

NORMA  
TÉCNICA  
GUATEMALTECA

NTG 41085

---

Titulo

Guía Técnica de Instalación de Adoquines de Concreto

---

Correspondencia

---

Observaciones

Aprobada: 2015-09-11



Comisión Guatemalteca de Normas  
Ministerio de Economía

Calzada Atanasio Tzul 27-32 zona 12  
Tel (502) 2447 2600  
Info-coguanor@dsnc.gt  
<http://www.mineco.gob.gt>

Referencia

## **Prólogo COGUANOR**

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, creada por el Decreto No. 1523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962. Sus funciones están definidas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República.

COGUANOR es una entidad adscrita al Ministerio de Economía, su principal misión es proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización.

COGUANOR, preocupada por el desarrollo de la actividad productiva de bienes y servicios en el país, ha armonizado las normas internacionales.

El estudio de esta norma, fue realizado a través del Comité Técnico de Normalización de Concreto (CTN Concreto), con la participación de:

Ing. Xiomara Sapón  
Coordinadora de Comité

Ing. Rafael Sazo  
Representante CEMEX Guatemala

Ing. Héctor Herrera  
Representante COGUANOR

Ing. Leonel Morales  
Representante CEMEX Guatemala

Ing. Jose E. Palencia  
Representante PROQUALITY

Ing. Max Schwartz  
Representante DESIGN ARK STUDIO

Lic. Angie Sandoval  
Representante Tecnomaster

Ing. Rodolfo Rosales  
Representante Laboratorio SUISA

Ing. Orlando Quintanilla  
Representante FHA

Ing. Ramiro Callejas  
Representante FHA

"CONTINÚA"

Ing. Héctor Orozco Avalos  
Independiente

Ing. Sergio Sevilla  
Representante CIFA

Ing. Gabriel Granados  
Representante PRECSA

Ing. Kenneth Molina  
Independiente

Ing. Sergio V. Quiñonez  
Representante PRECON

Ing. Luis A. Caná V.  
Representante MACIZO

Ing. Marcelo Quiñonez G.  
Representante FORCOGUA

Ing. Israel Orellana  
Representante FORCOGUA

Ing. Plinio Estuardo Herrera  
Representante CEMENTOS PROGRESO

Ing. José Vasquez  
Representante MIXTO LISTO

Ing. Hugo Gonzales  
Representante CEMENTOS PROGRESO

Ing. Luis Fernando Salazar García  
Representante CIA-USAC

Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Representante CII-USAC

Sr. Elder Armando Ramos  
Representante CII-USAC

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

	<b>Página</b>
1 Objeto.....	6
2 Documentos citados.....	6
3 Definiciones.....	6
4 Consideraciones de estructura y de los materiales del pavimento.....	11
5 Clasificación del tránsito.....	17
6 Procedimiento de instalación.....	19
7 Utilización, reparación y mantenimiento.....	38
8 Eflorescencia.....	39
9 Bibliografía.....	41
Anexo I Cuadro de categorización de suelos para pavimentos de adoquín.....	42
Anexo II Lista de chequeo preliminar.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Características geométricas y dimensiones de adoquines definidas en base a la norma NTG 41086.....	9
2	Estructura típica de un pavimento de adoquín.....	11
3	Confinamiento externo.....	21
4	Confinamiento interno.....	23
5	Escalonamiento en relación a los elementos de confinamiento.....	26
6	Nivelación de la cama de arena de asiento.....	27
7	Uniformidad de la superficie de la cama de arena de asiento.....	28
8	Patrones de colocación más comunes para adoquines rectangulares....	29
9	Patrón espina de pescado.....	30
10	Patrón en Hiladas de Adoquines rectangulares para tránsito vehicular	31
11	Patrón en Hiladas de Adoquines no rectangulares para tránsito vehicular.....	31
12	Colocación de los tramos del pavimento.....	33
13	Método “click and drop” (golpear y soltar).....	33
14	Ajustes de adoquines.....	34
15	Procedimiento de compactación inicial.....	35
16	Sellado de juntas.....	36
17	Sellado de juntas (evitar acumulaciones de arena).....	37
18	Compactación final.....	37

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Espesores recomendados de bases granulares compactadas según el tipo de suelo.....	13
2	Granulometrías para la cama de arena de asiento.....	15
3	Granulometría para arena de sello.....	16
4	Espesor mínimo de los adoquines, según la clase de tránsito del pavimento.	18
4	Escalonamiento del pavimento en relación a los elementos de confinamiento.....	26

## Guía Técnica de Instalación de Adoquines de Concreto

### 1. OBJETO

Esta guía establece características de los materiales y recomendaciones para instalación, mantenimiento y reparación de pavimentos de adoquín prefabricado de concreto.

### 2. DOCUMENTOS CITADOS

- NTG 41007. Agregados para concreto. Especificaciones. (ASTM C33).
- NTG 41095. Cementos hidráulicos. Especificaciones por desempeño. (ASTM C1157).
- NGO 4010. Sistema Internacional de Unidades (SI).
- NTG 41047. Aditivos químicos para concreto. (ASTM C494).
- NTG 41086. Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones.
- NTG 41073. Agua de mezcla para uso en la producción de concreto de cemento hidráulico. (ASTM C 1602).
- NTG 41069. Aditivos incorporadores de aire para concreto. (ASTM C 260).
- NTG 41056. Pigmentos para concreto coloreado integralmente. Especificaciones. (ASTM C 979 / C979 M)
- NTG 41087 h1. Métodos de ensayo. Determinación del módulo de ruptura de los adoquines de concreto
- NTG 41087 h2. Métodos de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto. (EN 1338: 2003, anexos G y H).
- NSE AGIES. Normas de Seguridad Estructural (NSE) – Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).

### 3. DEFINICIONES

#### 3.1 Adoquín de concreto

Elemento compacto de concreto, prefabricado, con la forma de prisma recto, cuyas bases pueden ser polígonos, que permiten conformar superficies completas como componente de un pavimento articulado, estos pueden ser bicapa o monocapa.

#### 3.2 Adoquín monocapa

Elemento conformado de una sola capa de concreto.

#### 3.3 Adoquín bicapa

Elemento compuesto de dos capas de concreto de características diferentes de las cuales la capa de desgaste no debe tener menos de 8 mm de espesor. Los adoquines bicapa en ningún momento deben presentar separación o desprendimiento total o parcial de sus dos capas durante el uso o su ensayo a flexión.

### **3.4 Adoquín biselado**

Adoquín cuya superficie de desgaste está limitada por biseles.

### **3.5 Ancho nominal**

Es igual al ancho especificado más un ancho de junta estándar.

### **3.6 Arena de sello**

Es la arena fina que debe penetrar en las juntas entre adoquines y debe cumplir las características indicadas en 4.5.3.

### **3.7 Ancho real**

Es igual a la dimensión de la prolongación del eje menor del rectángulo inscrito hasta donde intercepta las caras del espécimen.

### **3.8 Base**

Es la principal capa estructural del pavimento, colocada directamente bajo la cama de arena de asiento. Tanto la base como la subbase le otorgan capacidad estructural al pavimento.

### **3.9 Bisel**

Borde inclinado de la cara expuesta de un adoquín.

### **3.10 Cama de arena de asiento**

Capa de arena limpia sobre la cual se colocan los adoquines, según características de 4.5.1.

### **3.11 Capa de rodadura**

Capa superior que soporta la intemperie, el desgaste por el paso del tránsito, y contribuye con la estructura del pavimento. Las más comunes son: losas de concreto, carpeta asfáltica y adoquines de concreto.

### **3.12 Plancha vibratoria**

Una plancha vibratoria es un equipo que compacta el suelo con un movimiento percutor repetitivo con la intención de dejar la superficie firme y uniforme, al transmitir la fuerza del motor a través de la caja vibradora. Esta máquina es adecuada para nivelar la superficie del suelo.

### **3.13 Confinamiento**

El confinamiento es parte fundamental del pavimento de adoquines, porque evita que el tránsito dañe la capa de rodadura que va unida por compactación. El confinamiento impide el desplazamiento de la capa de rodadura debido al empuje del tránsito, especialmente en el perímetro del pavimento. Puede haber confinamiento externo, que rodea el pavimento, e interno, que rodea las estructuras que se encuentran dentro de éste. (Ver sección 4.8).

### **3.14 Eflorescencia**

Depósito de sales que se forma sobre una superficie, generalmente de color blanco; la sustancia emerge en solución del interior del concreto o mortero y luego se precipita por evaporación.

### **3.15 Elemento separador**

Pequeño perfil saliente situado en la cara lateral de un adoquín.

### **3.16 Espesor nominal (en)**

Es la dimensión del adoquín, tal como la especifica el productor, medida en dirección perpendicular a la superficie de desgaste (ver Figura 1).

### **3.17 Espesor real**

Es igual al espesor medido del espécimen perpendicular a la cara de desgaste e igual a la distancia entre la cara de desgaste y la cara de apoyo.

### **3.18 Junta estándar (sis)**

El ancho de la junta estándar debe ser de 2.5 mm.

### **3.19 Largo nominal**

Es igual al largo especificado más un ancho de junta estándar.

### **3.20 Largo real**

Es igual a la dimensión de la prolongación del eje mayor del rectángulo inscrito hasta donde intercepta las caras del espécimen.

### **3.21 Lote**

Es el conjunto de adoquines que se fabrican bajo condiciones de producción uniformes y se somete a inspección como un conjunto unitario.

### **3.22 Muestra**



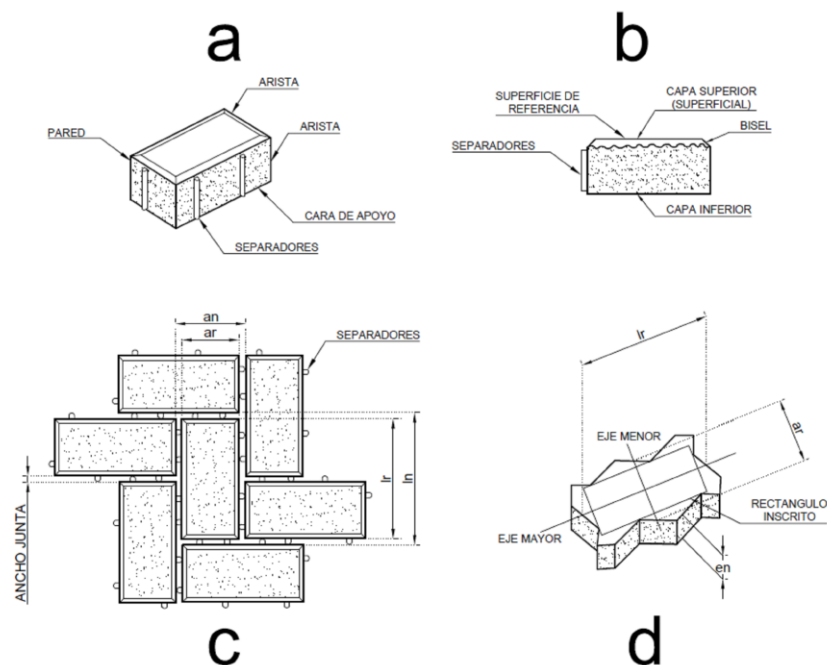
Es el conjunto de adoquines tomado de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar o conocer una o más características de este lote.

### 3.23 Pavimento articulado

Capa de rodamiento conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

### 3.24 Rectángulo inscrito

Es el rectángulo de mayor área que se puede inscribir dentro de la cara inferior del adoquín (ver figura No.1, d).



**Figura 1** – Características geométricas y dimensiones de adoquines definidas en base a la norma NTG 41086

### 3.25 Subbase

Capa estructural localizada directamente bajo la base. Tanto la subbase como la base le otorgan capacidad estructural al pavimento.

### **3.26 Subrasante**

Es el fundamento del pavimento y soporta las cargas del tránsito que la estructura transmite.

