,94
2	17/11/2009	29/12/2009	42	15,40	186,27	54200	290,98	
3	17/11/2009	29/12/2009	42	15,60	191,13	55700	291,42	
4	17/11/2009	29/12/2009	42	15,30	183,85	53200	289,36	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: COBOCE					PROCEDENCIA: COCHABAMBA			
TIPO DE CEMENTO: IP-40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
5	17/11/2009	29/12/2009	42	15,40	186,27	54200	290,98	
6	17/11/2009	29/12/2009	42	15,50	188,69	54900	290,95	
7	17/11/2009	29/12/2009	42	15,50	188,69	55000	291,48	
8	17/11/2009	29/12/2009	42	15,50	188,69	54800	290,42	
1	17/11/2009	05/01/2010	49	15,30	183,85	54800	298,06	298,89
2	17/11/2009	05/01/2010	49	15,40	186,27	55700	299,04	
3	17/11/2009	05/01/2010	49	15,20	181,46	54600	300,89	
4	17/11/2009	05/01/2010	49	15,30	183,85	54900	298,61	
5	17/11/2009	05/01/2010	49	15,30	183,85	54800	298,06	
6	17/11/2009	05/01/2010	49	15,20	181,46	54300	299,24	
7	17/11/2009	05/01/2010	49	15,20	181,46	54200	298,69	
8	17/11/2009	05/01/2010	49	15,40	186,27	55600	298,50	
1	17/11/2009	12/01/2010	56	15,40	186,27	56000	300,65	301,03
2	17/11/2009	12/01/2010	56	15,40	186,27	56100	301,18	
3	17/11/2009	12/01/2010	56	15,30	183,85	55200	300,24	
4	17/11/2009	12/01/2010	56	15,20	181,46	54700	301,45	
5	17/11/2009	12/01/2010	56	15,30	183,85	55400	301,33	
6	17/11/2009	12/01/2010	56	15,20	181,46	54500	300,34	
7	17/11/2009	12/01/2010	56	15,30	183,85	55400	301,33	
8	17/11/2009	12/01/2010	56	15,40	186,27	56200	301,72	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO ASTM C109															
MARCA: FANCESA TIPO DE CEMENTO: IP-30										PROCEDENCIA: CHUQUISACA					
N°	ITEM O DETALLE	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resis. promedio	Resis. (Mpa)
1	CAT - IP 30	02/06/2009	03/06/2009	1	5,1	5,3	5,2	27,03	140,56	290	2,06	2400,0	88,79	89,25	8,925
2	CAT - IP 30	02/06/2009	03/06/2009	1	5,2	5,0	5,2	26,00	135,20	285	2,11	2300,0	88,46		
3	CAT - IP 30	02/06/2009	03/06/2009	1	5,2	5,1	5,1	26,52	135,25	279	2,06	2400,0	90,50		
4	CAT - IP 30	02/06/2009	05/06/2009	3	5,2	5,2	5,4	27,04	146,02	303	2,08	4300,0	159,02	157,07	15,707
5	CAT - IP 30	02/06/2009	05/06/2009	3	5,1	5,0	5,3	25,50	135,15	288	2,13	4000,0	156,86		
6	CAT - IP 30	02/06/2009	05/06/2009	3	5,2	5,2	5,2	27,04	140,61	295	2,10	4200,0	155,33		
7	CAT - IP 30	02/06/2009	09/06/2009	7	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	290	2,14	6300,0	242,21	245,23	24,523
8	CAT - IP 30	02/06/2009	09/06/2009	7	4,9	4,8	5,1	23,52	119,95	270	2,25	6000,0	255,10		
9	CAT - IP 30	02/06/2009	09/06/2009	7	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	281	2,12	6200,0	238,37		
10	CAT - IP 30	02/06/2009	16/06/2009	14	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	295	2,18	7100,0	272,97	271,04	27,104
11	CAT - IP 30	02/06/2009	16/06/2009	14	5,1	5,3	5,2	27,03	140,56	290	2,06	7300,0	270,07		
12	CAT - IP 30	02/06/2009	16/06/2009	14	5,1	5,3	5,2	27,03	140,56	294	2,09	7300,0	270,07		
13	CAT - IP 30	02/06/2009	23/06/2009	21	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	288	2,30	7400,0	296,00	296,00	29,600
14	CAT - IP 30	02/06/2009	23/06/2009	21	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	286	2,29	7300,0	292,00		
15	CAT - IP 30	02/06/2009	23/06/2009	21	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	285	2,28	7500,0	300,00		
16	CAT - IP 30	02/06/2009	30/06/2009	28	5,2	5,1	5,1	26,52	135,25	286	2,12	8000,0	301,66	302,92	30,292
17	CAT - IP 30	02/06/2009	30/06/2009	28	5,2	5,1	5,1	26,52	135,25	285	2,11	8100,0	305,43		
18	CAT - IP 30	02/06/2009	30/06/2009	28	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	287	2,12	8000,0	301,66		
19	CAT - IP 30	02/06/2009	07/07/2009	35	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	286	2,12	8200,0	309,20	308,12	30,812
20	CAT - IP 30	02/06/2009	07/07/2009	35	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	287	2,16	8000,0	307,57		
21	CAT - IP 30	02/06/2009	07/07/2009	35	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	287	2,12	8000,0	307,57		

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO

ASTM C-104

MARCA: FANCESA
TIPO DE CEMENTO: IP-30

PROCEDENCIA: CHUQUISACA

Edad (días)	Resis. Promedio (Kg/cm ²)
0	0,00
1	89,25
3	157,07
7	245,23
14	271,04
21	296,00
28	302,92
35	308,12

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: FANCESA				PROCEDENCIA: SUCRE (Chuquisaca)				
TIPO DE CEMENTO: IP-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	15/09/2009	16/09/2009	1	15,60	191,13	14200	74,29	75,59
2	15/09/2009	16/09/2009	1	15,30	183,85	14400	78,32	
3	15/09/2009	16/09/2009	1	15,20	181,46	13900	76,60	
4	15/09/2009	16/09/2009	1	15,30	183,85	13900	75,60	
5	15/09/2009	16/09/2009	1	15,30	183,85	13800	75,06	
6	15/09/2009	16/09/2009	1	15,40	186,27	14100	75,70	
7	15/09/2009	16/09/2009	1	15,20	181,46	13700	75,50	
8	15/09/2009	16/09/2009	1	15,50	188,69	13900	73,66	
5	15/09/2009	18/09/2009	3	15,50	188,69	22000	116,59	116,07
6	15/09/2009	18/09/2009	3	15,60	191,13	22400	117,19	
7	15/09/2009	18/09/2009	3	15,50	188,69	21600	114,47	
8	15/09/2009	18/09/2009	3	15,60	191,13	22100	115,63	
5	15/09/2009	18/09/2009	3	15,50	188,69	22200	117,65	
6	15/09/2009	18/09/2009	3	15,40	186,27	21400	114,89	
7	29/12/2009	01/01/2010	3	15,50	188,69	21800	115,53	
8	29/12/2009	01/01/2010	3	15,00	176,72	20600	116,57	
1	15/09/2009	22/09/2009	7	15,00	176,72	32700	185,04	178,23
2	15/09/2009	22/09/2009	7	15,50	188,69	34600	183,37	
3	15/09/2009	22/09/2009	7	15,00	176,72	32400	183,35	
4	15/09/2009	22/09/2009	7	15,50	188,69	33200	175,95	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: FANCESA				PROCEDENCIA: SUCRE (Chuquisaca)				
TIPO DE CEMENTO: IP-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
5	15/09/2009	22/09/2009	7	15,10	179,08	31700	177,02	
6	15/09/2009	22/09/2009	7	15,40	186,27	32600	175,02	
7	29/12/2009	05/01/2010	7	15,50	188,69	32500	172,24	
8	15/09/2009	05/01/2010	7	15,50	188,69	32800	173,83	
1	15/10/2009	29/09/2009	14	15,50	188,69	46500	246,43	245,91
2	15/10/2009	29/09/2009	14	15,50	188,69	46800	248,02	
3	15/10/2009	29/09/2009	14	15,50	188,69	46500	246,43	
4	15/10/2009	29/09/2009	14	15,00	176,72	43200	244,46	
5	15/10/2009	29/09/2009	14	15,30	183,85	45200	245,85	
6	15/10/2009	29/09/2009	14	15,40	186,27	45500	244,28	
7	15/10/2009	29/09/2009	14	15,50	188,69	46500	246,43	
8	15/10/2009	29/09/2009	14	15,50	188,69	46300	245,37	
1	15/10/2009	06/10/2009	21	15,50	188,69	54700	289,89	290,30
2	15/10/2009	06/10/2009	21	15,50	188,69	55000	291,48	
3	15/10/2009	06/10/2009	21	15,30	183,85	53500	290,99	
4	15/10/2009	06/10/2009	21	15,40	186,27	53700	288,30	
5	15/10/2009	06/10/2009	21	15,20	181,46	52800	290,98	
6	15/10/2009	06/10/2009	21	15,30	183,85	53400	290,45	
7	15/10/2009	06/10/2009	21	15,50	188,69	54500	288,83	
8	15/10/2009	06/10/2009	21	15,50	188,69	55000	291,48	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: FANCESA				PROCEDENCIA: SUCRE (Chuquisaca)				
TIPO DE CEMENTO: IP-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	15/09/2009	13/10/2009	28	15,50	188,69	59200	313,74	313,97
2	15/09/2009	13/10/2009	28	15,40	186,27	58400	313,53	
3	15/09/2009	13/10/2009	28	15,50	188,69	59200	313,74	
4	15/09/2009	13/10/2009	28	15,50	188,69	59300	314,27	
5	15/09/2009	13/10/2009	28	15,20	181,46	57000	314,12	
6	15/09/2009	13/10/2009	28	15,30	183,85	57800	314,38	
7	01/12/2009	29/12/2009	28	15,20	181,46	57000	314,12	
8	01/12/2009	29/12/2009	28	15,30	183,85	57700	313,84	
1	17/09/2009	22/10/2009	35	15,80	196,07	62400	318,26	318,82
2	17/09/2009	22/10/2009	35	15,50	188,69	60100	318,51	
3	17/09/2009	22/10/2009	35	15,40	186,27	59500	319,44	
4	17/09/2009	22/10/2009	35	15,20	181,46	57800	318,53	
5	17/09/2009	22/10/2009	35	15,20	181,46	57900	319,08	
6	17/09/2009	22/10/2009	35	15,10	179,08	57100	318,85	
7	17/09/2009	22/10/2009	35	15,20	181,46	57900	319,08	
8	01/12/2009	05/01/2010	35	15,50	188,69	60100	318,51	
9	01/12/2009	05/01/2010	35	15,60	191,13	61000	319,15	
1	17/09/2009	29/10/2009	42	15,40	186,27	60000	322,12	323,12
2	17/09/2009	29/10/2009	42	15,00	176,72	57200	323,69	
3	17/09/2009	29/10/2009	42	15,20	181,46	58600	322,94	
4	17/09/2009	29/10/2009	42	15,30	183,85	59400	323,08	

ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE HORMIGONES: CEMENTO PORTLAND NORMAL, IP 40, IP 30, IF 30.								
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: FANCESA				PROCEDENCIA: SUCRE (Chuquisaca)				
TIPO DE CEMENTO: IP-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
5	17/09/2009	29/10/2009	42	15,10	179,08	57900	323,32	
6	17/09/2009	29/10/2009	42	15,20	181,46	58700	323,49	
7	17/09/2009	29/10/2009	42	15,40	186,27	60300	323,73	
8	17/09/2009	29/10/2009	42	15,00	176,72	57000	322,55	
1	17/09/2009	05/11/2009	49	15,40	186,27	60600	325,34	325,38
2	17/09/2009	05/11/2009	49	15,50	188,69	61300	324,87	
3	17/09/2009	05/11/2009	49	15,50	188,69	61200	324,34	
4	17/09/2009	05/11/2009	49	15,20	181,46	59300	326,80	
5	17/09/2009	05/11/2009	49	15,30	183,85	59900	325,80	
6	17/09/2009	05/11/2009	49	15,20	181,46	59000	325,14	
7	17/09/2009	05/11/2009	49	15,40	186,27	60500	324,81	
8	17/09/2009	05/11/2009	49	15,50	188,69	61500	325,93	
1	17/09/2009	12/11/2009	56	15,50	188,69	61600	326,46	327,52
2	17/09/2009	12/11/2009	56	15,50	188,69	61700	326,99	
3	17/09/2009	12/11/2009	56	15,30	183,85	60300	327,98	
4	17/09/2009	12/11/2009	56	15,20	181,46	59400	327,35	
5	17/09/2009	12/11/2009	56	15,10	179,08	58800	328,35	
6	17/09/2009	12/11/2009	56	15,40	186,27	61100	328,03	
7	17/09/2009	12/11/2009	56	15,50	188,69	61600	326,46	
8	17/09/2009	12/11/2009	56	15,50	188,69	62000	328,58	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: FANCESA TIPO DE CEMENTO: IP-30					PROCEDENCIA: SUCRE (Chuquisaca)			
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	17/09/2009	19/11/2009	63	15,50	188,69	62400	330,70	330,42
2	17/09/2009	19/11/2009	63	15,40	186,27	61500	330,17	
3	17/09/2009	19/11/2009	63	15,50	188,69	62400	330,70	
4	17/09/2009	19/11/2009	63	15,50	188,69	62300	330,17	
5	17/09/2009	19/11/2009	63	15,20	181,46	59900	330,10	
6	17/09/2009	19/11/2009	63	15,20	181,46	60000	330,65	
7	17/09/2009	19/11/2009	63	15,50	188,69	62100	329,11	
8	17/09/2009	19/11/2009	63	15,40	186,27	61800	331,78	
1	17/09/2009	26/11/2009	70	15,50	188,69	62200	329,64	330,66
2	17/09/2009	26/11/2009	70	15,60	191,13	63800	333,80	
3	17/09/2009	26/11/2009	70	15,50	188,69	62400	330,70	
4	17/09/2009	26/11/2009	70	15,70	193,59	63800	329,56	
5	17/09/2009	26/11/2009	70	15,10	179,08	59300	331,14	
6	17/09/2009	26/11/2009	70	15,30	183,85	60600	329,61	
7	17/09/2009	26/11/2009	70	15,60	191,13	62900	329,09	
8	17/09/2009	26/11/2009	70	15,50	188,69	62600	331,76	
1	17/09/2009	03/12/2009	77	15,70	193,59	64100	331,11	331,53
2	17/09/2009	03/12/2009	77	15,50	188,69	62600	331,76	
3	17/09/2009	03/12/2009	77	15,20	181,46	60100	331,20	
4	17/09/2009	03/12/2009	77	15,40	186,27	61700	331,25	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: FANCESA TIPO DE CEMENTO: IP-30					PROCEDENCIA: SUCRE (Chuquisaca)			
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
5	17/09/2009	03/12/2009	77	15,20	181,46	60400	332,86	
6	17/09/2009	03/12/2009	77	15,70	193,59	64200	331,62	
7	17/09/2009	03/12/2009	77	15,50	188,69	62600	331,76	
8	17/09/2009	03/12/2009	77	15,20	181,46	60000	330,65	
1	17/09/2009	10/12/2009	84	15,40	186,27	61900	332,32	332,29
2	17/09/2009	10/12/2009	84	15,00	176,72	58700	332,17	
3	17/09/2009	10/12/2009	84	15,40	186,27	61800	331,78	
4	17/09/2009	10/12/2009	84	15,30	183,85	61100	332,33	
5	17/09/2009	10/12/2009	84	15,20	181,46	60400	332,86	
6	17/09/2009	10/12/2009	84	15,40	186,27	61800	331,78	
7	17/09/2009	10/12/2009	84	15,00	176,72	58700	332,17	
8	17/09/2009	10/12/2009	84	15,40	186,27	62000	332,86	

**ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE HORMIGONES:
CEMENTO PORTLAND NORMAL, IP 40, IP 30, IF 30.**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON
ASTM C-39**

MARCA: **FANCESA**
TIPO DE CEMENTO: **IP-30**

PROCEDENCIA: **SUCRE (Chuquisaca)**

Donde:
* Valores obtenidos de rotura en laboratorio.
** Valores según C.E.B. (Comité Europeo del Hormigón)
*** Valores según Portland Cement Association

Edad (días)	Resis. a Rot. Promedio (Kg/cm2)	RELACION fcj/fc28 (%) *	RELACION fcj/fc28	
			(%) **	(%) ***
0	0,00	0,00	0,00	
1	75,59	25,62		
3	116,07	39,34	40,00	40,00
7	178,23	60,42	65,00	60,00
14	245,91	83,36		
21	290,30	98,41		
28	313,97	106,43	100,00	100,00
35	318,82	108,08		
42	323,12	109,53		
49	325,38	110,30		
56	327,52	111,02		110,00
63	330,42	112,01		
70	330,66	112,09		
77	331,53	112,38		
84	332,29	112,64		
90			120,00	120,00
180			135,00	128,00

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE INICIO Y FIN DE FRAGUADO

ASTM C-191

ENSAYO 1

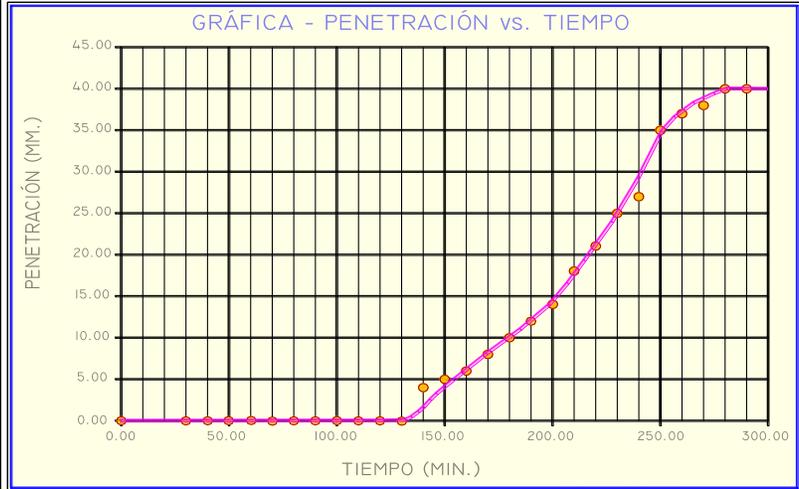
Marca del Cemento: WARNES

Tipo de cemento: Portland IP -30 (NB-011)

Fecha de inicio de analisis: 21/07/2009

Agua = 150 ml
 Cemento= 500 gr. Temp.=30°C

Tiempo	Lo	Lf	Penetración
0	18,00	18,00	0,00
30	18,00	18,00	0,00
40	18,00	18,00	0,00
50	18,00	18,00	0,00
60	18,00	18,00	0,00
70	18,00	18,00	0,00
80	18,00	18,00	0,00
90	18,00	18,00	0,00
100	18,00	18,00	0,00
110	18,00	18,00	0,00
120	18,00	18,00	0,00
130	18,00	18,00	0,00
140	18,00	17,60	4,00
150	18,00	17,50	5,00
160	18,00	17,40	6,00
170	18,00	17,20	8,00
180	18,00	17,00	10,00
190	18,00	16,80	12,00
200	18,00	16,60	14,00
210	18,00	16,20	18,00
220	18,00	15,90	21,00
230	18,00	15,50	25,00
240	18,00	15,30	27,00
250	18,00	14,50	35,00
260	18,00	14,30	37,00
270	18,00	14,20	38,00
280	18,00	14,00	40,00
290	18,00	14,00	40,00



TIEMPO DE INICIO DE FRAGUADO= 230,00 min.
 TIEMPO DE FIN DE FRAGUADO= 280,00 min.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS (U.A.G.R.M.)

ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE HORMIGONES: CEMENTO PORTLAND NORMAL, IP 40, IP 30, IF 30.

<p style="text-align: center;">ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO ASTM C109</p>															
<p>MARCA: WARNES TIPO DE CEMENTO: IP-30</p>										<p>PROCEDENCIA: SANTA CRUZ</p>					
N°	ITEM O DETALLE	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resis. promedio	Resis. (Mpa)
1	CAT - IP 30	09/06/2009	10/06/2009	1	5,0	5,0	5,1	25,00	127,50	274	2,15	2800,0	112,00	112,08	11,208
2	CAT - IP 30	09/06/2009	10/06/2009	1	4,9	5,0	5,1	24,50	124,95	259	2,07	2900,0	118,37		
3	CAT - IP 30	09/06/2009	10/06/2009	1	5,1	5,0	5,2	25,50	132,60	280	2,11	2700,0	105,88	179,37	17,937
4	CAT - IP 30	09/06/2009	12/06/2009	3	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	283	2,26	4500,0	180,00		
5	CAT - IP 30	09/06/2009	12/06/2009	3	5,2	5,2	5,1	27,04	137,90	287	2,08	4600,0	170,12		
6	CAT - IP 30	09/06/2009	12/06/2009	3	5,0	5,0	5,1	25,00	127,50	280	2,20	4700,0	188,00	227,94	22,794
7	CAT - IP 30	09/06/2009	16/06/2009	7	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	267	1,97	5900,0	222,47		
8	CAT - IP 30	09/06/2009	16/06/2009	7	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	281	2,12	6000,0	230,68	305,24	30,524
9	CAT - IP 30	09/06/2009	16/06/2009	7	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	280	2,11	6000,0	230,68		
10	CAT - IP 30	09/06/2009	23/06/2009	14	5,1	5,1	5,0	26,01	130,05	294	2,26	7900,0	303,73	347,73	34,773
11	CAT - IP 30	09/06/2009	23/06/2009	14	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	283	2,26	7600,0	304,00		
12	CAT - IP 30	09/06/2009	23/06/2009	14	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	282	2,26	7700,0	308,00		
13	CAT - IP 30	09/06/2009	30/06/2009	21	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	292	2,16	9300,0	350,68	373,06	37,306
14	CAT - IP 30	09/06/2009	30/06/2009	21	5,2	5,2	5,1	27,04	137,90	282	2,04	9500,0	351,33		
15	CAT - IP 30	09/06/2009	30/06/2009	21	5,0	5,1	5,3	25,50	135,15	282	2,09	8700,0	341,18	382,20	38,220
16	CAT - IP 30	09/06/2009	07/07/2009	28	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	284	2,14	9700,0	372,93		
17	CAT - IP 30	09/06/2009	07/07/2009	28	5,1	5,2	4,9	26,52	129,95	268	2,06	9900,0	373,30	382,20	38,220
18	CAT - IP 30	09/06/2009	07/07/2009	28	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	283	2,09	9700,0	372,93		
19	CAT - IP 30	09/06/2009	14/07/2009	35	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	282	2,08	9900,0	380,62	382,20	38,220
20	CAT - IP 30	09/06/2009	14/07/2009	35	5,2	5,2	5,1	27,04	137,90	294	2,13	10000,0	369,82		
21	CAT - IP 30	09/06/2009	14/07/2009	35	4,9	5,1	5,3	24,99	132,45	283	2,14	9900,0	396,16		

