CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE HORMIGÓN

1.- Generalidades sobre los pavimentos

Los pavimentos son estructuras compuestas por capas de diferentes materiales, que se construyen sobre terreno natural, para que personas, animales o vehículos puedan transitar sobre ellos, en cualquier época del año, de manera segura, cómoda y económica.

Los materiales de las capas se escogen según su costo y disponibilidad, y mientras más superficiales estén, mejores (más resistentes) deberán ser. A la capa de la superficie se la denomina capa de rodadura y es la que está en contacto directo con el tránsito. A las capas inferiores se les llama base (cuando tiene sólo una) o base y subbase (cuando se tienen dos). Al terreno natural o suelo se le conoce como subrasante y es el encargado de soportar el pavimento.

A los pavimentos se les da nombre de acuerdo con su comportamiento (rígidos o flexibles) según el material de su capa de rodadura, así:

Pavimentos de concreto (de hormigón de cemento). Están formados por losas de hormigón, separados por juntas y colocadas sobre una base. La losas no deben tener menos de 15 cm de espesor y la base casi nunca tendrá más de 15 cm, bien sea de material granular o de suelo cemento. También se les conoce como pavimentos rígidos y son de color gris claro.

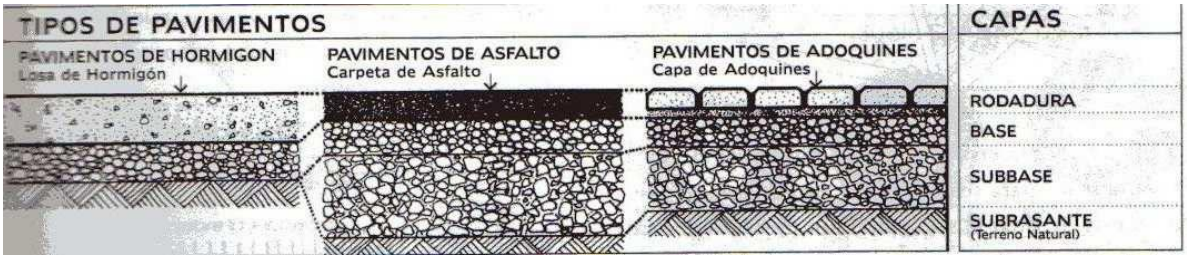
Pavimentos de asfalto (de hormigón asfáltico). Su superficie o capa de rodadura es de hormigón asfáltico, sin juntas, y no debe tener menos de 10 cm de espesor. Su base tiene, por

lo general un espesor de 20 cm o más, pudiendo tener adicionalmente una subbase. Se les conoce como pavimentos flexibles y son de color oscuro o negro.

Pavimentos de adoquines de hormigón. Su capa de rodadura está conformada por adoquines de hormigón, colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. De la misma manera que los pavimentos de asfalto, pueden tener una base, o una base con una subbase, que pueden tener espesores ligeramente menores que los utilizados para los pavimentos de asfalto. También se consideran pavimentos flexibles y son del color gris claro del hormigón.

Los pavimentos de adoquines de hormigón son una vieja idea (los pavimentos de piedra), traída al presente, pero con un nuevo material (el hormigón); con inmensas ventajas sobre los de piedra o los de arcilla cocida.

En esta publicación se dan las recomendaciones básicas para diseñar y construir, adecuadamente, pavimentos de adoquines de hormigón.



2. Ventajas de los pavimentos de adoquines

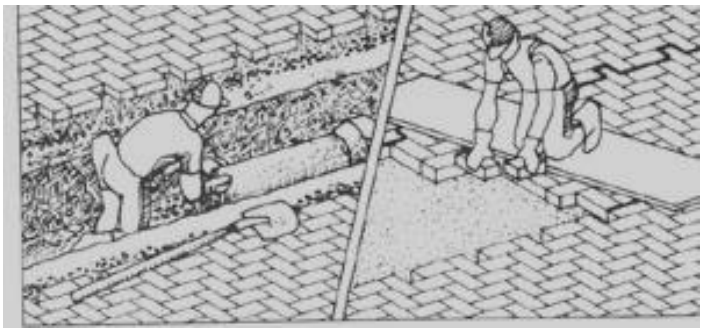
Las ventajas de estos pavimentos se basan en que su capa de rodadura está hecha con adoquines de hormigón; es decir, piezas prefabricadas, que se pueden producir tanto en equipos sencillos y pequeños, como en tecnificados y grandes; por parte de productores comerciales, grupos comunitarios o

administraciones municipales, sin importar la escala o localización de los proyectos.

