

## 37.8 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

**CR0501. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO**

**CR0501.1. CONCRETO HIDRÁULICO MR=45 KG/CM<sup>2</sup>**

**CR0501.2. CONCRETO HIDRÁULICO MR=28 KG/CM<sup>2</sup>**

**Descripción**

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de la mezcla de concreto hidráulico como estructura del pavimento, la ejecución de juntas, el acabado, el curado y demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o determinados por el Supervisor.

**Materiales**

Deberán satisfacer los requerimientos contenidos en las secciones de Especificaciones para la Construcción de SIECA siguientes:

Aditivos químicos	711.03
Agregado grueso	703.02
Material de curado	711.01
Adhesivos de resina epóxica	725.21
Agregado fino	703.01
Relleno de juntas y sellantes	712.01
Cemento y cementos modificados	701.01
Acero de refuerzo, varillas de unión, pasajuntas, ganchos de anclaje, capuchas	709.01
Agua	725.01

**\*\*\* Inicio \*\*\* Subsección 711.03 Aditivos Químicos.**

Reductores de agua, retardadores de fragua, aceleradores de fragua, o combinación de ellos, conforme a AASHTO M 194. No deben combinarse aditivos químicos sin consultar su compatibilidad. Si la hay, debe demostrarse con documentos del fabricante. No deben usarse aceleradores de cloruro.

**\*\*\* Final \*\*\* Subsección 711. 03 Aditivos Químicos.**

**\*\*\* Inicio \*\*\* Subsección 703.02 Agregado Grueso.**

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M-80, Agregado grueso para concreto de cemento Portland.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

Las partículas que lo constituyen serán duras, limpias, resistentes, estables, libres de películas superficiales, de raíces y de restos vegetales y no contendrán cantidades excesivas de partículas que tengan forma de laja o de aguja. La cantidad de sales solubles aportada por el agregado grueso al concreto, no debe sobrepasar los límites establecidos, considerando también las sales solubles del agregado fino y aditivos, pero no el agua de mezcla.

El agregado grueso podrá estar constituido por grava (canto rodado), grava partida, roca triturada, o por mezcla de dichos materiales en proporciones tales que satisfagan las exigencias especificadas.

Las exigencias granulométricas para el agregado grueso se indican en la Tabla I de la especificación AASHTO M 43. En el caso de tamaños nominales que excedan de 38 mm (1 1/2"), el agregado grueso estará constituido por una mezcla de dos fracciones y sólo se permitirá una fracción cuando el tamaño máximo nominal no supere 38 mm. Como criterio general, se debe tener una curva granulométrica que, con la mayor cantidad de partículas gruesas, registre un mínimo contenido de vacíos.

Su durabilidad debe arrojar un porcentaje de pérdida máxima de 12%, cuando se usa  $SO_4Na_2$  y de 18%, si se usa  $SO_4Mg$  (en ambos casos 5 ciclos).

Las cantidades de las siguientes sustancias deletéreas o perjudiciales no excederán los límites (expresados en % en peso de la muestra), que se indican a continuación en la Tabla 703-3.

Tabla 703-3  
Cantidades de sustancias deletéreas o perjudiciales permisibles  
en el agregado grueso

Clase	Partículas desmenuzables y terrones de arcilla	Carbón y Lignito	Finos que pasan la malla No. 200	Desgaste Los Angeles
A	2%	0.5%	1%	50%
B	3%	0.5%	1%	50%
C	5.0%	0.5%	1%	50%
D	5.0%	0.5%	1%	50%
E	10%	1%	1%	50%

Las clases A,B,C,D y E corresponden a los siguientes usos típicos:

Usos	Exposición a la intemperie	Clase
Concreto arquitectónico, puentes, otros usos en que irregularidades debidas al deterioro son objetables	Severas	A
	Moderadas	B
	Despreciables	C
Pavimento de concreto, capas de base, veredas, etc. en que irregularidades moderadas pueden tolerarse	Severas	B
	Moderadas	C
	Despreciables	D
Concreto recubierto no expuesto a la intemperie		E

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

**Tabla 703-4**  
**Especificaciones AASHTO y ASTM para agregados finos y gruesos**

	No.	Referencia
AASHTO	M 6	Especificaciones para agregados finos para usar en concreto de cemento Portland
	M 80	Especificaciones para agregados gruesos para usar en concreto de cemento Portland
	T 2	Muestreo de materiales
	T 11	Determinación del No. 200
	T 21	Impurezas orgánicas en el agregado fino
	T 27	Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos
	T 71	Efecto de las impurezas orgánicas de los agregados finos en la resistencia del mortero
	T 103	Durabilidad de los agregados frente al congelamiento y deshielo
	T 104	Durabilidad de los agregados ante la acción de $SO_2Na_2$ o $SO_4Mg$
	T 112	Partículas desmenuzables y terrones de arcilla en el agregado
	T 113	Partículas livianas en el agregado
AASHTO	T 161	Resistencia del concreto a congelamiento y deshielo rápidos
	T 19	Peso unitario y vacíos de los agregados
	T 96	Resistencia a la abrasión (Desgaste Los Angeles)
ASTM	C 227	Potencial Reacción Alcalina de la combinación cemento – agregado
	C 33	Especificaciones para agregados finos a usar en concreto de cemento Portland

\*\*\* Final \*\*\* Subsección 703.02 Agregado Grueso.

\*\*\* Inicio \*\*\* Subsección 711.01 Materiales para el Curado.

Deben satisfacer los requisitos siguientes:

- |                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| (a) Tela de yute            | AASHTO M 182 |
| (b) Papel impermeable       | AASHTO M 171 |
| (c) Película de polietileno | AASHTO M 171 |
| (d) Membrana líquida        | AASHTO M 148 |

\*\*\* Final \*\*\* Subsección 711.01 Materiales para el Curado.

\*\*\* Inicio \*\*\* Subsección 725.21 Adhesivos Epóxicos de Resina.

De acuerdo AASHTO M 235

\*\*\* Final \*\*\* Subsección 725.21 Adhesivos Epóxicos de Resina.

\*\*\* Inicio \*\*\* Subsección 703.01 Agregado Fino.

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M-6, agregado fino para concreto de cemento Portland.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

Las partículas que conformen el agregado fino deberán ser limpias, duras, resistentes, sanas, estables, libres de películas superficiales, de raíces y de restos vegetales. No contendrán otras sustancias nocivas que pudiesen perjudicar al concreto o a las armaduras.

La cantidad de sales solubles aportada al concreto por el agregado fino, no deberá incrementar el contenido de sulfatos y cloruros del agua de mezcla mas allá de los límites establecidos, considerando también las sales solubles del agregado grueso y los aditivos.

El agregado fino podrá estar constituido por arena natural o por una mezcla de arena natural y arena de trituración, en proporciones tales que permitan al concreto reunir las características y propiedades especificadas. El porcentaje de arena de trituración no podrá ser > 30% del total de agregado fino.

Las exigencias granulométricas para el agregado fino se indican a continuación:

Tabla 703-1  
Granulometría para agregado fino

Malla No. Mallas estándar	% Pasando (AASHTO T 11 y T 27)
9.5 mm	100
No. 4	95-100
No. 8	80-100
No. 16	50-85
No. 30	25-60
No. 50	10-30
No. 100	2-10

- (a) El módulo de finura (MF) debe estar comprendido entre 2,3 y 3,1.  
 (b) El material que pasa la malla de 75 µm, AASHTO T 11, debe ser de 3% como máximo.  
 (c) Su durabilidad (5 ciclos) debe arrojar un porcentaje de pérdida de 10% máximo, cuando se usa  $SO_4Na_2$  y de 15% máximo cuando se usa  $SO_4Mg$ .

El equivalente de arena, AASHTO T 175, deberá ser mínimo de 75%.

Las cantidades de las siguientes sustancias deletéreas o perjudiciales, no excederán los límites que se indican a continuación ( expresadas en % en peso de la muestra):

Tabla 703-2  
Cantidades de sustancias deletéreas o perjudiciales permisibles en el agregado fino

	Clase A % en peso	Clase B % en peso
Partículas desmenuzables y terrones de arcilla	≤ 3%	≤ 3%
Carbón y lignito	≤ 0.25%	≤ 1%
Finos que pasan la malla no. 200:		
▪ En concreto sujeto a abrasión	≤ 2.0%	≤ 4.0%
▪ En otras clases de concreto	≤ 3.0%	≤ 5.0%
▪ Otras sustancias perjudiciales	≤ 1.0%	≤ 1.0%

\*\*\* Final \*\*\*

Subsección 703.01 Agregado Fino.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

\*\*\* Inicio \*\*\* **Subsección 712.01 Sellantes, Rellenos, Sellos y Mangas.**

Deben satisfacer los siguientes requerimientos:

**(a) Sellantes y relleno para juntas y grietas.** Certificación del fabricante identificando el envase y/o el número de lote, material, cantidad, fecha y tiempo de manufacturado, nombre y dirección.

**(1) Sello tipo elástico, colado en sitio en caliente, para juntas en concreto** AASHTO M 173

**(2) Sellante para juntas, coladas en sitio en caliente, para pavimentos de concreto y asfalto** AASHTO M 301

**(3) Relleno para grietas, aplicado en caliente, en pavimento de concreto asfáltico y concreto de cemento Portland ASTM D 5078**

**(4) El propietario de los productos de asfalto-caucho, debe informar:**

*(a) Fuente y grado del cemento asfáltico*

*(b) Contenido granular de caucho y peso, como porcentaje de la mezcla asfaltocaucho*

*(c) Tipo(s) de caucho granular y contenido de cada tipo (si se mezclan)*

*(1) Peso, como porcentaje de combinación de cauchos*

*(2) Granulometría del caucho granular*

*(d) Tipo de asfalto modificado.*

*(e) Cantidad de asfalto modificado y peso como porcentaje de cemento asfáltico*

*(f) Otros aditivos*

*(g) Calentamiento y aplicación de temperaturas*

*(h) Recomendaciones y procesos de aplicación*

**(b) Relleno de las juntas de expansión.** Se elaborarán en una sola pieza, con la profundidad y el ancho requeridos para la junta.

**(1) Formar el relleno para la junta de expansión en concreto, ( tipo bituminoso)**

AASHTO M 33

**(2) Rellenar la junta de expansión con caucho esponjoso, para pavimento de concreto y construcciones estructurales.**

AASHTO M 153

**(3) Rellenar la junta de expansión con corcho en pavimentos de concreto y construcciones estructurales <sup>(1)</sup>**

AASHTO M 153

**(4) Rellenar la junta de expansión en pavimentos de concreto y construcciones estructurales (tipos no extrusivos y bituminosos elásticos).**

AASHTO M 213

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

(1) No usar en estructuras de concreto mayor

(c) Sellos premoldeados para las juntas

(1) Aplicaciones en pavimentación. Se fabricarán los sellos con elastómeros de policloropreno conforme a AASHTO M 220. Se usará un adherente lubricante de acuerdo a lo siguiente:

- (a) Contenido de sólido por peso, ASTM D 2369 22%
- (b) Esfuerzo de limpieza, ASTM D 903 10 MPa max.
- (c) Edad de manufactura 9 meses max.

(2) Aplicaciones en cajas de registro, tomas y drenajes. Se fabricarán en secciones múltiples de caucho neopreno y etileno propileno di- monómero (EPDM), sello de caucho, con un mínimo de 1.5 milímetros. Antes de la entrega, se pintará el caucho con un sello de caucho con butil, no endurecedor para impermeabilizar la instalación. Las propiedades requeridas aparecen en la Tabla 712-1 siguiente.

Tabla 712-1  
Sellos para juntas

Propiedades Físicas Prueba	ASTM	EPDM	Neopreno Masilla	Método de Butil
Tensión, Mpa	D142	10	12	-
Elongación, %	D142	440	230	280
Resistencia al Desgarre, N/mm	D 624 (molde B)	40	20	-
Rebote, %, 5 min (mod)	C 972	-	-	11
Rebote, %, 2Hr.	C972			12

(d) Relleno de espuma. Relleno fabricado con poliestireno expandido. Su resistencia a la compresión no debe ser menor de 70 kilopascales.

(e) Sello colado en frío. Fabricado a partir de caucho silicón con módulo bajo, colado el compuesto conforme a FSS TT –S – 1543, clase A, con una elongación última de 1200%.

(f) Sello de juntas con silicón de módulo bajo. Fabricado en parte con una fórmula de silicón, conforme a los siguientes requerimientos:

- (1) Flujo, MIL S - 8802 8 mm max.
- (2) Razón de extrusión, MIL S – 8802 75 a 250 g/min.
- (3) Tiempo libre de liga, MIL S- 8802 20 a 75 min.
- (4) Peso específico, ASTM D 792, método A 1.010 a 1.515
- (5) Dureza con durómetro, ademe A, 10 a 25  
ASTM D 2240
- (6) Esfuerzo de tensión @ 150% elongación, 520 kPa max.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Página 98 de 238



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

ASTM D 412

- (7) Elongación, ASTM D 412 500 % min.
- (8) Adhesión, MIL S- 8802 9 Kg con > 75% de falla cohesiva
- (9) Tiempo de fabricado 6 meses max.

**Cabilla de apoyo.** Fabricada de polietileno conforme ASTM D 3204 tipo 1. Se usará un sellante compatible con el material de la cabilla. Las dimensiones requeridas se muestran en la Tabla 712-2.

**Tabla 712-2  
Tamaño de las cabillas**

Ancho de la junta preparada	Diámetro de la cabilla
8 mm	9 mm
9 mm	13 mm
13 mm	16 mm
16 mm	19 mm
19 mm	25 mm
25 mm	32 mm
32 mm	38 mm
38 mm	50 mm

\*\*\* Final \*\*\* **Subsección 712.01 Sellantes, Rellenos, Sellos y Mangas.**

\*\*\* Inicio \*\*\* **Subsección 701.01 Cemento Portland**

El cemento a utilizar será fabricado bajo la especificación AASHTO M 85 (equivalente a ASTM C150 o ASTM C1157).