### **3.27 Subrasante mejorada**

Capa colocada entre la subbase y la subrasante que funciona como capa estructural y plataforma de trabajo para facilitar la construcción de la subbase, especialmente sobre subrasantes de baja capacidad soporte.

### **3.28 Superficie de desgaste**

Es la cara superior del adoquín que soporta directamente el tránsito vehicular y peatonal.

### **3.29 Unidades especiales**

Adoquines con características diferentes a las que constituyen la mayor parte del pavimento, como dimensiones especiales para ajustes o con texturas o acabados especiales.

## 4. CONSIDERACIONES DE ESTRUCTURA Y DE LOS MATERIALES DEL PAVIMENTO

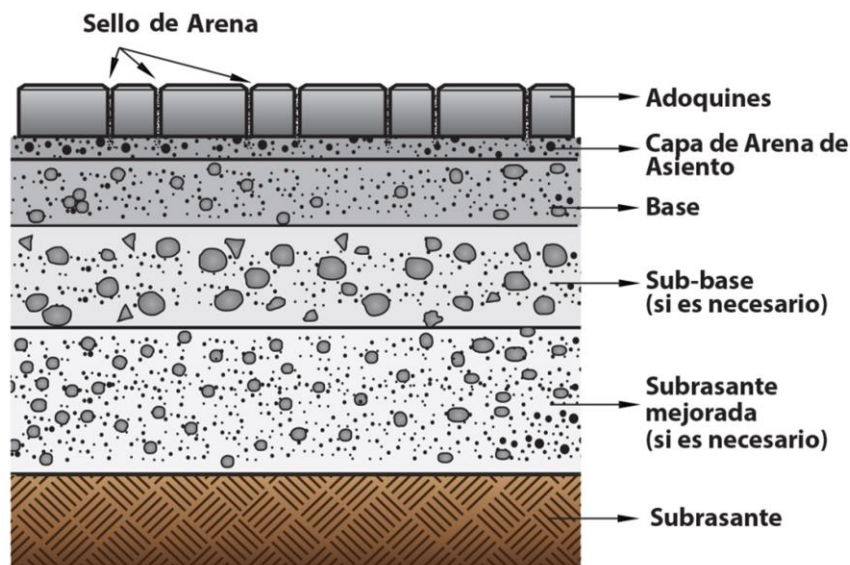
### 4.1 Estructura de un pavimento de adoquín

Los pavimentos de adoquín, como prácticamente todos los pavimentos, son estructuras compuestas de varias capas de diferentes materiales que se construyen sobre el terreno natural. Los materiales de cada capa se seleccionan generalmente considerando su disponibilidad y costo.

El espesor de cada capa del pavimento depende del tránsito que soportará el pavimento durante el período de diseño, de la capacidad soporte del suelo y de los materiales con que se van a construir estas capas; que deben tener la suficiente calidad para que el pavimento soporte el peso del tránsito durante un tiempo determinado sin deformarse ni deteriorarse.

Aunque no todos estos elementos deben estar presentes en un pavimento de adoquín, ya que esto depende del diseño, a continuación se detalla la estructura típica (ver Figura 2).

1. Subrasante y Subrasante mejorada
2. Subbase y Base
3. Capa de rodadura, que incluye:
  - a. Cama de arena de asiento
  - b. Adoquines de concreto
  - c. Sello de arena



**Figura 2.** Estructura típica de un pavimento de adoquín.

## Descripción de los elementos principales de la estructura típica del pavimento

### 4.1.1 Subrasante y subrasante mejorada

La capacidad resistente del suelo de fundación es uno de los factores más relevantes en el diseño de los pavimentos de adoquines de concreto. Se deben realizar los estudios del suelo con el fin de determinar la capacidad soporte de los suelos por medio del ensayo *California Bearing Ratio* (CBR).

La subrasante debe estar conformada de material libre de materia orgánica, que se debe compactar para permitir las labores de construcción de la base. Debe ser lo más homogénea posible, por lo que si existiera material de calidad inferior en alguna zona y por lo tanto de baja capacidad soporte, es conveniente reemplazarlo por otro material de la calidad requerida. Si la actividad de reemplazo es muy costosa, conviene evaluar la estabilización de la capa superior de la subrasante con cemento hidráulico o cal hidratada. A esta capa estabilizada se le conoce usualmente con el nombre de **subrasante mejorada**.

A la subrasante se le debe dar el mismo perfil especificado para la superficie de los adoquines, de manera que al colocar la base y la cama de arena, ambas con un espesor uniforme en toda el área del pavimento, se cumpla con las cotas de diseño especificadas.

### 4.1.2 Subbase y base

Son capas de material colocadas entre la subrasante y la capa de rodamiento, que le dan mayor capacidad estructural al pavimento. Puede ser simple o estar compuesta por dos o más capas de materiales diferentes, en cuyo caso se llama sub-base a la capa inferior y base a la capa superior.

La base debe tener una densidad uniforme en toda su extensión y profundidad, y este requisito se debe cuidar de manera especial en las zonas cercanas a las estructuras de confinamiento, tragantes para agua pluvial, cajas de inspección, etc., donde el proceso de compactación es más difícil de llevar a cabo. La base puede ser de:

1. Material granular (grava con finos, arena o tierra)
2. Material granular estabilizado con cemento
3. Suelo-cemento, del espesor indicado en el diseño, podrá ser suelo del lugar, u otro que tenga que acarreararse, siempre que los análisis de laboratorio comprueben que son adecuados para la construcción de bases de suelo-cemento.

### 4.1.3 Espesores para bases granulares

El espesor de las bases granulares para los diferentes tipos de tránsitos, se definen a continuación en función de la categoría del suelo, estos espesores son recomendados y podrán variar de acuerdo a las recomendaciones del diseñador, técnicos o a la zona del país (ver ANEXO I, sobre categorización de suelos ).

**Suelo categoría 1 (S1):** Es de buena calidad y, aun cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados sin deformarse. CBR 15 o más

**Suelo categoría 2 (S2):** Es de calidad intermedia; por lo cual, cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados con poca deformación. CBR entre 5 y 15

**Suelo categoría 3 (S3):** Es de mala calidad; es decir, cuando esta húmedo se deforma con el paso de unos pocos vehículos pesados y se hace muy difícil la circulación sobre él. CBR < 5

**Cuadro 1.** Espesores recomendados de bases granulares compactadas según el tipo de suelo

CATEGORÍA SUELO	TIPO DE TRANSITO (Véase numeral 5)		
	Clase A (cm)	Clase B (cm)	Clase C (cm)
<b>S1</b>	20 <sup>(Ver Nota 1)</sup>	10 – 20	10
<b>S2</b>	26 <sup>(Ver Nota 1)</sup>	14 – 22	10
<b>S3</b>	32 <sup>(Ver Nota 1)</sup>	17 – 28	10

**Nota 1.** Este pavimento deberá ser diseñado acorde a las condiciones de terreno y tránsito específico, como un pavimento netamente vehicular.

#### 4.1.4 Capa de Rodadura

Es la capa superior del pavimento que soporta directamente el tránsito. Está compuesta por:

- La cama de arena de asiento
- Los adoquines de concreto
- El sello de arena

Por su parte el diseño de los pavimentos a base de adoquines de concreto, debe considerar dos aspectos fundamentales:

- Diseño geométrico de la vía.** Que determina los niveles y perfiles, los sistemas y las estructuras de drenaje, el confinamiento, el patrón de colocación de los adoquines y demás detalles constructivos.
- Diseño de la estructura del pavimento.** Que se define con base en las características del tránsito esperado durante la vida útil del pavimento y de la subrasante que lo soporta. Define el espesor de los adoquines, y el espesor de las capas de la estructura del pavimento y de los materiales que los constituyen.

El diseño de cada una de las capas del pavimento con adoquines debe ir relacionado directamente con el tipo de suelo, la vida útil del diseño, tránsito y los materiales constructivos.

"CONTINÚA"

#### **4.1.4.1 Cama de arena de asiento**

La cama de arena tiene tres funciones: como filtro para el agua que logre penetrar por las juntas, como capa de soporte para los adoquines y como amarre entre adoquines cuando la arena penetra por las juntas. La cama de arena forma parte de la capa de rodadura de un pavimento de adoquín.

La cama de arena que se coloca directamente sobre la base debe cumplir con los requisitos granulométricos especificados en 4.1.4.1.2 y no poseer más de 3% en peso de limos y arcillas.

En la sección 6.6 se trata con mayor detalle el proceso de construcción de la cama de arena.

##### **4.1.4.1.1 Espesor cama de arena de asiento**

El espesor de la cama de arena debe estar entre 25 mm y 40 mm. El espesor a utilizar dependerá de la calidad de la superficie compactada de la base que se pueda obtener por parte del constructor (a mayor uniformidad, menor espesor, y viceversa).

El constructor del pavimento debe evaluar las características de la arena que va a utilizar, para definir el espesor suelto que debe colocar con el fin de poder alcanzar el espesor requerido.

##### **4.1.4.1.2 Granulometría para la cama de arena de asiento**

La granulometría de la arena para la cama de arena debajo de los adoquines, debe ajustarse a los límites indicados en el Cuadro 2 (ver Nota 2).

Cuando el tránsito es Clase B y Clase C la arena puede ser natural (redondeada, de origen aluvial) o triturada. Cuando el tránsito es Clase A o si por alguna razón el adoquín se coloca sobre una losa de concreto o base de suelo-cemento, la arena de asiento deberá ser aluvial redondeada y no angulada (no se recomienda colocar arena triturada).

**Cuadro 2. Granulometrías para la cama de arena de asiento**

<b>TAMIZ ASTM</b>	<b>Arena para Cama % que pasa, en peso</b>
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (No.4)	90-100
2,36 mm (No.8)	75-100
1,18 mm (No.16)	50-95
600 µm (No.30)	25-60
300 µm (No. 50)	10-30
150 µm (No. 100)	0-15
75 µm (No. 200)	0-3

**Nota 2.** En cuanto sea posible, el contenido de finos (fracción que pasa el tamiz No. 200 que equivale a 75 µm) debe ser cero y, todavía mejor, si el contenido de la fracción que pasa el tamiz 150 µm se ajusta a esa misma cifra.

#### **4.1.4.2 Características de los adoquines**

Los adoquines de concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTG 41086 Adoquines de concreto para pavimentos. Especificaciones.

**Colores** - Los colores en los adoquines, así como el de otros elementos prefabricados existentes en la vía, se originan de los colores de sus materias primas naturales (agregados, cementos, pigmentos, agua, etc.). Estos colores son variables en el tiempo y se deben también a los diferentes frentes de producción y explotación utilizados durante su extracción. Por esta razón las tonalidades pueden variar ligeramente, inclusive dentro de un mismo lote o despacho.

**Manejo de los adoquines** - Los adoquines se deberán proteger, en todo momento, de contaminación o daño con: tierra, lodo, aceites, mezclas de concreto, cemento, marcas de acero, ácidos de lavado de fachadas, descargas de materiales y cualquier otro agente externo que deteriore su apariencia o su funcionamiento. Se recomienda que los adoquines queden apilados lo más cercano al sitio de instalación para evitar mayor manipulación y por ende el deterioro del elemento; si no es posible se deben colocar a una distancia máxima de 20 m para no comprometer los rendimientos de instalación.

#### **4.1.4.3 Arena de Sello**

##### **4.1.4.3.1 Granulometría para la arena de sello**

La arena que se utiliza para sello de juntas entre adoquines debe estar libre de materia orgánica y contaminantes y debe tener una granulometría continua de manera que la totalidad de la arena pase por el tamiz de 2.36 mm (No. 8) y no más del 15% pase el tamiz de 75 µm

"CONTINÚA"

(No.200). Para la curva granulométrica de este tipo de arena, se recomiendan los límites del Cuadro 3.

