

DISEÑO DEL CONCRETO FAST TRACK EN PAVIMENTOS.
Ing. Fernando H. Huaycho S.

El texto que editamos, es una breve síntesis de las partes esenciales de la tesis:

DISEÑO DEL CONCRETO FAST TRACK EN PAVIMENTOS; que ha sustentado el Bachiller Fernando H. Huaycho S., en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El asesor designado para esta tesis fue el ingeniero Carlos Barzola Gastelú. La tesis se desarrolló en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI.

El texto es un resumen efectuado por nuestros servicios.

Su publicación continúa una serie de resúmenes de tesis de investigación, presentadas en las diferentes Facultades de Ingeniería Civil del país.

Como se sabe, el concreto fast track, que adopta su denominación en el idioma inglés, es un concreto de alta resistencia inicial que se aplica principalmente en pavimentos, especialmente en zonas urbanas y comerciales para reparaciones de tramos significativos, de manera de no impedir el tránsito más de 24 horas. También se emplea en la pavimentación de tramos carreteros donde existe similar requerimiento y en aeropuertos. En el Perú el concreto fast track ha sido difundido por ASOCEM en conferencias y publicaciones desde el año 1993.

Las primeras aplicaciones se dieron en los EE.UU. a fines de la década de 1980. Sin embargo, esta tecnología no ha sido aplicada en nuestro país.

El concreto fast track se caracteriza principalmente por la aplicación de dos tipos de aditivos, los plastificantes reductores de agua y los aceleradores de resistencia. Eventualmente se incluye cementos de alta resistencia inicial, tipo III y método de curado, principalmente de tipo autógeno que incrementa las resistencias en 24 horas. La investigación efectuada utilizó cementos normales Tipo I de marca Sol de Cementos Lima S.A., aditivos reductores de agua y aceleradores de resistencia. También incluyó la evaluación de las cenizas volantes, de empleo en los EE.UU. en razón de apreciar su capacidad para densificar y dar trabajabilidad a la pasta y no comprendió el empleo de curado especial.

El resultado de la investigación, concluye en alternativas de diseño de mezcla que asegura un comportamiento adecuado del concreto en su estado fresco, en trabajabilidad y condiciones para el transporte y colocación. Las resistencias obtenidas en flexión por el método de ensayo con carga en los tercios, con valores de un rango de 54 MPa a 42 MPa. Excepcionalmente con un concreto sin aditivos y una relación agua cemento de 0.4 se obtuvieron resultados de 35 MPa en el concreto de referencia, son exitosos en cuanto las especificaciones norteamericanas por lo general exigen una resistencia de 3 MPa, y en pavimentos de aeropuertos por la FAA de 3.8 MPa. En Perú las especificaciones del MTC requieren 3.79 MPa, para los casos de pavimentos convencionales a los 28 días

De los materiales utilizados:

- **Cementos**

Cemento Tipo I marca Sol de Cementos Lima S.A. con las siguientes características.

Pruebas Químicas

R Compresión, 3d, Kg/cm ²	C3S, %	51.41
R Compresión, 7d, Kg/cm ²	C2S, %	15.95
R Compresión, 28d, Kg/cm ²	C3A, %	10.54
	C4AF, %	9.49

Pruebas Físicas

R Compresión, 3d, Kg/cm ²	268
R Compresión, 7d, Kg/cm ²	318
R Compresión, 28d, Kg/cm ²	394

SE Blaine, cm ² /g	3,430
-------------------------------	--------------

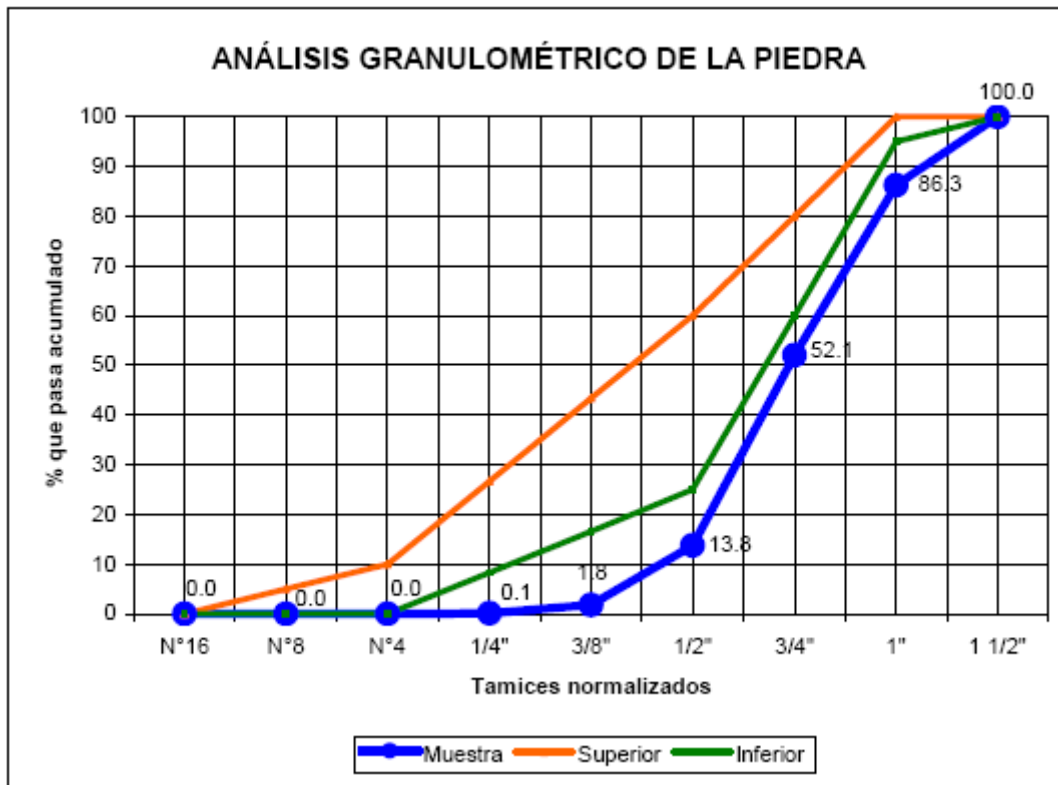
Vicat Inicial, min	100
--------------------	------------