\*\*\* Final \*\*\* **Subsección 701.01 Cemento Portland**

\*\*\* Inicio \*\*\* **Subsección 709.01 Acero de Refuerzo.**

(a) **General.** Cada embarque de acero que se reciba en el Proyecto debe contar con la siguiente información:

- (1) Nombre y localización de la trefilería (laminadora)
- (2) Dimensiones
- (3) Especificaciones

(b) **Barras de refuerzo.** Barras deformadas obtenidas de lingotes de acero grado 400, conforme a AASHTO M 31M, M 42M, ó M 53M.

(c) **Dovelas.** Deben fabricarse con barras lisas, libres de rebabas u otra deformación restrictiva para el libre movimiento dentro del concreto, deberán satisfacer la especificación AASHTO M 254, tipo A o B. Se pintará la mitad de cada dovela con una capa de pintura, cuando esté seca, la mitad pintada se lubricará antes de colocarla, para evitar la adherencia.





DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

Como lubricante de las dovelas tipo podrá utilizarse grasa.

Las juntas acabadas no deberán desviarse más de 6 milímetros de su alineación horizontal y vertical durante la colocación del concreto, para permitir el movimiento irrestricto de las losas.

El detalle de longitud y distribución de las dovelas, puede ser verificado en el Anexo 05 Revestimiento de la Vía.

\*\*\* Final \*\*\*      **Subsección 709.01 Acero de Refuerzo.**

\*\*\* Inicio \*\*\*      **Subsección 725.01 Agua**

- a) El agua a utilizar presentará características adecuadas para propósitos de construcción, su inspección será visual y deberá contar con la aprobación del Supervisor.

\*\*\* Final \*\*\*      **Subsección 725.01 Agua**

- a) **Concreto.** El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya triturados, quedará a cargo del contratista y será revisado por el Supervisor, cuya aprobación no liberará al Contratista de la obligación de obtener en la obra la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como los acabados especificados. Durante la construcción, la dosificación de la mezcla de concreto hidráulico se hará en peso y su control durante la elaboración se hará bajo la responsabilidad exclusiva del Contratista.
- b) **Resistencia.** La resistencia de diseño del concreto a la tensión por flexión ( $S'c$ ), o el módulo de ruptura especificado a los 28 días, se verificará en especímenes moldeados durante el colado del concreto, correspondientes a vigas estándar cuyas dimensiones deben cumplir con lo indicado en ASTM C31, compactando el concreto por vibro compresión; una vez curados los especímenes adecuadamente, se ensayarán a los 3, 7 y 28 días, aplicando las cargas en los tercios del su luz (ASTM C 78). Se podrá correlacionar el módulo de ruptura con el esfuerzo a compresión, se podrán utilizar especímenes moldeados de cilindros estándar de quince por treinta (15 x 30) centímetros.
- c) **Especímenes de prueba.** Se deberán tomar muestras de concreto para hacer especímenes de prueba para determinar la resistencia a la flexión durante el colado del concreto. Especímenes de prueba adicionales podrán ser necesarios para determinar adecuadamente la resistencia del concreto cuando la resistencia del mismo a temprana edad limite la apertura del pavimento al tránsito. El procedimiento seguido para el muestreo del concreto deberá cumplir con la norma ASTM C 172.
- d) **Trabajabilidad.** El asentamiento promedio de la mezcla de concreto dependerá del equipo o maquinaria utilizada para la colocación; si se utilizan moldes deslizantes el revenimiento podrá ser de 0.5 a 1.5 pulgadas (13 a 38 mm); en caso de utilizar moldes fijos, los valores de revenimiento deberán encontrarse entre 3 y 4 pulgadas (75 a 100 mm). Las mezclas que no cumplan con este requisito deberán ser destinadas a otras obras de concreto como cunetas y drenajes, y no se permitirá su colocación para la losa de concreto.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

El concreto deberá de ser uniformemente plástico, cohesivo y manejable. El concreto trabajable es definido como aquel que puede ser colocado sin que se produzcan demasiados vacíos en su interior y en la superficie del pavimento.

Cuando aparezca agua en la superficie del concreto después del acabado se deberá efectuar inmediatamente una corrección por medio de una o más de las siguientes medidas:

- 1) Rediseño de la mezcla
  - 2) Adición de relleno mineral o de agregados finos
  - 3) Incremento del contenido de cemento
  - 4) Uso de un aditivo inclusor de aire o equivalente, previamente aprobado.
- e) **Membrana de curado.** Para el curado de la superficie del concreto recién colada deberá emplearse un líquido de color claro, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la norma ASTM C309, ASTM C1315, ASTM C171. La membrana de curado a emplear será de un componente cuya base sea agua y parafina de pigmentación blanca. Deberán utilizarse membranas que eviten se tapen las boquillas de los equipos de rociado.
- f) **Acero de refuerzo.** El acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento se coloca en las juntas, ya sea como pasadores de cortante ó pasajuntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos.
- g) **Barras de amarre.** En las juntas que muestra el proyecto, se colocarán barras de amarre con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las losas. Las barras serán corrugadas, de acero estructural, con límite de fluencia ( $f_y$ ) de dos mil ochocientos (2,800 kg/cm<sup>2</sup>) kilogramos por centímetro cuadrado, debiendo quedar ahogadas en las losas, con las dimensiones y en la posición indicada en el proyecto. En los hombros no se colocarán barras de amarre. El detalle de longitud y distribución de las barras de amarre, puede ser verificado en el Anexo 05 Revestimiento de la Vía.
- h) **Barras pasajuntas (dovelas).** En las juntas transversales de contracción, de construcción, de emergencia y/o en los sitios que indique el Supervisor se colocarán barras pasajuntas como mecanismos para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo liso y deberán quedar ahogadas en las losas en la posición y con las dimensiones indicadas por el proyecto. Ambos extremos de las pasajuntas deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. El acero deberá cumplir con la norma ASTM A 615 grado 60 ( $f_y=4,200$  kg/cm<sup>2</sup>), y deberá ser recubierto con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto y que sea aprobado por el Supervisor. En los hombros no se colocarán dovelas.

Las pasajuntas podrán ser instaladas en la posición indicada en el proyecto por medios mecánicos, o bien por medio de la instalación de canastas metálicas de sujeción. Las canastas de sujeción deberán asegurar las pasajuntas en la posición correcta como se indica en el proyecto durante el colado y acabado del concreto, mas no deberán impedir el movimiento longitudinal de la misma.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

El detalle de longitud y distribución de las dovelas, puede ser verificado en el Anexo 05 Revestimiento de la Vía.

- i) **Sellador para juntas.** El material de sello para las juntas transversales y longitudinales deberá ser elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes con el concreto y permitir las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas sin agrietarse, debiéndose emplear productos a base de silicona, poliuretano - asfalto o similares, los cuales deberán ser autonivelantes y solidificarse a temperatura ambiente.

A menos de que en los planos se especifique lo contrario por el Supervisor, el material para el sellado de juntas deberá de cumplir con los requerimientos aquí indicados. El material se deberá adherir a los lados de la junta o grieta con el concreto y deberá formar un sello efectivo contra la filtración de agua o incrustación de materiales incompresibles. En ningún caso se podrá emplear algún material sellador no autorizado por el Supervisor.

Para todas las juntas de la losa de concreto se deberá emplear un sellador de silicón o similar de bajo módulo y autonivelable. Este sellador deberá ser un compuesto de un solo componente sin requerir la adición de un catalizador para su curado. El sellador deberá presentar fluidez suficiente para autonivelarse y no requerir de formado adicional.

El sellador de silicón de bajo módulo deberá cumplir con los siguientes requisitos y especificaciones de calidad:

Tabla 5.01-1 Silicón – Especificaciones

ESPECIFICACIÓN	METODO DE ENSAYO	REQUISITO
Esfuerzo de tensión a 150% de elongación (7 días de curado a 25° C ± 5° C, y 45% a 55% de humedad relativa).	ASTM D 412	3.2 kg/cm <sup>2</sup> max.
Flujo a 25°C ± 5° C	ASTM C 639 (15% Canal A)	No deberá fluir del canal.
Tasa de extrusión a 25°C ± 5° C	ASTM C 603 (1/8" @ 50 psi)	75-250 gms/min
Gravedad Específica	ASTM D 793 (método A)	1.01 a 1.51
Dureza a - 18°C (7 días de curado a 25°C ± 5°C)	ASTM C 661	10 a 25
Resistencia a la intemperie después de 5,000 horas de exposición continua	ASTM C 793	No agrietamiento, pérdida de adherencia o superficies polvosas por desintegración.
Superficie seca a 25°C ± 5°C, y 45% a 55% de humedad relativa.	ASTM C 679	Menor de 75 minutos.
Elongación después de 21 días de curado a 25°C ± 5°C, y 45 % a 55% de humedad relativa.	ASTM D 412	1,200 %
Fraguado al tacto a 25°C ± 5°C, y 45% a 55% de humedad	ASTM C 1640	Menos de 75 minutos



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

ESPECIFICACIÓN	METODO DE ENSAYO	REQUISITO
relativa.		
Vida en el contenedor a partir del día de embarque.	--	6 meses mínimo
Adhesión a bloques de mortero	AASHTO T 132	3.5 kg/cm <sup>2</sup>
Capacidad de movimiento y adhesión. Extensión de 100% a 18°C después de 7 días de curado al aire a 25°C ± 5°C, seguido por 7 días en agua a 25°C ± 5°C.	ASTM C 719	Ninguna falla por adhesión o cohesión después de 5 ciclos.

La tirilla de respaldo a emplear deberá impedir efectivamente la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta. La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno y de las dimensiones indicadas en los documentos de construcción. La tirilla de respaldo deberá ser compatible con el sellador de silicón a emplear y no se deberá presentar adhesión alguna entre el silicón y la tirilla de respaldo.

**Requerimientos para la Construcción**

- (a) **Composición de la Mezcla (diseño de la mezcla de hormigón).** La mezcla de hormigón debe diseñarse de acuerdo con la Subsección 552.03, conforme a la Tabla 501-2 siguiente:

Tabla 501-2  
Composición del hormigón de cemento para pavimento

Relación agua/cemento (máxima)	Temperatura del concreto	Revenimiento	Tamaño de agregado (1) (AASHTO M 43)
0.50	20±10 °C	25 - 40 mm	No. 57 o 67

En lo que respecta al contenido mínimo de vacíos y la resistencia a la compresión del Concreto, éstos serán definidos por el Contratista y aprobados por el Supervisor, en el diseño de la mezcla de los dos tipos de concreto a usar, tanto en el rodamiento ( $M_r=45 \text{ kg/cm}^2$ ) como en los hombros ( $M_r = 28 \text{ kg/cm}^2$ ).

- (b) **Equipo.** Los principales elementos requeridos para la ejecución de los trabajos son los siguientes:
- (1) **Equipo para la elaboración de agregados y la fabricación del concreto.** Para la elaboración de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y, de ser necesario, una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros necesarios para controlar la contaminación ambiental de acuerdo con la reglamentación vigente. La planta de



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

fabricación del concreto deberá efectuar una mezcla regular e íntima de los componentes, dando lugar a un concreto de aspecto y consistencia uniforme, dentro de las tolerancias establecidas.

- (2) Equipo para la ejecución de los trabajos con formaletas fijas. Cuando se emplee el método de construcción con formaletas fijas, el equipo mínimo necesario para la ejecución de las obras estará integrado por los siguientes elementos:

1. (I) Formaletas. Las formaletas para la construcción no deberán tener una longitud menor de tres metros (3 m) y su altura será igual al espesor del pavimento por construir. Deberán tener la suficiente rigidez para que no se deformen durante la colocación del concreto o cuando van a servir como rieles para el desplazamiento de equipos.

En la mitad de su espesor y a los intervalos requeridos, las formaletas tendrán orificios para insertar a través de ellos las varillas de unión o anclaje, cuando ellas estén contempladas en el proyecto de la obra.

La fijación de las formaletas al suelo se hará mediante pasadores de anclaje que impidan cualquier desplazamiento vertical u horizontal, debiendo estar separados como máximo un metro (1 m), y existiendo al menos uno (1) en cada extremo de las formaletas o en la unión de las mismas.

En las curvas, las formaletas se acomodarán a los polígonos más convenientes, pudiéndose emplear formaletas rectas rígidas, de la longitud que resulte más adecuada. Se permitirá el uso de formaletas curvas con radios ajustados al solicitado en planos para la curva en particular.

Se deberá disponer de un número suficiente de formaletas para tener colocada, en todo momento de la obra, una longitud por utilizar igual o mayor que la requerida para tres (3) horas de trabajo, más la cantidad necesaria para permitir desmontar las formaletas del concreto se haga a las doce (16) horas de su colocación.

2. (II) Equipo para la construcción del pavimento. Estará integrado por una extendedora que dejará el concreto fresco repartido uniformemente; una terminadora transversal con elementos de enrase, compactación por vibración y alisado transversal; y una terminadora longitudinal que realice el alisado en dicho sentido.

Los vibradores superficiales deberán tener una frecuencia no inferior a tres mil quinientos (3.500) ciclos por minuto y los internos de cinco mil (5.000) ciclos por minuto.

Para el acabado superficial, se utilizarán llanas con la mayor superficie posible, que permitan obtener un acabado del pavimento al nivel correcto y sin superficies porosas.

3. (III) Elementos para la ejecución de las juntas. Para la ejecución de las juntas en fresco se empleará equipo apropiado, el que debe ser aprobado de previo por el Supervisor. Si las juntas se ejecutan sobre el concreto endurecido, se emplearán sierras cuyo disco requiere la aprobación previa del Supervisor, en lo relacionado con el material, espesor y diámetro. Las sierras serán del tipo autopropulsadas a criterio del Supervisor. Debe disponerse de las sierras necesarias para completar a tiempo la operación de corte de las juntas y de al menos una sierra de repuesto por cada equipo que se encuentre en obra. En caso de que el colado de las losas

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

tenga un ancho mayor a un carril, el Contratista como mínimo deberá emplear una sierra adicional por cada Junta de carril que sea colado en forma simultánea. El número necesario de sierras se determinará mediante ensayos de velocidad de corte empleado en la construcción del pavimento.