**Cuadro 3. Granulometría para arena de sello**

<b>TAMIZ ASTM</b>	<b>Arena de Sello % que pasa, en peso</b>
2,36 mm (No.8)	100
1,18 mm (No.16)	90-100
600 $\mu\text{m}$ (No.30)	60-90
300 $\mu\text{m}$ (No.50)	30-60
150 $\mu\text{m}$ (No.100)	5-30
75 $\mu\text{m}$ (No.200)	0-15

En el momento de su utilización, la arena para el sellado de las juntas estará lo suficientemente seca y suelta como para que pueda penetrar, por barrido, dentro de las juntas.



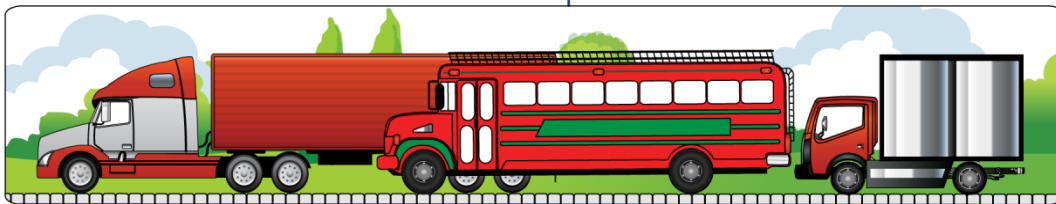
## 5. CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO

Dependiendo del uso que se le dé al pavimento, el tránsito se divide en tres clases que se describen a continuación:

### 5.1 Clase A: Uso industrial y tránsito pesado

Para uso en zonas sometidas a cargas de tránsito pesado como puertos, aeropuertos, patios de maniobras en zonas industriales, terminales de autobuses, calles o avenidas principales, entradas a instalaciones industriales y comerciales, zonas de carga de centros comerciales, etc. Con un tránsito de vehículos comerciales por día (**vcd\***) > 20.

Clase A: Uso Industrial y Pesado

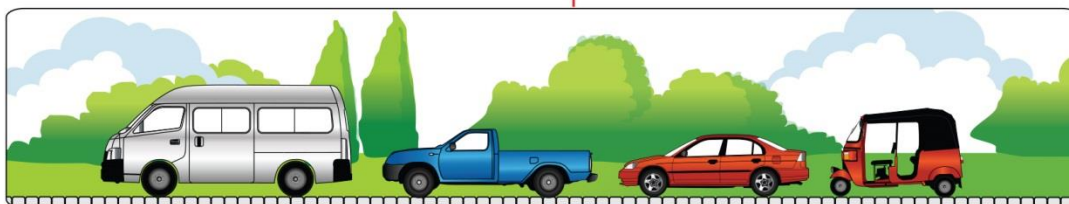


**Nota 3. \*vcd = vehículos comerciales por día.** Vehículo comercial es aquel bus, microbús o camión con dos o más ejes, 6 o más llantas, en ambos casos incluyendo el eje direccional (delantero)

### 5.2 Clase B: Uso en tránsito liviano

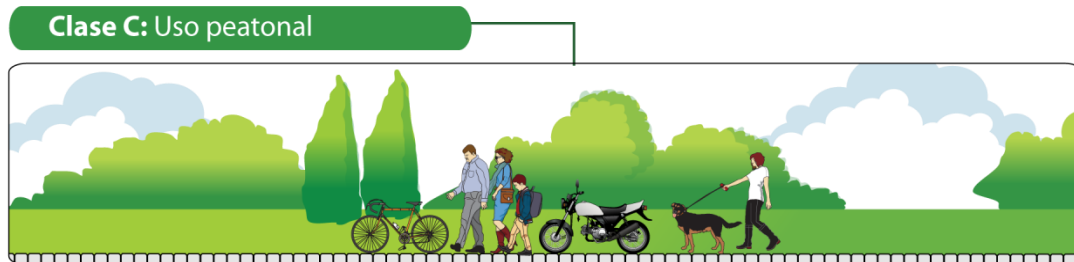
Para uso en arterias o calles con tránsito vehicular liviano, que se presenta en las entradas de garajes de residencias o edificios, en parqueos para automóviles de centros comerciales, universidades, ciclovías, entradas de servicio a restaurantes y almacenes, etc. Con un tránsito de vehículos comerciales por día (**vcd\***) entre 1 y 20.

Clase B: Uso en Tránsito Liviano



### 5.3 Clase C: Uso peatonal

Para uso exclusivo de zonas peatonales, espacios públicos y, de manera eventual, bicicletas y motocicletas. Incluye desde tránsito peatonal muy bajo hasta tránsito peatonal alto, cómo por ejemplo el que se encuentra en zonas céntricas de la ciudad reconocidas por alta afluencia de peatones; centros empresariales, centros de comercio, centros educativos, zonas deportivas, áreas de mercado (plazas o supermercados); así como áreas cercanas a vías principales en zonas con actividades comerciales o similares.



**Cuadro 4. Espesor mínimo de los adoquines, según la clase de tránsito del pavimento.**

TIPOS DE TRÁNSITO	ESPESOR MÍNIMO DE LOS ADOQUINES (mm)
Clase A: Uso Industrial y Pesado ( $vcd^* > 20$ )	80
Clase B: Uso en Tránsito Liviano ( $vcd^* 1 - 20$ )	80
Clase C: Uso peatonal	60

*\*vcd = vehículos comerciales por día. Vehículo comercial es aquel bus, microbús o camión con dos o más ejes, 6 o más llantas, en ambos casos incluyendo el eje direccional (delantero)*

## 6. PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

Para facilidad en el proceso constructivo de un pavimento de adoquín, es conveniente revisar las actividades preliminares y disponibilidad de información antes de iniciar su construcción. En el Anexo II de esta guía encontrará una lista de chequeo preliminar que puede ser herramienta útil.

### 6.1 EQUIPO Y HERRAMIENTAS

En la construcción de un pavimento de adoquín se requiere de equipos y de herramientas sencillos para el transporte, corte de los adoquines, colocación de la cama de arena, colocación de la arena de sello y el equipo para compactación de los adoquines.

**Transporte de los materiales y las herramientas en obra** - se emplean carritos de base plana. Para la distribución de los adoquines se emplean los mismos carritos o carretillas como las que se usan para transportar cajas de aguas gaseosas, colocándoles una tabla en la base y otra que sirva como respaldo para poder apilar los adoquines.

**Equipo para corte de adoquines** - con el fin de llenar los espacios que quedan contra el confinamiento se parten trozos de adoquines con cinceles, hachuelas, cizallas mecánicas, o sierras con disco metálico adiamantado. Mientras más refinado sea el equipo, más precisos serán los ajustes.

**Otras herramientas para la construcción** - es necesario contar con: reglas (mínimo 3), tablas o tablones (de apoyo para los instaladores), herramientas varias (hilos, plomadas, estacas, nivel de manguera, cucharas, llanas, mazos de hule para los colocadores, escobas, palas, cintas métricas, lápices, etc.)

**Vibrocompactador** - es indispensable utilizar un vibrocompactador de plancha para la compactación inicial y final del pavimento. El área de la plancha de la compactadora debe estar entre 0.20 m<sup>2</sup> y 0.50 m<sup>2</sup>. No es recomendable utilizar planchas más grandes porque pueden fisurar los adoquines, especialmente si los adoquines tienen 60 mm de espesor.

### 6.2 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE Y SUB-BASE

Siempre debe existir una capa de base, ya que aporta mayor capacidad soporte al pavimento. En el numeral 4.1 se describen las propiedades que debe tener cada una de las capas del pavimento, así como las propiedades de los materiales que las componen.

Para subrasante de terreno natural, se debe nivelar la subrasante con las pendientes definidas por el diseño geométrico de la vía para el drenaje, de modo que sobre ésta se coloque posteriormente la capa de base con un espesor constante en toda el área del pavimento. Se debe retirar el material que sobre en los cortes o se deben llenar las zonas bajas, o vacíos, con un material igual o mejor que el de la subrasante.

La base se construye por capas de espesor constante en toda el área del pavimento. Cada capa debe quedar completamente compactada antes de colocar la siguiente. El espesor de cada una de estas capas depende de la capacidad del equipo que se tenga disponible para la compactación. Como al compactar una cantidad definida del material de base se reduce su espesor, es necesario colocar un espesor mayor de material suelto, para que al compactarlo quede el espesor requerido por el diseño.

La superficie debe quedar lo más uniforme posible, sin vacíos, para que la cama de arena de asiento no se introduzca entre estos. Se puede usar un poco de arena o suelo-cemento para emparejar las áreas más rugosas, pero estos rellenos se deben compactar antes de colocar la arena de asiento.

El material de base deberá tener niveles acordes a la estructura total del pavimento, que garanticen los espesores mínimos de los otros componentes, como por ejemplo:

Si se define un adoquín de 6 cm, con una cama de arena de asiento de 3 cm compactados y se requiere dejar un sobre alto de 0.5 cm en relación a los elementos de borde. El nivel superior de la base granular compactada deberá estar con respecto a los elementos de borde a 8.5 cm.

Se recomienda hacer una prueba piloto en un área de 1 m<sup>2</sup> con el fin de establecer el rango de asentamiento de la arena de asiento. Esto definirá el espesor de arena a colocar en estado suelto. Todos los espesores anotados en esta guía de arena de asiento se refieren a su espesor final compactado.

### **6.3 CONFINAMIENTO**

El confinamiento es parte fundamental del pavimento de adoquines, porque evita que el tránsito dañe la capa de rodadura que está unida debido a la compactación de todo el sistema. En esta guía se entenderá como confinamiento externo; al que rodea el pavimento, y confinamiento interno; al que rodea las estructuras que se encuentran dentro del pavimento.

Es necesario construir tanto el confinamiento externo como el interno antes de colocar la cama de arena y los adoquines, de tal manera que ambos se coloquen dentro de una caja cuyo fondo será la base compactada y las paredes serán las estructuras de confinamiento (Nota 4).

**Nota 4.** Cuando no se construye el confinamiento previo a la colocación de la cama de arena y los adoquines, se compromete toda la estructura del pavimento y podría colapsar.

#### **6.3.1 Confinamiento externo:**

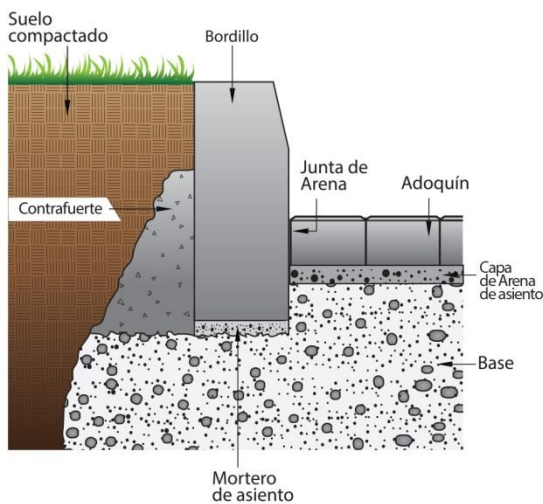
El confinamiento externo está conformado, en general, por el bordillo de una banquetta, un bordillo contra una zona verde o un bordillo a ras, al lado de otro tipo de pavimento. Como estos elementos están en contacto con las llantas de los vehículos y con el medio ambiente, deben ser de concreto con Resistencia ( $f'c$ ) = 28 MPa (4000 Psi) como mínimo a los 28 días.