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO

ASTM C-104

MARCA: **WARNES**
TIPO DE CEMENTO: **IP-30**

PROCEDENCIA: **SANTA CRUZ**

Edad (días)	Resis. Promedio (Kg/cm ²)
0	0,00
1	112,08
3	179,37
7	227,94
14	305,24
21	347,73
28	373,06
35	382,20

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	23/10/2009	24/10/2009	1	15,50	188,69	20900	110,76	112,37
2	23/10/2009	24/10/2009	1	15,00	176,72	19500	110,35	
3	23/10/2009	24/10/2009	1	15,30	183,85	20800	113,13	
4	23/10/2009	24/10/2009	1	15,30	183,85	20900	113,68	
5	23/10/2009	24/10/2009	1	15,40	186,27	20800	111,67	
6	23/10/2009	24/10/2009	1	15,00	176,72	20000	113,18	
7	23/10/2009	24/10/2009	1	15,40	186,27	21200	113,82	
8	23/10/2009	24/10/2009	1	15,50	188,69	21200	112,35	
1	23/10/2009	26/10/2009	3	15,50	188,69	28500	151,04	152,03
2	23/10/2009	26/10/2009	3	15,10	179,08	27300	152,45	
3	23/10/2009	26/10/2009	3	15,40	186,27	28300	151,93	
4	23/10/2009	26/10/2009	3	15,00	176,72	26900	152,22	
1	23/10/2009	26/10/2009	3	15,30	183,85	28000	152,29	
2	23/10/2009	26/10/2009	3	15,20	181,46	27600	152,10	
3	23/10/2009	26/10/2009	3	15,40	186,27	28300	151,93	
4	23/10/2009	26/10/2009	3	15,30	183,85	28000	152,29	
1	23/10/2009	04/11/2009	7	15,50	188,69	33100	175,42	175,87
2	23/10/2009	04/11/2009	7	15,30	183,85	32500	176,77	
3	23/10/2009	04/11/2009	7	15,20	181,46	31900	175,80	
4	23/10/2009	04/11/2009	7	15,30	183,85	32200	175,14	
5	23/10/2009	04/11/2009	7	15,40	186,27	32500	174,48	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
6	00/01/1900	00/01/1900	7	15,30	183,85	32500	176,77	
7	00/01/1900	00/01/1900	7	15,40	186,27	32800	176,09	
8	00/01/1900	00/01/1900	7	15,50	188,69	33300	176,48	
1	23/10/2009	13/11/2009	14	15,20	181,46	34700	191,23	193,18
2	23/10/2009	13/11/2009	14	15,10	179,08	34600	193,21	
3	23/10/2009	13/11/2009	14	15,20	181,46	34800	191,78	
4	23/10/2009	13/11/2009	14	15,40	186,27	36000	193,27	
5	23/10/2009	13/11/2009	14	15,20	181,46	35200	193,98	
6	23/10/2009	13/11/2009	14	15,40	186,27	36400	195,42	
7	23/10/2009	13/11/2009	14	15,30	183,85	35500	193,09	
8	23/10/2009	13/11/2009	14	15,50	188,69	36500	193,44	
1	23/10/2009	20/11/2009	21	15,50	188,69	39000	206,69	207,03
2	23/10/2009	20/11/2009	21	15,20	181,46	37400	206,11	
3	23/10/2009	20/11/2009	21	15,00	176,72	36700	207,68	
4	23/10/2009	20/11/2009	21	15,30	183,85	38100	207,23	
5	23/10/2009	20/11/2009	21	15,40	186,27	38700	207,77	
6	23/10/2009	20/11/2009	21	15,30	183,85	38000	206,69	
7	23/10/2009	20/11/2009	21	15,20	181,46	37500	206,66	
8	23/10/2009	20/11/2009	21	15,30	183,85	38100	207,23	
9	23/10/2009	20/11/2009	21	15,40	186,27	38600	207,23	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	23/10/2009	27/11/2009	28	15,10	179,08	38200	213,31	215,13
2	23/10/2009	27/11/2009	28	15,30	183,85	39300	213,76	
3	23/10/2009	27/11/2009	28	15,20	181,46	39100	215,48	
4	23/10/2009	27/11/2009	28	15,00	176,72	38200	216,17	
5	23/10/2009	27/11/2009	28	15,20	181,46	39100	215,48	
6	23/10/2009	27/11/2009	28	15,40	186,27	40100	215,28	
7	23/10/2009	27/11/2009	28	15,20	181,46	39100	215,48	
8	23/10/2009	27/11/2009	28	15,10	179,08	38700	216,11	
1	23/10/2009	04/12/2009	35	15,60	191,13	43500	227,59	226,38
2	23/10/2009	04/12/2009	35	15,60	191,13	43000	224,97	
3	23/10/2009	04/12/2009	35	15,30	183,85	41200	224,09	
4	23/10/2009	04/12/2009	35	15,60	191,13	43400	227,06	
5	23/10/2009	04/12/2009	35	15,40	186,27	42100	226,02	
6	26/10/2009	30/11/2009	35	15,00	176,72	40300	228,05	
7	26/10/2009	30/11/2009	35	15,50	188,69	42600	225,76	
8	26/10/2009	30/11/2009	35	15,80	196,07	44200	225,43	
9	26/10/2009	30/11/2009	35	15,70	193,59	43900	226,76	
10	26/10/2009	30/11/2009	35	15,00	176,72	40300	228,05	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	26/10/2009	07/12/2009	42	15,00	176,72	43300	245,03	246,38
2	26/10/2009	07/12/2009	42	15,50	188,69	46300	245,37	
3	26/10/2009	07/12/2009	42	15,50	188,69	46700	247,49	
4	26/10/2009	07/12/2009	42	15,50	188,69	46500	246,43	
5	26/10/2009	07/12/2009	42	15,20	181,46	45000	247,99	
6	26/10/2009	07/12/2009	42	15,40	186,27	45900	246,42	
7	26/10/2009	07/12/2009	42	15,30	183,85	45400	246,93	
8	26/10/2009	07/12/2009	42	15,60	191,13	46900	245,38	
1	26/10/2009	14/12/2009	49	15,30	183,85	47300	257,27	256,45
2	26/10/2009	14/12/2009	49	15,40	186,27	47800	256,62	
3	26/10/2009	14/12/2009	49	15,50	188,69	48200	255,44	
4	26/10/2009	14/12/2009	49	15,40	186,27	47800	256,62	
5	26/10/2009	14/12/2009	49	15,40	186,27	47700	256,09	
6	26/10/2009	14/12/2009	49	15,30	183,85	47200	256,73	
7	26/10/2009	14/12/2009	49	15,40	186,27	47800	256,62	
8	26/10/2009	14/12/2009	49	15,30	183,85	47100	256,18	
1	26/10/2009	21/12/2009	56	15,80	196,07	51100	260,62	261,56
2	26/10/2009	21/12/2009	56	15,80	196,07	51200	261,13	
3	26/10/2009	21/12/2009	56	15,40	186,27	48900	262,53	
4	26/10/2009	21/12/2009	56	15,40	186,27	48500	260,38	
5	26/10/2009	21/12/2009	56	15,30	183,85	48100	261,62	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
6	26/10/2009	21/12/2009	56	15,80	196,07	51200	261,13	
7	26/10/2009	21/12/2009	56	15,60	191,13	50100	262,12	
8	26/10/2009	21/12/2009	56	15,70	193,59	50900	262,92	
1	26/10/2009	28/12/2009	63	15,30	183,85	50800	276,31	277,25
2	26/10/2009	28/12/2009	63	15,20	181,46	50500	278,30	
3	26/10/2009	28/12/2009	63	15,00	176,72	49400	279,55	
4	26/10/2009	28/12/2009	63	15,20	181,46	50400	277,75	
5	26/10/2009	28/12/2009	63	15,40	186,27	51500	276,49	
6	26/10/2009	28/12/2009	63	15,30	183,85	50900	276,85	
7	26/10/2009	28/12/2009	63	15,40	186,27	51600	277,02	
8	26/10/2009	28/12/2009	63	15,30	183,85	50700	275,76	
1	26/10/2009	04/01/2010	70	15,60	191,13	56200	294,03	296,08
2	26/10/2009	04/01/2010	70	15,50	188,69	55800	295,72	
3	26/10/2009	04/01/2010	70	15,20	181,46	53800	296,49	
4	26/10/2009	04/01/2010	70	15,30	183,85	54600	296,97	
5	26/10/2009	04/01/2010	70	15,20	181,46	53700	295,93	
6	26/10/2009	04/01/2010	70	15,40	186,27	55500	297,96	
7	26/10/2009	04/01/2010	70	15,30	183,85	54600	296,97	
8	26/10/2009	04/01/2010	70	15,60	191,13	56300	294,56	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resist. a rotura Promedio (Kg/cm ²)
1	26/10/2009	11/01/2010	77	15,50	188,69	58500	310,03	310,53
2	26/10/2009	11/01/2010	77	15,30	183,85	57200	311,12	
3	26/10/2009	11/01/2010	77	15,30	183,85	57300	311,66	
4	26/10/2009	11/01/2010	77	15,50	188,69	58400	309,50	
5	26/10/2009	11/01/2010	77	15,20	181,46	56400	310,81	
6	26/10/2009	11/01/2010	77	15,40	186,27	57800	310,31	
7	26/10/2009	11/01/2010	77	15,30	183,85	57100	310,57	
8	26/10/2009	11/01/2010	77	15,60	191,13	59300	310,25	
1	23/10/2009	14/01/2010	84	15,30	183,85	57600	313,29	312,70
2	26/10/2009	14/01/2010	84	15,20	181,46	56800	313,02	
3	26/10/2009	14/01/2010	84	15,00	176,72	55300	312,93	
4	26/10/2009	14/01/2010	84	15,20	181,46	56700	312,47	
5	26/10/2009	14/01/2010	84	15,40	186,27	58100	311,92	
6	26/10/2009	14/01/2010	84	15,30	183,85	57400	312,20	
7	26/10/2009	14/01/2010	84	15,40	186,27	58200	312,46	
8	26/10/2009	14/01/2010	84	15,30	183,85	57600	313,29	