Vicat Final, min	285
------------------	------------

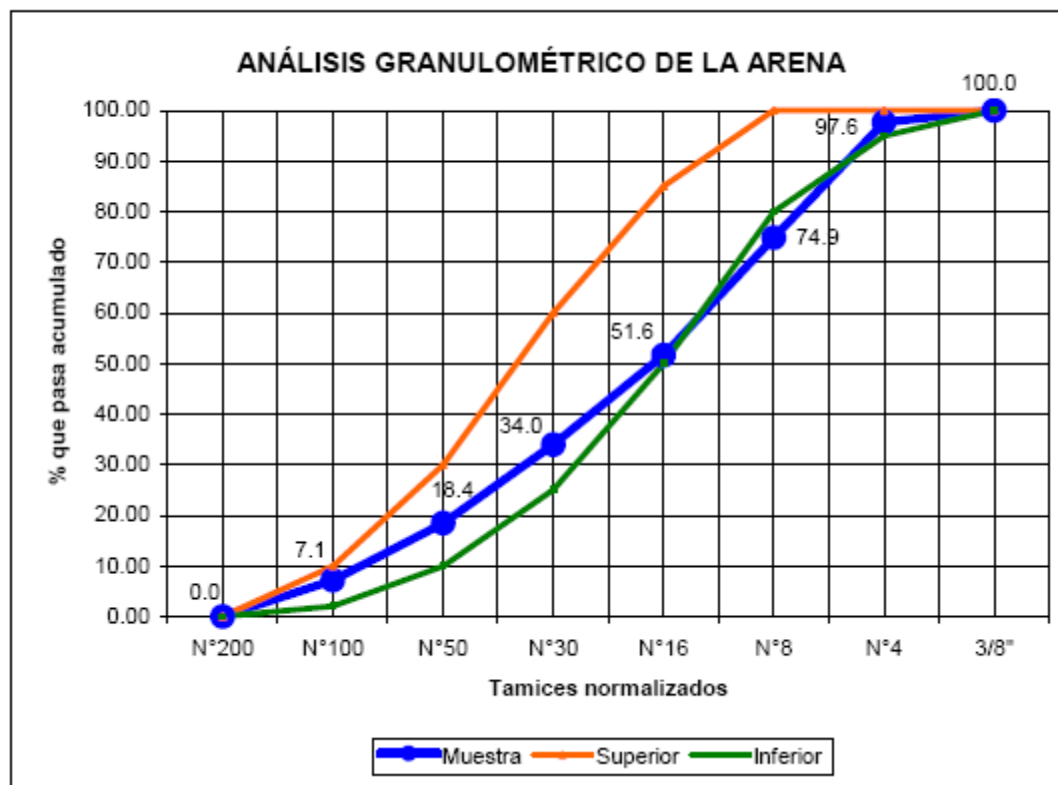
- **Agregados.**

Los agregados finos y gruesos provienen de la cantera La Gloria y los resultados obtenidos en los ensayos correspondientes fueron los siguientes:

Granulometría del agregado grueso.



Granulometría del agregado fino.



Cuadro resumen de las características físicas de los agregados.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Peso Unitario Suelto	Kg / m ³	1432	1655
Peso Unitario Compactado	Kg / m ³	1616	1876
Peso Específico	gr / m ³	2563	2525
Peso Específico de Masa S.S.S.	gr / m ³	2581	2583
Tamaño Máximo	Pulg	1 1/2	-
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1	-
Módulo de Finura		7.46	3.16
Superficie Específica	cm ² / gr	4.57	44.68
Contenido de Humedad	%	0.40	2.29
Porcentaje de Absorción	%	0.70	2.28
Material que pasa la Malla N° 200	%	-	4.87

- **Aditivos**

Se emplearon aditivos reductores de agua y aditivos aceleradores de resistencia, excentos de cloruros. En este ultimo caso se considero su posible empleo en pavimentos con refuerzo de acero continuo, que pudiera ser utilizado en pavimentos donde fuera requerido eliminar fisuras.

Aditivo Acelerante SIKA RAPID – 1

Es un aditivo líquido, acelerante de resistencias iniciales excentos de cloruros para concretos y morteros. Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales aumentando las resistencias finales. Según la hoja técnica de SIKA tiene una densidad de 1.27 kg/lt., y es de color transparente.

Aditivo Súper-plastificante SIKA-VISCOCRETE-3

Es un aditivo líquido súper-plastificante de tercera generación para concretos y morteros. Según la hoja tecnica de SIKA tiene una densidad de 1.11 kg/lt. Se observo viscoso y de coloracion marrón.

- **Ceniza Volante**

La ceniza volante utilizada proviene de la Central Hidroeléctrica ubicada en la ciudad de Ilo, que usa carbón como combustible, habiendo sido facilitada por la Compañía de Concreto Premezclado MIXERCON, quien ha efectuado los ensayos de control de calidad.

Ensayos preliminares: Concreto de referencia

Se efectuó el diseño de mezcla para el concreto patrón. Los porcentajes de piedra y arena para el agregado global los hallamos con el Método del Agregado Global. Se realizaron ensayos de peso unitario compactado y el ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días; se diseñó concreto con diferentes porcentajes de agregado y empleando la relación agua/cemento de 0:45.

La dosificación de los aditivos se realizó experimentalmente, según la resistencia a la compresión a 24 horas; empleando concreto patrón con la relación agua/cemento 0:45.

Ensayando por separado cada aditivo con su dosificación mínima, intermedia y máxima. El Viscocrete-3 fue el que dio mejores resultados para una dosificación de 1.2% (respecto del peso del cemento). Con esta dosificación del Viscocrete-3, se le combinó con el Rapid-1 con su dosificación mínima, intermedia y máxima. Finalmente se obtuvo que la mejor dosificación se obtiene para 12% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 (*).

(*) Al concreto de mejores resultados en el ensayo a la compresión a las 24 horas se le denominó "CONCRETO RV" por emplear los dos aditivos Rapid-1 y Viscocrete-3, en las dosificaciones de 1.75% y 1.2% (del peso del cemento) respectivamente.

Ensayos realizados

CONCRETO ENDURECIDO

Se trabajó con las relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.50.

Se ensayó a la compresión axial al concreto patrón, concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y al concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1. Los ensayos se hicieron para 1, 2, 3, 7 y 28 días.

En los ensayos de flexión y tracción diametral solo se ha considerado al concreto patrón y el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 por ser este último el de más alta resistencia a la compresión axial a las 24 horas. Los ensayos se hicieron para las 24 horas.

CONCRETO FRESCO

Se realizó ensayos de concreto fresco, comparativos con el concreto patrón con el concreto patrón, en mezclas con 12% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1. Los ensayos en el concreto fresco fueron:

1. Peso unitario: el concreto patrón presentó menor peso unitario que el concreto patrón con 12% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1.
2. Índice de fluidez: el concreto patrón presentó menor índice en comparación con concreto patrón con 12% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1.

3. Porcentaje de exudación: el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-I presentó una exudación nula.
4. Tiempo de fragua: concreto patrón con 12% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 presentó un aumento en el tiempo de fragua.
5. Consistencia: el concreto patrón se diseño experimentalmente para 3 pulgadas y el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 presentó una consistencia de 9 pulgadas.
6. El contenido de aire: concreto patrón con 12% de Visoocrete-3 y 1.75% de Rapid-1 presenta mayor contenido de aire.

Con el empleo del Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 se logra una reducción de agua no menor del 25% y una mejor consistencia y trabajabilidad en el concreto.

Así mismo al final se ha comparado los costos del concreto patrón y el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1, aunque esto es muy referencial ya que dichos costos pueden variar con la oferta y la demanda del mercado.

CONCRETO PATRÓN

- 1) Los diseños de mezcla fueron realizados para las relaciones de agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.50. La condición para el asentamiento del concreto era que tenía a que estar en el rango de 2 a 3 pulgadas.