"CONTINÚA"

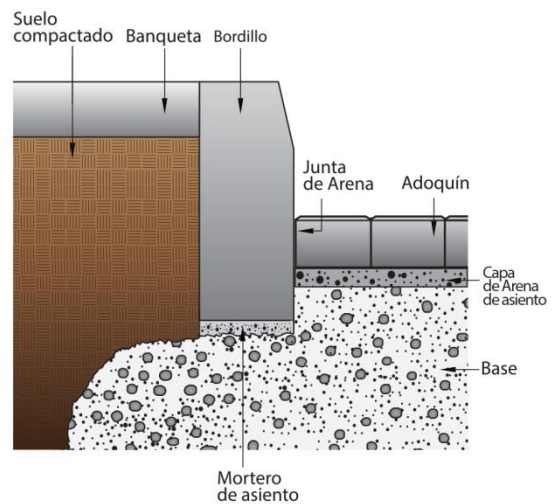
Los bordillos vaciados en obra deberán tener las mismas especificaciones en cuanto a su geometría y capacidad mecánica que los bordillos prefabricados, no se deben elaborar bordillos con mortero lanzado como revestimiento. Deberán tener un espesor de 1.50 cm y 4.50 cm de profundidad, penetrando 1.50 cm en la base.

La subrasante sobre la que se apoyará los bordillos se debe compactar con un apisonador mecánico y colocarle un mortero de nivelación para el asentado de las piezas. Para bordillos que tengan cruce vehicular, se deberá construir una base del bordillo de al menos 100 mm de espesor.

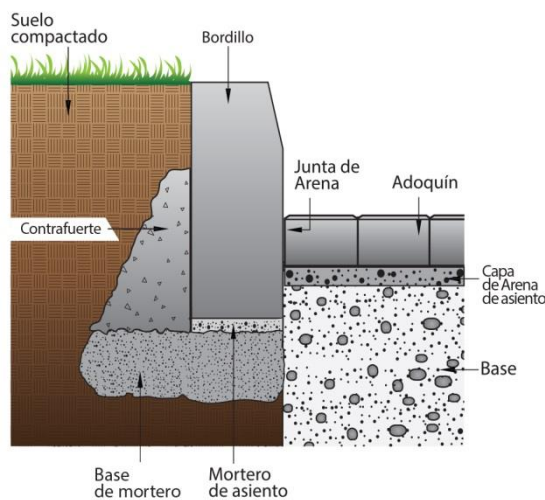
Si no se tiene un respaldo firme (piso o estructura), es necesario colocar un contrafuerte de concreto con una Resistencia ( $f'c$ ) mínima de = 10 MPa (1429 Psi) (ver Figura 3 a y c).



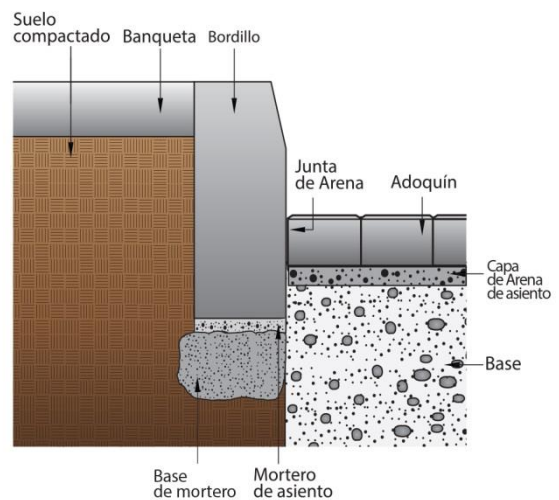
a) Bordillo sobre base, respaldo blando



b) Bordillo sobre base, respaldo rígido



c) Bordillo sobre mortero, respaldo blando



d) Bordillo sobre mortero, respaldo rígido

Figura 3. Confinamiento externo

La compactación de las capas del pavimento cerca de confinamientos laterales debe ser realizada hasta que la cama y espalda en concreto, donde se apoya el bordillo, haya alcanzado la suficiente resistencia para prevenir el movimiento del confinamiento lateral.

Cuando se empalma un pavimento de adoquines con uno de asfalto o de concreto que tenga bordes irregulares o con un pavimento de terracería, se debe construir un bordillo como los de confinamiento interno (6.3.2), pero sin drenes, que marque el cambio de tipo de pavimento. En caso que el borde de las losas de concreto se encuentre en buen estado, éste servirá como confinamiento.

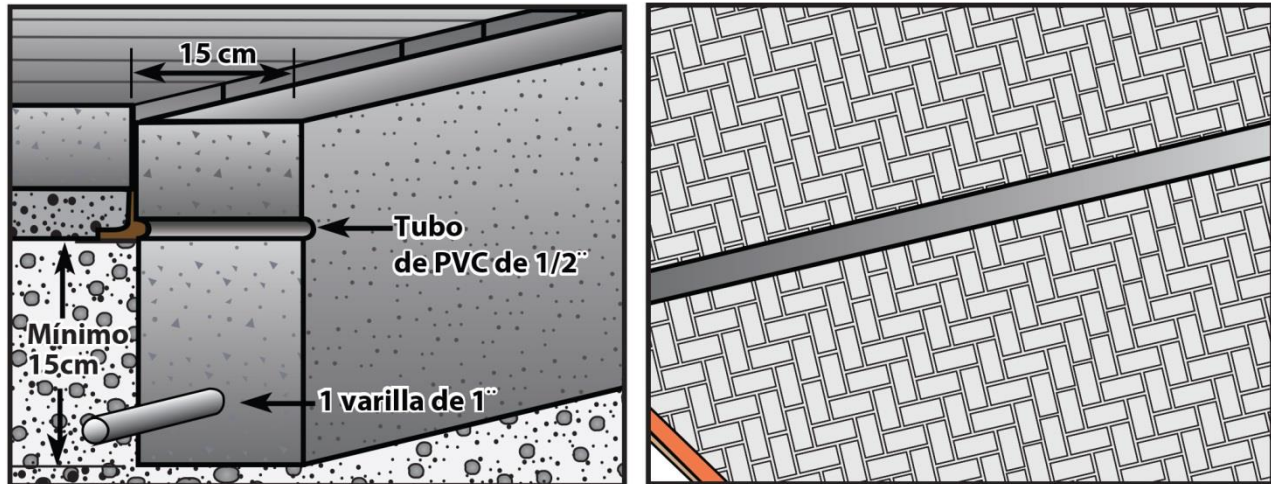
**Drenajes de confinamiento externo** - Para drenar la cama de arena y evitar acumulaciones de agua y deterioro de la base o sub-base, se deben construir drenes verticales de al menos 2.54 cm (1" pulgada) de diámetro que atraviese la estructura desde la base hasta la subrasante. Estos drenes se deben llenar con material granular de un solo tamaño, cubriendo la entrada del tubo con un parche de geotextil no tejido y así evitar la migración de la arena. Estos drenes deberán colocarse en la parte baja de la cama de arena y en los lugares donde se prevea concentración de aguas. Alternativamente se pueden colocar drenes de 1/2" de diámetro colocándolos a nivel inferior de la cama de arena, cubriendo la entrada del tubo con un parche de geotextil no tejido y así evitar la migración de la arena. Para estos drenes se puede utilizar la misma junta de los bordillos y su cantidad deberá ser evaluada en cada proyecto.

### 6.3.2 Confinamiento interno:

Se considera confinamiento interno a las estructuras que están dentro del pavimento (sumideros, cámaras de inspección, cunetas, agujeros para plantas, etc.) Sus paredes deben ser de concreto, prefabricadas o fundidas en obra, con un espesor mínimo de 1.50 cm y con drenes de 1/2" de diámetro, colocándolos a nivel inferior de la cama de arena, a cada 4 cm y cubriendo la entrada del tubo con un parche de geotextil no tejido para evitar la migración de arena.

Cuando el pavimento tiene pendientes mayores al 8%, se debe colocar confinamiento transversal (bordillos transversales o llaves de confinamiento) a cada 100 metros (ver Figura 4).

No se deben fundir en obra los confinamientos a ras contra los adoquines ya colocados, ya que los bordes del confinamiento terminarán fisurándose en los puntos donde correspondería una junta entre adoquines. En lugar de esto se deben dejar las juntas y ajustar la capa de adoquines, con piezas partidas, contra el confinamiento construido con anterioridad.



**Figura 4.** Confinamiento interno

Cuando se construye el pavimento de adoquines por carriles sin detener el tránsito de los carriles vecinos, se debe construir un bordillo longitudinal de confinamiento o uno provisional conformado por una sección de madera, clavada en la base con varillas de 1.27 cm ( $\frac{1}{2}$  pulgada) de diámetro, de 4 cm de largo y a cada 4 cm.

### 6.3.3 Confinamientos temporales:

Los confinamientos temporales pueden ser construidos en el área pavimentada para prevenir el movimiento de los adoquines colocados al final del día y también para resistir el movimiento lateral durante la compactación final del pavimento.

## 6.4 DRENAJE – PENDIENTES:

Las obras de drenaje son las que sirven para manejar las aguas que puedan afectar el pavimento. De este se distinguen dos tipos:

### 6.4.1 Drenaje subterráneo:

El drenaje subterráneo es aquel que maneja el agua que está por debajo del pavimento (filtros, alcantarillados, etc.).

Si el nivel freático es muy alto y ablanda la subrasante o aparece durante la construcción del pavimento, se debe construir un filtro debajo de la base, consistente en una zanja llena con grava y cubierta con el material de base. Si hay exceso de agua se debe colocar, preferiblemente, un tubo de concreto perforado en la parte inferior de la zanja para conducir el agua hacia el alcantarillado.

Si el suelo del lugar es muy fino y se ha abierto la zanja, se deben forrar las paredes con geotextil, luego colocar un poco de grava y sobre ésta el tubo de concreto con perforaciones hacia abajo. Posteriormente se termina de llenar la zanja con grava, se cierra el geotextil y se coloca encima el suelo necesario o la base, bien compactados.

### 6.4.2 Drenaje superficial:

El drenaje superficial es aquel que maneja y encausa el agua que está sobre el pavimento (pendientes transversales, cunetas, tragantes, reposaderas, etc.).

Las pendientes transversales del pavimento buscan principalmente:

- a) Evacuar el agua de su superficie para mantenerla seca
- b) Reducir la penetración del agua por las juntas y
- c) Conducir el agua a las estructuras de drenaje.

**Pendiente longitudinal mayor o igual a 2.5%** - Cuando la pendiente longitudinal de la vía es de por lo menos 2.5 %, su pendiente transversal debe ser por lo menos de 2.5 % y no se considera necesario construir cunetas a los costados. Si se utiliza bombeo a dos aguas para vías vehiculares o peatonales, se recomienda disminuir el ángulo, en una longitud de 0.5 metros a cada lado del quiebre central, en lugar de hacer el quiebre de pendientes en el centro.

**Pendiente longitudinal menor a 2.5%** - Si la pendiente longitudinal es menor del 2.5 %, se deben construir cunetas a uno o ambos lados de la vía. Estas cunetas se pueden hacer con adoquines colocados sobre arena-cemento o de concreto.



**Pendiente longitudinal menor a 1%.** Si la pendiente longitudinal es menor de 1 %, la cuneta debe ser de concreto y de 1.5 cm de espesor como mínimo. En este caso, no es aconsejable hacerla al centro.

**Drenajes en paredes** - Se deben dejar drenes en las paredes de tanques, registros, reposaderas, brocales o bordillos transversales, introduciendo, durante la fundición, tubos de ½" de diámetro, a nivel de la parte baja de la cama de arena. El lado del tubo que está en contacto con la arena se debe cubrir con un parche de geotextil no tejido para que no se pierda la arena.

**Estructuras de drenaje según el tipo de tránsito** – Los canales de drenaje pueden ser formados empleando adoquines rectangulares puestos sobre una cama de mortero para producir una cuneta o canal.

**Tránsito Clase A o B** - Si el pavimento es sometido a tránsito vehicular, (Clase A o B) puede hacerse una canaleta en concreto vaciado sobre una cama de mortero y con una fundición de concreto in situ, llegar con el adoquín hasta el borde de la canaleta y colocar la cara de corte del adoquín hacia la cuneta. Igualmente luego de la compactación, el adoquín debe estar de 10 mm a 15 mm por encima del nivel del borde de la canaleta, debido a posibles asentamientos en el futuro, según se indica en el Cuadro 4.

