

## **4.2 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES**

*“Para la elaboración de un pavimento de concreto hidráulico es primordial contar con materiales de la mas alta calidad que garanticen su durabilidad y perfecto funcionamiento”*

### **a).- CEMENTO**

El cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NMX - C-414 - 1999 - ONNCCE. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se emplearán los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Puzolánico) dependiendo del caso y con sub - clasificaciones 30R, 40 y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP.

Es importante que se cumplan respectivamente con los requisitos físicos y químicos que se señalan en las cláusulas 4.01.02.004-B y 4.01.02.004-C de las Normas de Calidad de los Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

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 mínima de almacenamiento deberá ser la suficiente para el consumo de un día ó una jornada de producción normal.

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

### **b).- AGUA**

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, debe ser potable, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano. Así mismo, no deberá contener cantidades mayores de las sustancias químicas que las que se indican en la siguiente tabla, en partes por millón:

*Tabla 4.2 - 1 Especificaciones - Materiales - Sustancias Perjudiciales en el Agua*

<b>SUBSTANCIAS PERJUDICIALES</b>	<b>ppm Máximo</b>
Sulfatos (convertidos a Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1,000
Cloruros (convertidos a NaCl)	1,000
Materia Orgánica (óxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

El pH, medido según norma ASTM D-1293, no podrá ser inferior a cinco (5).

El contenido de sulfatos, expresado como SO<sub>4</sub>=, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1g/l). Su determinación se hará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

Su contenido de ión cloro, determinado según norma ASTM D-512, no podrá exceder de seis gramos por litro (6 g/l).

### **c).- MATERIALES PETREOS**

Estos materiales se sujetarán al tratamiento o tratamientos necesarios para cumplir con los requisitos de calidad que se indican en cada caso, debiendo el contratista prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su ulterior utilización. El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados, deberá hacerse de tal manera que se eviten segregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales perjudiciales y de que se mantenga una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla.

#### **1. GRAVA**

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia del concreto señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

*Tabla 4.2 – 2 Especificaciones - Materiales – Granulometría de la Grava*

<b>MALLA</b>		<b>% QUE PASA</b>
2"	50.00 mm	100
1 1/2"	37.50 mm	95-100
3/4"	19.00 mm	35-70
3/8"	9.50 mm	10-30
Núm. 4	4.75 mm	0-5

El contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no deberá exceder los porcentajes máximos que se indican en la siguiente tabla:

*Tabla 4.2 - 3 Especificaciones – Materiales - Sustancias Perjudiciales en Grava*

<b>SUBSTANCIAS PERJUDICIALES</b>	<b>%</b>
Partículas Deleznables	0.25

Partículas Suaves	5.00
Pedernal como impureza	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

El agregado grueso además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste “Los Angeles” 40% máximo
- Intemperismo Acelerado 12% máximo (utilizando sulfato de sodio)

Cuando la muestra esté constituida por material heterogéneo y se tengan dudas de su calidad, el Especificador podrá ordenar se efectúen pruebas de desgaste de los Angeles, separando el material sano del material alterado o de diferente origen, así como pruebas en la muestra constituida por ambos materiales, en la que estén representados en la misma proporción en que se encuentren en los almacenamientos de agregados ya tratados o en donde vayan a ser utilizados. En ninguno de los casos mencionados se deberán obtener desgastes mayores que cuarenta por ciento (40%).

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado grueso, a juicio del Supervisor se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de doce por ciento (12%), en el entendido que el cumplimiento de esta característica no excluye las mencionadas anteriormente.

## 2. ARENA

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de nueve punto cincuenta y un milímetros (9.51 mm) con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

*Tabla 4.2 – 4 Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena*

MALLA		% QUE PASA
3/8"	9.50 mm	100
Núm. 4	4.75 mm	95-100
Núm. 8	2.36 mm	80-100
Núm. 16	1.18 mm	50-85
Núm. 30	600 µm	25-60
Núm. 50	300 µm	10-30
Núm. 100	150 µm	2-10
Núm. 200	75 µm	4 máximo

La arena deberá estar dentro de la zona que establece esta tabla excepto en los siguientes casos:

- Cuando se tengan antecedentes de comportamientos aceptables, en el concreto elaborado con ellos, o bien, que los resultados de las pruebas realizados a estos concretos sean satisfactorios; en este caso, los agregados se pueden usar siempre que se haga el ajuste apropiado al proporcionamiento del concreto, para compensar las deficiencias en la granulometría.