Diseños patrones utilizados en la investigación

DISEÑO DEL CONCRETO PATRÓN			
Denominación:	P- 0.40	P- 0.45	P - 0.50
a / c	0.40	0.45	0.50
Cemento (Kg)	583	496	420
Agua (Lts)	233	223	210
Arena (Kg)	735	782	829
Piedra (Kg)	746	794	841

- 2) Para cada relación agua/cemento se determinó la cantidad de agua para un asentamiento de 3 pulgadas, empleando el método del Cono de Abrams, obteniéndose 233, 223 y 210 litros de agua por metro cúbico de concreto para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente.
- 3) El concreto patrón hallado presenta resistencias a la compresión de 429, 411 y 396 Kg/cm² a los 28 días para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente.

Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 4" x 8 ", en Kg/cm² .

Denom.	NÚMERO DE DIAS				
	1	2	3	7	28
P-0.40	218	270	344	400	429
P-0.45	187	240	290	330	411
P-0.50	146	199	258	312	396

- 4) A las 24 horas el concreto patrón alcanza el 51%, 46% y 37% de su resistencia a la compresión a los 28 días para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente.

Resistencia a la compresión a 24 horas del concreto patrón en porcentajes.

Denom.	NÚMERO DE DÍAS	
	1	28
P-0.40	51%	100%
P-0.45	46%	100%
P-0.50	37%	100%

- 5) En cuanto a la resistencia a la flexión a las 24 horas, el concreto patrón alcanza 35, 29.5 y 26.7 Kg/cm² para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente. Estas resistencias son menores a la mínima establecida por la norma EG-2000 (38.6 Kg/cm²) para la puesta en marcha de pavimentos de concreto.

Las resistencias a la flexión para 24 horas, dados en Kg/cm²

a/c	0.40	0.45	0.50
P	35.0	29.5	26.7

- 6) La resistencia a la tracción diametral del concreto patrón a 24 horas, fue de 28.3, 23.9 y 21.9 Kg/cm² para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente.

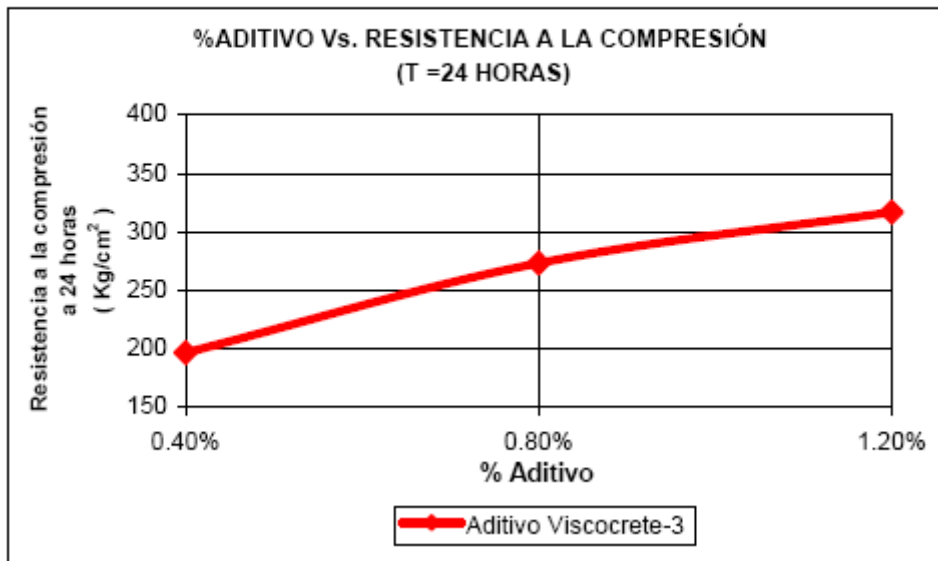
Compresión diametral en el concreto patrón a 24 horas, en Kg/cm²

a/c	0.40	0.45	0.50
P	28.3	23.9	21.9

CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS

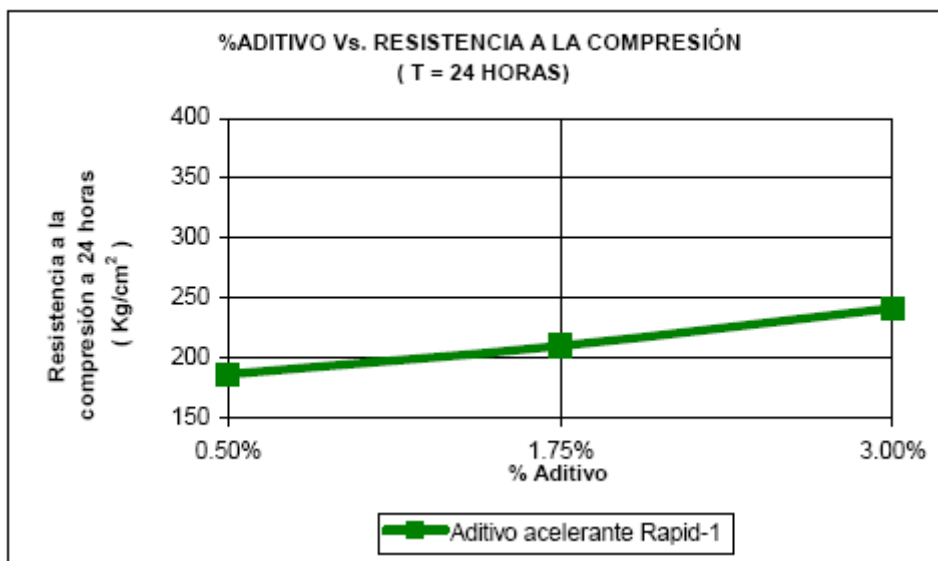
- 1) Para hallar la dosificación de los aditivos se hizo unos diseños previos, empleando la relación de agua/cemento de 0.45. Al concreto patrón se le añadió Viscocrete-3 en dosis de 0.40%, 0.80% y 1.20% (dosis respecto del peso de cemento para concretos plásticos suaves). Se ensayo a la compresión a las 24 horas y se tuvo que la dosificación de 1.20% era la de mejor resultado (317 Kg/cm²).

Concreto con aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3, a 24 horas.



- 2) Para el acelerante Rapid-1 también se hizo en forma análoga con dosificaciones de 0.50%, 1.75% y 3 % (dosis respecto del peso de cemento). Se ensayo a la compresión a las 24 horas y se tuvo que la dosificación de 3 % era la de mejor resultado (241 Kg/cm²).