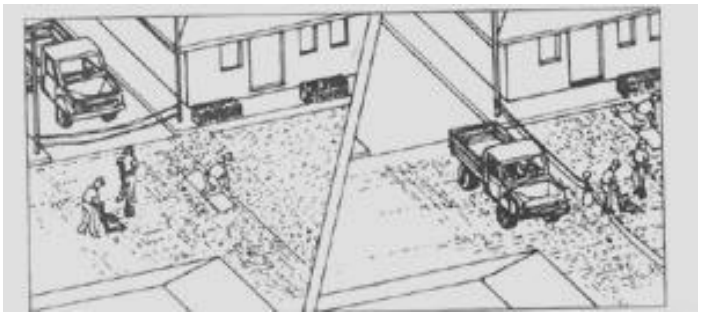
Para su construcción se utiliza poca maquinaria

(básicamente una placa vibrocompactadora "ranita") y mucha

mano de obra local.



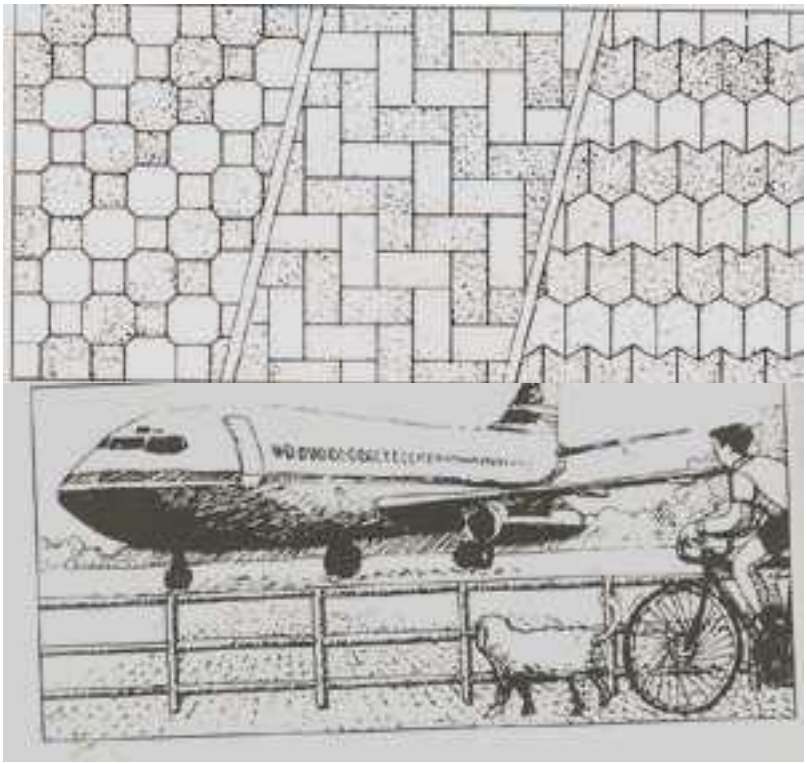
Como los adoquines no van pegados sino unidos por compactación, y como deben durar unos 40 años, al reparar el pavimento se pueden reutilizar, por lo cual son muy económicos para poblaciones o barrios sin redes de servicios completas o en mal estado.



Todos los materiales para este pavimento llegan a la obra listos para ser utilizados, por lo cual se puede construir y dar al servicio en un mismo día. Esto permite desarrollar un programa de pavimentación por etapas, a medida que se va disponiendo de recursos.

Al pavimento de adoquines se le coloca una base que se diseña para que resista cualquier tipo de tránsito, desde el peatonal, hasta el de camiones. Adicionalmente, como los adoquines se producen en máquina, con moldes, se les pueden dar distintas formas; también colores, para que sean decorativos.

Por esto, el pavimento de adoquines se utiliza desde en zonas de tránsito peatonal (andenes, plazas, patios para juegos, instalaciones deportivas, etc.), hasta en las de tránsito pesado (calles, carreteras, terminales de transporte, carga y puertos, pistas para aeropuertos), e inclusive para fines decorativos.



3. Diseño de pavimentos de adoquines (1)

El pavimento de adoquines de hormigón está compuesto, casi siempre, por dos capas: la capa de rodadura (los

