6. Anexos

Juntas

6.1 Diseño de juntas

En las losas que conforman un pavimento se dan esfuerzos como consecuencia del paso de los vehículos y de los movimientos de contracción y dilatación del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la cara superficial y la de soporte de la losa, estos esfuerzos se controlan con el diseño de las juntas (Ref. 9.16 y Ref. 9.17).

6.1.1 Clasificación de las juntas

Las juntas en los pavimentos tienen diferentes funciones y según ellas se pueden clasificar en juntas de construcción, de contracción, de alabeo y de expansión o aislamiento. También se pueden clasificar según su alineación, en longitudinales y transversales.

6.1.1.1 Juntas de construcción

Lo más frecuente es construir los pavimentos de concreto por carriles, generando juntas longitudinales. Estas juntas se diseñan siguiendo las recomendaciones del numeral 6.2.2.

Además de las juntas longitudinales descritas, se presentan juntas de construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación.

Pero esa interrupción debe ser tan larga como para que el concreto ya colocado haya alcanzado su fraguado final. El tiempo en que esto sucede depende de las propiedades del concreto, del empleo o no de aditivos retardantes y de las condiciones climáticas.

6.1.1.2 Juntas de retracción o contracción

Con este nombre se denominan las juntas que se hacen para liberar los esfuerzos que se desarrollan, en las primeras horas después de construido el pavimento, cuando el concreto sufre contracciones mientras se seca y enfría.

Estas juntas se hacen cortando el concreto, después de que pasan dos horas de haber terminado las labores de enrasado, nivelado y rayado, pero antes de pasadas 12 horas, si el corte se va a realizar con equipos de aserrado dotados de discos adiamantados.

El momento del corte depende de la conjugación de muchas variables, sobretodo del contenido de cemento, las temperaturas del concreto y ambiente durante la construcción del pavimento, la calidad de los agregados y la fricción de la losa con su soporte.

Las juntas también se pueden cortar mientras el concreto está fresco cuando se trata de obras con bajo nivel de tránsito, con velocidad de circulación restringida o en aquellas vías en las que la regularidad superficial no sea un parámetro de gran importancia.

El espaciamiento de estas fisuras, llamadas de retracción o contracción, oscila entre 15 y 40 m, según las características del concreto, la fricción de la losa con su apoyo y las condiciones climáticas durante la construcción del pavimento y apenas termina ésta.

6.1.1.3 Juntas de alabeo

El concreto se puede agrietar si se ve sometido a cambios diferenciales en la humedad y en la temperatura. En un día caluroso, la superficie del pavimento tiene mayor temperatura que su apoyo, obligando a las losas a levantarse en el centro y a apoyarse en los extremos, lo que produce esfuerzos que pueden generar fisuras; en la noche, el fenómeno se invierte y los esfuerzos de tracción se desarrollan en la cara inferior del pavimento.

Los gradientes de humedad también inducen esfuerzos en el pavimento, pero de menor magnitud y casi siempre opuestos a los generados por los gradientes térmicos; esto se debe a que una mayor temperatura, en condiciones normales, va acompañada, de un menor contenido de humedad. Las fisuras inducidas en el pavimento por los gradientes térmicos y por la retracción del concreto, son características propias del comportamiento del material, e inevitables, por lo cual el diseño de las juntas está orientado, a controlar la dirección y aparición descontrolada de dichas fisuras.

Pero se ha comprobado, por medio de la observación de antiguos pavimentos construidos con juntas muy separadas entre sí, que las fisuras por ello generadas, llamadas de alabeo, tienen una separación que oscila entre 4,5 y 6 m y se localizan intercaladas entre las de contracción.

6.1.1.4 Juntas de expansión o aislamiento

Reciben este nombre las juntas que se hacen dentro del pavimento para aislarlo de otras estructuras, de otros pavimentos, o cuando hay cambios bruscos de dirección.

Estas juntas, generalmente tienen la forma de rombo, de círculo, de triángulo o de semicírculo, cuando su función es la de aislar un elemento ajeno al pavimento, como pueden ser los sumideros, las cajas de inspección o cualquier otro elemento que esté dentro del pavimento. Sin embargo también pueden tener forma de línea recta, cuando se construye con el fin de aislar los pavimentos de concreto de otros tipos de pavimentos, cuando se presentan cambios bruscos de dirección, en las intersecciones viales o cuando es necesario aislar el pavimento de estructuras fijas, como es el caso de los puentes.