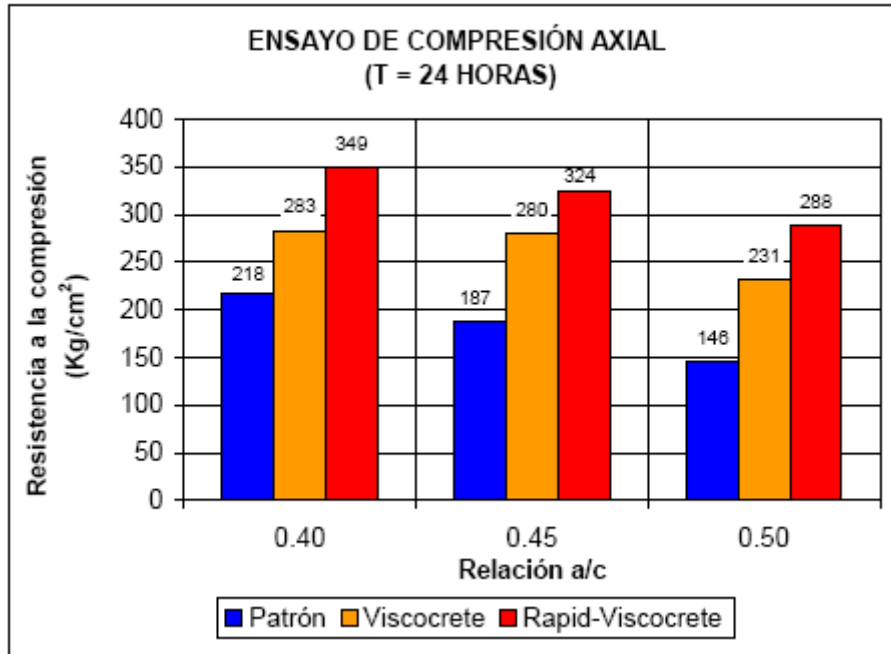
Concreto con aditivo Acelerante Sika-Rapid-1, a 24 horas.



- 3) Comparando ambos aditivos se observa que el Súper-plastificante Viscocrete-3 acelera más rápido la resistencia en el concreto que el acelerante Rapid-1 (incluso para dosis menores). Por lo cual se combino ambas dosificaciones haciendo variar las dosificaciones del Rapid-1 (0.5%, 1.75% y 3%) y teniendo constante la dosificación del Viscocrete-3 (1.20% dosis de mejor resultado). Se ensayo a la compresión a las 24 horas y se tuvo que la dosificación de 1.75% de acelerante Rapid-1 y 1.20% súperplastificante Viscocrete-3 de era la de mejor resultado (350 Kg/cm²), por lo que es esta dosificación a que estuvo en estudio y se le denominara también Concreto "RV".

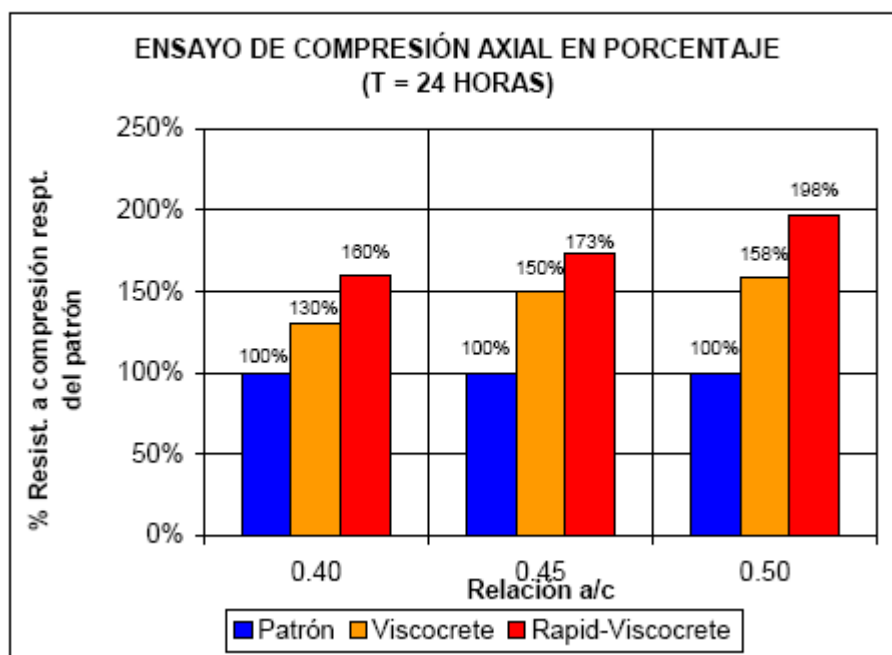
- 4) Comparando la resistencia a la compresión axial a las 24 horas tenemos que el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 dio 283, 280 y 231 Kg/cm² para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente; y el Concreto "RV" 349, 324 y 288 Kg/cm² para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 en ese orden. Por lo cual observamos nuevamente que la combinación de aditivos planteada anteriormente da mejores resultados.

Resistencias a la compresión a 24 horas de vaciado.



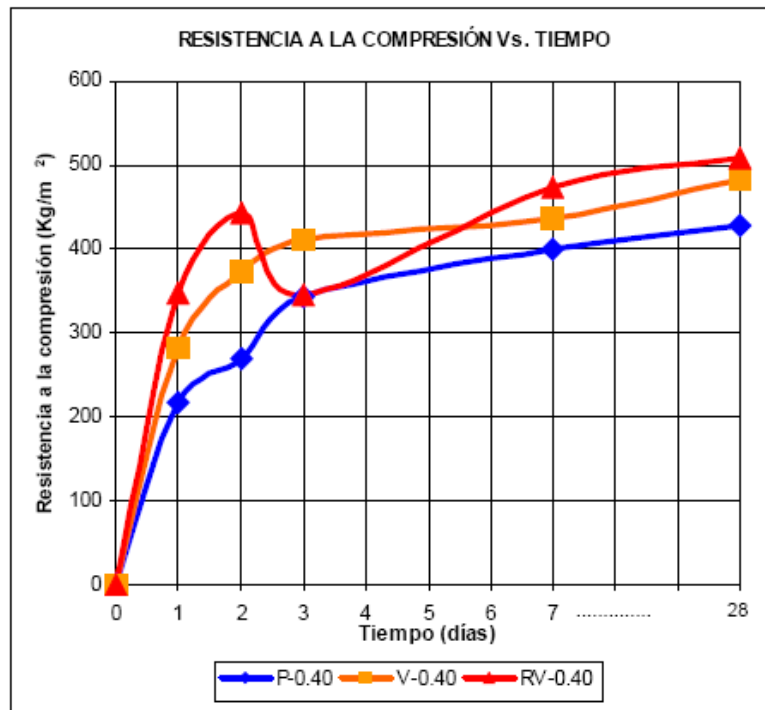
- 5) La resistencia a la compresión en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 a las 24 horas se incrementan en 30%, 50% y 58% respecto del concreto patrón a la misma edad, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente.

Resistencias a la compresión respecto del patrón tomado como 100%, a 24 horas.