ENSAYO DE INICIO Y FIN DE FRAGUADO

ASTM C-191

ENSAYO 1

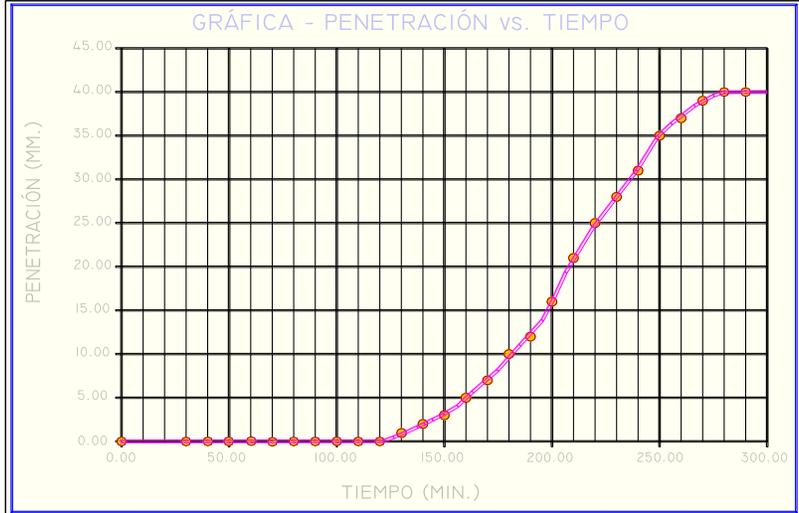
Marca del Cemento: WARNES

Tipo de cemento: Portland IP -40 (NB-011)

Fecha de inicio de analisis: 21/10/2009

Agua = 150 ml
 Cemento= 500 gr. Temp.=30°C

Tiempo	Lo	Lf	Penetración
0	18,00	18,00	0,00
30	18,00	18,00	0,00
40	18,00	18,00	0,00
50	18,00	18,00	0,00
60	18,00	18,00	0,00
70	18,00	18,00	0,00
80	18,00	18,00	0,00
90	18,00	18,00	0,00
100	18,00	18,00	0,00
110	18,00	18,00	0,00
120	18,00	18,00	0,00
130	18,00	17,90	1,00
140	18,00	17,80	2,00
150	18,00	17,70	3,00
160	18,00	17,50	5,00
170	18,00	17,30	7,00
180	18,00	17,00	10,00
190	18,00	16,80	12,00
200	18,00	16,40	16,00
210	18,00	15,90	21,00
220	18,00	15,50	25,00
230	18,00	15,20	28,00
240	18,00	14,90	31,00
250	18,00	14,50	35,00
260	18,00	14,30	37,00
270	18,00	14,10	39,00
280	18,00	14,00	40,00
290	18,00	14,00	40,00



TIEMPO DE INICIO DE FRAGUADO= 220,00 min.
 TIEMPO DE FIN DE FRAGUADO= 280,00 min.

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO ASTM C109															
MARCA: WARNES TIPO DE CEMENTO: IP-40										PROCEDENCIA: SANTA CRUZ					
N°	ITEM O DETALLE	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resis. promedio	Resis. (Mpa)
1	CAT - IP 40	17/11/2009	18/11/2009	1	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	281	2,12	2800,0	107,65	108,94	10,894
2	CAT - IP 40	17/11/2009	18/11/2009	1	5,2	5,1	5,1	26,52	135,25	280	2,07	2900,0	109,35		
3	CAT - IP 40	17/11/2009	18/11/2009	1	5,1	5,0	5,1	25,50	130,05	281	2,16	2800,0	109,80		
4	CAT - IP 40	17/11/2009	20/11/2009	3	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	283	2,13	6500,0	249,90	251,17	25,117
5	CAT - IP 40	17/11/2009	20/11/2009	3	5,0	5,1	5,1	25,50	130,05	285	2,19	6400,0	250,98		
6	CAT - IP 40	17/11/2009	20/11/2009	3	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	287	2,12	6700,0	252,64		
7	CAT - IP 40	17/11/2009	24/11/2009	7	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	8900,0	342,18	342,16	34,216
8	CAT - IP 40	17/11/2009	24/11/2009	7	5,1	5,0	5,1	25,50	130,05	280	2,15	8700,0	341,18		
9	CAT - IP 40	17/11/2009	24/11/2009	7	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	282	2,08	9100,0	343,14		
10	CAT - IP 40	17/11/2009	01/12/2009	14	5,1	5,1	5,0	26,01	130,05	294	2,26	9400,0	361,40	360,73	36,073
11	CAT - IP 40	17/11/2009	01/12/2009	14	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	283	2,26	9000,0	360,00		
12	CAT - IP 40	17/11/2009	01/12/2009	14	5,0	5,1	5,0	25,50	127,50	282	2,21	9200,0	360,78		
13	CAT - IP 40	17/11/2009	08/12/2009	21	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	292	2,16	9900,0	373,30	375,74	37,574
14	CAT - IP 40	17/11/2009	08/12/2009	21	5,2	5,2	5,1	27,04	137,90	282	2,04	10100,0	373,52		
15	CAT - IP 40	17/11/2009	08/12/2009	21	5,0	5,1	5,3	25,50	135,15	282	2,09	9700,0	380,39		
16	CAT - IP 40	17/11/2009	15/12/2009	28	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	284	2,14	10500,0	403,69	403,62	40,362
17	CAT - IP 40	17/11/2009	15/12/2009	28	5,1	5,2	4,9	26,52	129,95	268	2,06	10700,0	403,47		
18	CAT - IP 40	17/11/2009	15/12/2009	28	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	283	2,09	10500,0	403,69		
19	CAT - IP 40	17/11/2009	22/12/2009	35	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	282	2,08	10700,0	411,38	411,22	41,122
20	CAT - IP 40	17/11/2009	22/12/2009	35	5,2	5,2	5,1	27,04	137,90	294	2,13	11100,0	410,50		
21	CAT - IP 40	17/11/2009	22/12/2009	35	5,0	5,1	5,3	25,50	135,15	283	2,09	10500,0	411,76		

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO

ASTM C-104

MARCA: **WARNES**
 TIPO DE CEMENTO: **IP-40**

PROCEDENCIA: **ARGENTINA**

Edad (días)	Resis. Promedio (Kg/cm ²)
0	0,00
1	108,94
3	251,17
7	342,16
14	360,73
21	375,74
28	403,62
35	411,22