**Tránsito Clase C** - Cuando se tiene tránsito peatonal Clase C, las cunetas se pueden hacer escalonadas hasta 5 mm por debajo de la superficie del pavimento. En áreas pavimentadas con adoquines diferentes a vías, como plazas, parqueos, patios, etc., la pendiente mínima debe ser del 3 %.

**Niveles y Uniformidad de la Superficie** - Los niveles y la uniformidad de la superficie del adoquín se pueden considerar parte de los requisitos de drenaje, porque sin estos, las pendientes y las estructuras de drenaje no funcionan adecuadamente.

Para que el agua corra fácilmente sobre el pavimento de adoquín, su superficie debe quedar uniforme.

Para medir el alineamiento vertical, se puede colocar una regla de 3 m a largo de la superficie del pavimento y verificar que la diferencia entre elevaciones en ningún punto supere 6 mm y el nivel entre dos adoquines adyacentes no debe diferir en más de 3 mm, si esto no ocurre, se debe corregir el proceso de construcción hasta cumplir con éstas condiciones.

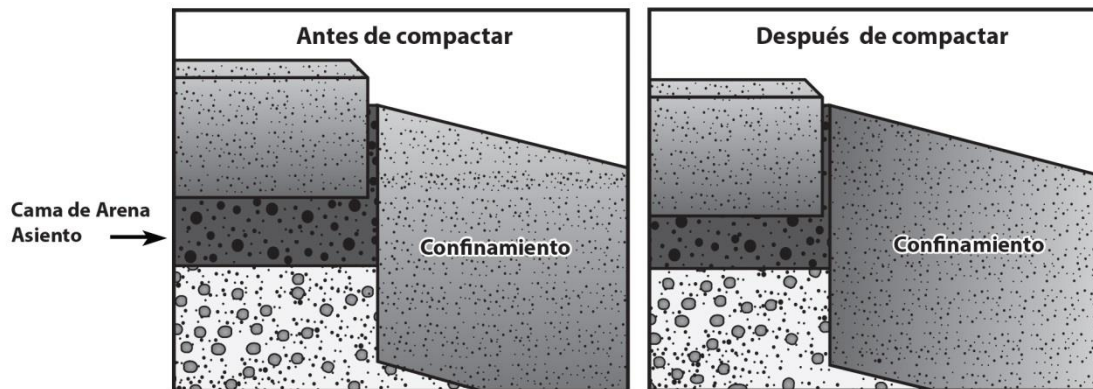
## 6.5 ESCALONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS RIGIDOS QUE ACOMPAÑAN AL PAVIMENTO DE ADOQUÍN

Todos los pavimentos de adoquín deben quedar por encima de cualquier estructura de confinamiento interno o externo, como se indica en el Cuadro 4.

### Cuadro 5. Escalonamiento del pavimento en relación a los elementos de confinamiento

Tipo de tránsito	Escalonamiento (e), en mm con tolerancias $\pm 1$ mm
Clase A: Uso industrial o tránsito pesado	15
Clase B: Uso en tránsito liviano	10
Clase C: Uso peatonal	5

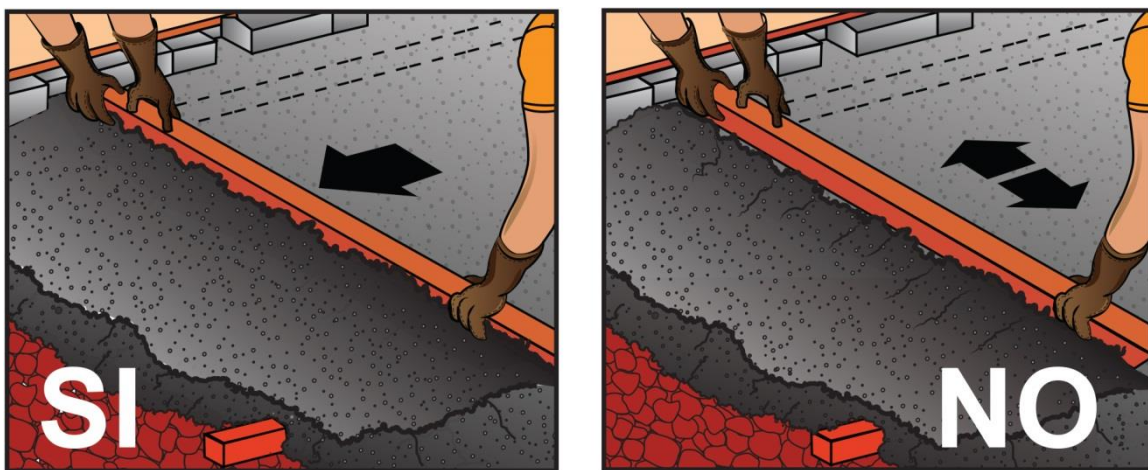
Recordar que el espesor de la cama de arena de asiento se reduce con la compactación. Es indispensable, como se mencionó anteriormente, hacer una prueba piloto con el fin de establecer el rango de asentamiento de la cama de arena de asiento. Para esta prueba es suficiente preparar un área de 1 m<sup>2</sup>.



**Figura. 5.** Escalonamiento en relación a los elementos de confinamiento

## 6.6 CONSTRUCCIÓN DE LA CAMA DE ARENA DE ASIENTO

La arena se coloca suelta, lo más uniforme posible con un contenido de humedad aproximado del 5%. Para la colocación se utilizan 3 reglas, de madera, o aluminio, 2 de ellas como guías y otra como elemento nivelador. Las guías se colocan paralelas, tanto en el centro como al lado de la vía, con el objeto de cubrir todo su ancho. Estas guías se colocan sobre la superficie de la base ya nivelada y compactada y en el espacio entre ellas se riega suficiente arena suelta como para que quede un poco para ser arrastrada. La regla niveladora la manejarán dos personas desde afuera de las guías pasándola una o dos veces a lo largo, sin hacer movimiento de zigzag (ver Figura 6).



**Figura 6.** Nivelación de la cama de arena de asiento

El espesor suelto a colocar deberá cubrir la altura de las reglas guía y puede ser entre 35 mm y 50 mm, de manera que al terminar de nivelar la cama de arena el espesor resultante quede entre 25 mm y 40 mm.

Para asegurar que la superficie final del pavimento de adoquín sea uniforme, es necesario que la calidad de la arena, el espesor en que se coloca y la nivelación de esta capa sean constantes y uniformes.

Al estar nivelada la capa de arena según las cotas y pendientes determinadas en el diseño del pavimento, no se debe perturbar la superficie hasta que se coloquen los adoquines.

### **Uniformidad de la superficie:**

La superficie de la arena enrasada debe ser uniforme, sin agujeros ni rayones o huellas. Si antes de colocar los adoquines esta superficie sufre alguna perturbación o compactación por el paso de personas, animales, vehículos, etc., la zona alterada se debe soltar con un rastrillo

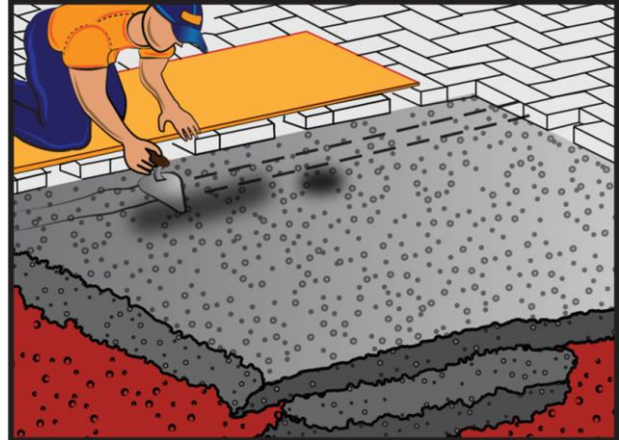
"CONTINÚA"

de jardinería u otra herramienta y se vuelve a enrasar con una regla pequeña o con una llana (ver Figura 7 a). También se deben llenar con arena suelta y enrasar con una llana o regla pequeña, las huellas que dejan los rieles cuando se retiran con suficiente cuidado para no dañar la superficie vecina ya terminada (ver Figura 7 b).

a.



b.



**Figura 7.** Uniformidad de la superficie de la cama de arena de asiento

La cama de arena de asiento se debe compactar durante la compactación del adoquín ya instalado. El espesor no compactado de arena dependerá de su naturaleza y el contenido de humedad de la misma. Un área de prueba es necesaria para definir ese asentamiento.

El material de asiento, en donde sea almacenado, debe ser cubierto para reducir la pérdida de humedad debido a la evaporación o saturación debido a la lluvia.

#### **Saturación de la arena:**

No se debe colocar la arena en condiciones de lluvia y en caso de que la arena se sature, se deberá retirar, llevarla al lugar de almacenamiento y homogenizarla con arena más seca para colocarla nuevamente.

Si la arena se satura después de colocada, entonces debe ser removida y remplazada con material que tenga el mismo contenido de humedad con el cual se realizó la prueba de asentamiento. Alternativamente la cama de arena de asiento puede dejarse en el sitio hasta que se seque al punto óptimo.

Si se habían colocado los adoquines, pero no se habían compactado ni sellado, se pueden levantar algunos y revisar el estado de la cama de arena. Si aparecen canales, correspondientes a las juntas, se retiran tanto los adoquines como la cama de arena y se comienza de nuevo el proceso, si no hay daños, se espera a que drene el agua de lluvia que cayó sobre la cama de arena, antes de proceder a la compactación.

"CONTINÚA"

La cama de arena de asiento necesita drenaje, particularmente en su edad temprana cuando está colocada sobre una base o sub-base impermeable. El drenaje también puede ser requerido en donde una barrera física, dentro de la superficie del pavimento, pueda llevar agua directamente a la cama de asiento, que es indeseable. El tamaño y espacio del desagüe a través de la capa impermeable depende del tamaño, forma y pendiente de la capa subyacente.

## 6.7 PROCESO DE INSTALACIÓN DE LOS ADOQUINES

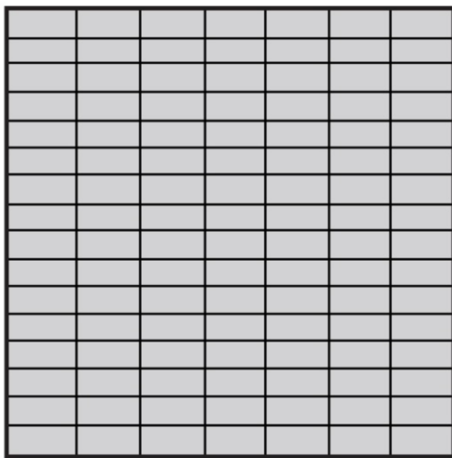
### 6.7.1 Patrones de colocación:

Los adoquines se instalan según un patrón de colocación y un alineamiento. El patrón de colocación, es la manera en que se colocan los adoquines unos al lado de otros y el alineamiento es la posición del patrón con respecto al eje de la vía, ambos se deben definir antes de iniciar la instalación.

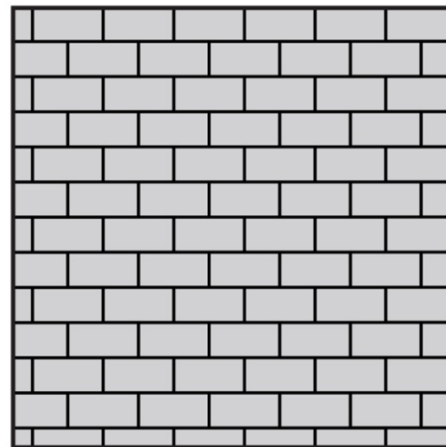
#### 6.7.1.1 Patrones de colocación para superficies de tránsito peatonal:

Existe variedad de formas de adoquines, entre ellos los adoquines rectangulares, y se pueden colocar en una variedad casi ilimitada de patrones de colocación. A continuación se describen algunos de los patrones más utilizados para adoquines rectangulares cuando se considera solamente tránsito peatonal.