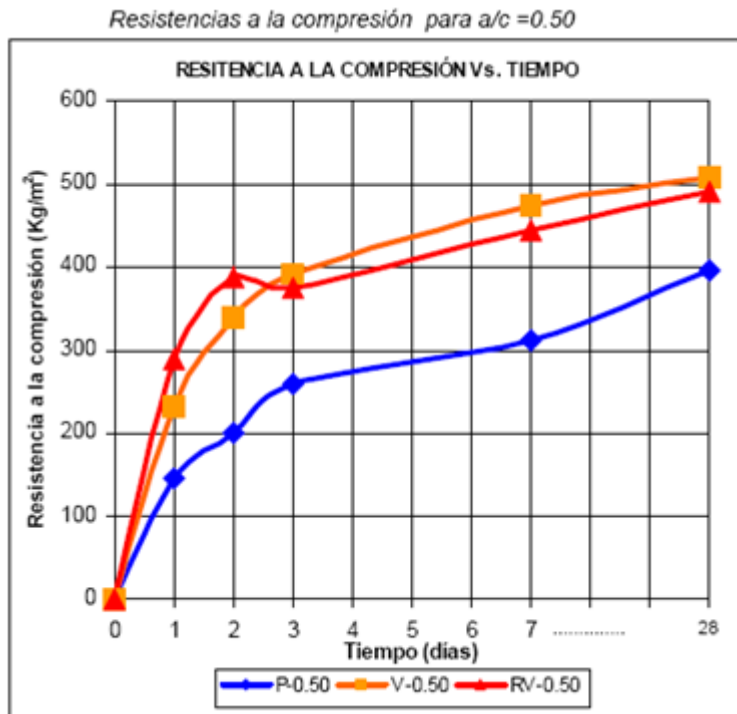
- 6) La resistencia a la compresión en el Concreto "RV" a las 24 horas se incrementan en 60%, 73% y 98% respecto del concreto patrón a la misma edad. para las relaciones agua/cemento 0.40. 0.45 y 0.50 respectivamente.
- 7) La curva Resistencia a la Compresión versus Tiempo para las diferentes relaciones estudiadas, muestra en todo momento al concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 y al Concreto "RV" por encima de la grafica de resistencia del concreto patrón.

Resistencias a la compresión para a/c =0.40.



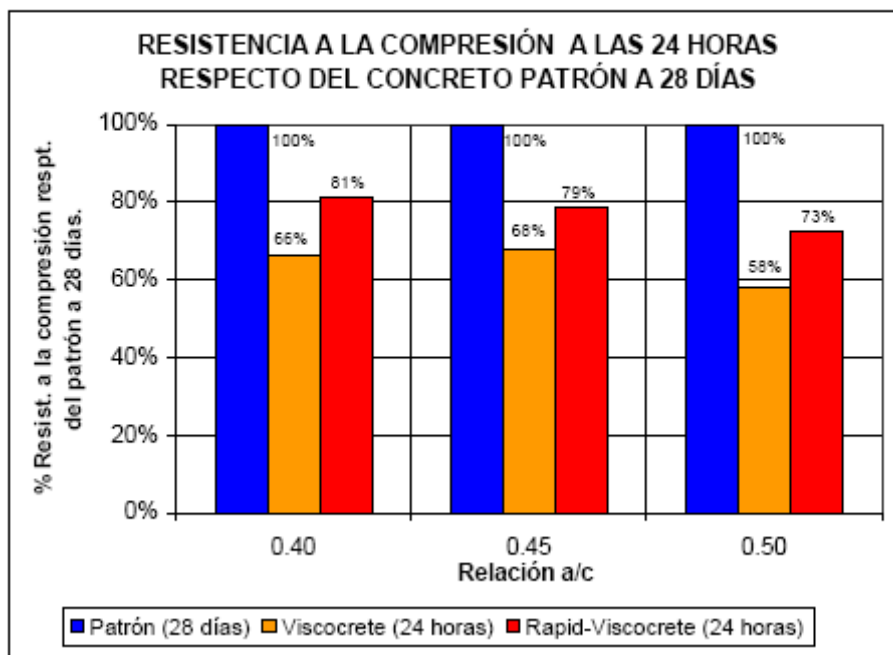
Resistencias a la compresión para a/c =0.45





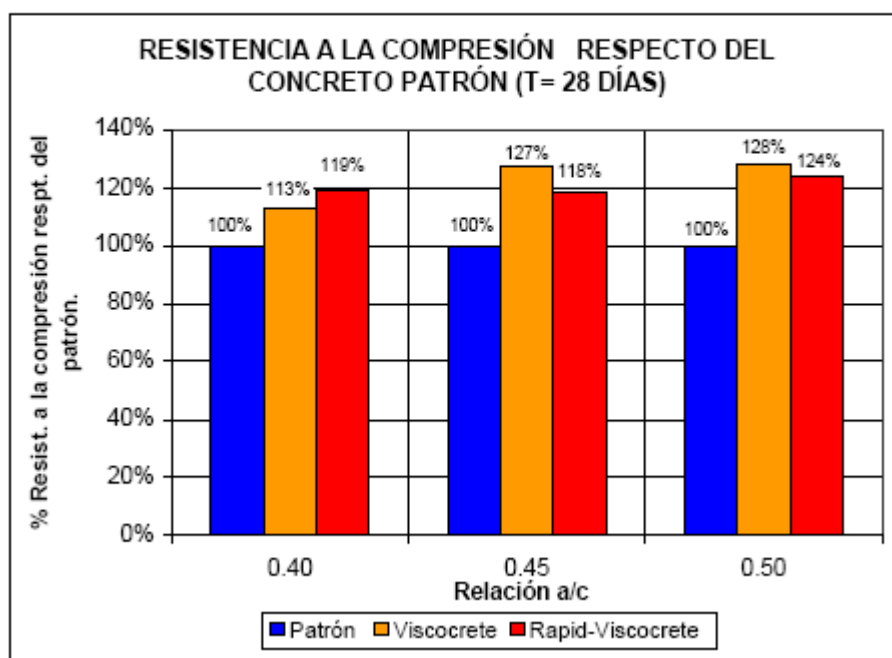
- 8) Para los 2 primeros días el Concreto "RV" se muestra encima de las curvas de Resistencia a la Compresión versus Tiempo del concreto patrón y concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3. Sin embargo al tercer día se nota una disminución en su resistencia a la compresión. Sin embargo este efecto disminuye conforme aumenta la relación agua/cemento en el concreto.
- 9) La resistencia a la compresión en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 a las 24 horas representan el 66%, 68% y 58% de la resistencia del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente.

Resistencia a la compresión del concreto con aditivo a las 24 horas, respecto del concreto patrón a 28 días tomado como 100%.