4. **(IV) Distribuidor de productos de curado.** En caso de que el pavimento se vaya a curar con un producto químico que forme membrana, se debe disponer del equipo adecuado para que la aspersión sea homogénea en toda la superficie por curar y sin que se produzcan pérdidas por la acción del viento.
- (3) Equipo necesario para la ejecución de los trabajos con pavimentadora de formaletas deslizantes.** En este caso, los elementos requeridos para la construcción del pavimento serán los siguientes:
- (a) **Pavimentadora de formaletas deslizantes.** La máquina pavimentadora de formaletas deslizantes deberá extender, compactar y enrasar uniformemente el concreto, de manera de obtener mecánicamente un pavimento denso y homogéneo.

La pavimentadora deberá estar equipada de un sistema guiado por hilo, debiendo actuar los mecanismos correctores cuando las desviaciones de la máquina respecto del hilo excedan de tres milímetros (3 mm) en alzada o diez (10 mm) en planta.

La máquina estará dotada de formaletas móviles de dimensiones, forma y resistencia suficiente para sostener lateralmente el concreto durante el tiempo necesario para la construcción del pavimento, con la sección transversal requerida.

La pavimentadora compactará adecuadamente el concreto por vibración interna en todo el ancho colocado, mediante vibradores transversales o una serie de unidades de vibrado longitudinal; en este caso, la separación entre unidades de vibrado estará comprendida entre quinientos y setecientos cincuenta milímetros (500 mm – 750 mm), medidos centro a centro. Además, la separación entre el centro de la unidad de vibrado externa y la cara interna de la formaleta correspondiente, no excederá de ciento cincuenta milímetros (150 mm). Se pueden utilizar separaciones menores siempre y cuando esta práctica sea recomendada por el fabricante de los equipos de colocación y aprobada por el Supervisor.

La frecuencia de vibración de cada unidad no será inferior a cinco mil (5.000) ciclos por minuto y la amplitud de la vibración será la suficiente para ser perceptible en la superficie de concreto a lo largo de la longitud vibrante y a una distancia de trescientos milímetros (300 mm).

La longitud de la placa conformadora de la pavimentadora será la necesaria para que no se aprecien vibraciones en la superficie del concreto tras el borde posterior de la placa. Si la junta longitudinal se ejecuta en fresco, la pavimentadora deberá ir provista de los mecanismos necesarios para dicha operación.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) -KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

- (b) **Elementos para la ejecución de juntas.** Se requieren los mismos que se exigen en caso de que el pavimento se construya entre formaletas fijas. Se exceptúa el caso recién mencionado de la junta longitudinal en fresco, la cual deberá ser ejecutada por la misma pavimentadora.
  - (c) **Distribuidor de productos de curado.** Resulta aplicable todo lo pertinente del aparte (2) (IV) del presente artículo.
- (1) **Elementos de transporte.** El transporte del concreto a la obra se realizará en camión ~~de~~ cerrados de tambor giratorio o de tipo abierto, provistos de paletas, los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones. Deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.
- (2) **Equipo accesorio.** Se requieren algunas herramientas menores como palas y llanas pequeñas, para hacer correcciones localizadas, cepillos para dar textura superficial, etc.

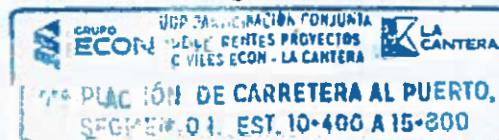
**Operaciones de construcción.**

- (a) **Explotación de materiales y elaboración de agregados.** Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos empleados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, precisan aprobación previa del Supervisor, lo cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de esta especificación. Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento deberán garantizar el suministro de un producto de calidad uniforme. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras, deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas. Este procedimiento debe cumplir con las regulaciones ambientales vigentes.

- (b) **Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.** Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista suministrará al Supervisor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Supervisor efectúe las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales, cuando resulten satisfactorios de acuerdo con lo que establece la presente especificación, el Contratista diseñará la mezcla y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a aprobación del Supervisor. Dicha fórmula señalará:



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

- Proporciones en que deben mezclarse los agregados disponibles y la granulometría de los agregados combinados, por los tamices de 50,8 mm, 37,5 mm, 19,0 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm 600 mm, 150 mm y 75 mm (2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", y Nos. 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200).
- Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales adiciones, por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de concreto fresco.
- La consistencia del concreto.

La fórmula deberá reconsiderarse, cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, clase o categoría del cemento y su marca.
- Cuando cambien las propiedades de los agregados (granulometría, densidad, absorción).
- Cuando cambie alguna de las fuentes de agregados.
- El tipo, absorción o tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra.

Los documentos del proyecto indicarán la resistencia por exigir al concreto destinado a la construcción del pavimento. La resistencia especificada será la característica a flexotracción y a compresión a veintiocho (28) días, la primera en probetas prismáticas de sección cuadrada y la segunda en cilindros estándar.

Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia (AASHTO T 119), las resistencias a flexotracción (AASHTO T 97), a compresión (AASHTO T 22), ambas a siete (7) y veintiocho (28) días y, cuando se exija, el contenido de aire incluido (AASHTO T 152 o AASHTO T 196). Los especímenes de muestra serán curados de acuerdo con AASHTO T 23.

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, confeccionando series de cuatro (4) probetas por amasada. De cada serie se ensayarán dos (2) probetas a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, obteniéndose los valores medios de cada grupo de resultados. Se considerará como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor medio obtenido a veintiocho (28) días supere la resistencia especificada con margen suficiente para que sea razonable esperar que con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de ésta sobrepase la especificada.

La relación agua/cemento no será superior a 0,50 y el asentamiento, medido según la norma AASHTO T 119, deberá estar entre veinticinco y cuarenta milímetros (25 mm – 40 mm). En el caso de colocación manual del concreto, y como excepción a lo establecido en la Tabla 501-1, pueden permitirse asentamientos de hasta 100 mm, siempre y cuando se utilicen aditivos retardadores de fragua en la fórmula de trabajo, debidamente aprobados por el Supervisor y empleados de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Página 107 de 238





DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

**(c) Ensayos característicos de obra y ejecución de tramos de prueba.**

Estos ensayos tienen por objeto verificar que con los medios disponibles en la obra, resulta posible fabricar un concreto de las características exigidas.

Para cada dosificación de posible aplicación en obra, determinada a partir de los ensayos previos de laboratorio en tramos de prueba, se efectuarán ensayos de resistencia sobre probetas prismáticas procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (2) probetas por amasada, las cuales se ensayarán a flexotracción a siete (7) días, obteniéndose el valor medio de los resultados de las roturas. Para cada serie de probetas se controlará la resistencia y, de ser necesario, el aire incluido, con los mismos métodos empleados para los ensayos previos. Si el valor medio de la resistencia obtenida a los siete (7) días es igual o superior al ochenta por ciento (80%) de las resistencias especificadas a los veintiocho (28) días, y no se han obtenido resultados fuera de especificación para la consistencia o el aire incluido, se efectuará un tramo de prueba con concreto de dicha dosificación. En caso contrario, se harán los ajustes necesarios hasta conseguir un concreto que cumpla las exigencias de este numeral. El tramo de prueba, cuya longitud será determinada por el Supervisor, en consideración al método de colocación, podrá ser construido por fuera de la calzada por pavimentar. El tramo servirá para verificar que los medios de vibración disponibles son capaces de compactar adecuadamente el concreto en todo el espesor del pavimento, que se cumplen las limitaciones de regularidad y rugosidad establecidas por la presente especificación, que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se realizan correctamente.

En caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, se construirán otros introduciendo variaciones en los equipos, métodos de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener un pavimento con las condiciones exigidas. Logrado esto, se podrá proceder a la construcción del pavimento.

Del trabajo satisfactorio se extraerán seis (6) testigos cilíndricos a los cincuenta y cuatro (54) días de la puesta en obra, para la determinación de la resistencia del concreto, cada uno de los cuales distará del más próximo cuando menos siete metros (7 m) en sentido longitudinal y estarán separados más de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a tracción indirecta (ASTM C 496) a la edad de cincuenta y seis (56) días, luego de ser sometidos a curado húmedo durante las cuarenta y ocho (48) horas previas al ensayo.

- (d) Preparación de la superficie existente.** La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente, se corregirán de acuerdo con lo establecido en ella, a plena satisfacción del Supervisor.

Cuando se emplee el método de construcción con formaletas fijas, se controlará que su altura libre corresponda efectivamente al espesor de diseño de las losas.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

Antes de verter el concreto, se saturará la superficie de apoyo de las losas sin que se presenten charcos o, si el proyecto lo contempla, se cubrirá con papel especial o material plástico con traslajos no inferiores a ciento cincuenta milímetros (150 mm) y plegándose lateralmente contra las formaletas, cuando éstas se utilicen. El traslajo se hará teniendo en cuenta la pendiente longitudinal y transversal, para asegurar la impermeabilidad.

En todos los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución del pavimento.

**(e) Elaboración de la mezcla.**

**(1) Manejo y almacenamiento de los agregados finos.** No se permitirá ningún método de manejo y almacenamiento de los agregados que pueda causar segregación, degradación, mezcla de distintos tamaños o contaminación con suelo u otros materiales.

La cantidad de los agregados almacenados al iniciar las obras, debe ser suficiente para diez (10) días de trabajo.

**(2) Suministro y almacenamiento del cemento.** El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura.

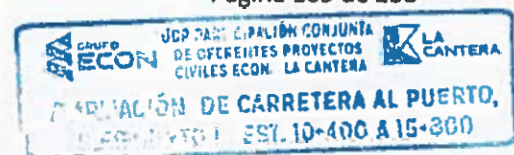
Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad máxima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) meses en silos, deberá ser examinado por el Supervisor, para verificar si aún es susceptible de utilización.

**(3) Almacenamiento de aditivos.** Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos. Los aditivos químicos líquidos deberán almacenarse en lugares protegidos de la acción directa de los rayos solares y de temperaturas menores a los 5 grados centígrados.

**(4) Básculas.** Las básculas para el pesaje de los materiales deben tener una precisión mínima de uno por ciento ( $\pm 1\%$ ). Se calibrarán cada vez que el Supervisor lo considere necesario y, como mínimo, cada quince (15) días.

Al iniciar las obras, el Contratista deberá certificar la precisión de las básculas según lo solicitado por el cartel de licitación, empleando para ello una empresa certificada por el fabricante de las básculas y aprobada por el Supervisor. El Contratista deberá tener en obra unas masas calibradas y proceder a calibrar la báscula cada vez que el Supervisor lo solicite o cada 15 días de trabajo continuo. En todos los casos las tolerancias no deberán ser menores al 1% del peso de cada una de las materias primas empleadas.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

El equipo de pesaje estará aislado contra vibraciones y movimientos de otros equipos de la planta de forma que, cuando la planta esté en funcionamiento, las lecturas no varíen en más de uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para los diferentes ingredientes.

- (5) **Dosificación del concreto.** Los agregados y el cemento a granel para la fabricación del concreto se dosificarán por peso, por medio de equipos automáticos de dosificación.

En la fórmula de trabajo, las dosificaciones de los agregados se establecerán en peso de materiales secos, teniéndose en cuenta su humedad al ajustar los dispositivos de pesaje. En el momento de su dosificación, los agregados tendrán una humedad suficientemente baja para que no se produzca un escurrimiento de agua durante el transporte desde la planta de dosificación al dispositivo de mezclado y lo suficientemente alta para evitar la absorción de agua libre de la mezcla y la producción de cambios volumétricos en el concreto por este motivo.

El cemento a granel deberá ser pesado en una báscula independiente de la utilizada para dosificar los agregados.

Los aditivos en polvo se medirán en peso y los aditivos líquidos o en pasta, se medirán en peso o en volumen, con una precisión de tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) de la cantidad especificada.

- (6) **Mezcla de los componentes.** La mezcla se realizará en una planta central. En obras de pequeño volumen se podrá autorizar la mezcla en camiones mezcladores, cuyas características deben ser de aceptación del Supervisor. Los componentes de la mezcla se introducirán en la mezcladora de acuerdo con una secuencia previamente establecida por el Contratista y aprobada por el Supervisor. Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua antes de su introducción en la mezcladora. Los aditivos en polvo se introducirán en la mezcla junto con el cemento o los agregados, excepto cuando el aditivo contenga cloruro de calcio, en cuyo caso se añadirá en seco mezclado con los agregados, pero nunca en contacto con el cemento; no obstante, en este último caso se prefiere agregarlo en forma de disolución.

Los materiales deberán mezclarse durante el tiempo necesario para lograr una mezcla íntima y homogénea de la masa, sin segregación. Su duración mínima se establecerá mediante las pruebas pertinentes, y deberá contar con la aprobación del Supervisor

- (f) **Transporte de concreto.** El transporte entre la planta y la obra se efectuará de la manera más rápida posible, empleando alguno de los medios descritos en el aparte 4 del artículo 501.03. El concreto se podrá transportar a cualquier distancia, siempre y cuando no pierda sus características de trabajabilidad, se encuentre todavía en estado plástico en el momento de la descarga y cumpla con las especificaciones de revenimiento y resistencia.

En el caso de construcción en tiempo caluroso, se cuidará de que no se produzca desecación de la mezcla durante el transporte. Si a juicio del Supervisor existe tal riesgo, se deberán utilizar retardadores de fraguado. En caso necesario y con las debidas pruebas, el Supervisor podrá autorizar la adición de aditivos retardadores de fragua a los camiones mezcladores, en cuyo caso



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

deberá asegurarse que la mezcla sea revuelta en el camión mezclador por un lapso no menor de cinco minutos.

- (g) **Colocación de formaletas.** Cuando la obra se ejecute entre formaletas fijas, éstas podrán constituir por sí mismas el camino de rodadura de las máquinas de construcción del pavimento o podrán tener un carril para atender esa función. En cualquier caso, deberán presentar las características señaladas en la presente especificación. Las caras interiores de las formaletas aparecerán siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se recubrirán con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deberán ser aprobadas previamente por el Supervisor.

Cuando la máquina utilice como formaleta un bordillo o una franja de pavimento construido previamente, éste deberá tener una edad de cuando menos tres (3) días.