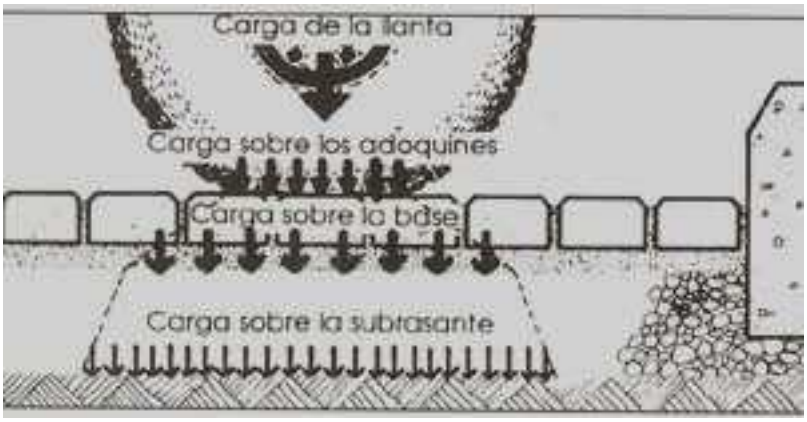
adoquines) y la base. Ambas capas son importantes porque los adoquines sin base se terminan por hundirse en el suelo; y la base sin los adoquines se deteriora muy rápido y no tiene la resistencia suficiente.

La determinación de los espesores de estas capas y de sus materiales se conoce como Diseño del Pavimento de Adoquines, y es el único proceso que permite construir un pavimento adecuado para las necesidades y condiciones que se tenga. Un diseño "a ojo" dará un pavimento que se deteriorará rápidamente, perdiéndose toda o parte de la inversión; o un pavimento por encima de lo que se necesita, con unos costos muy altos e innecesarios.

En esta página y la siguiente se indica como se diseñan pavimentos apoyados sobre el terreno natural; pero cuando se tienen materiales o pavimentos viejos, que se pueden aprovechar, sugerimos seguir las recomendaciones indicadas más adelante.

Las Capas

Los espesores de las capas dependen del tránsito que va a soportar el pavimento, de la dureza del suelo y de los materiales con que se van a construir estas capas; y deben tener la suficiente calidad para que el pavimento soporte el peso del tránsito, durante un tiempo determinado, sin deformarse ni deteriorarse. El tránsito, que va a circular por la vía durante el período de diseño, la dureza del suelo y la calidad de los materiales disponibles, definen el espesor de la capa del pavimento. Estas capas son, de arriba hacia abajo:



Capa de adoquines: Los adoquines tiene un espesor de 8 cm para todo tráfico peatonal, animal o vehicular corriente.

Capa de arena: Esta capa se construye de 4 cm de espesor, con arena suelta, gruesa y limpia, la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ellas.

La base: El espesor de la base depende del material con que se construya, del tránsito y de la calidad del suelo. En las Tablas 2 y 3 se determinan los espesores de base según la categoría del suelo, el tipo de tránsito y el material disponible.

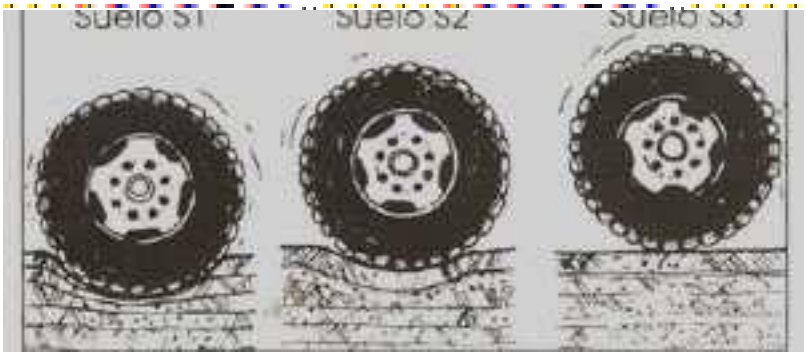
El Suelo

Para poder considerar el suelo en el diseño, se clasifica en tres categorías de acuerdo con su dureza y su estabilidad ante la humedad.

Suelo categoría 1 (S1). Es de mala calidad, es decir cuando está húmedo se deforma con el paso de unos pocos vehículos pesados y se hace muy difícil la circulación sobre él.

Suelo categoría 2 (S2). Es de calidad intermedia; por lo cual, cuando está húmedo, permite el paso de los vehículos pesados con poca deformación.

Suelo categoría 3 (S3). Es de buena calidad y, aún cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados sin deformarse.



4. Diseño de pavimentos de adoquines (2)

El tránsito

El Tipo de Tránsito que tiene la vía se determina sumando los vehículos pesados que pasan por ésta, en un día y en ambas direcciones. Se recomienda sumar los que asan durante una semana y dividir los resultados por siete, para tener un promedio diario.

Se considera como vehículos pesados los que tienen 6 o más llantas (camionetas, camiones, buses, etc.), los tractores y los cargadores de equipos de obras públicas.

En la Tabla 1 aparecen los Tipos de Tránsito según el Número de Vehículos Pesados por Día.

Tabla 1. Tipo de Tránsito según el Número de Vehículos Pesados por Día.