- El porcentaje de material que pasa la malla #200 esta modificado según los límites de consistencia lo cual se indica en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 - 5 Especificaciones – Materiales Ajuste granulométrico de la Arena

Límite Líquido	Índice de Plástico	Material máximo permisible en masa que pasa por la criba 0.075 (#200), en porcentaje.
Hasta 25	Hasta 5	18.0
Hasta 25	5-10	16.0
Hasta 25	10-15	6.0
Hasta 25	15-20	4.0
Hasta 25	20-25	1.0
25-35	Hasta 5	16.0
25-35	5-10	14.0
25-35	10-15	11.0
25-35	15-20	8.0
25-35	20-25	1.0
35-45	Hasta 5	15.0
35-45	5-10	9.0
35-45	10-15	6.0
35-45	15-20	2.0
35-45	20-25	1.0
45-55	Hasta 5	9.0
45-55	5-10	8.0
45-55	10-15	5.0
45-55	15-20	4.0
45-55	20-25	1.0

La arena no deberá tener un retenido mayor de cuarenta y cinco por ciento (45%), entre dos (2) mallas consecutivas; además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- Equivalente de arena\*\* 80% máximo
- Módulo de finura 2.30 mínimo y 3.10 máximo
- Intemperismo Acelerado 10% máximo (Empleando sul. sodio)

\*\* Al ser modificado el porcentaje de material que pasa la malla #200 según los límites de consistencia el equivalente de arena también debe de ser modificado.

El contenido de sustancias perjudiciales en la arena, no deberá exceder los porcentajes máximos siguientes:

Tabla 4.2 - 6 Especificaciones – Materiales – Sustancias Perjudiciales de la Arena

SUBSTANCIAS PERJUDICIALES	% Máximo
Partículas Deleznables	1.00
Carbón mineral y/o lignito	1.00

En el caso de que se tengan dudas acerca de la calidad del agregado fino, a juicio de la Secretaría se llevará a cabo la determinación de la pérdida por intemperismo acelerado, la cual no deberá ser mayor de 10%, en el entendido de que esta condición no excluye las mencionadas anteriormente.

### 3. REACTIVIDAD

Deberá verificarse mediante análisis petrográficos y/o la prueba química rápida que los agregados (grosso y fino) para la elaboración de la mezcla de concreto no sean potencialmente reactivos.

#### **d).- ADITIVOS**

Deberán emplearse aditivos del tipo “D” reductores de agua y retardantes con la dosificación requerida para que la manejabilidad de la mezcla permamezca durante dos (2) horas a partir de la finalización del mezclado a la temperatura estándar de veintitrés grados centígrados (23° C) y no se produzca el fraguado después de cuatro (4) horas a partir de la finalización del mezclado.. Los aditivos deberán ser certificados por la casa productora.

Para asegurar la trabajabilidad de la mezcla, también se utilizara un agente inclusor de aire, con los requisitos que señala la norma ASTM C 260.

Estos aditivos se transportaran desde la fabrica hasta la planta de concreto en camiones cisternas y se depositaran en tanques especialmente diseñados para su almacenamiento y dosificación.

#### **e).- CONCRETO**

El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya tratados, será responsabilidad del productor de concreto quien tienen la obligación de obtener la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como las características adecuadas para lograr los acabados del pavimento. 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 Proveedor, es conveniente que el suministro se realice por proveedores profesionales de concreto.

### 1. RESISTENCIA

La resistencia de diseño especificada a la tensión por flexión (S'c) o Módulo de Ruptura (MR) a los 28 días, se verificará en especímenes moldeados durante el colado del concreto, correspondientes a vigas estándar de quince por quince por cincuenta (15 x 15 x 50) centímetros, compactando el concreto por vibro compresión y una vez curados

adecuadamente, se ensayarán a los 3, 7 y 28 días aplicando las cargas en los tercios del claro. (ASTM C 78).

#### 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.

La frecuencia de muestreo será de 6 especímenes para prueba de módulo de ruptura y 3 especímenes más para determinar el módulo elástico y resistencia a la compresión por cada 150 m<sup>3</sup> de producción de concreto. En el caso de la determinación del módulo de ruptura, se ensayarán dos especímenes a los 3 y 7 días de colado, y los otros dos restantes a los 28 días. en el caso de la determinación del módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, se ensayará un espécimen por cada prueba a los 3 y 7 días de colado, y el restante a los 28 días de transcurrido el colado.

La apertura al tránsito vehicular del pavimento no podrá realizarse antes de que el concreto haya alcanzado una resistencia a la tensión por flexión o Módulo de Ruptura del setenta y cinco por ciento (75%) de la especificada de proyecto como mínimo. En caso de ser necesario, con ayuda de un consultor capacitado, se podrán revisar los esfuerzos actuantes a los que estará sometido el pavimento y se permitirá abrir al tráfico cuando la relación entre esfuerzo actuante entre resistente sea de 0.5.