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	30/11/2009	01/12/2009	1	15,10	179,08	18800	104,98	104,05
2	30/11/2009	01/12/2009	1	15,50	188,69	19500	103,34	
3	30/11/2009	01/12/2009	1	15,00	176,72	18500	104,69	
4	30/11/2009	01/12/2009	1	15,20	181,46	19000	104,71	
5	30/11/2009	01/12/2009	1	15,40	186,27	19200	103,08	
6	30/11/2009	01/12/2009	1	15,10	179,08	18700	104,42	
7	29/12/2009	01/01/2010	1	15,50	188,69	19500	103,34	
8	29/12/2009	01/01/2010	1	15,50	188,69	19600	103,87	
1	30/11/2009	03/12/2009	3	15,00	176,72	23700	134,11	134,12
2	30/11/2009	03/12/2009	3	15,50	188,69	25300	134,08	
3	30/11/2009	03/12/2009	3	15,00	176,72	23400	132,42	
4	30/11/2009	03/12/2009	3	15,20	181,46	24400	134,47	
5	30/11/2009	03/12/2009	3	15,40	186,27	25000	134,22	
6	30/11/2009	03/12/2009	3	15,10	179,08	24300	135,69	
7	29/12/2009	01/01/2010	3	15,50	188,69	25100	133,02	
8	29/12/2009	01/01/2010	3	15,50	188,69	25400	134,61	
9	30/11/2009	01/01/2010	3	15,60	191,13	25700	134,46	
1	30/11/2009	07/12/2009	7	15,50	188,69	38400	203,51	203,44
2	30/11/2009	07/12/2009	7	14,90	174,37	35400	203,02	
3	30/11/2009	07/12/2009	7	15,30	183,85	37400	203,42	
4	29/12/2009	07/12/2009	7	15,20	181,46	36900	203,35	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
5	30/11/2009	07/12/2009	7	15,10	179,08	36500	203,82	
6	30/11/2009	07/12/2009	7	15,30	183,85	37400	203,42	
7	00/01/1900	07/12/2009	7	15,40	186,27	38000	204,01	
8	29/12/2009	05/01/2010	7	15,80	196,07	39800	202,99	
1	30/11/2009	14/12/2009	14	15,60	191,13	43400	227,06	227,45
2	30/11/2009	14/12/2009	14	15,40	186,27	42800	229,78	
3	17/11/2009	01/12/2009	14	15,10	179,08	40600	226,72	
4	17/11/2009	01/12/2009	14	15,70	193,59	44000	227,28	
5	Fecha de	Fecha de	14	15,60	191,13	43600	228,11	
6	17/11/2009	01/12/2009	14	15,20	181,46	41200	227,05	
7	30/11/2009	14/12/2009	14	15,60	191,13	43500	227,59	
8	30/11/2009	14/12/2009	14	15,40	186,27	42100	226,02	
1	30/11/2009	21/12/2009	21	15,50	188,69	45200	239,54	240,23
2	30/11/2009	21/12/2009	21	15,40	186,27	44700	239,98	
3	10/11/2009	01/12/2009	21	15,90	198,56	47600	239,73	
4	10/11/2009	01/12/2009	21	15,60	191,13	45900	240,14	
5	10/11/2009	01/12/2009	21	15,70	193,59	46500	240,19	
6	17/11/2009	08/12/2009	21	15,40	186,27	44800	240,52	
7	30/11/2009	21/12/2009	21	15,50	188,69	45200	239,54	
8	30/11/2009	21/12/2009	21	15,40	186,27	44800	240,52	
9	30/11/2009	21/12/2009	21	15,20	181,46	43900	241,93	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	00/01/1900	00/01/1900	28	15,30	183,85	46700	254,01	254,01
2	00/01/1900	00/01/1900	28	15,20	181,46	46200	254,60	
3	00/01/1900	00/01/1900	28	15,00	176,72	44600	252,38	
4	17/11/2009	15/12/2009	28	15,60	191,13	48500	253,75	
5	17/11/2009	15/12/2009	28	15,70	193,59	49200	254,14	
6	17/11/2009	15/12/2009	28	15,40	186,27	47200	253,40	
7	10/11/2009	08/12/2009	28	15,10	179,08	45800	255,75	
8	03/12/2009	31/12/2009	28	15,30	183,85	46800	254,55	
9	03/12/2009	31/12/2009	28	15,20	181,46	46000	253,50	
1	10/11/2009	15/12/2009	35	15,40	186,27	49900	267,90	268,07
2	10/11/2009	15/12/2009	35	15,40	186,27	50000	268,43	
3	10/11/2009	15/12/2009	35	15,00	176,72	47300	267,66	
4	10/11/2009	15/12/2009	35	15,40	186,27	49800	267,36	
5	10/11/2009	15/12/2009	35	15,40	186,27	49900	267,90	
6	10/11/2009	15/12/2009	35	15,00	176,72	47600	269,36	
7	17/11/2009	22/12/2009	35	15,50	188,69	50700	268,69	
8	10/11/2009	15/12/2009	35	15,20	181,46	48500	267,28	
1	10/11/2009	22/12/2009	42	15,00	176,72	52000	294,26	296,12
2	10/11/2009	22/12/2009	42	15,30	183,85	54300	295,34	
3	10/11/2009	22/12/2009	42	15,50	188,69	55900	296,25	
4	17/11/2009	29/12/2009	42	15,60	191,13	56600	296,13	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES				PROCEDENCIA: SANTA CRUZ				
TIPO DE CEMENTO: IP - 40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
5	17/11/2009	29/12/2009	42	15,60	191,13	56800	297,17	
6	17/11/2009	29/12/2009	42	15,70	193,59	57400	296,50	
7	17/11/2009	29/12/2009	42	15,00	176,72	52200	295,39	
8	17/11/2009	29/12/2009	42	15,40	186,27	55500	297,96	
1	10/11/2009	29/12/2009	49	15,60	191,13	59500	311,30	311,15
2	10/11/2009	29/12/2009	49	15,70	193,59	60500	312,51	
3	10/11/2009	29/12/2009	49	15,50	188,69	58600	310,56	
4	10/11/2009	29/12/2009	42	15,20	181,46	56500	311,37	
5	10/11/2009	15/12/2009	49	15,40	186,27	58100	311,92	
6	10/11/2009	15/12/2009	49	15,40	186,27	57800	310,31	
7	10/11/2009	29/12/2009	49	15,00	176,72	55000	311,24	
8	10/11/2009	29/12/2009	49	15,30	183,85	57000	310,03	
1	10/11/2009	05/01/2010	56	15,40	186,27	58400	313,53	312,59
2	10/11/2009	05/01/2010	56	15,30	183,85	57500	312,75	
3	10/11/2009	05/01/2010	56	15,40	186,27	58200	312,46	
4	10/11/2009	05/01/2010	56	15,10	179,08	55700	311,04	
5	10/11/2009	05/01/2010	56	15,30	183,85	57500	312,75	
6	10/11/2009	05/01/2010	56	15,20	181,46	56700	312,47	
7	10/11/2009	05/01/2010	56	15,20	181,46	56800	313,02	
8	10/11/2009	05/01/2010	56	15,30	183,85	57500	312,75	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: WARNES					PROCEDENCIA: SANTA CRUZ			
TIPO DE CEMENTO: IP - 40								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	10/11/2009	12/01/2010	63	15,70	193,59	61500	317,68	316,24
2	10/11/2009	12/01/2010	63	15,70	193,59	61000	315,09	
3	10/11/2009	12/01/2010	63	15,30	183,85	58300	317,10	
4	10/11/2009	12/01/2010	63	15,60	191,13	60500	316,53	
5	10/11/2009	12/01/2010	63	15,40	186,27	58800	315,68	
6	10/11/2009	12/01/2010	63	15,40	186,27	58700	315,14	
7	10/11/2009	12/01/2010	63	15,10	179,08	56700	316,62	
8	10/11/2009	12/01/2010	63	15,30	183,85	58200	316,56	
9	10/11/2009	12/01/2010	63	15,20	181,46	57300	315,77	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON
ASTM C-39**

MARCA: **WARNES**
TIPO DE CEMENTO: **IP - 40**

PROCEDENCIA: **SANTA CRUZ**
FECHA DE VACIADO: **11/11/2009 - 30/11/2009**

Donde:

* Valores obtenidos de rotura en laboratorio.

** Valores según C.E.B. (Comité Europeo del Hormigón)

*** Valores según Portalnd Cement Association

Edad (días)	Resis. Rot. Promedio (Kg/cm ²)	RELACION fcj/fc28 (%) *	RELACION fcj/fc28	
			(%) **	(%) ***
0	0,00	0,00	0,00	
1	104,05	35,27		
3	134,12	45,46	40,00	40,00
7	203,44	68,96	65,00	60,00
14	227,45	77,10		
21	240,23	81,43		
28	254,01	86,10	100,00	100,00
35	268,07	90,87		
42	296,12	100,38		
49	311,15	105,48		
56	312,59	105,96		110,00
63	316,24	107,20		
90			120,00	120
180			135,00	128

Resistencia Vs. Edad



ENSAYO DE INICIO Y FIN DE FRAGUADO

ASTM C-191

ENSAYO 1

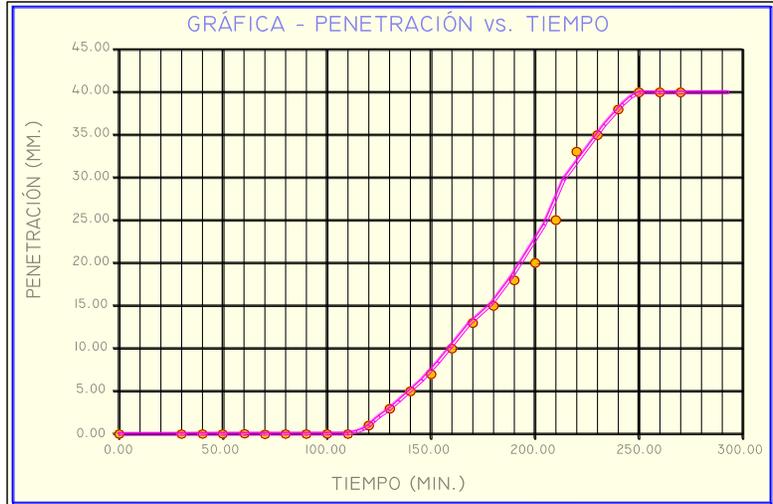
Marca del Cemento: MINETTI (Argentina)

Tipo de cemento: Portland CPF -30 (NB-011)

Fecha de inicio de analisis: 01/06/2009

Agua = 135 ml
 Cemento= 500 gr. Temp.=30°C

Tiempo	Lo	Lf	Penetración
0	18,00	18,00	0,00
30	18,00	18,00	0,00
40	18,00	18,00	0,00
50	18,00	18,00	0,00
60	18,00	18,00	0,00
70	18,00	18,00	0,00
80	18,00	18,00	0,00
90	18,00	18,00	0,00
100	18,00	18,00	0,00
110	18,00	18,00	0,00
120	18,00	17,90	1,00
130	18,00	17,70	3,00
140	18,00	17,50	5,00
150	18,00	17,30	7,00
160	18,00	17,00	10,00
170	18,00	16,70	13,00
180	18,00	16,50	15,00
190	18,00	16,20	18,00
200	18,00	16,00	20,00
210	18,00	15,50	25,00
220	18,00	14,70	33,00
230	18,00	14,50	35,00
240	18,00	14,20	38,00
250	18,00	14,00	40,00
260	18,00	14,00	40,00
270	18,00	14,00	40,00



TIEMPO DE INICIO DE FRAGUADO= 210,00 min.
 TIEMPO DE FIN DE FRAGUADO= 250,00 min.

<p style="text-align: center;">ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO ASTM C109</p>															
<p>MARCA: MINETTI TIPO DE CEMENTO: CPF-30</p>										<p>PROCEDENCIA: ARGENTINA</p>					
N°	ITEM O DETALLE	Fecha de Vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Volumen (cm ³)	Peso (gr.)	Densidad (gr/cm ³)	Fuerza (Kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Resis. promedio	Resis. (Mpa)
1	CAT - CPF 30	15/06/2009	16/06/2009	1	5,2	5,2	5,1	27,04	137,90	291	2,11	2000,0	73,96	72,55	7,255
2	CAT - CPF 30	15/06/2009	16/06/2009	1	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	281	2,12	1900,0	73,05		
3	CAT - CPF 30	15/06/2009	16/06/2009	1	4,9	5,2	5,0	25,48	127,40	265	2,08	1800,0	70,64	162,53	16,253
4	CAT - CPF 30	15/06/2009	19/06/2009	3	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	280	2,11	4200,0	161,48		
5	CAT - CPF 30	15/06/2009	19/06/2009	3	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	272	2,05	4300,0	165,32		
6	CAT - CPF 30	15/06/2009	19/06/2009	3	5,0	5,1	5,1	25,50	130,05	280	2,15	4100,0	160,78		
7	CAT - CPF 30	15/06/2009	22/06/2009	7	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	279	2,23	5500,0	220,00	223,23	22,323
8	CAT - CPF 30	15/06/2009	22/06/2009	7	5,0	5,0	5,0	25,00	125,00	283	2,26	5600,0	224,00		
9	CAT - CPF 30	15/06/2009	22/06/2009	7	4,8	4,8	5,0	23,04	115,20	267	2,32	5200,0	225,69		
10	CAT - CPF 30	15/06/2009	29/06/2009	14	5,1	5,2	5,1	26,52	135,25	284	2,10	6400,0	241,33	242,22	24,222
11	CAT - CPF 30	15/06/2009	29/06/2009	14	5,2	5,3	5,1	27,56	140,56	291	2,07	6700,0	243,11		
12	CAT - CPF 30	15/06/2009	29/06/2009	14	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	283	2,13	6300,0	242,21	251,71	25,171
13	CAT - CPF 30	15/06/2009	06/07/2009	21	5,1	5,1	5,2	26,01	135,25	287	2,12	6500,0	249,90		
14	CAT - CPF 30	15/06/2009	06/07/2009	21	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	284	2,14	6600,0	253,75		
15	CAT - CPF 30	15/06/2009	06/07/2009	21	5,2	5,2	5,2	27,04	140,61	281	2,00	6800,0	251,48		
16	CAT - CPF 30	15/06/2009	13/07/2009	28	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	285	2,15	7200,0	276,82	275,54	27,554
17	CAT - CPF 30	15/06/2009	13/07/2009	28	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	7100,0	272,97		
18	CAT - CPF 30	15/06/2009	13/07/2009	28	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	282	2,13	7200,0	276,82		
19	CAT - CPF 30	15/06/2009	20/07/2009	35	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	294	2,22	7300,0	280,66	282,73	28,273
20	CAT - CPF 30	15/06/2009	20/07/2009	35	5,1	5,1	5,1	26,01	132,65	285	2,15	7400,0	284,51		
21	CAT - CPF 30	15/06/2009	20/07/2009	35	5,0	5,3	5,1	26,50	135,15	282	2,09	7500,0	283,02		