- (h) **Colocación de elementos de guía para pavimentadoras de formaletas deslizantes.** El espaciamiento de los piquetes (jalones) que sostienen el hilo guía no puede ser mayor de cinco metros (5 m), quedando a criterio del Supervisor autorizar espaciamientos mayores, hasta diez metros (10m), en obras menores. El hilo guía deberá ser preferiblemente un cable de acero, el cual se deberá tensar de modo que la deflexión máxima entre jalones sea menor de 1 mm.

Cuando se vierta concreto en una franja adyacente a otra existente, se tomarán las mismas precauciones que en el caso de trabajar entre formaletas fijas.

**Acabado superficial.** El acabado superficial longitudinal del concreto recién colado podrá proporcionarse mediante llanas mecánicas y a continuación, mediante el arrastre de tela de yute o bandas de cuero húmedas.

Posteriormente con un equipo de texturizado por medio de herramientas manuales desarrolladas específicamente para este trabajo, se procederá a realizar el texturizado transversal mediante una rastra de alambre en forma de peine, con una separación entre dientes de 20 milímetros, ancho de dientes de 3 milímetros y con una profundidad de penetración máxima de 6 milímetros y mínima de 3 milímetros a todo lo ancho de la superficie pavimentada. Esta operación se realizará cuando el concreto esté lo suficientemente plástico para permitir el texturizado, pero lo suficientemente seco para evitar que el concreto fluya hacia los surcos formados por esta operación.

El acabado final deberá proporcionar una superficie de rodamiento con las características mínimas de seguridad (coeficiente de fricción) y de comodidad (índice de perfil) que se indican en seguida.

Una vez terminados los trabajos de construcción de las losas correspondientes a un día, y durante las siguientes cuarenta y ocho (48) horas, el contratista se obligará a realizar los estudios necesarios para garantizar el acabado final de la superficie de rodamiento. Dichos estudios consistirán en la determinación del índice de perfil de acuerdo con la especificación complementaria correspondiente a la determinación de la calidad de la superficie terminada (rugosidad). El contratista deberá garantizar que el índice de perfil del pavimento construido cumpla con la especificación complementaria correspondiente y con las tolerancias incluidas en esta especificación.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

**Protección del Concreto Fresco.** Durante el tiempo de fraguado, el concreto deberá ser protegido contra el lavado por lluvia, la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja.

Para ello se dispondrá en obra de toldos a base de manteados o plásticos que eviten el lavado de las texturas superficiales de las losas o, si lo ameritara, de la acción directa de los rayos solares. Los mismos deberán colocarse cada vez que sea necesario o cuando lo indique el Supervisor. Si el Contratista no atiende esta orden y las losas sufren un lavado del acabado superficial, deberá someter por su cuenta la superficie a un ranurado transversal, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor.

Durante el período de protección, que en general no será inferior a tres (3) días a partir de la colocación del concreto, estará prohibido todo tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierra mecánicas.

**Curado.** El curado deberá hacerse inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial. Esta operación se efectuará aplicando en la superficie una membrana de curado a razón de un litro por metro cuadrado (1 lt/m<sup>2</sup>), para obtener un espesor uniforme de aproximadamente un milímetro (1 mm), que deje una membrana impermeable y consistente de color claro que impida la evaporación del agua que contiene la mezcla del concreto fresco. Su aplicación debe realizarse con irrigadores mecánicos a presión o por medio de aspersores manuales que garanticen la perfecta aplicación de la membrana en todas las caras expuestas de la losa vertical u horizontal.

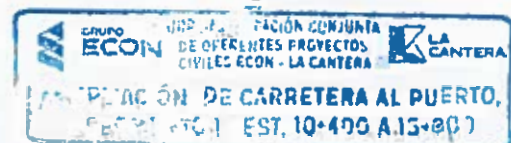
El espesor de la membrana podrá reducirse si de acuerdo con las características del producto que se use se puede garantizar su integridad, cubrimiento de la losa y duración de acuerdo con las especificaciones del fabricante de la membrana de curado, sin embargo, esta reducción no podrá ser de más de un 15%.

En el caso de que durante la época de pavimentación se presenten vientos fuertes rasantes, combinados o no con temperaturas ambiente elevadas, se deberá proveer una doble capa de membrana de curado, aplicándose la primera capa inmediatamente después del flotado del concreto y la segunda posterior al texturizado transversal.

Durante el tiempo de endurecimiento del concreto, deberá protegerse la superficie de las losas contra acciones accidentales de origen climático, de herramientas o del paso del equipo o seres vivos. El contratista será responsable único del costo y trabajos correspondientes para la reparación de desperfectos causados en la losa de concreto o por cualquiera de las causas arriba mencionadas. El procedimiento para la reparación deberá ser previamente autorizado por el Supervisor. Los trabajos de reparación quedarán cubiertos por la misma garantía que aplica a los trabajos de pavimentación.

**(a) Curado con productos químicos que forman película impermeable.**

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, ellos se deberán aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes viento o lluvias, el producto deberá aplicarse antes de cumplirse dicho plazo.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

El producto de curado que se emplee deberá cumplir las especificaciones dadas por el fabricante y la dosificación de estos productos se hará siguiendo las instrucciones del mismo. Su aplicación se llevará a cabo con equipos que aseguren su aspersion como un rocío fino, de forma continua y uniforme. El equipo aspersor deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplicará el producto de curado sobre las paredes de ellas. También se aplicará sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el período de curado, excepto en las proximidades de las juntas cuando ellas ya hayan sido selladas con un producto bituminoso.

No se permitirá la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

- (b) **Curado por humedad.** Cuando se opte por este sistema de curado, la superficie del pavimento se cubrirá con telas de yute, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que no se vea afectado el acabado superficial del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se mantendrá húmeda aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado se mantendrán saturados todo el tiempo que dure el curado.

No se permite el empleo de productos que ataquen o decoloren el concreto.

**Desmontaje de formaletas.** Cuando el pavimento se construya entre formaletas fijas, el desmontaje de las mismas se efectuará luego de transcurridas dieciséis (16) horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Contratista podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la resistencia alcanzada por el concreto.

**Juntas.** Las juntas deberán ajustarse al alineamiento, dimensiones y características consignadas en el proyecto.

Después del curado de las losas se procederá al corte de las juntas transversales y longitudinales con discos abrasivos si se realizan los cortes en seco, o con discos de diamante enfriados con agua. El corte de las juntas deberá comenzar por las transversales de contracción, e inmediatamente después continuar con las longitudinales. Este corte deberá realizarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados. El contratista será el responsable de elegir el momento propicio para efectuar esta actividad sin que se presente pérdida de agregado en la junta o desmoronamiento de los bordes de los cortes o de la losa; sin embargo, una vez comenzado el corte deberá continuarse hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos deberá iniciar entre las 4 ó 6 horas después de haber colocado el concreto y deberá terminar antes de 12 horas después del colado. Las losas que se agrieten por aserrado inoportuno deberán ser demolidas y/o reparadas de acuerdo y a satisfacción del Supervisor.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"**

En el caso de que se requiera de cortes de juntas en dos etapas (escalonados), el segundo corte no deberá realizarse antes de 48 horas después del colado.

En la construcción de las juntas deberá considerarse la siguiente clasificación:

- Longitudinales de contracción aserradas y con barras de amarre (Tipo A)
- Transversales de contracción aserradas y con pasajuntas (Tipo B)
- Longitudinales de construcción y con barras de amarre (Tipo C)
- Transversales de construcción cimbradas con pasajuntas (Tipo D)

Las juntas longitudinales y transversales de contracción aserradas y con barras de amarre ó pasajuntas (Tipos A y B) se construirán en los sitios que indique la sección típica del proyecto de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto.

La junta longitudinal de construcción con barras de amarre (Tipo C) quedará formada en la unión de la junta fría entre las dos franjas de pavimentación como se indica en el proyecto.

Las juntas transversales de construcción con pasajuntas (Tipo D) se construirán en los lugares predeterminados para finalizar el colado del día, coincidiendo siempre con una junta transversal de contracción y alineada perpendicularmente al eje del camino; estas juntas se construirán de acuerdo con lo indicado en el proyecto y se colocarán pasajuntas a todo lo ancho de la sección transversal.

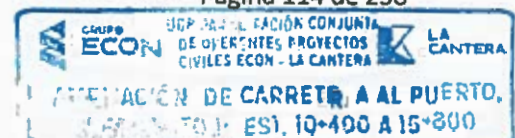
Cuando por causas de fuerza mayor sea suspendido el colado por más de 30 minutos, se procederá a construir una junta transversal de emergencia con la que se suspenderá el colado hasta que sea posible reiniciarlo, a menos que el concreto se encuentre todavía en condiciones de trabajabilidad adecuadas. La configuración de las juntas transversales de emergencia será exactamente igual que la de las juntas transversales de construcción (Tipo D).

La localización de la junta transversal de emergencia se establecerá en función del tramo que se haya colado a partir de la última junta transversal de contracción trazada. Si el tramo colado es menor que un tercio de la longitud de la losa, se deberá remover el concreto fresco para hacer coincidir la localización de la junta de emergencia con la transversal de contracción inmediata anterior. En caso de que la emergencia ocurra en el tercio central de la losa, se deberá establecer la localización de la junta de emergencia cuidando que la distancia de ésta a cualquiera de las dos juntas transversales de contracción adyacentes no sea menor que 1.5 metros. Si la emergencia ocurre en el último tercio de la longitud de la losa, se deberá remover el concreto fresco para que la localización de la junta transversal de emergencia sea en el tercio medio de la losa.

Las juntas transversales de construcción y las juntas transversales de emergencia deberán formarse hincando en el concreto fresco una frontera metálica que garantice la perpendicularidad del plano de la junta con el plano de la superficie de la losa. Esta frontera o cimbra deberá contar con orificios que permitan la instalación de pasajuntas en todo lo ancho de la losa con el alineamiento y espaciamiento correctos, independientemente de que los documentos de construcción no indiquen pasajuntas en los acotamientos. Estas juntas serán vibradas con vibradores de inmersión para garantizar la consolidación correcta del concreto en las esquinas y bordes de la junta.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

Página 114 de 238



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"**

Las ranuras aserradas deberán inspeccionarse para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada. Toda materia extraña que se encuentre dentro de todos los tipos de juntas deberá extraerse mediante agua a presión, chorro de arena (sand blast) y aire a presión los cuales deberán ser aplicados siempre en una misma dirección. El uso de este procedimiento deberá garantizar la limpieza total de la junta y la eliminación de todos los residuos del corte.

La longitud de las losas en el sentido longitudinal será de acuerdo a lo indicado en el proyecto, con la tolerancia que se indique en los planos y especificaciones especiales, coincidiendo siempre el aserrado de las juntas transversales con el centro de la longitud de las pasajuntas. El alineamiento de las juntas longitudinales será el indicado en el proyecto, con la tolerancia establecida en los planos y especificaciones especiales.

Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar que se dañen los bordes de las juntas por impactos del equipo o de la herramienta que se estén utilizando en la obra. En el caso de que produzcan daños en las juntas, el contratista deberá corregirlos sin cargo alguno formando una caja mínima de 50 centímetros de ancho por 50 centímetros de largo por un medio del espesor de la losa de profundidad por medio de la utilización de cortadoras de disco. No se permite el uso de equipos de impacto para el formado de la caja. El concreto a ser empleado en la reparación deberá ser del tipo que no presente contracción ni cambio volumétrico alguno por las reacciones de hidratación del cemento.

**Junta pavimento – bordillo.** La junta entre el pavimento de concreto con el bordillo no es considerada como parte de la estructura del pavimento, por lo que no se requiere de algún refuerzo de amarre. Sin embargo, es probable que se pudiera producir cierta separación entre ambos con el paso de los años. Las juntas deberán ser selladas con mismo material empleado en las juntas del pavimento.

**Apertura al tránsito.** El pavimento se abrirá al tránsito cuando el concreto haya alcanzado una resistencia a flexotracción del ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho (28) días.

**Defectos en las juntas a causa del aserrado.** Si a causa de un aserrado prematuro se presentan en las juntas longitudinales y/o transversales astillados, éstos, deberán ser reparados por el Contratista, a su costa, con un mortero de resina epóxica aprobado por el Supervisor.

**Conservación.** El pavimento de concreto hidráulico deberá ser mantenido en perfectas condiciones por el Contratista, hasta el recibo definitivo de los trabajos.

**Tolerancias.** Para dar por recibida la construcción de las losas de concreto hidráulico se verificarán el alineamiento, la sección en su forma, espesor, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o ordenado por el Supervisor, con las siguientes tolerancias:





DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

**Tabla 502-3**  
**Tolerancias – Generales**

Caso	Tolerancia
Pendiente transversal con respecto a la del proyecto	± 0.5%
Coefficiente de fricción inicial de la superficie de rodamiento	0.70 mínimo

Para la determinación de la deficiencia en el espesor de la losa, se deberá seguir el procedimiento indicado en el apartado Espesor de la Losa de Concreto.

Para la determinación de la calidad de la superficie terminada del pavimento y el factor de ajuste aplicable para cada sección de 500 metros, se deberá seguir el procedimiento indicado en el apartado Espesor de la Losa de Concreto.

**Espesor de la Losa del Concreto**

- (a) **Extracción de Núcleos.** Se deberán extraer núcleos del pavimento de concreto en los lugares especificados por el Supervisor después de que se hayan llevado a cabo todas las correcciones requeridas y antes de que se efectúe la aceptación final del pavimento. El espesor del pavimento se deberá determinar siguiendo los lineamientos de la especificación ASTM C 42 y ASTM C 174.

Para el propósito de establecer un precio unitario ajustado del pavimento, se considerarán unidades de 500 metros de longitud en cada carril de circulación comenzando por el extremo del pavimento con el cadenamamiento menor. La última unidad en cada carril de circulación será de 500 metros más la fracción restante para el final del pavimento.

El Supervisor solicitará la extracción de un núcleo del pavimento por cada unidad de 500 metros en cada carril de circulación en el lugar especificado o seleccionado aleatoriamente. Cuando el espesor del pavimento medido según los lineamientos de la especificación ASTM C 174 sea deficiente en más de 10 milímetros con respecto al especificado en los documentos de construcción, el Contratista deberá proceder según lo especificado en la Tabla 502-4.