Espesor de la base

Después de definir la Categoría del Suelo y el Tipo de Tránsito, se utilizan las tablas 2 y 3 para encontrar el Espesor de la Base,

según el material que se tenga o que se pueda conseguir para construir bases para pavimentos; y que a la vez resulte el más económico, como : Suelo Cemento (Tabla 2) y Granular (Tabla 3).

El espesor de la base que se encuentra en estas tablas es el espesor que va a tener, después de compactada. Nunca se

Número de Vehículos pesados por día	1a5	6 a 20	21 a 50	51 a 200
Tipo de Tránsito	T1	T2	T3	T4

deberán colocar menos de 8 cm de base de suelo cemento, ni menos de 10 cm de base granular.

	Tipo de Tránsito			
Categoría del suelo	T1	T2	T3	T4
S1	20	25	30	35
S2	10	12	15	20
S3	8	8	8	10

Tabla 2. Espesor compactado de la Base de Suelo Cemento, en centímetros.

Tabla 3. Espesor compactado de la Base Granular, en centímetros.

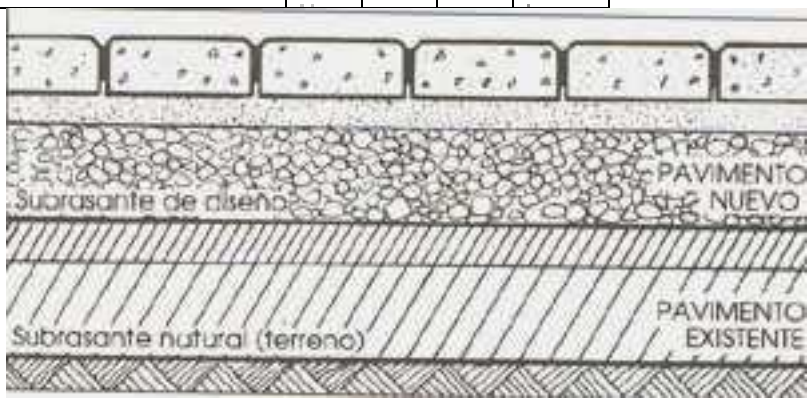
5. Diseño de pavimentos de adoquines (3)

Como se dijo anteriormente, algunas veces es necesario construir pavimentos de adoquines en vías que tienen

pavimentos de hormigón, asfalto, piedra o material granular. Si los niveles de la vía lo permiten, se debe aprovechar el material existente, para que sirva como apoyo del nuevo pavimento; pues casi siempre tiene mejor calidad que el terreno natural que existe debajo de ellos. Además, no resulta práctico, ni económico excavar y tirar este material y tener que traer otros que cumplan la misma función.

Lo primero es clasificar el pavimento existente como una subrasante, lo que da, por lo general, una categoría de suelo mejor que la que da el terreno natural. Esto implica que al definir

	Tipo de Tránsito			
Categoría del suelo	T1	T2	T3	T4
S1	30	35	40	50
S2	15	18	20	30
S3	10	10	10	15