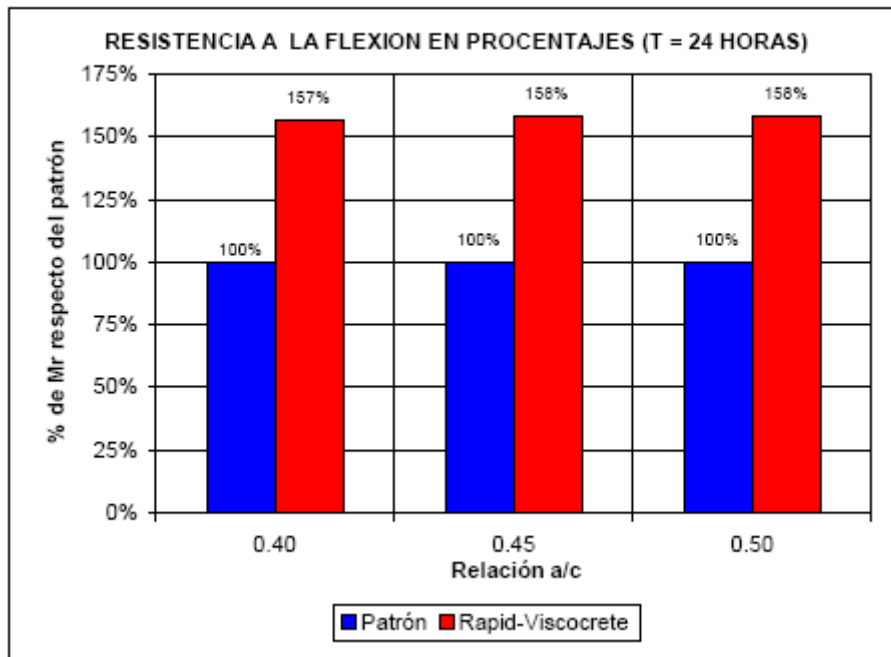
- 10) La resistencia a la compresión en el Concreto "RV" a las 24 horas representan el 81%, 79% y 73% de la resistencia del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente.
- 11) La resistencia a la compresión en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 a los 28 días se incrementa en 13%, 27% y 28% respecto del concreto patrón del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45, y 0.50 respectivamente.
- 12) La resistencia a la compresión en el Concreto "RV" a los 28 días se incrementa en 19%, 18% y 24% respecto del concreto patrón del concreto patrón a los 28 días, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente.

Resistencia a la compresión del concreto con aditivo respecto del concreto patrón tomado como 100%, a 28 días.



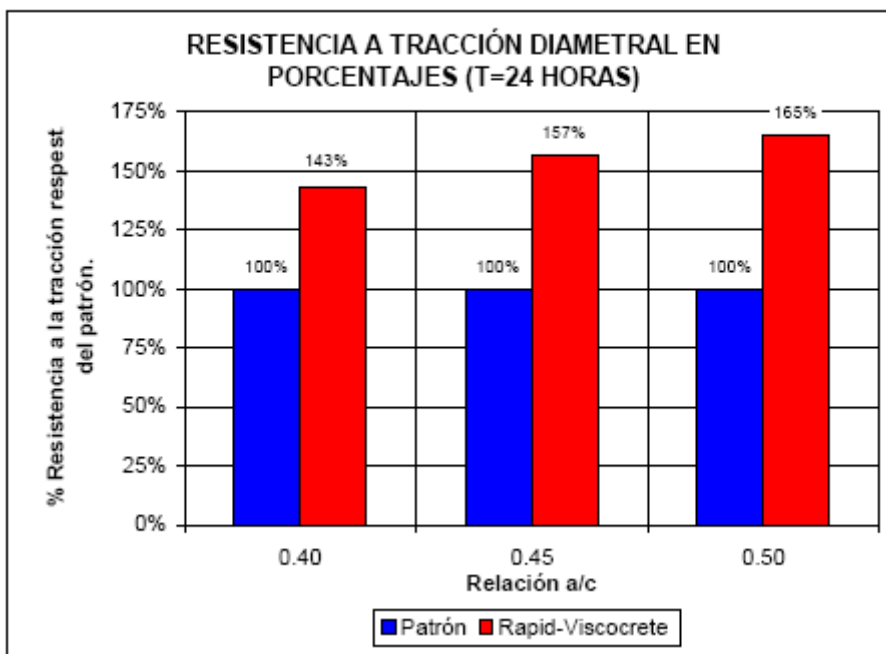
- 13) La resistencia a la flexión a las 24 horas, del Concreto "RV" alcanza 54.8, 46.6 y 42.3 Kg/cm² para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente. Lo que significa un incremento de 57% (a/c = 0.40), 58% (a/c = 0.45) y 58% (a/c = 0.50) respecto del concreto patrón a la misma edad (Gráfico N° 9.4.12). Estas resistencias son mayores a la mínima establecida por la norma EG-2000 (38.6 Kg/cm²) para la puesta en marcha de pavimentos de concreto.

Resistencia a la flexión en porcentajes, a las 24 horas.



- 14) La resistencia a la tracción diametral a las 24 horas, del Concreto "RV" alcanza 40.4, 37.5 y 35.4 Kg/cm² para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente. lo que significa un incremento de 43% (a/c = 0.40), 57% (a/c = 0.45) y 65% (a/c = 0.50) respecto del concreto patrón a la misma edad.

Resistencia a la tracción diametral en porcentajes, a las 24 horas.



- 15) En el concreto patrón a las 24 horas, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 en ese orden, la resistencia a la flexión alcanza el 16%, 16% y 18% de los resultados del ensayo a la compresión axial.

Comparación de los ensayos realizados en el concreto patrón en porcentajes, a 24 horas.

ENSAYO DE :	Concreto Patrón		
	P-0.40	P-0.45	P-0.50
COMPRESIÓN	100%	100%	100%
FLEXIÓN	16%	16%	18%
TRACCIÓN DIAMETRAL	13%	13%	15%

- 16) En el concreto patrón a las 24 horas, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 en ese orden, la resistencia a la compresión diametral alcanza el 13%, 13% y 15% de los resultados del ensayo a la compresión axial.
- 17) En el Concreto "RV" a las 24 horas, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 en ese orden, la resistencia a la flexión del alcanza el 16%, 14% y 15% de los resultados del ensayo a la compresión axial del Concreto "RV".

Comparación de los ensayos realizados en el concreto patrón con Acelerante Sika-Rapid-1 y Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 en porcentajes, a 24 horas.

ENSAYO DE :	Concreto RV		
	RV-0.40	RV-0.45	RV-0.50
COMPRESIÓN	100%	100%	100%
FLEXIÓN	16%	14%	15%
TRACCIÓN DIAMETRAL	12%	12%	12%

- 18) En el Concreto "RV a las 24 horas, a todas las relaciones agua/cemento estudiadas, la resistencia a la compresión diametral del concreto alcanza el 12% de los resultados del ensayo a la compresión axial del Concreto "RV".
- 19) La cantidad de agua utilizada en el concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 fue de 74.3%, 71.1% y 71.1% del agua empleado en los diseños del concreto patrón, respectivamente.

Las resistencias a la tracción diametral dados en porcentajes, a las 24 horas.

a/c	0.40	0.45	0.50
P	100%	100%	100%
RV	143%	157%	165%

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

20) La cantidad de agua utilizada en el Concreto "RV" para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 fue de 72.9%, 71.9% y 72.6% del agua empleado en los diseños del concreto patrón, respectivamente.