Cuando el espesor de cualquier núcleo de concreto sea deficiente por más de 10 milímetros, el espesor del pavimento en esta área se determinará por medio de la extracción de núcleos a intervalos de 5 metros paralelos al eje del camino en ambas direcciones a partir del núcleo que se encontró deficiente hasta que se obtenga en cada una de las direcciones un núcleo que no sea deficiente por más de 10 milímetros. Los núcleos de exploración serán empleados solamente para determinar la longitud de pavimento dentro de la unidad en estudio que será removida sin que el contratista reciba pago alguno por esa área.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA045, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"







Tabla 502-4

Tolerancias – Espesor de losa de concreto

Deficiencia en espesor de losa determinada por cada sección de 500 m	Factor de ajuste aplicable sobre el precio unitario contratado
De 0.0 a 5.0 mm	1.00
De 5.1 a 7.5 mm	0.85
De 7.6 a 10.0 mm	0.75
Mayor que 10.0 mm	Substituir

Índice de rugosidad superficial del pavimento

El valor del Índice de rugosidad (Regularidad) del pavimento se especifica para el proyecto de acuerdo a la siguiente tabla:

	IRI $\leq 2.5$		<b>Aceptado</b>
2.5 <	IRI $\leq 3.0$		Si en un tramo de 1 km (10 datos) a lo menos 8 valores son inferiores a 2.5 y los valores restantes son NO CONSECUTIVOS - <b>Aceptado</b>
			Si no cumple el criterio anterior - <b>Aceptado con penalidad de \$100.00 por cada 0.10m/km</b>
3.0 <	IRI $\leq 3.5$		<b>Aceptado con penalidad de \$300.00 por cada 0.10m/km</b>
3.5 <	IRI $\leq 4.0$		<b>Aceptado con penalidad de \$500.00 por cada 0.10m/km</b>
4.0 <	IRI		<b>Rechazo</b>

Para cumplir con tal requerimiento, el contratista debe tomar en cuenta las consideraciones siguientes:

- Generalidades. El contratista deberá proveer un perfilómetro que cumpla con las especificaciones ASTM E-950, ASTM E-1082. La verificación de calibración del equipo, siguiendo los lineamientos de la misma especificación y el manual del equipo, deberá ser solicitada por el Supervisor antes de su uso en el proyecto. Los resultados del ensayo del perfilómetro serán evaluados por el Supervisor.
- Alcance. El ensayo de la superficie de pavimento será limitado a aquellos pavimentos con más de 200 metros de longitud de construcción.
- Control de la superficie del pavimento. Al inicio de las operaciones de pavimentación, ya sea al arranque de la pavimentación o después de tiempos prolongados de inactividad, el contratista podrá revisar la superficie del pavimento con el perfilómetro, tan pronto como sea posible sin dañar la superficie del pavimento. El propósito de este ensayo es ayudar al contratista a evaluar los métodos y equipos de pavimentación. La longitud de esta sección de prueba inicial no deberá exceder 400 metros. Cuando los métodos de pavimentación y el equipo empleado produzcan un valor de IRI dentro de tolerancia sin castigo, o menor, el Contratista podrá proceder con las

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

operaciones de pavimentación. En el caso de que el IRI obtenido exceda de la tolerancia con castigo, el contratista deberá efectuar correcciones en sus operaciones de pavimentación, las cuales deberán ser aprobadas por el Supervisor, antes de que pueda proceder a pavimentar y evaluar otra sección de prueba de 400 metros.

La medición del IRI será obligatorio para optar a la recepción final de cada segmento de la obra según las longitudes indicadas, queda a discreción del contratista el realizar ensayos adicionales de IRI en la superficie del pavimento.

Tabla de Muestreo, Frecuencias y Tolerancias

Material o Producto	Propiedades o características	Método de prueba o especificación	Frecuencia mínima	Valor Mínimo	Valor Máximo	Punto de Muestreo
Concreto Hidráulico para pavimento	Desgaste (abrazón)	AASHTO T96 o ASTM C 131	- Al inicio (se presentarán los resultados en la Inspección Preparatoria correspondiente) 1 cada vez que se cambie de banco	Nº	40 %	En campo
	Granulometría	AASHTO T27 o ASTM C 136	1 cada vez que se cambie de banco o sus propiedades 1 prueba cada 3.500 m <sup>2</sup>	Según diseño		En campo
	Revenimiento	AASHTO T119 o ASTM C143	1 por carga			Descarga en sitio de colocación
	Temperatura	ASTM C 1064	1 por carga	--	32°	Descarga en sitio de colocación
	Elaboración de especímenes de prueba para determinar el esfuerzo a la compresión (1)	ASTM C31 y ASTM C39	1 muestreo por cada 200m <sup>2</sup> pero no menos de un muestreo por día (1)	Según diseño		Descarga en sitio de colocación
	Elaboración de especímenes de prueba para determinar el Modulo de Ruptura (1)	ASTM C31 y ASTM C78	1 muestreo por cada 200m <sup>2</sup> pero no menos de un muestreo por día (1)	MR=45 kg/cm <sup>2</sup>		Descarga en sitio de colocación
	Elaboración de especímenes de prueba para determinar el Modulo de Elasticidad (2)	ASTM C 31 y ASTM C 469	1 muestreo por cada 1.500 m <sup>2</sup> (2)	--	--	Descarga en sitio de colocación
	Verificación de la Uniformidad del Concreto	ASTM C 94	Al inicio de la producción de concreto o cuando se detecten problemas de uniformidad en la producción (3)	Según Table A1.1 de ASTM C-94		En Planta o en Camión Mezclador

Notas:

- (1) Se deberán fabricar al menos 4 especímenes de prueba de cada muestreo, los cuales serán transportados cuidadosamente al sitio de curado en el proyecto. De estos especímenes, 2 deberán ensayarse a la edad de 28 días para efecto de aceptación de obra y los especímenes restante se ensayara a la edad de 7 días y servirá para monitorear la ganancia de resistencia del concreto. En caso que se requiera dar apertura al tráfico a temprana edad, se deberá fabricar más especímenes de tal manera de tomar dicha decisión con los resultados de al menos 2 especímenes ensayados a la edad que se pretende dar apertura al tráfico.
- (2) El ensayo de Modulo de Elasticidad deberá ser obtenido a la edad de 28 días.
- (3) Durante la ejecución del proyecto, se deberá realizar por lo menos una vez a día la Prueba rápida Para verificar la uniformidad (por medio de revenimientos), de acuerdo a lo indicado en ASTM C-94
- (4) Durante los primeros días de colocación, o cuando haya cambio de diseño de mezcla, el contratista deberá obtener la gráfica de ganancia de resistencia de MR y  $f_c$  para poder correlacionar ambas variables. Para ello, se obtendrán por lo menos 15 muestreos y se obtendrán las resistencias respectivas a los 3, 5, 7, 14 y 28 días. Se deberán ensayar al menos dos vigas y dos cilindros por edad. Todos los especímenes deberán ser llevados hasta la falla.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO "AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA CA04S, TRAMO II: ENTRE KM. 22.36 (SALIDA SUR DE ZARAGOZA) - KM. 31.86 (INICIO BY PASS DE LA LIBERTAD), DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD. ESTACIONES 10+400 – A – 15+800"

**Medida**

El pavimento de concreto será medido en metros cúbicos. El ancho se medirá horizontalmente incluyendo el sobre ancho permitido en las curvas. La longitud debe medirse horizontalmente a lo largo de la línea de centro de la carretera.

**Pago**

El pago se hará al precio fijo del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción del Supervisor.

El precio deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el escapote y la preparación de las zonas por explotar. Deberá cubrir, también, todos los costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, trituración, eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues y mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues y colocación de los pasadores (pasajuntas), varillas de unión, mallas electrosoldadas, elementos para separación del pavimento o curado y materiales para el sello de todas las juntas según lo contemple el proyecto; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado, la ejecución de juntas, el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; la fase de experimentación; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de las obras y el período de curado, la demolición, retiro y disposición de las losas rechazadas y, en general todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

**Renglón de pago**

CR0501.1 Concreto hidráulico MR=45 Kg/cm<sup>2</sup>  
CR0501.2 Concreto hidráulico MR=28 Kg/cm<sup>2</sup>

**Unidad de Pago**

Metro cúbico (m3)  
Metro cúbico (m3)



## 37.9 DISEÑO DE MEZCLA



Holcim



## ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA

En el presente documento se describe el proporcionamiento que se consideran en el diseño de la mezcla del concreto con resistencia a la Flexión a 28 días, 45 kg/cm<sup>2</sup> colocación Directa.

Se anexan en el mismo los respaldos correspondientes que sustentan los valores considerados en el diseño, los cuales son presentados por la empresa Holcim Concretos, S.A. DE C.V.

En el cuadro 1, se muestran las principales características de ellas:

Requisito	Detalle
Tipo de Cemento	ASTM C 1157 Tipo HE
Relación A/C	0.45
Tamaño Nominal de Agregado	N° 57 (25 mm)
Asentamiento en Obra	Valor
Minimo	25 mm
Nominal	50 mm
Maximo	75 mm

Cuadro 1: Especificaciones para Mezcla de Concreto en el Proyecto

### 1. DISEÑO DE MEZCLA

#### Descripción de Materiales

##### Cemento

Se empleará cemento norma ASTM C1157 HE, el cual posee propiedades de ganancia de resistencia temprana, como puede verse en su certificado de calidad en la parte de anexos. El Cemento se despachará directamente de la Planta Cementera de Holcim El Salvador ubicada en la ciudad de Metapán, departamento de Santa Ana. El Cemento será suministrado a Granel y transportado hasta la Planta de Concreto por medio de Camiones Cisterna-Cementera conocidos localmente como Pipas para Cemento.





Planta de Cemento El Ronco, Municipio de Metapán

### **Agregados**

Para la elaboración de la mezcla de concreto, se utilizarán los agregados Gruesos (Gravas) y Finos (Arenas), suministrados por LA CANTERA. La cual tiene sus instalaciones en el Km 57.5 de la Carretera El Litoral en el municipio de La Libertad. Los agregados producidos por nuestro proveedor LA CANTERA, son de origen basáltico y se distinguen por su alta homogeneidad, gran resistencia al desgaste, alta densidad y resistencia a la compresión.

Las granulometrías para los agregados gruesos las trabajaremos en base a la especificación ASTM C-33 para la clasificación de agregados gruesos

Las granulometrías de los agregados gruesos se realizan en base a la ASTM C136.

### **Grava**

Se utilizará grava triturada de La Cantera que se encuentra disponible en los siguientes tamaños:

### **Grava #57 y Grava #8**

Las características físicas de las gravas, son las siguientes de acuerdo a datos tomados recientes:





Propiedades	Grava #57	Grava #8
Granulometría	Dentro de límites ASTM C33	Dentro de límites ASTM C33
Densidad, gr/cm <sup>3</sup>	2.59±0.04	2.54±0.04
Absorción, %	1.5±0.5	2.0±0.5
Peso volumétrico seco varillado, kg/m <sup>3</sup>	1500±25	1425±25

### Arena:

En el diseño de mezcla de concreto se utiliza como agregado fino la Arena Natural o arena de Río Tihuapa y Arena Triturada, las características físicas de la arena son las siguientes:

Propiedades	Arena Natural	Arena Triturada
Granulometría	Dentro de los límites ASTM C33	Dentro de los límites ASTM C33
Módulo de finura	2.73 ±0.3	2.9 ±0.3
Densidad, gr/cm <sup>3</sup>	2.47±0.04	2.58±0.04
Absorción, %	4.5±1	3.0±1

Con respecto a la arena esta cumple con la clasificación de la norma ASTM C33, la cual brinda los parámetros de los porcentajes a cumplir, así como también el ensayo se realiza en base a la norma ASTM C136.

### Aditivos Químicos

Para el retardo de fraguado y la reducción de agua en las mezclas, se emplean los diferentes aditivos RB928 (retardante de fraguado) y MEGAFLOW (reductor de agua de alto rango), según la especificación ASTM C 494. Ver certificados de calidad en Anexos.

### Agua

El agua que se utiliza para elaborar el concreto satisface los requisitos aplicables de la especificación para Agua para ser usada en Concreto Premezclado.

## **DISEÑO DE MEZCLAS**

El diseño de las mezclas se realiza siguiendo los procesos de optimización y diseños de Holcim Concretos, en donde se calibran las principales propiedades exigidas al Concreto Fresco y Concreto Endurecido.

A continuación se detallan algunos de los criterios tomados en cuenta:

Los valores conocidos dados por la ET a ser empleados en el diseño de mezcla se resumen en:

Valores Conocidos:

- Resistencia Especificada a Flexión a 28 días;  $MR = 45 \text{ kg/cm}^2$ .
- Máxima Relación Agua/Cemento; Solicitada  $A/C = 0.45$ .
- Tamaño Nominal del Agregado Grueso; 25 mm.
- Rango del Revenimiento Objetivo.

Los valores a ser determinados en el proceso del diseño de mezcla son:

- Valor de Sobre-Diseño.
- Relación Agua/Cemento para cumplir el Sobre-Diseño.
- Contenido de Agua para cumplir con el Revenimiento Especificado.
- Granulometría de Agregados Combinados.

Pasamos a discutir los cuatro pasos que fueron determinados durante nuestro Proceso de Diseño de Mezcla.



**Valor de Sobre-Diseño.**

El valor del Sobre-Diseño está relacionado con la probabilidad de valores menores al esfuerzo de flexión especificado a los 28 días. Esta relación es inversamente proporcional de tal suerte que para menor ocurrencia de valores menores al especificado, mayor será el valor de Sobre-Diseño.

La ecuación general del valor del Sobre-Diseño viene dada por .

$$\text{Valor del Sobre-Diseño} = \text{Valor Objetivo} + z * \text{Desviación Estándar}$$

Siendo.