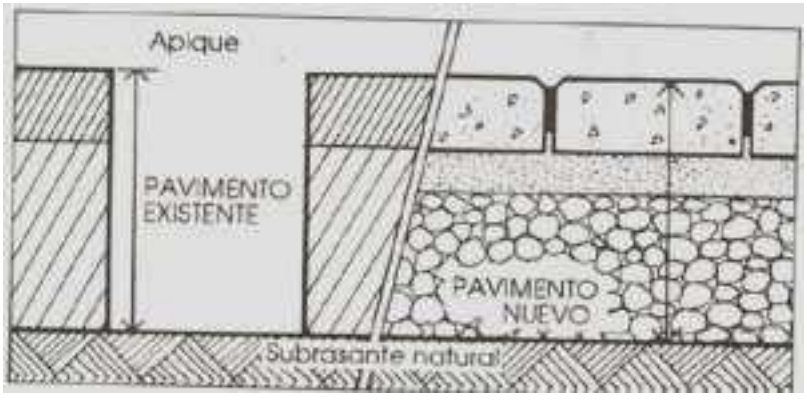


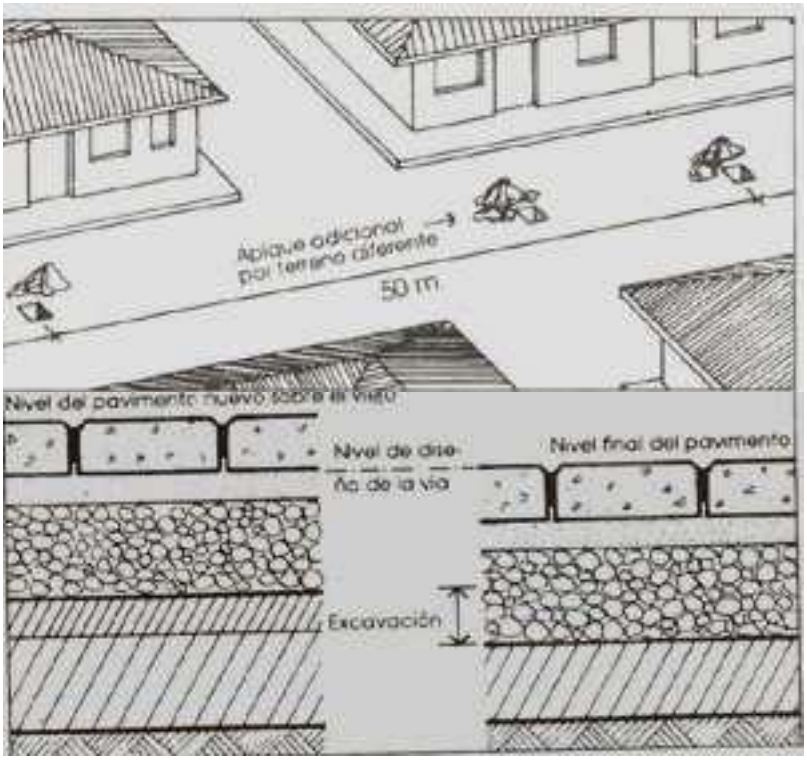
el espesor de la base, utilizando las Tablas 2 y 3, éste sea menor que el que habría que colocar sobre el terreno natural.

Si se tienen pavimentos con capas de escombros o basura, que se ablandan con facilidad, se debe investigar para saber qué tanto se tiene y de qué calidad. Esto es conveniente porque puede ser mejor retirar esos materiales y colocar el pavimento nuevo sobre el terreno natural en vez de sobre el existente.

Esta investigación se hace mediante apiques (perforaciones o huecos excavados a pico y pala), que se llegan hasta el terreno natural. Estos apiques se hacen cada 50 m, cuando haya cambios en el tipo en la humedad del material existente.

Cuando hay que bajar el nivel de la vía, o no es posible construir la estructura del pavimento nuevo sobre el existente, porque se llega a niveles por encima de los adecuados, es necesario





excavar apiques hasta la capa que se usaría como subrasante, clasificarla en una de las Categorías de suelo y ajustar el diseño a esta nueva condición.

6. Materiales – Los adoquines – Forma y tamaño (1)

Los adoquines son elementos macizos, de hormigón, prefabricados, con paredes verticales, que ajustan bien unos contra otros, para formar una superficie completa, dejando solo una junta entre ellos, y que sirven como capa de rodadura o superficie para los pavimentos que llevan su nombre. En un adoquín se distinguen los siguientes elementos:

Cara superior (o superficie de desgaste) sobre la cual circula el tránsito y que define la forma del adoquín.

Cara inferior, igual a la superior, sobre la que se apoya el adoquín en la capa de arena

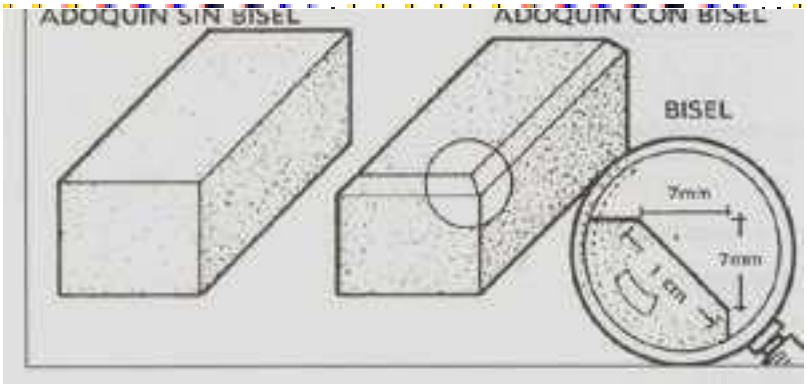
Caras laterales o paredes, curvas o rectas, pero verticales y sin llaves, que conforman el volumen y determinan el espesor.