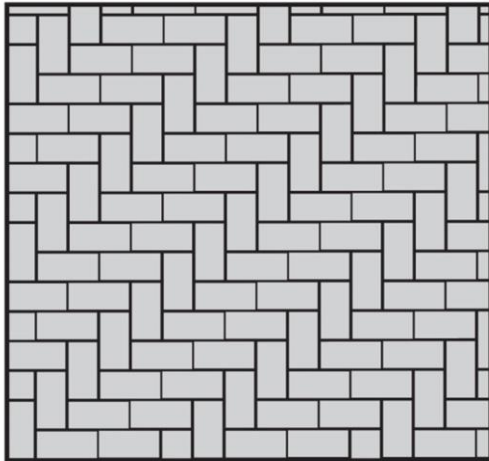
**Figura 8. Patrones de colocación más comunes para adoquines rectangulares**



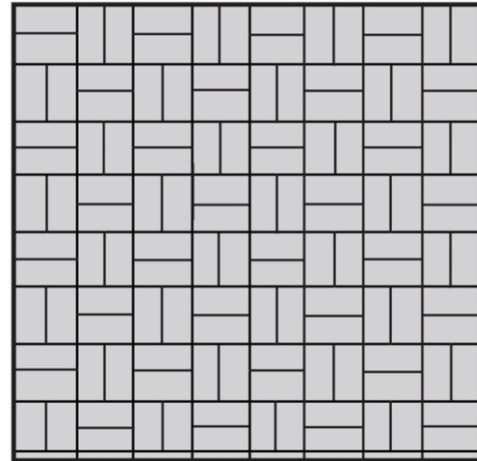
Hileras



Hiladas



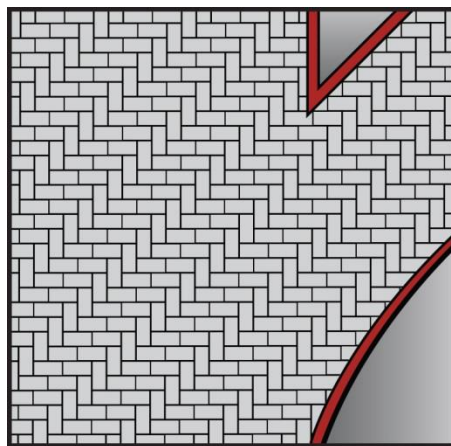
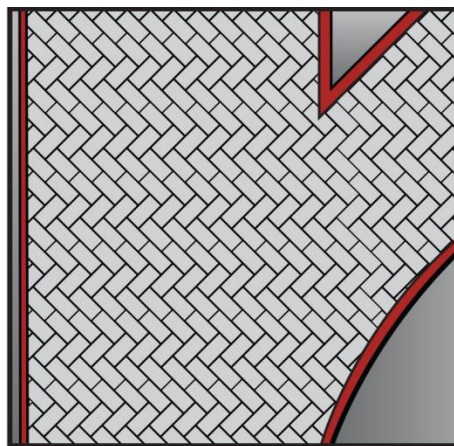
Espina de pescado



Parqué

### 6.7.1.2 Patrones de colocación para superficies de tránsito vehicular:

**Espina de pescado** - Para tránsito vehicular, se utiliza el patrón en espina de pescado con adoquines rectangulares, ya sea a  $45^\circ$  o  $90^\circ$  (ver figura 9), esto reduce la incidencia de arrastre del adoquín y distribuye mejor las cargas de los neumáticos a las capas de la estructura del pavimento, por lo que no se debe cambiar de alineamiento cuando se llegue a las curvas o a las esquinas.

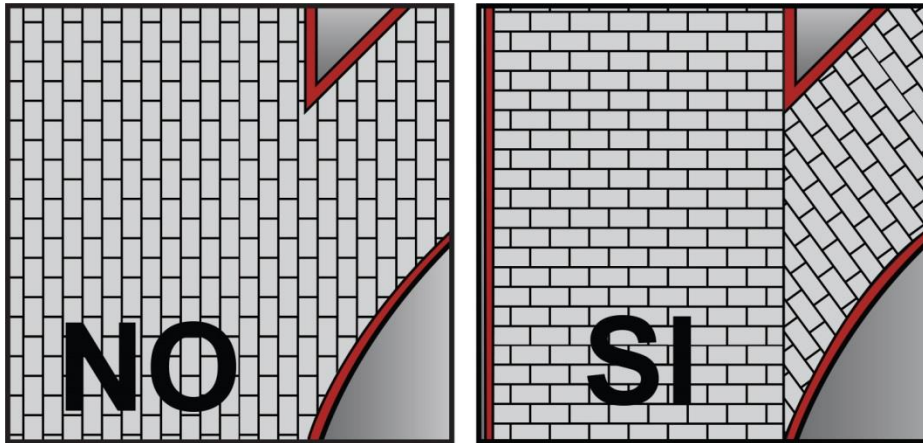
a. Espina de pescado a  $45^\circ$ b. Espina de pescado a  $90^\circ$ 

**Figura 9.** Patrón espina de pescado.

**Hiladas** - Si los adoquines rectangulares se colocan en hiladas (trabadas entre sí) deben ir en sentido transversal al de la vía, al llegar a curvas o esquinas, hay que girar el patrón de colocación y el cambio se debe hacer con ajustes bien partidos (ver Figura 10). No se deben colocar las hiladas en el sentido longitudinal de la vía.

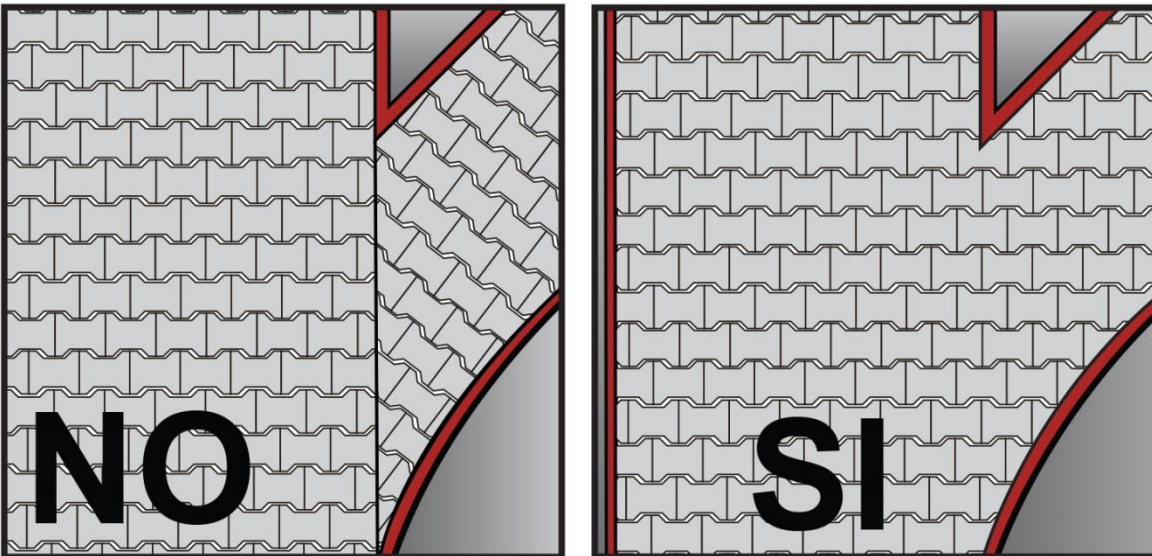


Este patrón de colocación se recomienda para ser utilizado en áreas con tránsito liviano no sujetas a movimientos bruscos o con frecuentes aceleraciones y paradas.



**Figura 10.** Patrón en Hiladas de Adoquines rectangulares para tránsito vehicular.

**Patrón Hiladas para Adoquines No Rectangulares** - El patrón en hiladas para adoquines no rectangulares, debe ir preferiblemente perpendicular al eje de la vía, sin cambios en curvas o esquinas (ver Figura 11)



**Figura 11.** Patrón en Hiladas de Adoquines no rectangulares para tránsito vehicular.

## 6.7.2 INSTALACIÓN DE LOS ADOQUINES.

**Tramo de prueba** – Para mantener el alineamiento y el patrón de colocación, se recomienda colocar un tramo de prueba de 2 o 3 metros, esto permite al colocador corregir alineamientos y verificar la secuencia de colocación según el patrón.

**Verificar el confinamiento lateral** - Para iniciar la colocación de los adoquines, se debe verificar que los confinamientos laterales cumplan con lo indicado en 6.3; usualmente el confinamiento lateral no queda alineado a 90° del patrón de colocación por lo que se deberán colocar hilos como referencia.

### Hilos para verificación de alineamiento

Colocar un primer hilo a una distancia corta del borde del confinamiento y tomarlo como referencia para alinear la primera fila de adoquines.

Colocar un segundo hilo a 90° del primer hilo, para asegurarse de que el patrón de colocación no se pierda.

El espacio comprendido entre la línea del primer hilo y el confinamiento de borde, puede ser llenado con adoquines y cortes para ajustar si es necesario.

Cuando el pavimento tenga una línea guía, se deberá iniciar con esa línea guía y colocar los adoquines desde allí hacia los confinamientos, evitando colocar piezas de ajuste contra la línea guía. Se debe buscar en todo momento que las piezas a cada lado de la línea guía, sean piezas enteras o mitades, por lo que debe modularse el pavimento según la geometría (forma) de los adoquines que se vayan a colocar y se puede replantear la posición de la línea guía con respecto al ancho del pavimento.

Cuando se tengan interrupciones en el pavimento, como tragantes, cámaras de inspección, jardineras, brocales, etc., se deben colocar hilos alrededor de éstas, para asegurar que los adoquines conserven su alineamiento cuando se avance con el trabajo por ambos lados del obstáculo y se encuentren nuevamente al otro lado.

Una vez definido un frente de colocación, se debe verificar el alineamiento de los adoquines con al menos un hilo a lo largo e hilos transversales cada 2.5 metros. Los desajustes casi siempre se pueden corregir sin quitar los adoquines, corrigiéndolos con una cuchara, destornillador o barra pequeña, teniendo en cuenta de no dañar las piezas.

### 6.7.2.1 Secuencia de colocación

Para avanzar en la colocación en los tramos que se alejan de los hilos guía, los colocadores deben formar caminos sobre los adoquines ya colocados sin compactar y así transportar los materiales.



Dichos caminos pueden hacerse con tablas de madera que se colocan sobre los adoquines para facilitar el paso de las carretas que transportan el material y evitar que se presenten hundimientos antes de la compactación (ver figura 12).

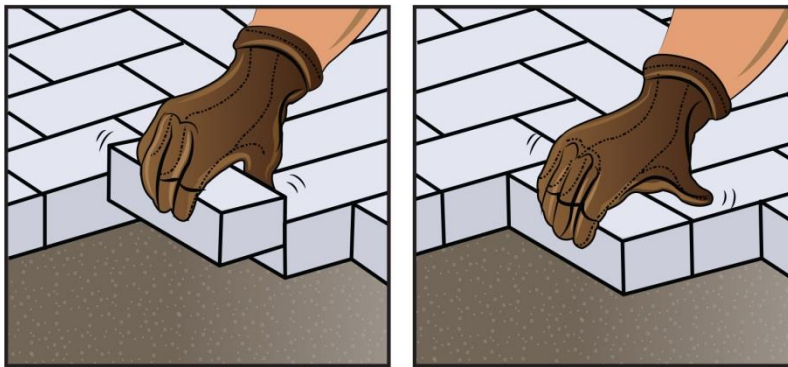


**Figura 12. Colocación de los tramos del pavimento**

Los adoquines deben colocarse sobre la cama de arena de asiento directamente donde se ha previsto que irá la pieza y evitar asentar el adoquín primero y posteriormente arrastrarlo contra los adoquines vecinos ya que se arrastra arena que evitará que quede la junta requerida.