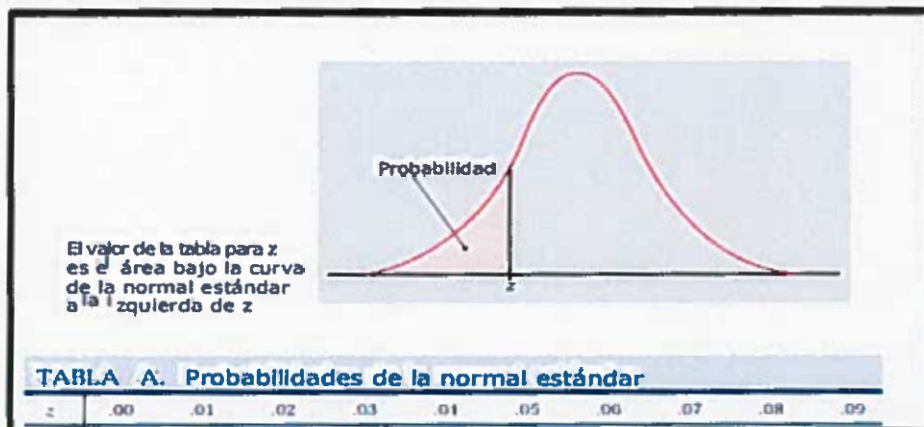
$z$  = La probabilidad de ocurrencia de valores menores al Valor Objetivo, dentro de una población de eventos con una distribución Normal de frecuencia.

La ecuación general del valor del Sobre-Diseño viene dada por.

$$\text{Valor del Sobre-Diseño} = \text{Valor Objetivo} + z * \text{Desviación Estándar}$$

Siendo.

$z$  = La probabilidad de ocurrencia de valores menores al Valor Objetivo, dentro de una población de eventos con una distribución Normal de frecuencia.



$z$  = La probabilidad de ocurrencia de valores menores al Valor Objetivo



A la fecha, el % de valores menores al valor objetivo no está declarado en las ET y por experiencias en proyectos similares, el MOP tiene como regla el 0 % de datos menores al valor objetivo. Este criterio nos obliga a utilizar una condición de  $6\sigma$  equivalente a un  $z = 3.0$ .

Aplicando estos criterios a la resistencia a la Flexión Especificada tenemos.

Para una Desviación Estándar histórica en plantas de producción de RMX utilizando Mezcladores Centrales de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ .

Debe entenderse que la Planta Móvil para la producción de concreto del Proyecto no cuenta con datos propios que permita ser utilizado, por lo que se utiliza un dato histórico de proyectos anteriores con plantas de producción similares, esto nos permite hacer un cálculo del Sobre-Diseño para tener una Probabilidad de 0% de valores menores a  $MR = 45 \text{ kg/cm}^2$ .

Recordemos que la Desviación Estándar de los Valores de Resistencia está directamente relacionada con el Control de Calidad de la Producción de Concreto por medio del control sobre la Dosificación y Mezclado del Concreto.

Valor de Sobre-Diseño a Flexión = Valor Objetivo +  $z$  \* Desviación Estándar.

$$\text{Valor de Sobre-Diseño a Flexión} = 45 + z * 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

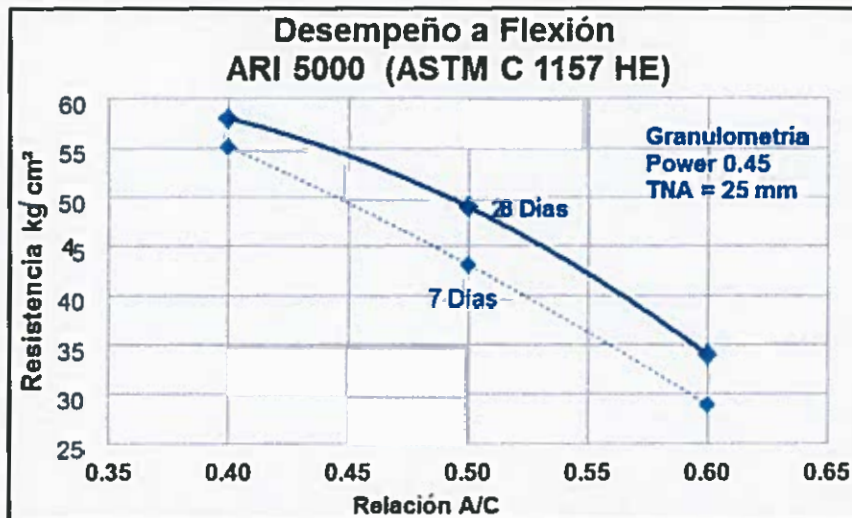
$$\text{Valor de Sobre-Diseño a Flexión} = 45 + 3 * 1.5 = 49.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Valor de Sobre-Diseño a Flexión} = 49.5 \text{ kg/cm}^2$$

Un Sobre-Diseño a Flexión promedio a 28 días cercano a  $50 \text{ kg/cm}^2$  es suficiente para garantizar una probabilidad del 0% de valores menores a  $45 \text{ kg/cm}^2$ .

**Relación Agua/Cemento para cumplir el Sobre-Diseño.**

Conociendo el Valor del Sobre-Diseño, buscamos en nuestras Curvas de Desempeño a Flexión cual A/C permite cumplir con este requisito.



Curva de Desempeño a Flexión

Cada valor mostrado en la Curva de Desempeño a Flexión, corresponde a un promedio de 5 repeticiones de mezclas de Laboratorio, utilizando los materiales que serán empleados en la Obra.

Estas curvas nos permiten hacer las primeras aproximaciones para determinar la relación A/C del Diseño Final de Mezcla.

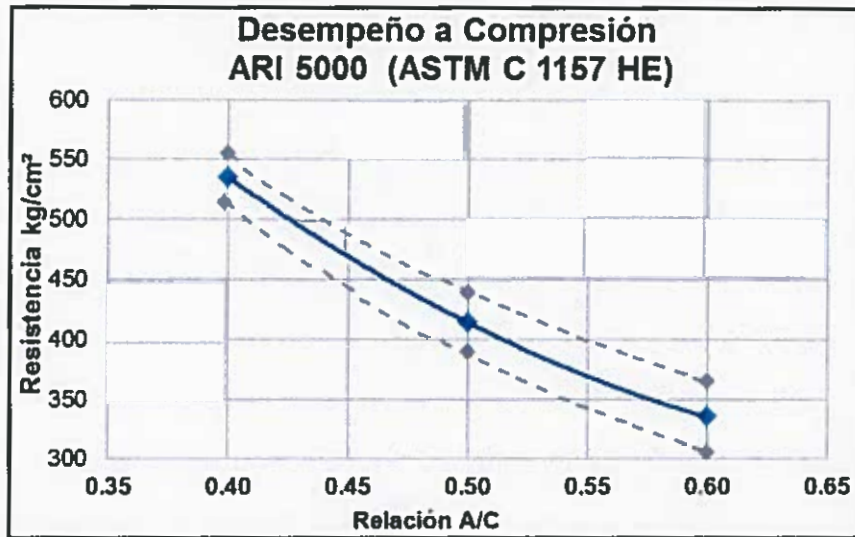
En la etapa de investigación se tuvo el cuidado de verificar que cada Granulometría Integral empleada, también se ubicara en la Zona II de la Carta de Shilstone.

Con la Relación Agua/Cemento de 0.45, se supera con amplio margen el Sobre-Diseño para 0% de valores menores al especificado.

Relación Agua/Cemento a ser utilizada en el Diseño de Mezcla = 0.45.



Para determinar la Resistencia a Compresión, utilizamos las curvas de desempeño creadas simultáneamente durante la investigación del desempeño a Flexión.



Curva de Desempeño a Compresión

Se han incluido los valores máximos y mínimos obtenidos a compresión los cuales fueron suavizados para generar graficas de tendencia de Rangos.

La Resistencia a Compresión Esperada a 28 días para una A/C = 0.45 es de 475 kg//cm<sup>2</sup> ± 25 kg/cm<sup>2</sup>.

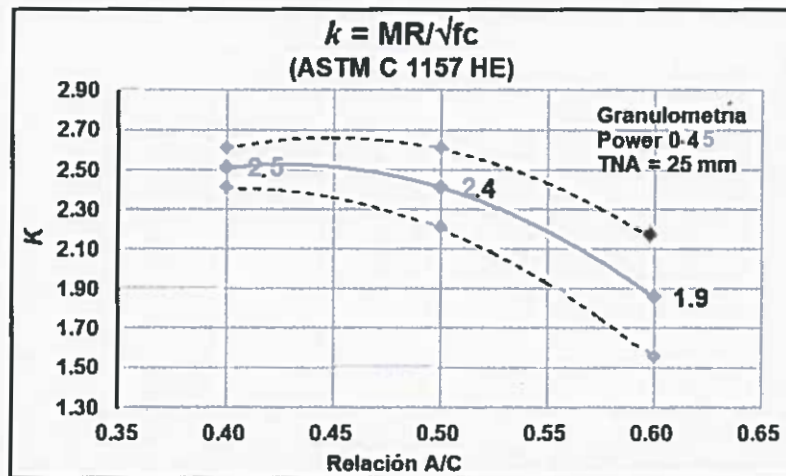
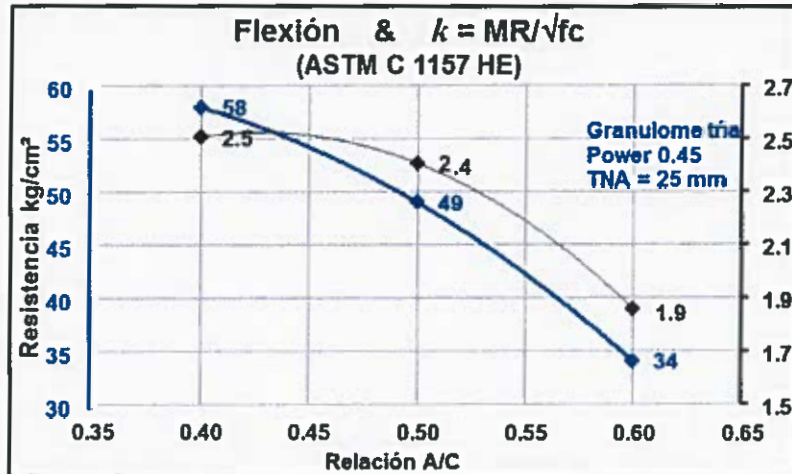
Resistencia a Compresión 475 kg//cm<sup>2</sup> ± 25 kg/cm<sup>2</sup>.

Otras relaciones creadas durante la investigación de Desempeño a Flexión son las relacionadas entre Compresión y Flexión por medio de la ecuación.

$$MR = k * \sqrt{fc}$$

Los valores mostrados muestran tendencias de comportamiento general.





Relación  $MR = k * \sqrt{f_c}$  para distintas A/C

No existe un valor único de  $k$  para una misma mezcla de concreto como algunos procedimientos lo insinúan.

Para tener una adecuada correspondencia Compresión/Flexión que sirva para comprobar el cumplimiento a flexión por medio de resultados de compresión, se debe documentar durante las primeras etapas de ejecución del proyecto ambos



valores correspondientes a una misma muestra y encontrar la correspondencia para cada rango de variación de los valores de compresión, dentro de la distribución de frecuencia normal de los valores de compresión. Como Proveedores de Concreto, esta fuera de nuestro compromiso construir este tipo de estudio siendo nuestra ineludible responsabilidad el cumplimiento de la Relación A/C Solicitada y de la Resistencia a Flexión relacionada con dicha A/C.

#### **Contenido de Agua para cumplir con el Revenimiento Objetivo.**

Mediante las mezclas de laboratorio se determinó que el agua libre de mezcla para una A/C = 0.45 oscilaba entre 173 hasta 178 Litros/m<sup>3</sup> para una cantidad inicial de aditivos dentro de la mezcla.

Para compensar los menores valores de Revenimiento originados por el uso de la Fibra Sintética, se fijó el agua en 175 Litros/m<sup>3</sup> y se buscó ajustar el cumplimiento del revenimiento por medio del uso de Aditivos plastificantes.

Por los distintos periodos de acarreo originados durante el transporte del concreto desde la planta de producción hasta el punto de pavimentación, el revenimiento de salida de Planta se encuentra en el límite superior para garantizar cumplir con el revenimiento objetivo en Obra.

El uso de dos tipos de aditivos nos permite tener un mejor control sobre un adecuado Tiempo de Fraguado Inicial, por medio del uso de un aditivo Tipo B, y el control del Revenimiento de Salida por medio de un aditivo Tipo F.

La cantidad de Agua Libre de Mezcla más la cantidad de agua contenida en los Aditivos, permiten cumplir con la A/C solicitada de 0.45.

Agua de Mezcla = 175 Litros/m<sup>3</sup>.





### **Granulometría de Agregados Combinados.**

Con el objetivo de maximizar el desempeño de la mezcla, se realizaron mezclas preliminares con diferentes granulometrías integrales.

Las granulometrías que presentaban un adecuado equilibrio entre facilidad de colocación y desempeño a flexión fueron las que se acercaron a las granulometrías Power 0.45.

$$\% \text{ Pasante} = (d/D)^{0.45}$$

Paralelamente, revisamos los Factores de Grosor y Trabajabilidad de la Carta de Shilstone de nuestro Diseño Final de Mezcla.

La composición granulométrica junto con el contenido de cemento relacionado con la A/C solicitada (A/C=0.45), garantiza estar en la Zona II de la Carta de Shilstone con valores del Factor de Grosor de FG = 66.5 y Factores de Trabajabilidad FT = 34.4.

### **Discusión Granulométrica.**

Los distintos métodos para evaluar la Granulometría Integral de una combinación de agregados, buscan facilitar la elección de los porcentajes de cada material que permita una distribución lo más continua y conveniente posible, utilizando las Granulometrías individuales de los Agregados Disponibles en la Obra.

Una vez seleccionada la combinación de agregados, se procede a elaborar Mezclas de Concreto en Laboratorio y evaluar su facilidad de colocación y acabado teniendo en consideración los métodos constructivos a ser empleados en la Obra.