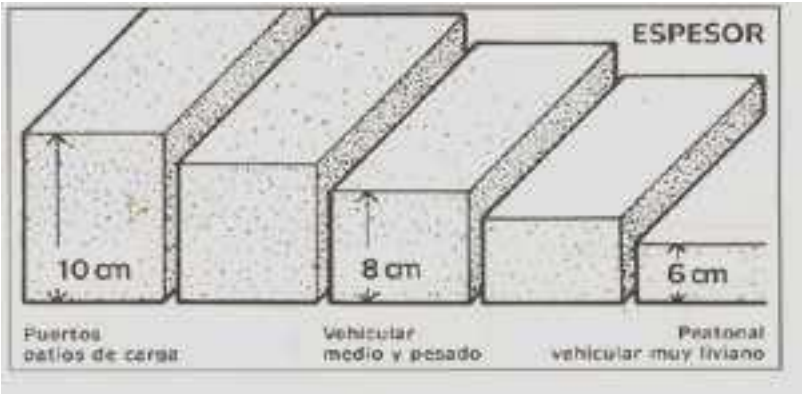
Aristas o bordes donde empalman dos caras o los quiebres de la cara lateral.

Bisel. Es un chaflán o plano inclinado en las aristas o bordes de la cara superior que se puede o no hacer en el momento de la fabricación. No debe tener más de 1 cm de ancho y no es indispensable, pero mejora la apariencia de los adoquines, facilita su manejo y contribuye al llenado de la junta.

Espesor. Los adoquines se fabrican en espesores de 6 cm para tránsito peatonal y vehicular liviano; de 8 cm para vías de tránsito medio y pesado (inclusive aeropuertos) y de

10 cm para tránsito muy pesado (patios de carga y puertos, etc.)





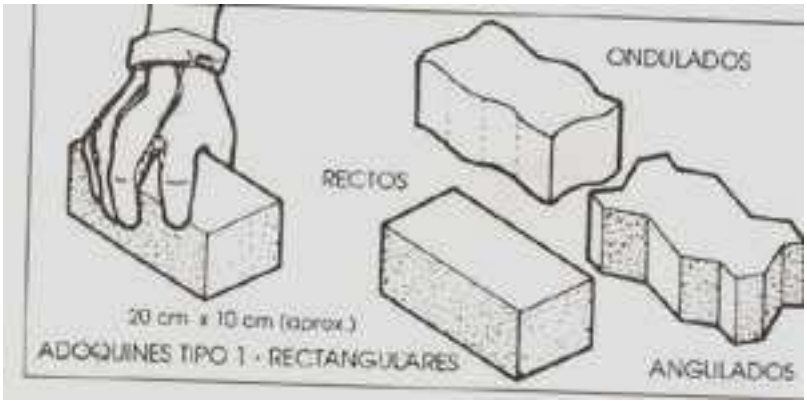
Si tienen menos de 6 cm no se consideran como adoquines y se colocan como baldosas, sobre mortero. Como los de 10 cm rara vez se usan y los de 6 cm tiene aplicaciones muy específicas, se aconseja usar adoquines de 8 cm en vez de los de 6 cm, para tener un mejor comportamiento de pavimento y para poder producirlos con un solo espesor, sin necesidad de comprar un molde para los de 6 cm y otro para los de 8 cm.

7. Materiales – Los adoquines – Forma y tamaño (2)

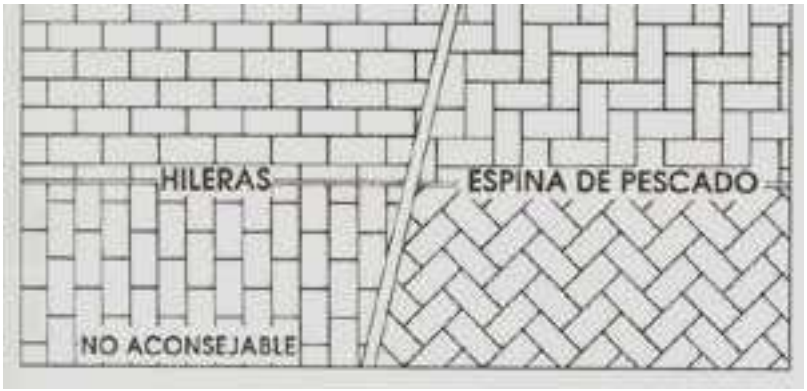
La forma del adoquín no influye mucho en el funcionamiento del pavimento; pero por facilidad para su producción, transporte y colocación, se prefieren adoquines pequeños, que se pueden tomar con una sola mano, que no tengan más de 25 cm de longitud, para manejarlos con facilidad y para que no se partan bajo las cargas del tránsito.