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CÚBICAS DE MORTERO DE CEMENTO

ASTM C-104

MARCA: **MINETTI**
TIPO DE CEMENTO: **CPF-30**

PROCEDENCIA: **ARGENTINA**

Edad (días)	Resis. Promedio (Kg/cm ²)
0	0,00
1	72,55
3	162,53
7	223,23
14	242,22
21	251,71
28	275,54
35	282,73

Resistencia de Rotura Vs. Edad



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: MINETTI				PROCEDENCIA: ARGENTINA				
TIPO DE CEMENTO: CPF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	28/10/2009	29/10/2009	1	15,40	186,27	13200	70,87	71,30
2	28/10/2009	29/10/2009	1	15,50	188,69	13600	72,07	
3	28/10/2009	29/10/2009	1	15,50	188,69	13500	71,55	
4	28/10/2009	29/10/2009	1	15,20	181,46	12900	71,09	
5	28/10/2009	29/10/2009	1	15,20	181,46	12800	70,54	
6	28/10/2009	29/10/2009	1	15,20	181,46	13000	71,64	
7	28/10/2009	29/10/2009	1	15,30	183,85	13000	70,71	
8	28/10/2009	29/10/2009	1	15,40	186,27	13400	71,94	
1	28/10/2009	31/10/2009	3	15,20	181,46	20800	114,63	114,77
6	28/10/2009	31/10/2009	3	15,60	191,13	22000	115,10	
7	28/10/2009	31/10/2009	3	15,50	188,69	21500	113,94	
8	28/10/2009	31/10/2009	3	15,80	196,07	22400	114,25	
5	28/10/2009	31/10/2009	3	15,20	181,46	21000	115,73	
6	28/10/2009	31/10/2009	3	15,30	183,85	21100	114,76	
7	29/12/2009	01/01/2010	3	15,00	176,72	20200	114,31	
8	29/12/2009	01/01/2010	3	15,00	176,72	20400	115,44	
1	28/10/2009	04/11/2009	7	15,50	188,69	35100	186,02	186,48
2	28/10/2009	04/11/2009	7	15,30	183,85	34300	186,56	
3	28/10/2009	04/11/2009	7	15,40	186,27	34600	185,76	
4	28/10/2009	04/11/2009	7	15,60	191,13	35700	186,78	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: MINETTI				PROCEDENCIA: ARGENTINA				
TIPO DE CEMENTO: CPF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
5	28/10/2009	04/11/2009	7	15,20	181,46	34000	187,37	
6	28/10/2009	04/11/2009	7	15,30	183,85	34300	186,56	
7	29/12/2009	05/01/2010	7	15,50	188,69	35100	186,02	
8	28/10/2009	05/01/2010	7	15,00	176,72	33000	186,74	
1	28/10/2009	11/11/2009	14	15,60	191,13	42800	223,93	223,45
2	28/10/2009	11/11/2009	14	15,60	191,13	42500	222,36	
3	28/10/2009	11/11/2009	14	15,60	191,13	42700	223,40	
4	28/10/2009	11/11/2009	14	15,40	186,27	41700	223,87	
5	28/10/2009	11/11/2009	14	15,20	181,46	40500	223,19	
6	28/10/2009	11/11/2009	14	15,30	183,85	41200	224,09	
7	27/11/2009	11/12/2009	14	15,50	188,69	42100	223,11	
8	27/11/2009	11/12/2009	14	15,70	193,59	43300	223,66	
1	28/10/2009	18/11/2009	21	15,20	181,46	44000	242,48	241,92
2	28/10/2009	18/11/2009	21	15,20	181,46	43800	241,38	
3	28/10/2009	18/11/2009	21	15,20	181,46	44000	242,48	
4	28/10/2009	18/11/2009	21	15,00	176,72	42600	241,07	
5	28/10/2009	18/11/2009	21	15,30	183,85	44700	243,13	
6	28/10/2009	18/11/2009	21	15,20	181,46	44000	242,48	
7	27/11/2009	18/12/2009	21	15,60	191,13	46300	242,24	
8	27/11/2009	18/12/2009	21	15,60	191,13	45900	240,14	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: MINETTI				PROCEDENCIA: ARGENTINA				
TIPO DE CEMENTO: CPF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	28/10/2009	25/11/2009	28	15,00	176,72	45100	255,21	254,98
2	28/10/2009	25/11/2009	28	15,20	181,46	47000	259,01	
3	28/10/2009	25/11/2009	28	15,50	188,69	47900	253,85	
4	28/10/2009	25/11/2009	28	15,50	188,69	47500	251,73	
5	28/10/2009	25/11/2009	28	15,20	181,46	45500	250,75	
6	28/10/2009	25/11/2009	28	15,20	181,46	46600	256,81	
7	28/10/2009	25/11/2009	28	15,30	183,85	47000	255,64	
8	28/10/2009	25/11/2009	28	15,20	181,46	46600	256,81	
1	28/10/2009	02/12/2009	35	15,10	179,08	47600	265,80	265,39
2	28/10/2009	02/12/2009	35	15,00	176,72	46900	265,40	
3	28/10/2009	02/12/2009	35	15,70	193,59	51600	266,54	
4	28/10/2009	02/12/2009	35	15,50	188,69	50000	264,98	
5	28/10/2009	02/12/2009	35	15,70	193,59	51400	265,51	
6	28/10/2009	02/12/2009	35	15,50	188,69	49900	264,45	
7	25/11/2009	30/11/2009	35	15,50	188,69	50000	264,98	
8	25/11/2009	30/11/2009	35	15,30	183,85	48800	265,43	
1	25/11/2009	06/01/2010	42	15,70	193,59	52400	270,67	270,72
2	25/11/2009	06/01/2010	42	15,50	188,69	51000	270,28	
3	25/11/2009	06/01/2010	42	15,20	181,46	49200	271,14	
4	25/11/2009	06/01/2010	42	15,30	183,85	49700	270,32	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: MINETTI				PROCEDENCIA: ARGENTINA				
TIPO DE CEMENTO: CPF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
5	25/11/2009	06/01/2010	42	15,10	179,08	48400	270,27	
6	25/11/2009	06/01/2010	42	15,30	183,85	49900	271,41	
7	25/11/2009	06/01/2010	42	15,20	181,46	49100	270,58	
8	25/11/2009	06/01/2010	42	15,40	186,27	50500	271,12	
1	25/11/2009	12/01/2010	49	15,00	176,72	48700	275,58	276,45
2	25/11/2009	12/01/2010	49	15,20	181,46	50200	276,65	
3	25/11/2009	12/01/2010	49	15,50	188,69	52200	276,64	
4	25/11/2009	12/01/2010	49	15,30	183,85	50800	276,31	
5	25/11/2009	12/01/2010	49	15,10	179,08	49300	275,30	
6	25/11/2009	12/01/2010	49	15,00	176,72	48800	276,15	
7	25/11/2009	12/01/2010	49	15,40	186,27	51700	277,56	
8	25/11/2009	12/01/2010	49	15,30	183,85	51000	277,39	
1	28/10/2009	22/12/2010	56	15,10	179,08	50400	281,44	281,19
2	28/10/2009	22/12/2010	56	15,20	181,46	51200	282,16	
3	28/10/2009	22/12/2010	56	15,00	176,72	49800	281,81	
4	28/10/2009	22/12/2010	56	15,50	188,69	53100	281,41	
5	28/10/2009	22/12/2010	56	15,20	181,46	51000	281,06	
6	28/10/2009	22/12/2010	56	15,20	181,46	50900	280,50	
7	28/10/2009	22/12/2010	56	15,30	183,85	51600	280,66	
8	28/10/2009	22/12/2010	56	15,20	181,46	50900	280,50	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C-39								
MARCA: MINETTI				PROCEDENCIA: ARGENTINA				
TIPO DE CEMENTO: CPF-30								
N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (Kg)	Resist. a rot. (Kg/cm ²)	Resist. a rot. Promedio (Kg/cm ²)
1	28/10/2009	29/12/2009	63	15,00	176,72	51300	290,30	289,46
2	28/10/2009	29/12/2009	63	15,20	181,46	52500	289,32	
3	28/10/2009	29/12/2009	63	15,50	188,69	54700	289,89	
4	28/10/2009	29/12/2009	63	15,50	188,69	54600	289,36	
5	28/10/2009	29/12/2009	63	15,20	181,46	52500	289,32	
6	28/10/2009	29/12/2009	63	15,20	181,46	52300	288,22	
7	28/10/2009	29/12/2009	63	15,30	183,85	53200	289,36	
8	28/10/2009	29/12/2009	63	15,20	181,46	52600	289,87	
1	28/10/2009	02/12/2009	70	15,10	179,08	53100	296,52	296,22
2	28/10/2009	02/12/2009	70	15,00	176,72	52300	295,96	
3	28/10/2009	02/12/2009	70	15,70	193,59	57200	295,46	
4	28/10/2009	02/12/2009	70	15,50	188,69	55900	296,25	
5	28/10/2009	02/12/2009	70	15,20	181,46	53600	295,38	
6	28/10/2009	02/12/2009	70	15,30	183,85	54500	296,43	
7	25/11/2009	30/11/2009	70	15,50	188,69	56000	296,78	
8	25/11/2009	30/11/2009	70	15,30	183,85	54600	296,97	

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON

ASTM C-39

MARCA: **MINETTI**

PROCEDENCIA: **ARGENTINA**

TIPO DE CEMENTO: **CPF-30**

FECHA DE VACIADO: **28/10/2009**

Donde:

* Valores obtenidos de rotura en laboratorio.