*Tabla 4.2 – 7 Especificaciones – Materiales – Resistencia de Concreto Recomendada*

<b>TIPO DE PROYECTO</b>	<b>MR</b> Kg/cm <sup>2</sup>
Autopistas y Carreteras	48.00
Zonas Industriales y Urbanos Principales	45.00
Urbanos Secundarios	42.00

## 2. TRABAJABILIDAD

El revenimiento promedio de la mezcla de concreto deberá especificarse de acuerdo con el procedimiento de colocación a utilizar:

- Para Tendido con Cimbra Deslizante deberá ser de cinco centímetros (5 cm) mas – menos uno punto cinco centímetros (1.5 cm) al momento de su colocación.
- Para Colados con Cimbra Fija debera ser de diez centímetros (10 cm) mas – menos dos centímetros (2 cm) ) al momento de su colocación.

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.

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, así como el que no presente una apariencia pastosa.

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

- a) Rediseño de la mezcla
- b) Adición de relleno mineral o de agregados finos
- c) Incremento del contenido de cemento
- d) 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 una Membrana de Curado de emulsión en agua y base parafina de color claro, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la normas ASTM C171, ASTM C309, Tipo 2, Clase A, AASHTO M 148, Tipo 2, Clase A, FAA Item P-610-2.10. Este tipo de membranas evitan que se tapen las espreas de los equipos de rociado.

Deberá aplicarse apropiadamente para proveer un sello impermeable que optimiza la retención del agua de la mezcla. El pigmento blanco refleja los rayos solares ayudando a mantener la superficie más fresca y prevenir la acumulación de calor.

#### **f).- ACERO DE REFUERZO**

El acero de refuerzo necesario para la construcción del pavimento se utiliza en las juntas, ya sea como pasadores de cortante ó pasajuntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos.

##### **1. BARRAS DE AMARRE**

En la juntas que muestre el proyecto y/o en los sitios que indique el Especificador del proyecto, se colocarán barras de amarre con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las losas en el sentido perpendicular al de circulación. Las barras de amarre serán de varilla corrugada, de acero estructural, con límite de fluencia (fy) de cuatro mil doscientos kilogramos por centímetro cuadrado (4,200 kg/cm<sup>2</sup>), debiendo quedar ahogadas en las losas, con las dimensiones y en la posición indicada en el proyecto. Estas barras siempre deberán estar colocadas a la mitad del espesor del pavimento.