Se definen tres tipos de adoquines:

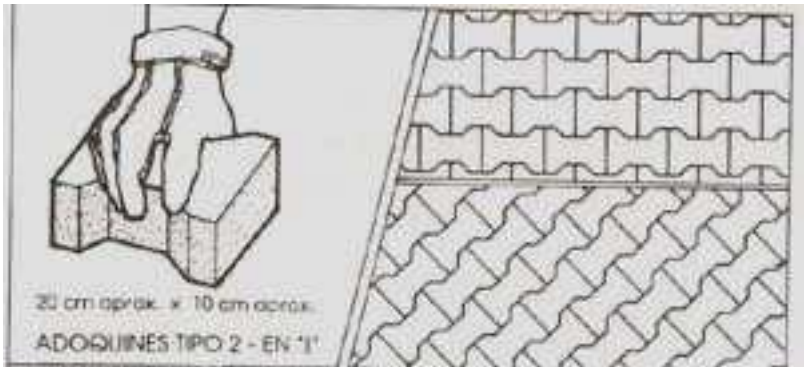
Tipo 1: Son los adoquines rectangulares, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación, y porque permiten elaborar más detalles en el pavimento. Tiene 20 cm de largo por 10 cm de ancho. Los hay con paredes rectas, onduladas o



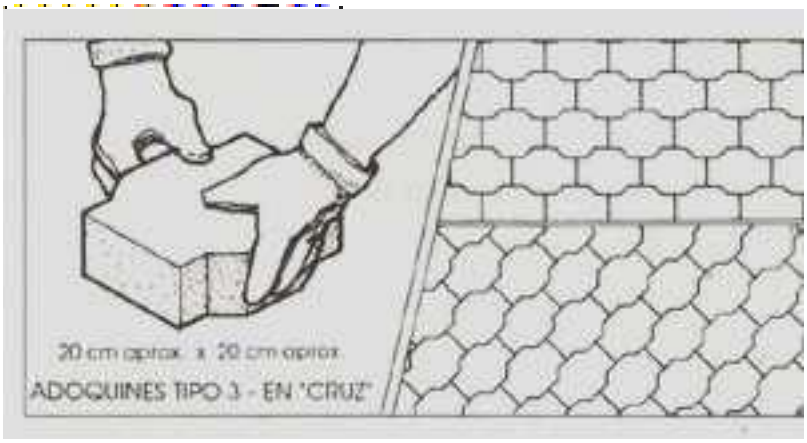
anguladas. Los adoquines rectangulares se pueden colocar en patrón de espina de pescado, en hileras trabadas, tejido de canasto, etc. Para tráfico vehicular, sólo se pueden colocar en espina de pescado o en hileras trabadas, atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.



Tipo 2: Son los adoquines que se pueden tomar con una sola mano pero que no se pueden colocar en patrón de espina de pescado, como los adoquines en forma de "I". Estos se colocan en hileras trabadas y se debe tratar que éstas queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.



Tipo 3: Son los adoquines que, por su peso y su tamaño, no se pueden tomar con una sola mano (pues miden unos 20 cm x 20 cm ó más) y sólo se pueden colocar en hileras. También se debe tratar de que las hileras queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos. A este tipo pertenecen los adoquines con forma de cruz, trébol, etc.



8. Materiales – Los adoquines – Calidad (1)

Los adoquines de hormigón forman la superficie del pavimento, por lo cual serán de buena calidad para que soporten el tránsito de las personas, animales y vehículos, al menos durante 40 años; y tendrán una buena apariencia por ser la parte visible del pavimento.

Para evaluar la calidad de los adoquines, de la producción

de una planta o los que se van a utilizar en una obra, se siguen las recomendaciones siguientes:

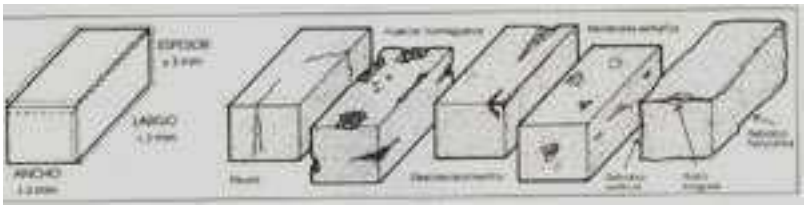
Aunque los adoquines se hacen a máquina, en una planta, no todos salen con el mismo tamaño, apariencia o resistencia. Esto se debe a las variaciones de los materiales (arena, agregado grueso, cemento, agua), en los moldes de las máquinas, en el manejo de éstas y en el curado y transporte de los adoquines terminados.

Dimensiones. El tamaño y la forma de los adoquines serán lo más uniformes posibles, para que traben unos con otros y la superficie final sea plana. Para esto, la diferencia máxima en las dimensiones con respecto a las dadas por el productor, no será de más de 2 mm para el largo y ancho, y de 3 mm para el espesor.

Superficie. Las superficies de los adoquines serán de color uniforme, parejas, es decir sin fisuras, huecos, hormigueros, descascaramientos o materiales extraños (madera, semillas, piedras grandes, etc.). El color y tipo (rugosidad) de la superficie se acordará entre el productor y el comprador porque no existe una forma práctica para medirlos.