** Valores según C.E.B. (Comité Europeo del Hormigón)

*** Valores según Portalnd Cement Association

Edad (días)	Resis. Promedio (Kg/cm ²)	RELACION fcj/fc28 (%) *	RELACION fcj/fc28	
			(%) **	(%) ***
0	0,00	0,00	0,00	
1	71,30	24,17		
3	114,77	38,91	40,00	40,00
7	186,48	63,21	65,00	60,00
14	223,45	75,75		
21	241,92	82,01		
28	254,98	86,43	100,00	100,00
35	265,39	89,96		
42	270,72	91,77		
49	276,45	93,71		
56	281,19	95,32		110,00
63	289,46	98,12		
70	296,22	100,41		
90			120,00	120,00
180			135,00	128,00

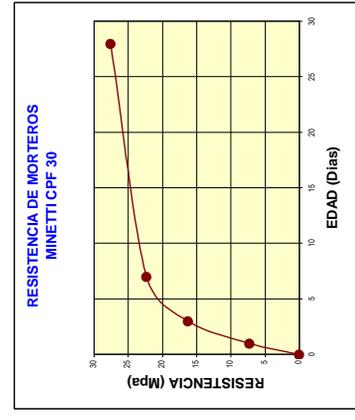
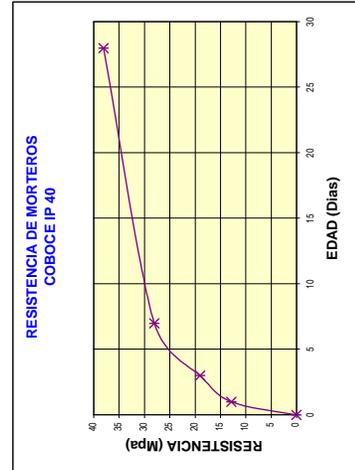
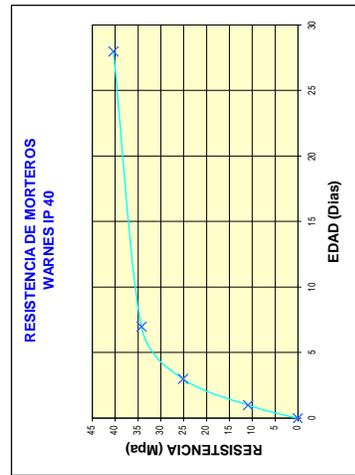
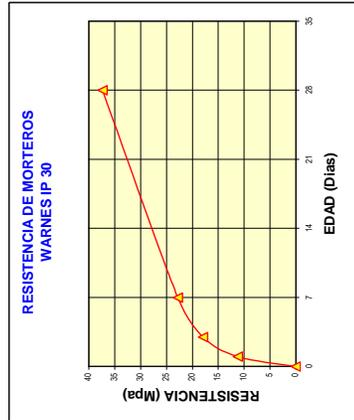
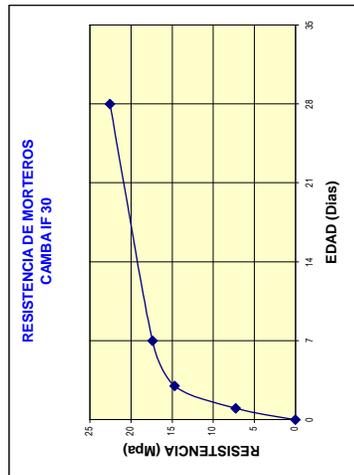
Resistencia Vs. Edad



ANÁLISIS GENERAL DE LOS CEMENTOS

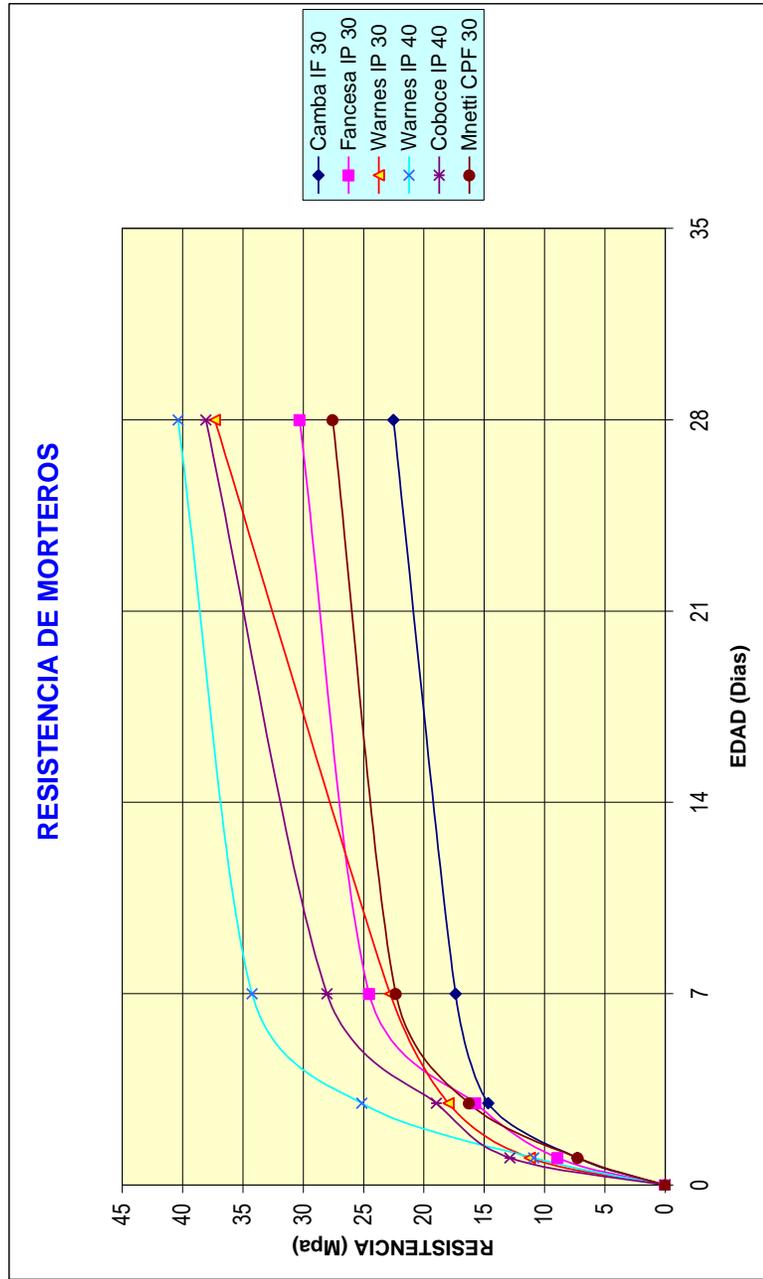
DETALLE	NORMA	UNIDAD	CAMBA IF 30	FANCESA IP - 30	WARNES IP 30	WARNES IP 40	COBOCO IP-40	MINETTI CPF 30	LIMITES NB - 011	
									IP 40	IP 30
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS										
INICIO DE FRAGUADO	ASTM C191	MIN	170	135	170	220	120	210	>45,00	>45,00
FIN DE FRAGUADO		MIN	220	180	220	280	230	250	<600,00	<600,00
RESIDUO EN TAMIZ 0,075 mm (200)	ASTM C184 *	%	9,00	1,90			2,30			
RESIDUO EN TAMIZ 0,045 mm (325)	ASTM C430 *	%	23,10	23,10	10,58	10,58				
SUPERFICIE ESPECÍFICA (RI AINF)	ASTM C204 *	m ² /kg	347,61	424,40	336,30	336,30	364,60		>260,00	>260,00
PESO ESPECÍFICO REAL	ASTM C188 *	(g/cm ³)	3,10	3,10	3,00	3,05	3,10	2,98		
EXPANSION EN CALIENTE	ASTM C151 *	mm	1,200	0,800	0,690	0,690	0,690		<10,00	<10,00
RESISTENCIA DE LA COMPRESION										
AGUA DE CONSISTENCIA NORMAL	ASTM C109	%	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00	23,00		
1 Dia		Mpa	7,27	8,92	11,21	10,89	12,85	7,25		
3 Dias		Mpa	14,67	15,71	17,94	25,12	18,96	16,25	>17,00	>10,00
7 Dias		Mpa	17,35	24,52	22,79	34,22	28,02	22,32	>25,00	>17,00
28 Dias		Mpa	22,52	30,29	37,31	40,36	38,05	27,55	>40,00	>30,00
ANÁLISIS QUÍMICO										
PERDIDA AL FUEGO	ASTM C114	%	7,00	3,00	3,25	3,25	3,28		<10,00	<10,00
SiO ₂	*	%	18,00		28,72	28,72	21,53			
Fe ₂ O ₃	*	%	3,56		3,24	3,24	4,37			
Al ₂ O ₃	*	%	2,44		4,43	4,43	2,57			
CaO	*	%	64,12		54,52	54,52	61,40			
MgO	*	%	3,23	4,10	2,16	2,16	4,47		<6,00	<6,00
SO ₃	*	%	3,77	2,70	2,70	2,70	1,90		<4,00	<4,00
Ni ₂ O	*	%	0,21							
K ₂ O	*	%	0,89							
RESIDUO INSOLUBLE	*	%	1,00		10,28	10,28	1,00		<5,00	<5,00
OBSERVACIONES:										
* Fuente: Valores adoptados de "Control de Calidad del Cemento" del fabricante										

ANÁLISIS GENERAL DE LOS CEMENTOS



CURVA GENERAL DE ROTURAS A COMPRESIÓN

RESISTENCIA DE MORTEROS



RESUMEN DE ROTURAS A COMPRESION DE HORMIGON (ASTM C 39)																													
EDAD	FANCESA						WARNES						COBOCE						CAMBA				MINETTI						
	IP 30		IP - 30		IP - 40		IP - 30		IP - 40		IP - 40		IP - 40		IP - 40		IF 30		IF 30		IF 30		CPF 30		CPF 30				
	Kg./cm ²	(%) [*]	(%) ^{**}	(%) ^{***}	Kg./cm ²	(%) [*]	(%) ^{**}	(%) ^{***}	Kg./cm ²	(%) [*]	(%) ^{**}	(%) ^{***}	Kg./cm ²	(%) [*]	(%) ^{**}	(%) ^{***}	Kg./cm ²	(%) [*]	(%) ^{**}	(%) ^{***}	Kg./cm ²	(%) [*]	(%) ^{**}	(%) ^{***}	Kg./cm ²	(%) [*]	(%) ^{**}	(%) ^{***}	
0	0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00			
1	75,59	25,62			112,37	38,09			104,05	35,27			129,64	43,95			93,130	31,570			71,30	24,17			71,30	24,17			
3	116,07	39,34	40,00		152,03	51,54	40,00		134,12	45,46	40,00		176,42	59,80	40,00		123,64	41,91	40,00		114,77	38,91	40,00		114,77	38,91	40,00		
7	178,23	60,42	65,00	60,00	175,87	59,62	65,00	60,00	203,44	68,96	65,00	60,00	204,78	69,42	65,00	60,00	185,66	58,16	65,00		186,48	63,21	65,00	60,00	186,48	63,21	65,00	60,00	
14	245,91	83,36			193,18	65,48			227,45	77,10			229,42	77,77			219,77	74,50			223,45	75,75			223,45	75,75			
21	290,30	98,41			207,03	70,18			240,23	81,43	100,00		250,44	84,90			241,05	81,71			241,92	82,01			241,92	82,01			
28	313,97	106,43	100,00	100,00	215,13	72,83	100,00	100,00	254,01	86,10	100,00	100,00	269,16	91,24	100,00	100,00	286,62	86,99	100,00		254,98	86,43	100,00	100,00	254,98	86,43	100,00	100,00	
35	318,82	108,08			226,38	76,74			268,07	90,87			285,79	96,88			273,77	92,80			285,39	96,96			285,39	96,96			
42	323,12	109,53			246,38	83,52			296,12	100,38			290,94	98,62			281,52	95,43			270,72	91,77			270,72	91,77			
49	325,38	110,30			256,45	86,83			311,15	105,48			298,89	101,32			286,60	97,15			276,45	93,71			276,45	93,71			
56	327,52	111,02			261,56	88,86			312,59	105,96			301,03	102,04			290,22	98,38			281,19	95,32			281,19	95,32			
63	330,42	112,01			277,25	93,98			316,24	107,20							294,43	99,81			289,46	98,12			289,46	98,12			
70	330,66	112,09			286,08	100,37											299,63	101,57			296,22	100,41			296,22	100,41			
77	331,53	112,38			310,53	105,26																							
84	332,29	112,64			312,70	106,00																							
90			120,00	120,00			120,00	120,00			120,00	120,00			120,00	120,00												120,00	120,00
180			135,00	128,00			135,00	128,00			135,00	128,00			135,00	128,00												135,00	128,00