Se recomienda que el ajuste de los adoquines se realice con unos golpes laterales con un martillo de caucho cuando sea necesario cerrar un poco la junta o conservar el alineamiento horizontal; no es necesario ajustar los adoquines verticalmente con golpes.

Para la colocación en vías con pendiente pronunciada, se deben colocar los adoquines de abajo hacia arriba utilizando el método click and drop (golpear y soltar) (ver figura 13).



**Figura 13. Método "click and drop" (golpear y soltar)**

#### 6.7.2.2 Juntas:

La junta entre cada elemento debe quedar lo más cerrada posible para que el pavimento funcione adecuadamente. Cada adoquín se debe tomar con la mano y sin asentar se debe recostar contra los adoquines vecinos de forma precisa donde se quiere colocar, después de ajustarlo contra los adoquines vecinos se desliza hacia abajo y se suelta cuando se ha

"CONTINÚA"

asentado sobre la cama de arena, a este método se le llama comúnmente “click and drop” (golpear y soltar) ver Figura 13, lo que significa colocarlos al tope, sin dejar juntas abiertas a propósito ya que debido a los separadores que tienen los adoquines se generan las juntas entre 2 mm y 3.5 mm promedio.

Si los adoquines no tienen elementos separadores se recomienda que las juntas no sean mayores de 5 mm.

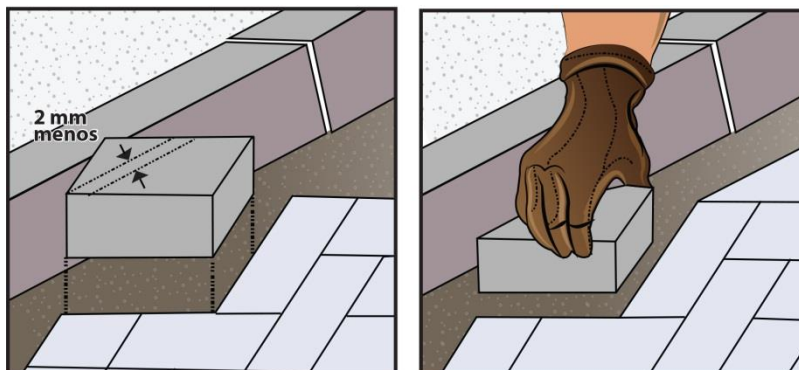
### 6.7.2.3 Ajustes de instalación:

La orientación del patrón en relación con los límites más largos del área pavimentada, determinan cuánto corte de adoquines será necesario para completar el pavimento, es por ello que también se considera muy importante; **la selección del patrón de colocación; la orientación y posición del mismo** ya que puede reducirse la cantidad de cortes y lograr un mejor rendimiento durante el proceso de colocación.

Al finalizar de colocar los adoquines enteros dentro de la zona a compactar, se procede a colocar los ajustes (piezas) en los espacios que hayan quedado libres ya sea a la par de los confinamientos, estructuras de drenaje, etc. Los ajustes deben hacerse con piezas partidas de otros adoquines y cumplir con el mismo alineamiento o diseño del resto del pavimento.

**Corte con disco de corte diamantado** – el corte de los adoquines con disco de corte diamantado garantiza un buen comportamiento y acabado, las piezas se deben cortar unos 2 mm más pequeñas que el espacio disponible.

Los ajustes de los adoquines deben ser tal que la pieza resultante no sea menor a un tercio de la dimensión mayor de la pieza. Si por alguna razón este ajuste no es posible, se recomienda alterar el patrón de colocación al llegar al borde. Por ningún motivo se deben realizar ajustes al patrón con mezclas de mortero.



**Figura 14.** Ajustes de adoquines

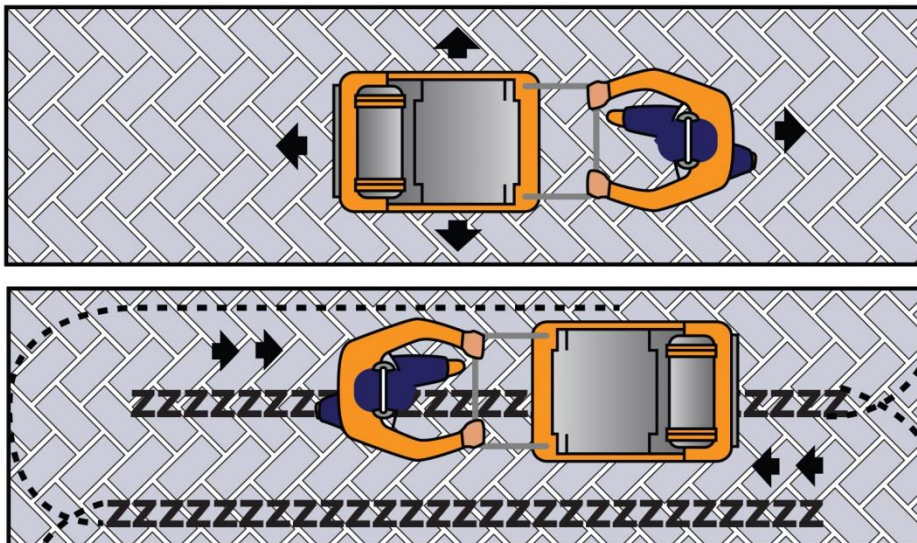
Por efectos de rendimiento, precisión y velocidad de colocación, se debe llevar la cortadora al sitio de instalación y no el adoquín a la cortadora

## 6.8 COMPACTACIÓN INICIAL

Se entenderá como compactación inicial al procedimiento de pasar al menos dos veces el equipo de compactación adecuado (ver sección 6.1) desde diferentes direcciones, recorriendo toda el área del pavimento en una dirección antes de recorrerla en la dirección contraria, cuidando siempre traslapar cada recorrido con el anterior para evitar posibles escalonamientos (ver Figura 15). La compactación inicial debe realizarse tan pronto como sea posible después de haber colocado todos los adoquines entero y piezas de ajuste para cumplir con el nivel del pavimento terminado.

Las funciones de la compactación inicial son:

- Enrasar la capa de adoquines para corregir cualquier irregularidad en su espesor y o durante la colocación
- Iniciar la compactación de la cama de arena de asiento de los adoquines
- Iniciar el llenado parcial de las juntas desde la cama de arena de asiento hacia arriba y con ello el amarre de los adoquines.



**Figura 15.** Procedimiento de compactación inicial

La compactación inicial y sellado del pavimento se debe realizar hasta un metro antes de los extremos no confinados del pavimento (ver figura 15). Como en los frentes de avances de la obra en la pavimentación de vías, esa franja que queda sin compactar se terminará con el tramo siguiente.

Después de la compactación inicial se deben retirar con la ayuda de dos cucharas, los adoquines que se hayan partido y se deben reemplazar con adoquines buenos. Esta labor se debe ejecutar en este momento, porque después del sellado de la junta y la compactación final, será muy difícil hacerlo.

"CONTINÚA"

## 6.9 COLOCACIÓN DE ARENA DE SELLO O SELLADO DE JUNTAS:

Para sellado de juntas se debe utilizar el material que cumpla con las características de la sección de arena de sello según se especifica en la sección 4.1.4.3.1 de esta guía.

Se esparce la arena sobre los adoquines formando una capa delgada que no cubra totalmente los adoquines y se barre repetidamente y en distintas direcciones con escobas o cepillos de cerdas largas y duras, tantas veces como sea necesario para que penetre la junta (ver nota 5), este barrido se hace antes de, o simultáneamente, con cada pasada del vibrocompactador y al final de la operación de manera que las juntas queden totalmente llenas.

**Nota 5.** Para que la arena de sello penetre por las juntas, debe estar completamente seca, para secar la arena se puede esparcir en una capa delgada, al sol o bajo techo, según las condiciones del clima, sin que se contamine con el material del suelo y se debe remezclar con frecuencia. A la arena no se le debe adicionar cemento, cal o reemplazarla por mortero, pues el sello quedaría rígido y quebradizo y saldría con el tiempo.

No se debe permitir el lavado del pavimento con chorro de agua a presión, ni inmediatamente después de su terminación, ni a edades posteriores; dicho método puede desalojar material dentro de las juntas. La utilización de manguera, como para el lavado de automóviles o regado de plantas no es perjudicial, siempre y cuando no se traten de lavar las juntas con un chorro de agua. Se aconseja la limpieza por barrido o cepillado.



**Figura 16.** Sellado de juntas

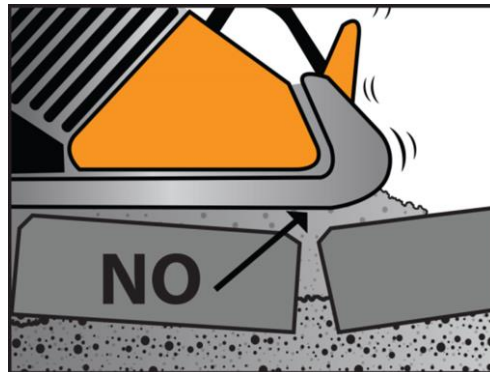
El sellado de las juntas es necesario para el buen funcionamiento del pavimento. Por esto, es importante emplear el material adecuado y ejecutar el sellado lo mejor posible, simultáneamente con la compactación final. Si las juntas están mal selladas, los adoquines quedarán sueltos, el pavimento pierde solidez y se deteriora rápidamente. Esto es aplicable tanto a un pavimento recién construido como a un pavimento antiguo.



## COMPACTACION FINAL Y LIMPIEZA:

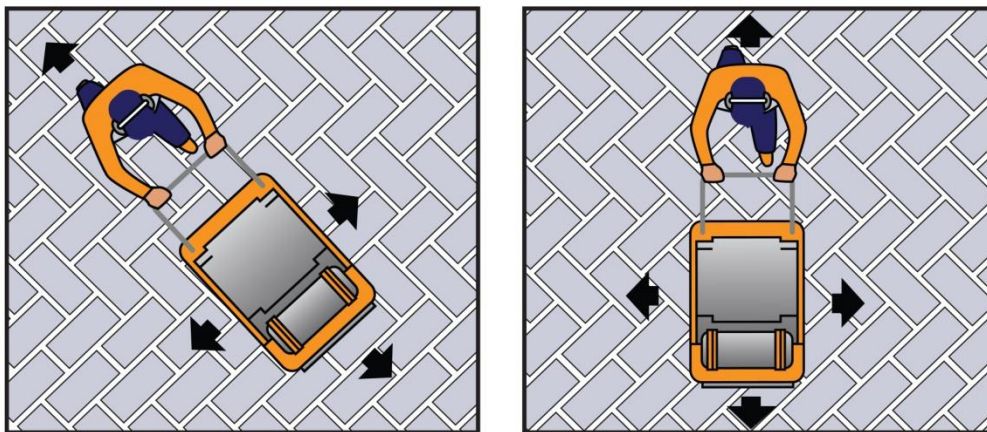
La compactación final proporciona firmeza al pavimento de adoquines, por lo que se debe poner especial cuidado en este proceso y tener presente que también el tránsito posterior sobre el pavimento continuará compactando y acomodando los adoquines, así como el sello de arena en las juntas.

La compactación final se realiza con el mismo equipo y de la misma manera que la compactación inicial, pero con el barrido, simultaneo o alternativo, del sello de arena. Es muy importante verificar que no se acumule arena sobre los adoquines y que no se formen protuberancias que hagan hundir los adoquines al pasar el vibrocompactador sobre ellos (ver figura 17).



**Figura 17.** Sellado de juntas (evitar acumulaciones de arena)

Se deben dar como mínimo cuatro pasadas o las pasadas necesarias con el vibrocompactador en diferentes direcciones cuidando siempre traslapar cada recorrido con el anterior para que los adoquines queden completamente firmes.