La particularidad de estas juntas es que son anchas, del orden de 10 a 15 mm. Estas juntas se deben diseñar teniendo en cuenta las observaciones del numeral 6.2.1.

6.1.1.5 Juntas longitudinales

Las juntas longitudinales pueden ser de alabeo o de construcción. El objetivo básico de estas juntas es el de controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los 4,5 metros. En nuestro medio, en el cual existe la tradición de construir los pavimentos por carriles, con un ancho cercano a los 3,6 m, las juntas longitudinales son normalmente de construcción.

Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-07 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados en la Tabla 6-1.

6.1.1.6 Juntas transversales

Las juntas transversales agrupan a las de contracción, alabeo, expansión y construcción, pues, cuando el pavimento se da al servicio, es muy difícil determinar la función de cada una de ellas. El diseño de las juntas transversales se realiza, con el fin de controlar las fisuras del concreto por contracción y alabeo; por lo tanto, el espaciamiento entre ellas, debe ser menor que seis metros. Se ha demostrado que cuando la separación se aproxima a 4,5 m, permiten controlar prácticamente todas las fisuras y el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio es mejor.

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Tabla 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

6.1.2 Sistemas para la transmisión de cargas

6.1.2.1 Trabazón de agregados

Cuando se produce la ruptura de la sección del pavimento debido a una reducción en el espesor de la losa (por corte a edad temprana), por una hendidura sobre el concreto fresco, o por una fisura espontánea (debido a un retraso en la ejecución de los cortes o a un incorrecto diseño de la disposición de las juntas), se presenta transmisión de cargas entre los tramos de losa o las losas vecinas, debido a la trabazón de agregados, siempre y cuando la fisura no tenga un ancho superior a un milímetro.

Este mecanismo de transmisión de cargas es adecuado en pavimentos que cumplan simultáneamente con los requisitos siguientes: La longitud de las losas sea menor que cinco metros y su soporte no sea susceptible de ser sometido al fenómeno de bombeo; además, el número de camiones que se espera que circulen por día, sea inferior 175 en cada carril y, por último, que las condiciones climáticas sean favorables. Sin embargo, si alguna de estas condiciones no se cumple, es posible mejorar la transferencia de cargas colocando pasadores de carga, llamados pasajuntas (dovelas), construyendo una base propicia o combinando ambas alternativas.

6.1.2.2 Varillas de transferencia de carga (dovelas)

Cuando la trabazón de agregados no es suficiente para lograr la transmisión de carga, se pueden utilizar, para alcanzar dicho objetivo, varillas de transferencia de carga, conocidadas como pasadores de carga, o dovelas, que son, barras de acero cortas y lisas con un límite de fluencia (fy) mínimo de 280 MPa (2800 kg/cm^2 o 60000 psi), de acuerdo con el Artículo INV 500-07 y el Artículo INV 640-07, metidas dentro del concreto fresco. Los pasadores se instalan en las juntas de tal manera que le permitan a las losas separarse y unirse entre sí, pero no desplazarse verticalmente, y su función es, entonces, absorber los esfuerzos de cortante, generados por las cargas del tránsito al cruzar las juntas y transmitir a la losa adyacente entre el 40 y 45% de la carga de diseño, cuando esta se coloca cerca de la junta.

Las dovelas, para poder cumplir con su objetivo, deben ser fáciles de instalar, lisas y al menos dos terceras partes de su longitud deben estar recubiertas con un material antiadherente, con el propósito de no restringir los desplazamientos horizontales de las losas. Además, deben ser resistentes a la fatiga y a la corrosión.

En cuanto a las dimensiones, espaciamiento y longitud de los pasadores, la práctica se ha reducido a la aplicación de los criterios indicados en la Tabla 6-2.

Los pasadores se deben colocar en la mitad del espesor de las losas, paralelos entre sí, al eje longitudinal de la vía y a la superficie del pavimento, con una tolerancia medida en el extremo del pasador que no sobrepase los 10 mm respecto a la posición teórica. La manera más eficiente de lograr ésto, es la de colocar los pasadores sobre unos soportes hechos con varillas, que quedan embebidos en el concreto.