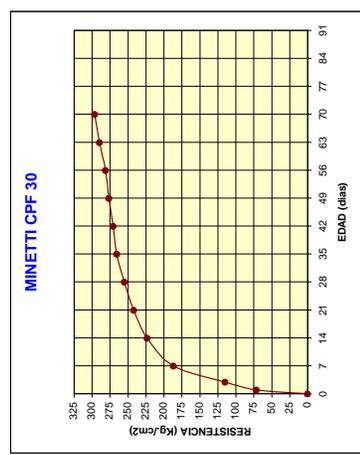
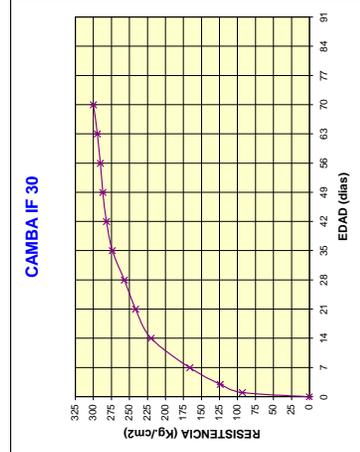
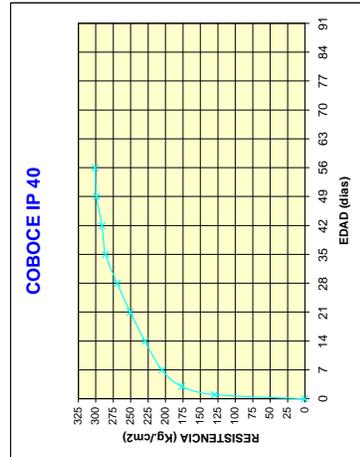
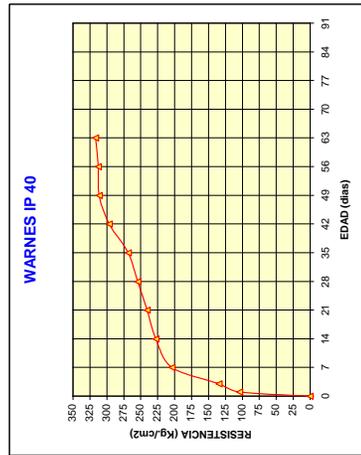
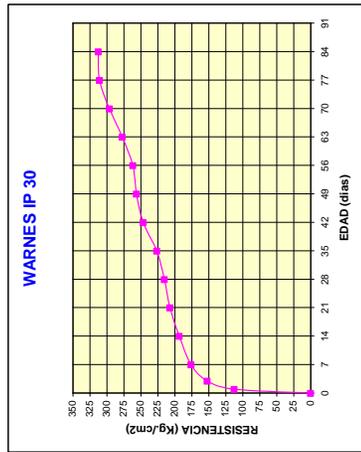
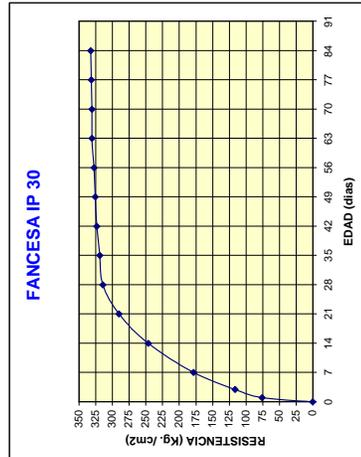
OBSERVACIONES:

* Valores obtenidos de rotura en laboratorio

** Valores según C.E.B. - Comité Europeo del Hormigon

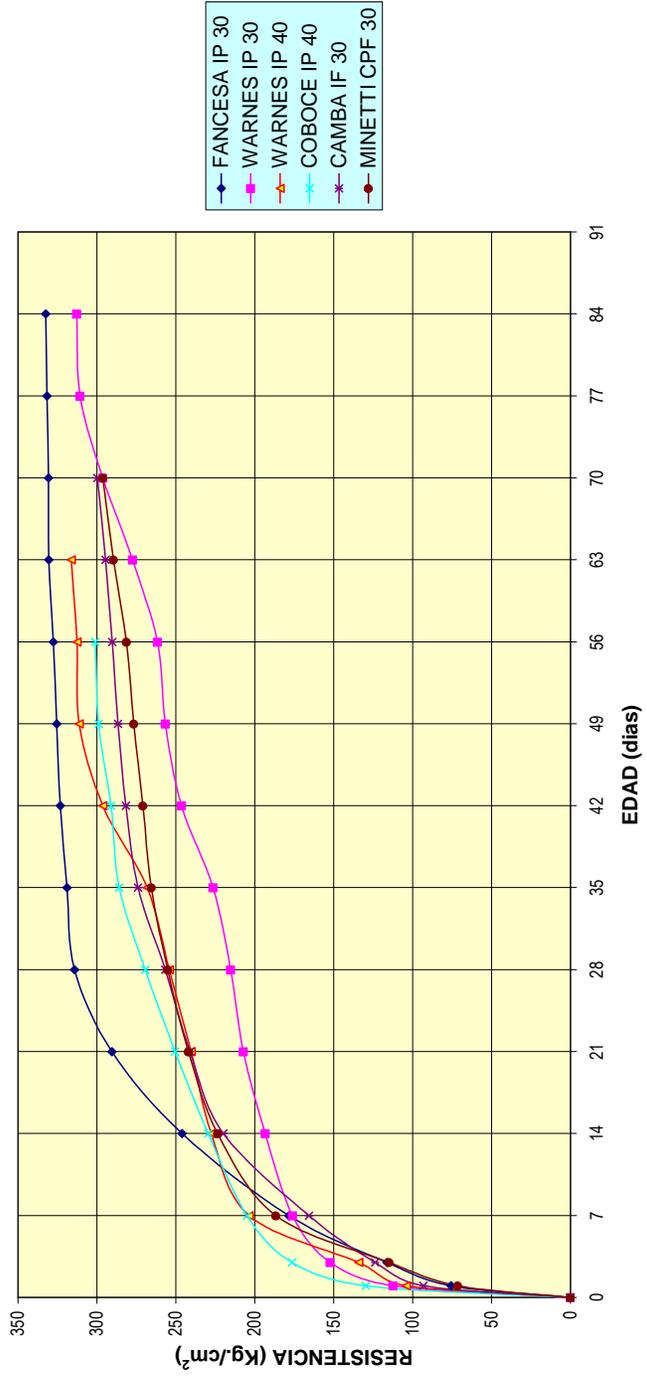
*** Valores según Portland Cement Association

RESUMEN DE ROTURAS A COMPRESION DE HORMIGON (ASTM C 39)



RESUMEN DE ROTURAS A COMPRESION DE HORMIGON (ASTM C 39)

RESUMEN DE CURVAS DE ROTURAS



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



LAS FOTOGRAFÍAS MUESTRAN EL MATERIAL DE ACOPIO PARA UTILIZAR (GRAVA Y ARENA), PARA SER UTILIZADO EN LA PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS DE HORMIGÓN.



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



PREPARACIÓN DE CILINDROS Y LOS MATERIALES DE AGRAGADOS QUE HAN SIDO PREVIAMENTE PESADO DE ACUERDO A LA DOSIFICACIÓN CALCULADA .

EN LAS DOS FOTOGRAFÍAS SE OBSERVA EL COLOCADO DE LOS MATERIALES A LA HORMIGONERA PARA OBTENER UNA PASTA HOMOGÉNEA.



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



PROCESO Y AMAZADO DE LA PASTA DEL HORMIGÓN .



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



LAS FOTOGRAFÍAS ILUSTRAN EL VARILLADO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO .



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



LA FOTOGRAFÍA ILUSTR A EL ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA .

VERIFICACIÓN DEL ASENTAMIENTO MEDIANTE EL CONO DE ABRAHAM , HASTA ALCANZAR L-8.



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



LA S FOTOGRAFÍA S ILUSTRAN LA TOMAS DE MUESTRAS EN MOLDES STANDARIZADO CON VARILLAJE RESPECTIVO DE TRES CAPAS DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



LA S FOTOGRAFÍAS ILUSTRAN LA
OBTENCIÓN DE CUERPOS DE PRUEBA ,
PARA SU POSTERIOR CURADO Y ROTURA
A COMPRESIÓN.



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



EN LAS IMAGENES SE OBSERVA EL DESENCOFRADO DE LAS PROBETAS DE HORMIGÓN, PARA SU POSTERIOR CURADO Y ROTURA A COMPRESIÓN.



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



LAS FOTOGRAFÍAS SE OBSERVA LOS CILINDROS SUMERGIDOS EN AGUA, PARA SU CURADO Y ROTURA A DIFERENTES EDADES.



FOTOGRAFÍAS ILUSTRATIVAS



LAS FOTOGRAFIAS ILUSTRAN EL CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO MEDIANTE LAS PRUEBAS DEL APARATO DE VICAT Y PROBETAS CUBICAS DE MORTERO A DIFERENTES EDADES



ROTURAS DE CUERPO DE PRUEBAS DE HORMIGON A COMPRESION A DIFERENTES EDADES.

BIBLIOGRAFIA:

- PROYECTO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO
Staf – Pórtland Cement Association (Editorial Limusa)
- TECNOLOGIA DEL CONCRETO
Ing. Flavio Abanto Castillo (Editorial San Marcos)
- MANUAL DE LABORATORIO DE HORMIGONES
Ing. Efraín Pérez Chavarria
- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE HORMIGON
Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón
- HORMIGON ARMADO
Pedro Jiménez Montoya, Álvaro García Meseguer, Francisco Morán Cabré
(14ª Edición basada en la EHE)
- NORMA BOLIVIANA DEL HORMIGON
CBH-87
- MANUAL DE ASTM 1996
- CODIGO EUROPEO DEL HORMIGON
CEB
- PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS
Concreto Normal, pesado y masivo (ACI 211.1)
- NORMAS A.C.I.