**Figura 18.** Compactación final

Se debe dejar un sobrante de arena esparcida sobre toda la superficie del pavimento terminado durante por lo menos dos semanas para que el tránsito y las probables lluvias ayuden a acomodar la arena dentro de las juntas y el sello se consolide. Si esto no es posible, se deberá barrer o cepillar la superficie del pavimento y poner el pavimento en servicio.

## 7. UTILIZACIÓN, REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Es muy importante el cuidado de los pavimentos de adoquines y las entidades a cargo del mantenimiento deben aprender a identificar sus daños o problemas a tiempo para programar el mantenimiento requerido

### 7.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO

**Limpieza** - El uso de ácidos, cepillos de alambre o pulidoras, no está permitido, ya que estos elementos deterioran la superficie del concreto, afectando su durabilidad y color inicial. No se debe permitir el lavado del pavimento con chorro de agua a presión, dicho método puede desalojar material dentro de las juntas. Se recomienda el uso de manguera, como para el lavado de automóviles o regado de plantas, siempre y cuando no se traten de lavar las juntas con un chorro de agua.

**Evitar abrasión** - Garantizar que el entorno del pavimento no genere deterioro prematuro del mismo, como cuando se expone a acción abrasiva constante y así preservar la calidad del adoquín.

**Cuidado de juntas** - Para que funcionen bien, la junta entre adoquines debe permanecer llena. Si se pierden más de 10 mm del sello, se debe buscar la causa de esta pérdida, corregirla y barrer arena fina y seca, hasta que la junta quede llena de nuevo. La presencia de grama en la junta no es nociva, pero es mejor retirarla con un punzón metálico y llenar luego la junta con arena.

**Hundimiento** - Si se hunde el pavimento por daños en redes de servicios o por zanjas mal compactadas, se deben retirar los adoquines en la zona del daño, por lo menos 40 cm a su alrededor, hacer la reparación y volver a construir la franja de pavimento. El área reparada debe quedar con el nivel arriba en 20 mm para vías vehiculares y 5 mm para peatonales en la base ya compactada para que al consolidarse la zona reparada quede al nivel del resto del pavimento.

**Ondulaciones** - Cuando se presenten ondulaciones en la superficie del pavimento puede ser indicio de que fue construido con una base insuficiente, de mala calidad o mal compactada. También puede indicar que el tránsito es muy alto y que el pavimento no fue diseñado ni construido para esas cargas. Se deberá investigar cual es la razón de las ondulaciones y efectuar una reparación completa.

### 7.2 REMOCIÓN DE LOS ADOQUINES

La remoción del adoquín puede realizarse de dos formas, descritas a continuación:

"CONTINÚA"

**Método usual para levantar el pavimento:**

Se rompen dos o tres adoquines y después se remueven cuidadosamente los demás adoquines del área a intervenir. Este método tiene la desventaja de requerir el reemplazo de aquellos adoquines que han sido rotos, debido a que no es permitido fabricar piezas en sitio con concreto, ni llenar estos espacios con elementos fundidos en el sitio.

**Método alternativo de acceder al interior del pavimento sin romper adoquines:**

**Remoción del primer adoquín** - Se remueve tanta arena de sello como sea posible, usando una espátula pequeña u otra herramienta que se ajuste. Se levanta el adoquín usando una herramienta apropiada como cuchillas y espátulas o un extractor de adoquines.

**Remoción de los adoquines adyacentes** - Pasar un vibrocompactador de plancha sobre la superficie de los adoquines adyacentes al adoquín retirado puede provocar que se pierda el confinamiento de los mismos y da la posibilidad de retirarlos. Los adoquines adyacentes al área sin confinamiento pueden ser golpeados con un martillo de caucho u otra herramienta apropiada para facilitar su retiro.

**Limpieza de los adoquines extraídos** - Con un cepillo de alambre se retira la arena adherida a cada adoquín. Una vez realizada esta labor, se procede a intervenir la base o sub-rasante para ejecutar las labores necesarias para la correcta rehabilitación de la estructura del pavimento.

**Recolocación de los adoquines** - Para la recolocación del adoquín, se debe compactar adecuadamente la base. Posteriormente, se debe colocar la cama de arena de asiento y se coloca el adoquín sobre ella. Finalmente, se compacta utilizando el vibrocompactador de plancha y así se sella el área intervenida.

**8. EFLORESCENCIA**

**Definición** - Depósito de sales que se forma sobre una superficie, generalmente de color blanco; la sustancia emerge en solución del interior del concreto o mortero y luego precipita por evaporación.

Este fenómeno no afecta la integridad estructural del concreto y consecuentemente de los adoquines producidos con él. En los adoquines de concreto se genera eflorescencia durante su producción, en su proceso de curado o almacenamiento. Este fenómeno no debiera ser causal de rechazo, ni indicio de mala calidad de los elementos.

Una vez colocados los adoquines de concreto, el flujo del agua es por lo general, descendente y la eflorescencia sólo se puede ver cuando aparece sobre la cara de desgaste. Es usual que las manchas blancas se laven o se desgasten con el paso del tiempo y del tránsito, por lo cual se puede dejar que este proceso de eliminación ocurra de manera natural.

Los limpiadores químicos pueden contener ácidos que contribuyen a exponer los agregados de la superficie del adoquín de concreto y consecuentemente pueden alterar su color y textura.

- Última línea-



## 9. BIBLIOGRAFÍA

**INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC INTERNACIONAL).** Norma Técnica Colombiana GTC 236 - Guía para la especificación, instalación, mantenimiento y reparación de pavimentos segmentados con prefabricados de concreto. P. 1-22. Bogotá, D.C., 2012. -- 22p.

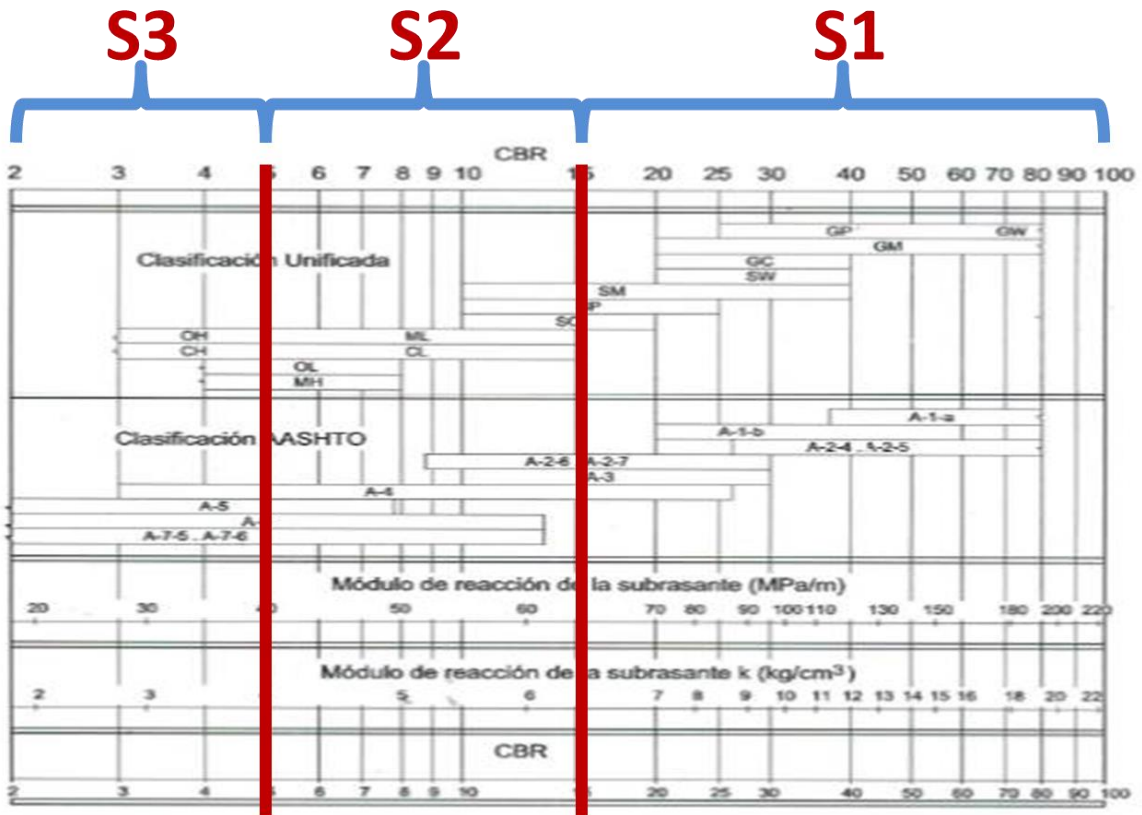
**MADRID MESA, Germán Guillermo.** Diseño de pavimentos de adoquines de concreto para diferentes condiciones de tráfico. -- P.243-263. // En: SIMPOSIO COLOMBIANO SOBRE INGENIERÍA E PAVIMENTOS (11 : 1997 : Cartagena de Indias). Memorias. -- Santa Fe De Bogotá : Escuela Colombiana de Ingeniería, 1997. -- 885p.

**INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO.** Diseño de espesores para pavimentos de adoquines de concreto. -- Medellín : ICPC, 1985. -- 8p. -- (ICPC, Notas Técnicas 4-19-184) -- (Londoño N., Cipriano A. y Madrid M., Germán G.).

**INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO,** Tr. Diseño de espesores de pavimentos de adoquines de concreto. -- P.23-28. // En: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE CONCRETO (1998 : Bogotá, Medellín, Cali). Memorias. -- Medellín : ICPC, 1988. -- 32p.

ANEXO I

CUADRO DE CATEGORIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTOS DE ADOQUÍN



## ANEXO II

## LISTA DE CHEQUEO PRELIMINAR

Actividad	Antes		Durante		Final	
Diseño de espesores de bases, subbases y superficie de las mismas	x					
Definición de % de compactación y responsable de la calidad de las bases y subbases (ver 4.1.2 , 4.1.3 y 6.2)	x					
Definición del método de corte y manejo ambiental	x					
Revisión de las características de los materiales de base y subbase (granulometría, fuente, disponibilidad y ensayos de compactación)	x		x			
Revisión de las características de los materiales de cama de arena de asiento (granulometría, fuente, disponibilidad) (ver 4.1.4.1)	x		x			
Trazado, pendientes y geometría del pavimento	x					
Definición, localización, tamaño, características y construcción de los elementos ajenos al pavimento (Contenedores de raíces, cajas, acometidas, ingresos vehiculares, sumideros, etc.)	x					
Definición del patrón de colocación (modulación), detalles constructivos y colores	x					
Revisión de las características de los adoquines según la norma de producto COGUANOR NTG 41086 (ver 4.1.4.2)	x		x			
Verificación de niveles, pendientes y calidad de las bases o subbases compactadas (ver 6.2)	x		x			
Revisión de las estructuras de confinamiento del pavimento (bordillos, muros, sumideros, cunetas, jardineras, etc.) (ver 6.3)			x			
Verificación de los niveles de la superficie de rodadura.	x		x			
Verificar el asentamiento mediante el procedimiento de campo descrito de la arena para cama de asiento (cada vez que se presente un cambio de fuente) (ver 6.2)	x		x			
Colocación de hilos y definición de arranque (ver 6.7.1 y 6.7.2)	x		x			
Definición de ajustes contra paramentos, postes, cajas y demás elementos ajenos al prefabricado (ver 6.7.2)	x					
Definir los ajustes al patrón de colocación (modulación) en los cambios de dirección del pavimento (ver 6.7.1 y 6.7.2)	x					
Elaboración de ajustes y cortes contra estructuras de confinamiento (ver 6.7.2.3)			x			
Entrega del pavimento						x
Entrega de rutina de mantenimiento						x