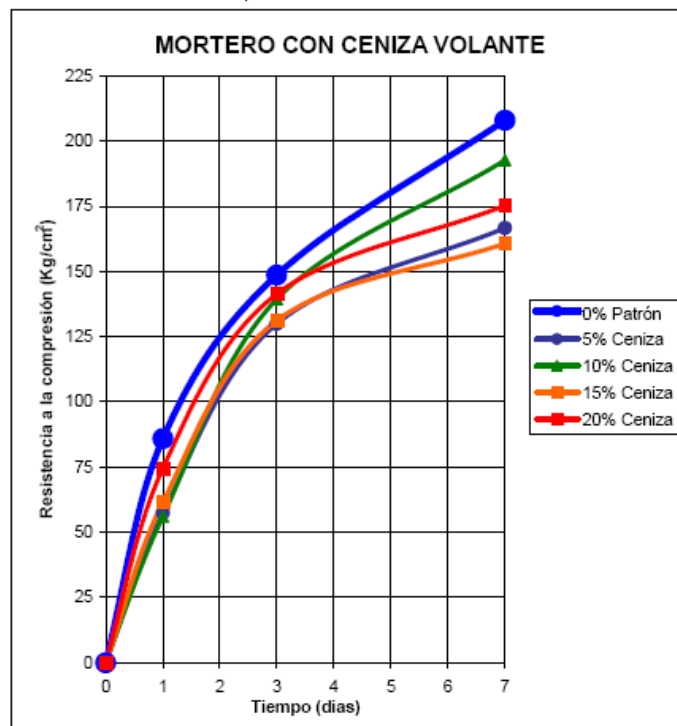
: Resultados de los ensayos realizados en el concreto patrón a 24 horas, en Kg/cm².

ENSAYO DE :	Concreto Patrón		
	P-0.40	P-0.45	P-0.50
COMPRESIÓN	218	187	146
FLEXIÓN	35.0	29.5	26.7
TRACCIÓN DIAMETRAL	28.3	23.9	21.4

CONCRETO PATRÓN CON ADITIVOS Y LA CENIZA VOLANTE

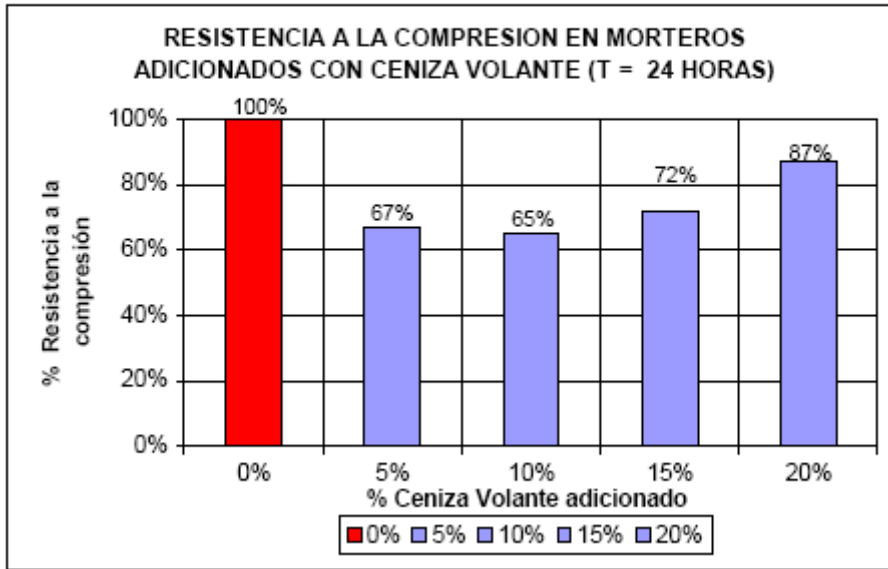
1) En la gráfica de resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante observamos que la curva del mortero sin ceniza volante se encuentra por encima de todas las curvas de los morteros con diferentes porcentajes de ceniza volante.

Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante.



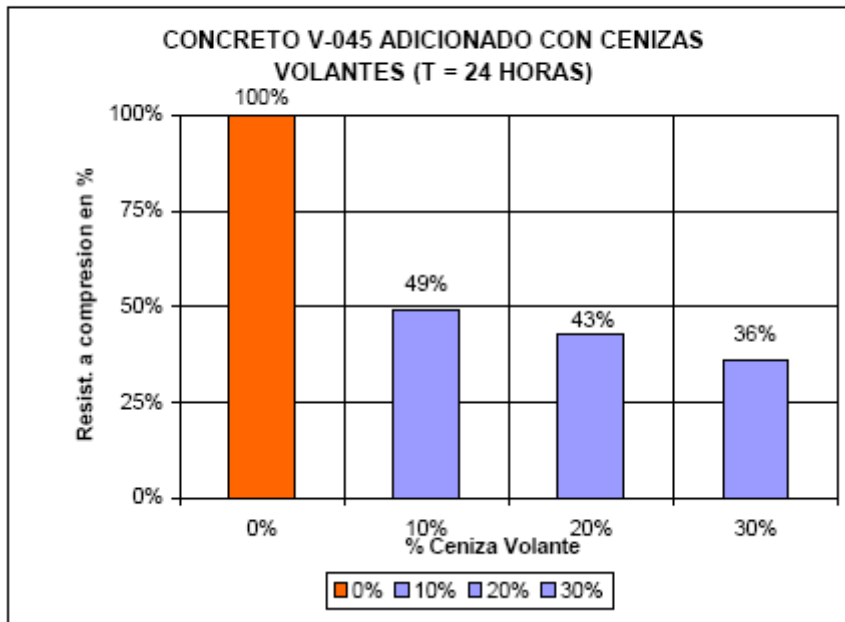
2) La resistencia a la compresión a las 24 horas, en el mortero con ceniza volante alcanzo el 67%, 65%, 72% y 87% de la resistencia del mortero sin ceniza volante a la misma edad para 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza adicionado respectivamente. El porcentaje de ceniza es respecto del peso de cemento del mortero.

Resistencia a la compresión del mortero con ceniza volante, a las 24 horas.



- 3) Empleando la relación de agua/cemento de 0.45 se fabricó concreto patrón con 1.20% de Viscocrete-3 con 10%, 20% y 30% de ceniza volante y se ensayo para hallar su resistencia a la compresión a las 24 horas; alcanzándose respectivamente 49%, 43% y 36% de la resistencia del concreto con 1.20% de Viscocrete-3 sin ceniza volante a la misma edad. El porcentaje de ceniza es respecto del peso de cemento.