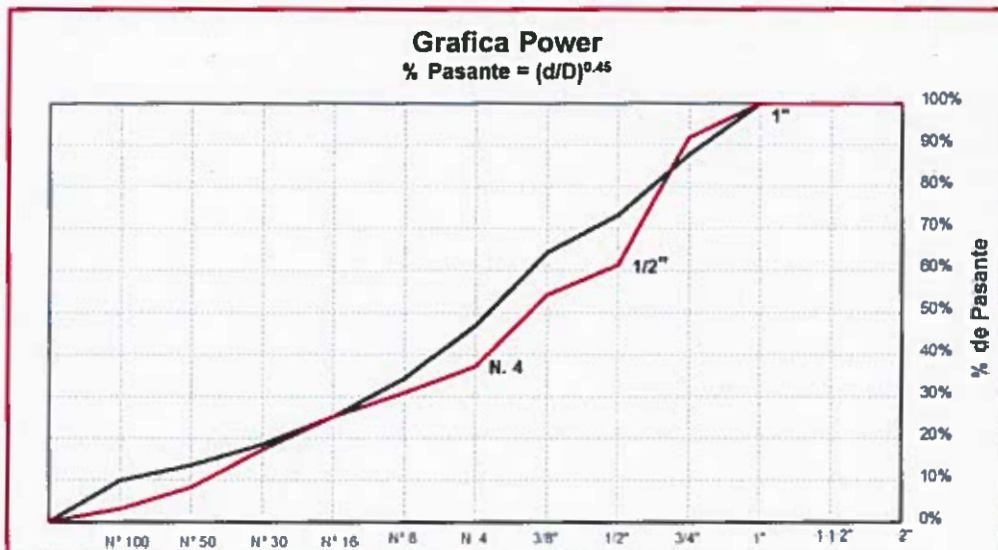
El estricto cumplimiento de una Granulometría Integral no garantiza producir mezclas de concretos manejables ya que esto depende en gran medida de las características y cantidad de la Fase Mortero del Concreto, donde se incorpora la cantidad de Agua, la cantidad de Cemento y el Porcentaje de Aire Incorporado intencionalmente; estos elementos no son contemplados en el análisis granulométrico.

### Grafica de Power (0.45)

Es un desarrollo de Granulometría Continua que permite fácilmente identificar excesos o faltantes de material en cada Malla.

Para nuestro caso, se detectó un faltante en la Malla 1/2" que es originada por la granulometría de la Grava 57. A pesar que la granulometría independiente de esta grava cumple con las Bandas dadas por la ASTM C 33, en un análisis integral se evidencia un faltante en este tamaño. Esto se aprecia más fácilmente utilizando una gráfica de Mallas y Porcentajes, siendo más difícil identificarlo al construir el grafico en escala Semi-logarítmica.

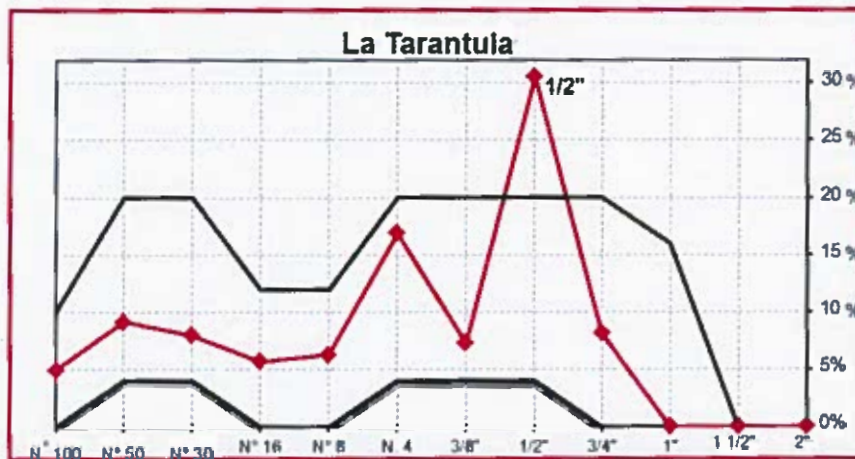
En la gráfica Power se identifica que la combinación de las Arenas se compensa convenientemente para las Arena Gruesas (hasta Malla N° 30). análisis de Arenas Finas no procede para Mezclas para Pavimentos, adema podemos identificar que la combinación de las Gravas genera una granulometría ligeramente gruesa apropiada para concretos a ser utilizados en Pavimentos.



Grafica Integral Power (0.45) – Porcentaje de Pasante por Malla

### Grafica "La Tarántula".

De reciente desarrollo, la Grafica "La Tarántula" presenta porcentajes de retenidos recomendados para concretos a ser utilizados en Pavimentos, permitiendo que uno o hasta tres puntos se encuentren fuera o en las inmediaciones de sus límites.



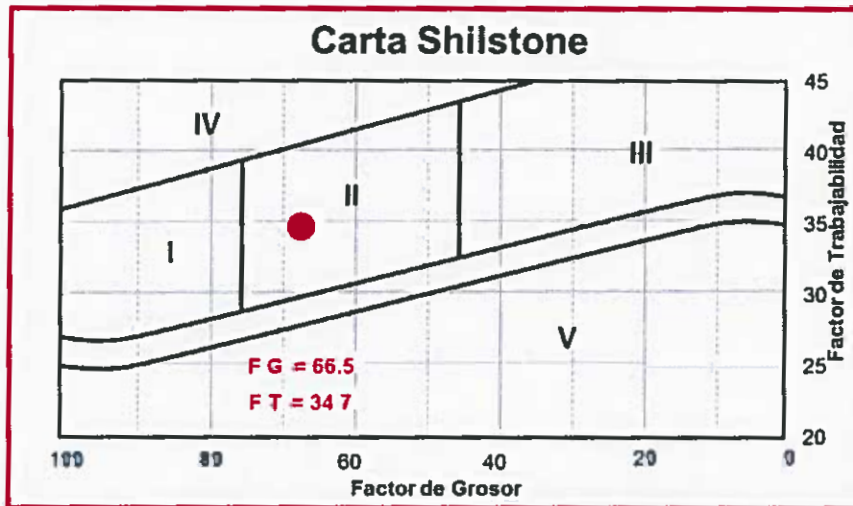
Porcentajes de Retenidos por Malla

Analizando los retenidos de las tres Mallas consecutivas, Malla 3/4", Malla 1/2" y Malla 3/8", se identifica que el exceso de retenido en la Malla 1/2" es compensado con los otros dos retenidos, principalmente con de la Malla 3/8", cumpliendo los criterios de continuidad de esta metodología propone.

### Graficas Shilstone.

La Carta Shilstone es una herramienta que reúne convenientemente la elección de las granulometrías de los agregados y la facilidad de colocación (Trabajabilidad) ya que incorpora la Fase Mortero constituida por el porcentaje de Arena Pasante la Malla N° 8 y la cantidad de Cemento dentro de la Mezcla.

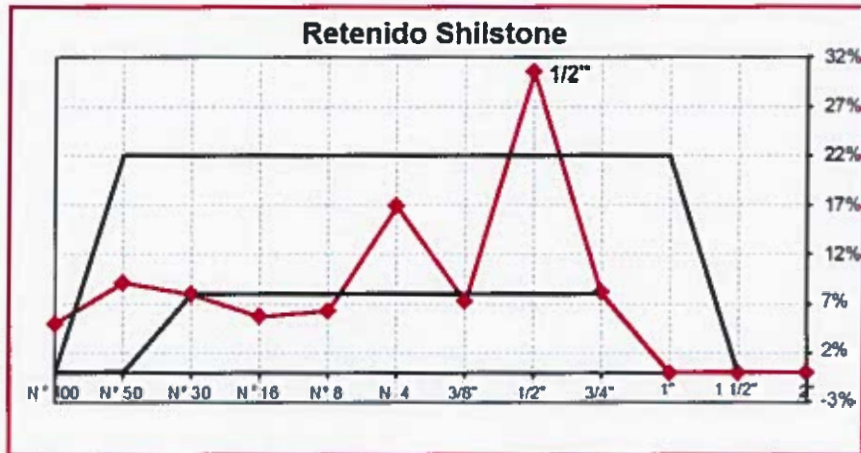
Para concretos a ser utilizados en Pavimentos, en general se recomienda ubicarse en la Zona II de la Carta de Shilstone.



Diseño de Mezcla Final con A/C = 0.45

El Grafico de Retenidos de Shilstone, al igual que el grafico Power (0.45) facilita identificar faltantes o excesos de materiales en cada malla. Sin embargo, conocedores de la dificultades de obtener una continuidad perfecta, la metodología Shilstone permite que dos puntos consecutivos pueden estar fuera de los % de retenidos recomendados siempre que el concreto sea adecuadamente trabajable.





Porcentaje de Retenidos por Malla

Como lo expresa el *Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement*, el cumplimiento de una Metodología de Análisis Granulométrica no garantiza el cumplimiento de los parámetros de evaluación propuestos por otras metodologías.

#### Conclusión de la Discusión Granulométrica.

La combinación granulométrica propuesta en el Diseño Final de Mezcla, cumple con todos los criterios recomendados por la Metodología Shilstone.

Porcentajes de Participación de los Agregados.

#### Porcentaje Total de Arena: 34.5 %

- Arena Natural: 60%
- Arena Triturada: 40%

#### Porcentaje Total de Grava: 65.5 %

- Grava N° 57: 84%
- Grava N° 8: 16%



### Diseño de Mezcla.

Aclaremos que el procedimiento de Diseño de Mezclas utilizando Granulometrías Integrales, se aleja del criterio utilizado por el ACI 211.1 donde la cantidad de Agregado Grueso depende de su Tamaño Nominal y del Módulo de Finura de la Arena. Adicionalmente, el ACI 211.1 no contempla las posibles variaciones en porcentajes de dos o más agregados gruesos de diferentes tamaños y que de estos porcentajes, depende la densificación de la Mezcla.

El diseño final es calculado por medio de los aportes de los Volúmenes Absolutos de los materiales a ser utilizados.

1. Agua Libre: 175 Litros/m<sup>3</sup>, encontrada por medio de Mezclas de Prueba
2. Relación A/C: Definida para el Proyecto como  $A/C = 0.45$ .
3. Cemento: 400 kg/m<sup>3</sup>, que permite asegurar el cumplimiento de la A/C de proyecto incluyendo el agua que aportan los Aditivos.
4. Porcentaje de Aire Atrapado; 1%, el cual fue determinado en las Mezclas de Prueba.
5. Aporte de Volúmenes Absolutos: Determinado por los porcentajes de participación encontrados en la Discusión Granulométrica.

Porcentaje Total de Arena: 34.5 %

- Arena Natural: 60%
- Arena Triturada: 40%

Porcentaje Total de Grava: 65.5 %

- Grava N° 57: 84%
- Grava N° 8: 16%

Por solicitud se trabajara con una A/C=0.45 para el diseño de mezcla MR45.

## DISEÑO DE MEZCLA MR 45 DIRECTO CON TEMPERATURA Y FIBRA PARA CAMION DE VOLTEO

### Proporcionamiento Volumétrico

Materiales		Consumos	
		kg / m <sup>3</sup>	litros / m <sup>3</sup>
Cemento		400	134
Adición	0.00%	0.00	0
Agua	A/C = 0.45	176.0	175
Vaños	1.0%		10
<b>Agregado Fino</b>	<b>34.5%</b>		
Agregado Fino 1	40.00%	237	94
Agregado Fino 2	60.00%	356	145
<b>Agregado Grueso</b>	<b>65.5%</b>		
Agregado Grueso 1	84.0%	945	368
Agregado Grueso 2	16.0%	180	71
<b>Aditivos</b>	<b>ml/Kg</b>		
Aditivo 1	2.00	0.91	0.80
Aditivo 2	7.00	3.39	2.80
Aditivo 3		0.00	0.00
		<b>Σ = 2297</b>	<b>Σ = 1000</b>

**Notas:**

Las cantidades declaradas están sujetas a cambios por ajustes granulométricos y rendimientos.

Variación de Peso antes de Ajuste por Rendimiento = 2309 ± 23 kg/m<sup>3</sup> - ( 2286 - 2332 kg/m<sup>3</sup> )

Las Gravedades Específicas son un promedio de resultados



## Dosificación Final

Material	Identificación	Cantidad Final	Unidad
Cemento	C1157	400	kg / m <sup>3</sup>
Adición	0	0.00	kg / m <sup>3</sup>
Agua	ANDA	175	Litros/m <sup>3</sup>
<b>Agregado Fino</b>			
Agregado Fino 1	Arena Triturada Cantera	240	kg / m <sup>3</sup>
Agregado Fino 2	Arena Tihuapa	360	kg / m <sup>3</sup>
<b>Agregado Grueso</b>			
Agregado Grueso 1	Grava #57	950	kg / m <sup>3</sup>
Agregado Grueso 2	Grava #8	180	kg / m <sup>3</sup>
<b>Aditivos</b>			
Aditivo 1	IMIX RB 928	0.80	Litros/m <sup>3</sup>
Aditivo 2	Megaflow	2.80	Litros/m <sup>3</sup>
Aditivo 3	0	0.00	Litros/m <sup>3</sup>
<b>Fibras</b>			
Fibra 1	Imifiber A	0.50	Kilos/m <sup>3</sup>
Fibra 2	0		Kilos/m <sup>3</sup>
Sumas		$\Sigma = 2310$	kg / m <sup>3</sup>

Nota:

Los ajustes podrán realizarse en los siguientes materiales: Cemento, Agregados, Aditivos. Siempre y cuando se cumpla con los requerimientos exigidos en las especificaciones del proyecto.







Atentamente.