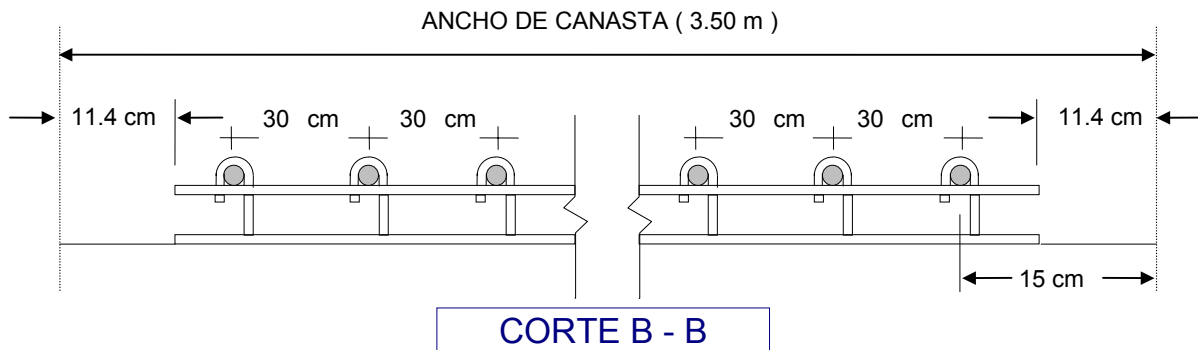
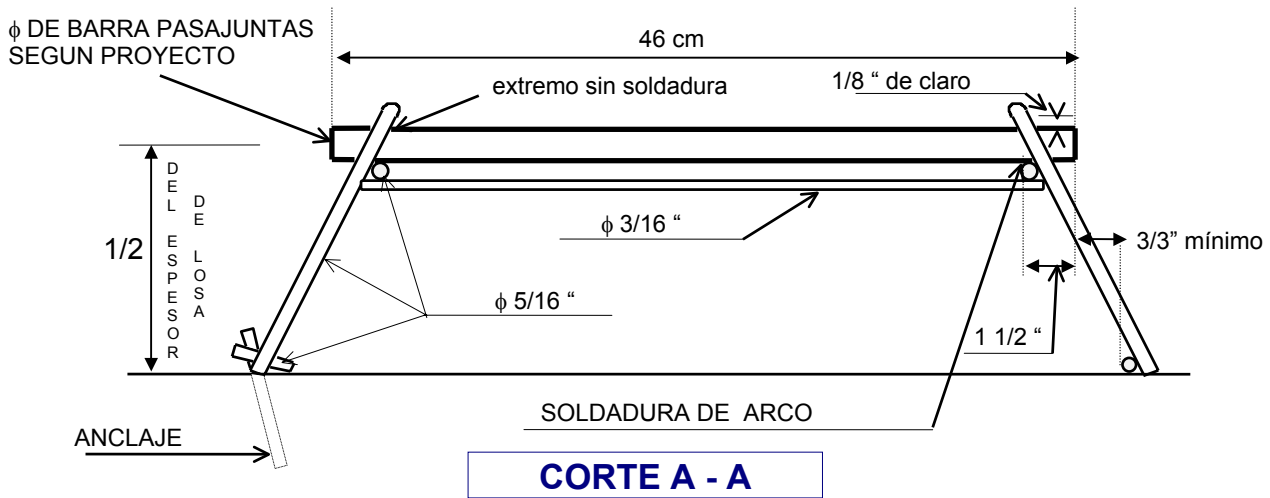
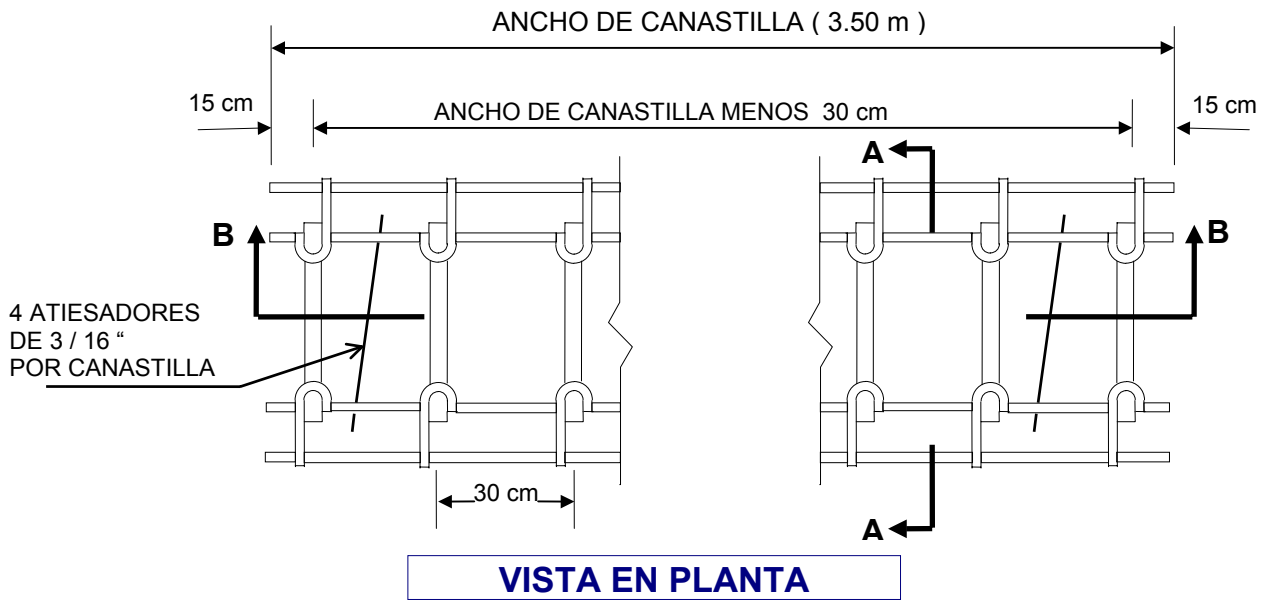
## 2. BARRAS PASAJUNTAS

En las juntas transversales de contracción, en las juntas de construcción, en las juntas de emergencia y/o en los sitios que indique el Supervisor del proyecto 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.

Estas barras deberán estar perfectamente alineadas con el sentido longitudinal del pavimento y con su plano horizontal, colocándose a la mitad del espesor de la losa. 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 ( $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ ), y deberá ser recubierta con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto y que sea aprobado por el Especificador del proyecto.

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.

## CANASTAS PASAJUNTAS EN JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION



#### **g).- SELLADOR PARA JUNTAS**

El material sellante 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 que permita las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas de concreto sin degradarse, debiéndose emplear productos a base de silicona, poliuretano - asfalto o similares, los cuales deberán ser autonivelantes, de un solo componente y solidificarse a temperatura ambiente.

A menos de que se especifique lo contrario, 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 Especificador.

Para todas las juntas de la losa de concreto se deberá emplear un sellador de silicón o similar de bajo módulo 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, adicionalmente se deberá colocar respetando el factor de forma (altura de silicón / ancho del silicón en el depósito) mismo que deberá proporcionar o recomendar el fabricante del sellador.

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

Tabla 4.2 - 8 Especificaciones – Materiales – Especificaciones del Silicón

ESPECIFICACION	METODO DE ENSAYE	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 792 (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 al intemperismo 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 relativa.	ASTM C 1640	Menos de 75 minutos
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.