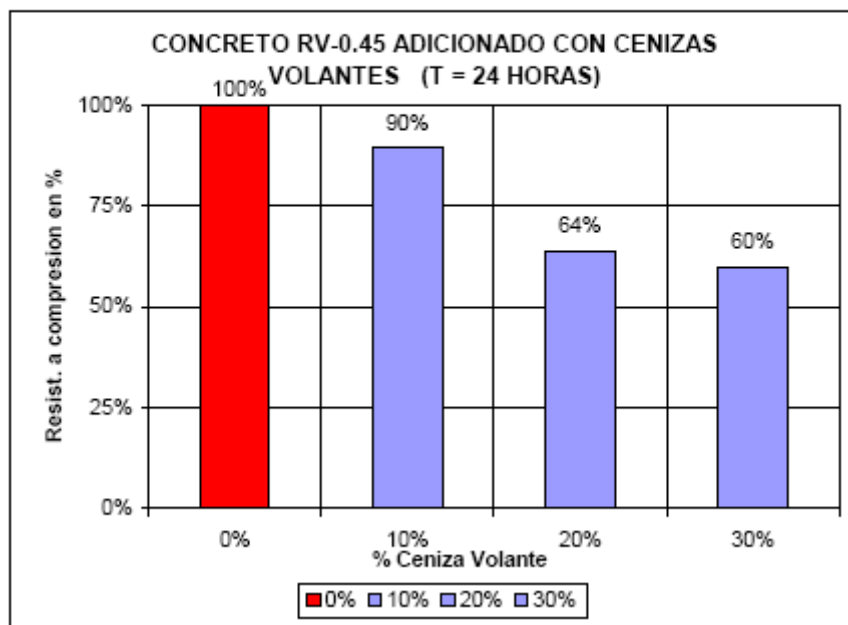
Resistencia a la compresión del concreto V-0.45 con cenizas volantes a las 24 horas, tomando como 100% al concreto V-0.45.



- 4) También utilizando la relación de agua/cemento de 0.45 se fabricó Concreto "RV" con 10%, 20% y 30% de ceniza volante y se ensayo para hallar su resistencia a la compresión a las 24 horas; alcanzándose respectivamente 90%, 64% y 60% de la

resistencia del Concreto "RV" sin ceniza volante a la misma edad. El porcentaje de ceniza es respecto del peso de cemento.

Resistencia a compresión de concreto RV-0.45 con cenizas volantes a 24 horas, tomando como 100% al concreto RV-0.45.



CONCRETO FRESCO

- 1) El peso unitario del concreto patrón fue de 2360, 2360 y 2382 Kg/m³) y el peso unitario del Concreto "RV" fue de 2410, 2431 y 2403 Kg/m³ para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente.

Peso unitario del concreto fresco.

Tipo mezcla	P.U. Laborat. (Kg/m ³)	% respt. de patrón
P - 0.40	2360	100
P - 0.45	2360	100
P - 0.50	2382	100
RV - 0.40	2410	102
RV - 0.45	2431	103
RV - 0.50	2403	101

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

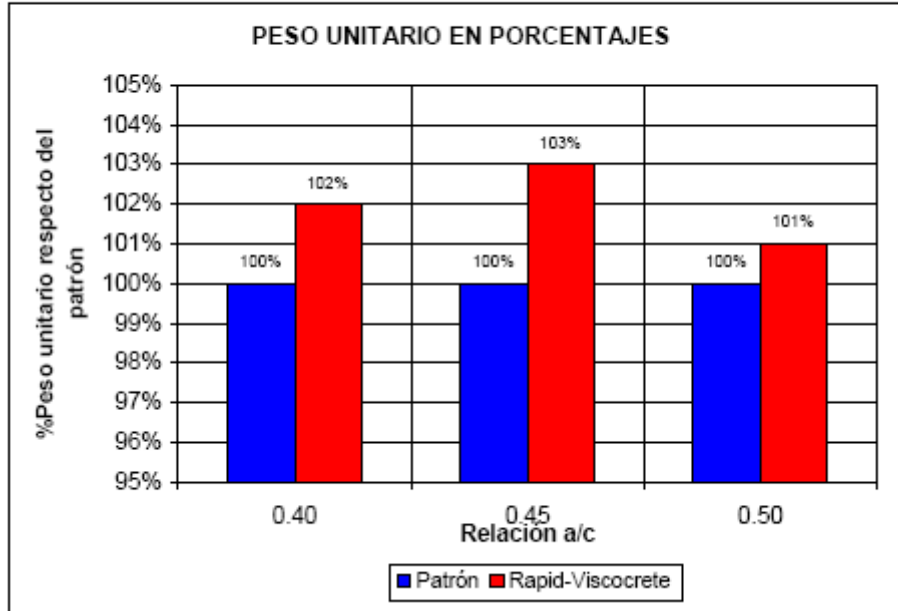
Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

- 2) El peso unitario del Concreto "RV" aumentó en 2%, 3% y 1% respecto del peso unitario del concreto patrón para las relaciones agua/cemento 0.40, 0,45, y 0.50 respectivamente.

Peso unitario del concreto fresco en porcentajes respecto del patrón.



- 3) El concreto patrón, en los ensayos del Cono de Abrams presento una consistencia promedio de 3 pulgadas, para lo que fue diseñado y el Concreto "RV" dio en los ensayos del Cono de Abrams una consistencia promedio de 9 pulgadas.
- 4) El índice de fluidez del concreto patrón es de 66.7%, 64.7% y 61.1% para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 respectivamente. Así mismo para el Concreto "RV" los resultados para las respectivas relaciones agua cemento fueron 126.7%, 128% y 67.3% , superando en todos los casos al concreto patrón.

Índice de fluidez del concreto fresco.

Tipo mezcla	Índice de Fluidez (%)
P - 0.40	66.7
P - 0.45	64.7
P - 0.50	61.1
RV - 0.40	126.7
RV - 0.45	128.0
RV - 0.50	67.3

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

- 5) La exudación en el concreto patrón para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 fueron de 2.3%, 4.4% y 3.9% respectivamente. Para el Concreto "RV" la exudación registrada es nula, además se observó que en su superficie expuesta al aire se formaba una película plástica que podría decirse lo impermeabilizaba.

Porcentaje de exudación del concreto fresco.

Tipo de mezcla	EXUDACION (%)
P - 0.40	2.3
P - 0.45	4.4
P - 0.50	3.9
RV - 0.40	0.0
RV - 0.45	0.0
RV - 0.50	0.0

Leyenda

Cemento Sol Tipo I

Piedra de la cantera "La Gloria"

Arena de la cantera "La Gloria"

Aditivo Acelerante Sika-Rapid-1 (dosis = 1.75%)

Aditivo Súper-plastificante Sika-Viscocrete-3 (dosis = 1.20%)

Se ensayó la ceniza volante en morteros, agregándole 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza volante (respecto del peso del cemento). El resultado fue que la ceniza volante disminuía la resistencia a la compresión en el mortero. También se analizó el efecto de la ceniza con concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y con el concreto patrón con 1.2% de Viscocrete-3 y 1.75% de Rapid-1, ambos para la relación agua/cemento 0:45; y se observó que disminuía la resistencia a la compresión a las 24 horas, por lo cual no podía ser empleada para CONCRETO FAST TRACK.

Las conclusiones de la investigación establece diversos diseños para el proporcionamiento de los concretos destinados a obras de pavimentación, para ser puestos en servicio a las 24 horas. Se presentan diferentes alternativas, que sin considerar sistemas especiales de curado, pueden ser empleados teniendo en cuenta parámetros de economía y los requerimientos de puesta en servicio.

Existe como se sabe, las administraciones municipales y de caminos, en los países que se utiliza el fast track, determinan la resistencia requerida por varios criterios.