**Holcim Concretos, S.A. de C.V.**



Coordinador de Control de Calidad



# ENSAYOS A LOS AGREGADOS



## GRANULOMETRIA ARENA NATURAL ASTM C-136

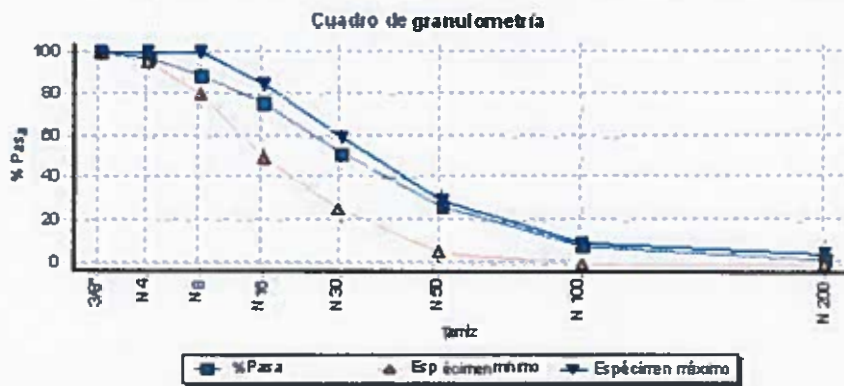
10030366		ARENA NATURAL LA CANTERA TIHUAPA	
Identificación de la muestra :	19	Planta :	PLANTEL SAN ANDRES
Fecha muestr. :	5/22/2018	Cliente :	
Muestreado por :	Alvaro Geovanny Alvarado	Atención :	Holcim Concretas
Proveedor :	LACANTERA	Proyecto :	
Procedencia del proveedor :		Especificación :	ARENA NAT
Núm. referencia del proveedor :			

Granulometría						
Tamiz (mm)	Masa retenida	Masa acumulada	% Retenido	% Pasa	Especificación Min	% Pasa Máx
3/8"	0	0	0	100	100	100
N 4	12.9	12.9	3	97	95	100
N 8	39.9	49.8	11	89	80	100
N 16	60.3	110.1	24	76	50	85
N 30	105.1	215.2	48	52	25	60
N 50	114.5	329.8	73	27	5	30
N 100	87.4	417.2	92	8	0	10
N 200	23.2	440.4	98	2	0	5

Masa Inicial de muestra	504.6 g	Porcentaje finos	%	Absorción	%
Masa retenida en #200 después de Lavado	0 g	Módulo de finura	251	Humedad de	%
Masa en fondo	10.9 g	Lotés de Densidad			



## GRANULOMETRIA ARENA TRITURADA ASTM C-136

10030364		ARENA TRITURADA LA CANTERA	
Identificación de la muestra : 15	Planta : PLANTEL SAN ANDRES		
Fecha muestr : 4/24/2018	Cliente :		
Muestreado por : Alvaro Geovanny Alvarado	Atención : Holcim Concretos		
Proveedor : LACANTERA	Proyecto :		
Procedencia del proveedor :	Especificación : AREN TRIT CANT		
Num. referencia del proveedor :			

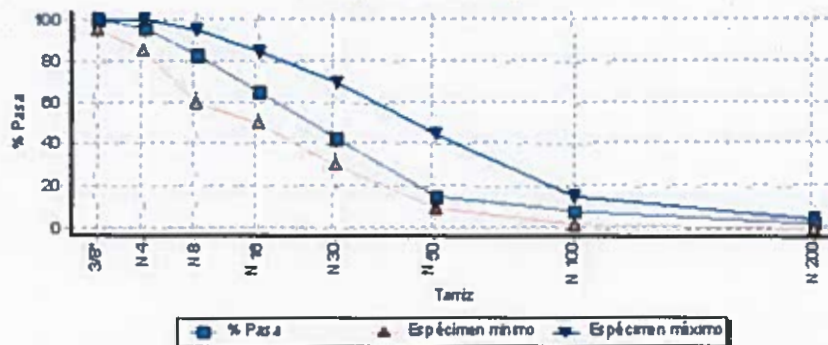
### Granulometria

Tamiz (mm)	Masa retenida	Masa acumulada	% Retenido	% Pasa	Especificación Min	% Pasa Max
3/8"	0	0	0	100	95	100
N 4	18.4	18.4	4	96	85	100
N 8	63.1	79.5	17	83	60	95
N 15	81.7	161.2	35	65	50	85
N 30	105.3	266.5	57	43	30	70
N 50	130.4	396.9	85	15	10	45
N 100	31.9	428.8	92	8	2	15
N 200	21.3	450.1	97	3	0	5

Masa inicial de muestra	592.1 g	Porcentaje finos	%	Absorción	%
Masa retenida en #200 después de Lavado	0 g	Módulo de finura	2.90	Humedad de	%
Masa en fondo	14.7 g	Lotes de Densidad			

Cuadro de granulometria



## GRANULOMETRIA GRAVA N°57 ASTM C-136

**10030666 GRAVA #57- 25 mm- LA CANTERA**

Identificación de la muestra : 15	Planta : PLANTEL SAN ANDRES
Fecha muestr. : 5/14/2018	Cliente : Holcim Concretos
Muestreado por : Jose Antonio Abrego Carabantes	Proyecto : GRAVA N°57
Proveedor : LACANTERA	Atención : Holcim Concretos
Procedencia del proveedor :	Especificación : GRAVA N°57
Núm. referencia del proveedor :	

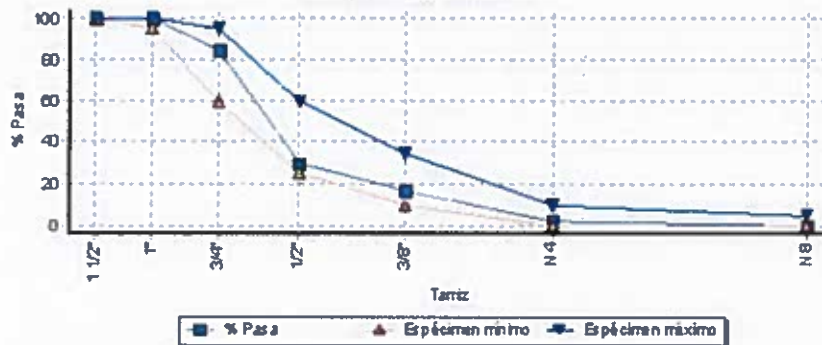
### Granulometría

Tamiz (mm)	Masa retenida	Masa acumulada	% Retenido	% Pasa	Especificación Mín	% Pasa Máx
1 1/2"	0	0	0	100	100	100
1"	0	0	0	100	95	100
3/4"	2080	2080	15	85	60	55
1/2"	7790	9870	70	30	25	50
3/8"	1530	11700	83	17	10	35
N 4	2040	13740	88	2	0	10
N 8	250	13990	100	0	0	5

Masa inicial de muestra	14470 g	Porcentaje finos	%	Absorción	%
Masa retenida en #200 después de Lavado	0 g	Módulo de finura	5.97	Humedad de	%
Masa en fondo	60 g	Lotés de Densidad			

Cuadro de granulometría



## GRANULOMETRIA GRAVA N°8 ASTM C-136

10030667		GRAVA #8 -12.5 mm LA CANTERA	
Identificación de la muestra :	19	Planta :	PLANTEL SAN ANDRES
Fecha muestr. :	5/18/2018	Ciudad :	
Muestrado por :	Alyaro Geovanny Alvarado	Atención :	Holcim Concretos
Proveedor :	LACANTERA	Proyecto :	
Procedencia del proveedor :		Especificación :	GRAVA N°8
Núm. referencia del proveedor :			

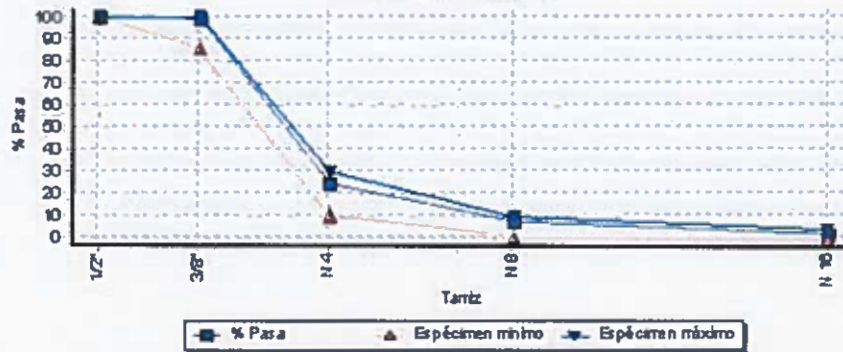
### Granulometría

Tamiz (mm)	Masa retenida	Masa acumulada	% Retenido	% Pasa	Especificación Min	% Pasa Máx
1/2"	0	0	0	100	100	100
3/8"	31.4	31.4	1	99	85	100
N 4	2758.5	2799.9	75	25	10	30
N 8	514.3	3414.2	92	8	0	10
N 15	181.1	3595.3	97	3	0	5

Masa inicial de muestra	3959.4 g	Porcentaje ános	%	Absorción	%
Masa retenida en #200 después de Lavado	0 g	Módulo de finura	5.54	Humedad de	%
Masa en fondo	123.3 g	Lotes de Densidad			

Cuadro de granulometría





**Holcim**

Holcim Concretos S.A de C.V  
**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGREGADOS**

Fecha	09-may-10	Tipo	Ensayos Agregados
Modo	KS61	color	Blanco
Asistencia		Proyecto	SAH
Procedencia	La Cantera	Responsable	Elías García

**ASTM C-128 Arena Natural Tihuapa**

	Pesos (gr)				Ge	Abs %
	W <sub>arena</sub>	SSS	W <sub>plasticos</sub>	W <sub>plasticos-arena</sub>		
1	489.3	512.6	1441.2	1744.1	2.44	4.76
2	488.9	510.8	1440.4	1743.0	2.45	4.48
Promedio					<b>2.45</b>	<b>4.62</b>

**ASTM C-128 Arena Triturada Cantera**

	Pesos (gr)				Ge	Abs %
	W <sub>arena</sub>	SSS	W <sub>plasticos</sub>	W <sub>plasticos-arena</sub>		
1	503.4	517.6	1446.9	1758.1	2.52	2.82
2	501.2	516.0	1445.1	1758.2	2.54	2.95
Promedio					<b>2.53</b>	<b>2.89</b>

**ASTM C-127 Grava # 57 La Cantera**

	Pesos (gr)			Ge	Abs %
	W <sub>arena</sub>	SSS	W <sub>concreto</sub>		
1	4245.0	4310.0	2624.0	2.56	1.53
2	4282.0	4345.0	2668.0	2.59	1.47
Promedio				<b>2.57</b>	<b>1.50</b>

**ASTM C-127 Grava # 8 La Cantera**

	Pesos (gr)			Ge	Abs %
	W <sub>arena</sub>	SSS	W <sub>concreto</sub>		
1	3702.1	3761.4	2284.0	2.55	1.60
2	3758.0	3824.0	2321.2	2.54	1.76
Promedio				<b>2.55</b>	<b>1.68</b>



## PESO UNITARIO DE AGREGADOS ASTM C-29

**Agregado**  
**Grava ST Castora**

#	P. Suelto+Tara	P. Varillado+ Tara
1	17.32	13.56
2	17.34	13.54
3	17.36	13.50

#	P. V. Suelto Neto	P. V. Varillado Neto
1	1336	1313
2	1340	1311
3	1345	1306
<b>Promedio</b>	<b>1341</b>	<b>1310</b>

Tara	5.34
Volumen	0.0034

**Agregado**  
**Armas Tectorada**

#	P. Suelto+Tara	P. Varillado+ Tara
1	20.26	22.30
2	20.30	22.44
3	20.40	22.26

#	P. V. Suelto Neto	P. V. Varillado Neto
1	1589	1604
2	1591	1619
3	1602	1600
<b>Promedio</b>	<b>1594</b>	<b>1608</b>

Tara	5.34
Volumen	0.0034

**Agregado**  
**Armas Tibespa**

#	P. Suelto+Tara	P. Varillado+ Tara
1	16.72	13.76
2	16.76	13.60
3	16.76	13.70

#	P. V. Suelto Neto	P. V. Varillado Neto
1	1423	1334
2	1430	1326
3	1426	1320
<b>Promedio</b>	<b>1427</b>	<b>1329</b>

Tara	5.34
Volumen	0.0034

**Agregado**  
**Chispa La Castora**

#	P. Suelto+Tara	P. Varillado+ Tara
1	17.48	16.66
2	17.46	16.56
3	17.48	16.32

#	P. V. Suelto Neto	P. V. Varillado Neto
1	1291	1440
2	1291	1431
3	1291	1445
<b>Promedio</b>	<b>1291</b>	<b>1443</b>

Tara	5.34
Volumen	0.0034





### CLASIFICACIÓN SHILSTONE

	Agregado Fino				Agregado Grueso				Retenido Integral		Retenido Shilstone	
	34.5%				65.5%							
	Agregado Fino 1		Agregado Fino 2		Agregado Grueso 1		Agregado Grueso 2		% Retenido Integral	% Retenido Parcial	% Retenido Superior	% Retenido Inferior
	60%		40%		84.0%		16.0%					
	Peso Retenido	% Retenido Acumulado	Peso Retenido	% Retenido Acumulado	Peso Retenido	% Retenido Acumulado	Peso Retenido	% Retenido Acumulado				
2"	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.00	0.0%	0%	0%	0%	0%
1 1/2"	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.00	0.0%	0%	0%	0%	0%
1"	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.0	0.0%	0.00	0.0%	0%	0%	18%	0%
3/4"	0.0	0.0%	0.0	0.0%	2080.0	14.8%	0.00	0.0%	8%	8%	18%	9%
1/2"	0.0	0.0%	0.0	0.0%	7790.0	70.2%	0.00	0.0%	39%	31%	18%	9%
3/8"	0.0	0.0%	0.0	0.0%	1830.0	83.3%	31.40	0.8%	46%	7%	18%	9%
N° 4	12.9	2.9%	16.4	3.5%	2040.0	97.6%	2788.50	75.3%	63%	17%	18%	9%
N° 8	38.9	11.0%	63.1	17.1%	250.0	99.6%	614.30	91.8%	69%	6%	18%	9%
N° 16	80.3	24.4%	81.7	34.7%	0.0	99.8%	181.10	96.7%	75%	6%	18%	9%
N° 30	105.1	47.7%	105.3	57.3%	0.0	99.8%	0.00	96.7%	83%	8%	18%	0%
N° 50	114.6	73.1%	130.4	85.4%	0.0	99.8%	0.00	96.7%	92%	9%	0%	0%
N° 100	87.4	92.4%	31.9	92.3%	0.0	99.6%	0.00	96.7%	97%	5%	0%	0%
Fondo	34.1	100.0%	36.0	100.0%	60.0	100.0%	123.30	100.0%	100%	3%		
SUMAS	451.3 gr	M.F. = 2.51	464.8 gr	M.F. = 2.90	14.050.0 gr		3.718.6 gr		F.G. = 66	F.T. = 34.7	Cemento =	400 kg/m³