El concreto alrededor de los pasadores debe tener la misma compactación que en el resto del pavimento, para evitar la creación de zonas en las cuales la resistencia a la tracción sea más baja y por ende se convierta en un área que se puede fisurar.

6.2 Diseño geométrico de juntas

6.2.1 Juntas de expansión o aislamiento

La distribución geométrica de las juntas se inicia con la definición de los lugares en los cuales se colocan las juntas de expansión o aislamiento, que por regla general se localizan en la losa anterior al punto en donde se presenta la particularidad, como se indica en la Figura 6.1. En el caso de intersecciones, se recomienda que la junta de expansión se construya sobre la vía de menor importancia (Ref. 9.11).

Las juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento, tales como sumideros, cámaras de inspección o cajas, deben estar como mínimo a 300 mm de los bordes de dichos elementos y su forma deber ser poligonal, circular, o semicircular, como se observa en la en la Figura 6.2.

Cuando se trate de juntas de expansión o aislamiento con una forma poligonal, hay que construir juntas longitudinales o transversales, contracción, en cada uno de los vértices del polígono. Si la junta de aislamiento tiene forma circular o semi-circular, de ella debe salir al menos una junta longitudinal o transversal de contracción. Las características de las juntas de expansión se presentan en el numeral 6.1.1.4.

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Tabla 6-2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

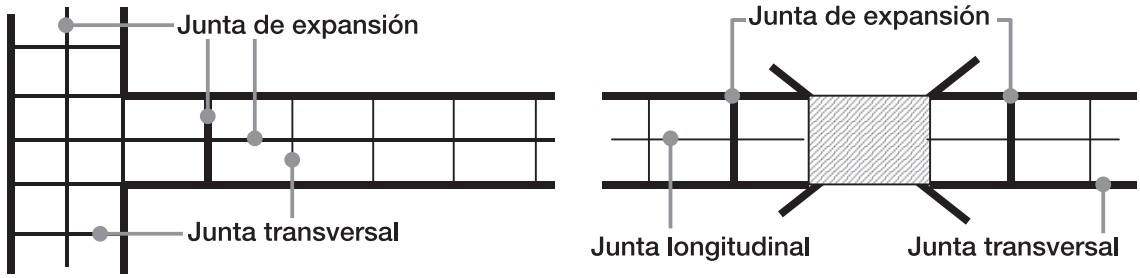


Figura 6.1. Juntas de expansión en las intersecciones y cerca de algún obstáculo

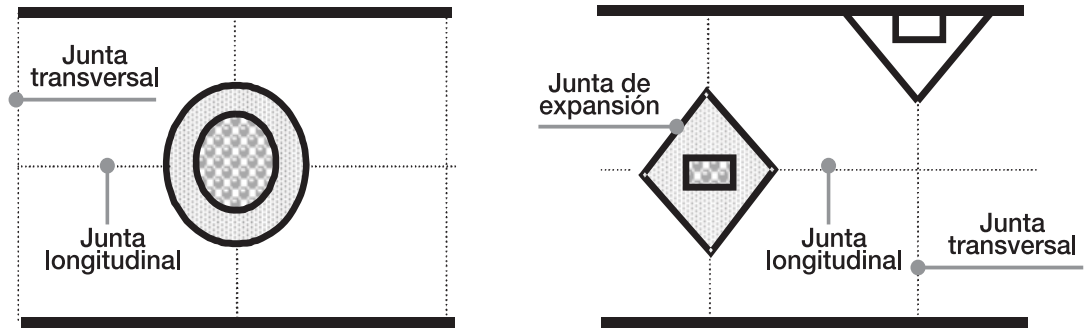


Figura 6.2. Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento

6.2.2 Juntas longitudinales

Luego de localizar las juntas de aislamiento o expansión, se define la posición de las juntas longitudinales, teniendo en cuenta la dimensión de los equipos de construcción, el ancho de la vía a pavimentar y las restricciones constructivas, se deben evitar siempre que la separación entre dos juntas longitudinales (ancho de las losas), sea mayor que cuatro metros, atendiendo las recomendaciones de los dos numerales siguientes y los de la Figura 6.3 (Ref. 9.11).

6.2.2.1 En vías de doble sentido

Cuando se trata de vías transitadas en ambas direcciones y el ancho del pavimento es menor que 7,60 m, se debe construir una junta longitudinal para dividir el pavimento en dos franjas o carriles de igual ancho. En vías más amplias se deben construir tres juntas longitudinales, definiendo cuatro franjas, así:

- Para vías con un ancho entre 7,60 y 10,65 m: Se construye una junta longitudinal por el centro, y a cada lado de esta, otra que esté separada entre 1,8 y 3,05 m de la central.
- Para vías con un ancho entre 10,65 y 14,65 m: Se realiza una junta longitudinal por el centro y a cada lado de esta, otra separada entre 3,05 y 3,65 m de la central.

En la Figura 6.3 se observa un diagrama con las indicaciones dadas en este numeral.

6.2.2.2 En vías de un solo sentido

Cuando se trata de vías transitadas en una sola dirección, la disposición de juntas longitudinales se hace coincidir con los carriles de circulación de los vehículos. Normalmente la separación entre las juntas longitudinales en vías de varios carriles y un sólo sentido de circulación oscila entre 3 y 3,65 m.

6.2.3 Juntas transversales

El espaciamiento entre las juntas transversales debe estar comprendido entre 3,60 y 5,0 m y la relación entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3. Como recomendación general, las losas que sean lo más cuadradas posible, tendrán un mejor comportamiento estructural.

6.2.4 Consideraciones particulares

Con el fin de evitar la formación de losas con poca área, especialmente en los cambios de dirección, en las intersecciones o en las aproximaciones a estructuras existentes, se puede modificar la geometría de ciertas losas para incluir en ellas las otras de poca área como se muestra en la Figura 6.4.

6.2.4.1 Ejemplo de un diseño de juntas completo

En la Figura 6.5 se presenta un esquema en el que se indican las juntas que debe llevar un pavimento de concreto, un plano similar a ese se debe hacer con antelación al inicio de las obras, con el fin de evitar de que el equipo de construcción tome decisiones que puedan comprometer el buen funcionamiento de la obra.

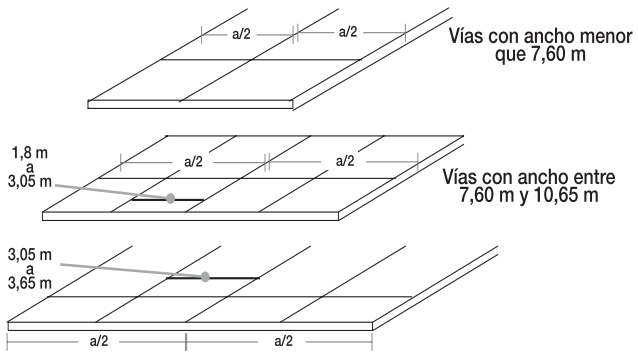


Figura 6.3. Localización de las juntas longitudinales de doble sentido y de ancho "A"

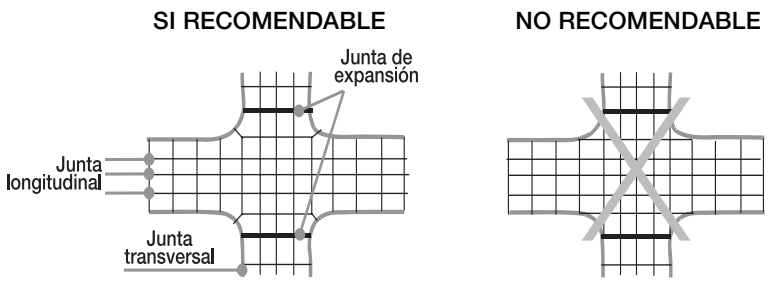


Figura 6.4. Localización de las juntas en un cruce de vías

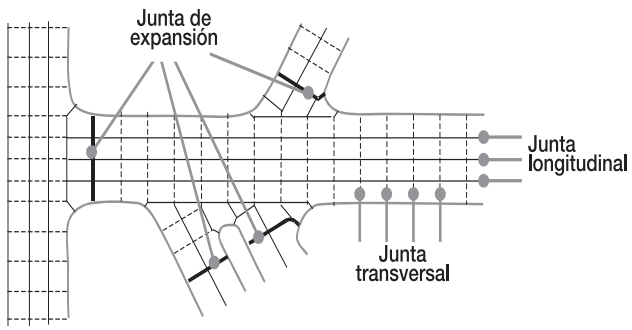


Figura 6.5. Ejemplo del diseño de las juntas