Aristas y esquinas. Los bordes o aristas serán agudos, es decir sin desbordamientos, embombamientos o

torceduras; y no tendrán rebabas horizontales (en la cara inferior), ni verticales (en la cara superior del adoquín). Esto mismo se debe cumplir para las esquinas y para el bisel.

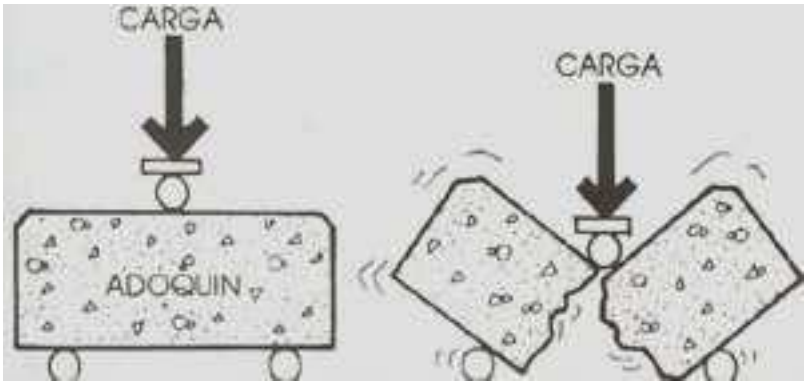


9. Materiales – Los adoquines – Calidad (2)

La resistencia de los adoquines necesita ser mayor para aguantar la abrasión debido al tránsito, que para no partirse bajo las cargas de los tractores y camiones. Además, el desgaste ocasionado en los adoquines por el paso de personas o animales es igual o peor que el de los vehículos. Por esto no se pueden usar adoquines de segunda calidad para áreas peatonales. Si estos no cumplen con los requisitos de medidas o resistencia, se utilizarán sólo en lugares donde no sea importe su calidad.

Para evaluar la calidad de los adoquines se envían a un laboratorio para hormigón, pavimentos o suelos, y se les hace un ensayo a flexión, con el cual se determina su resistencia. Estos laboratorios existen en las facultades de Ingeniería Civil o de Construcción de diversas universidades y también los hay particulares en las principales ciudades.

De cada 5 000 adoquines (un "lote"), que lleguen a la obra se escogen 5 adoquines (llamados "muestra"), y se envían al laboratorio, empacados en un embalaje de madera, para que no se golpeen en el viaje. Es importante que la muestra se tome al azar, sin preferir ni los peores ni los mejores, para que represente, de verdad, la calidad del lote.



Las muestras también se pueden tomar en la planta de producción, directamente de las cargas de los que se van a enviar a la obra. Todos los adoquines de una muestra serán de un mismo lote de producción y no se mezclarán diferentes formas y tamaños, y se marcan con pintura, identificando la obra, el lote y el orden de la muestra (1 a 5).

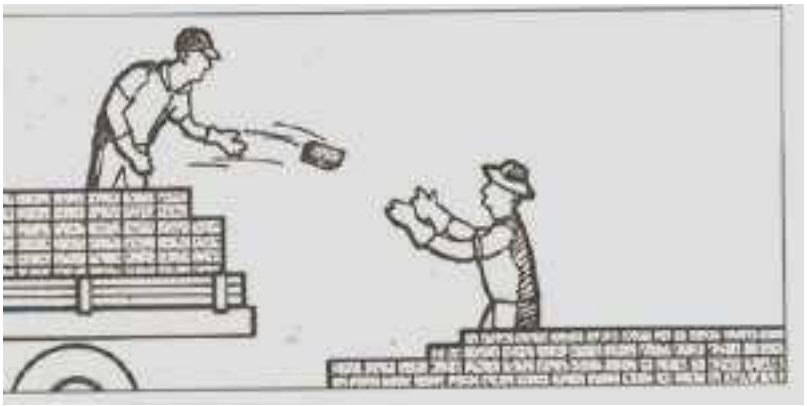
En el informe de laboratorio aparece la resistencia individual de cada adoquín, que no debe ser menor que 3,6 MPa; y la resistencia promedio de los 5 adoquines de la muestra, que no debe ser menor que 4,5 MPa. Si la resistencia viene dada en kilogramos por centímetros cuadrados, el valor individual mínimo deberá ser de 36,7; y el promedio de 45,9.

Laboratorio de Hormigón			
Ensayo de Adoquines de Hormigón			
Obra: Urbanización alfaguara			
Número de Lote	Número del Adoquín	Resistencia de cada adoquín	
		MPa	kg/cm^2

8	1	4,7	47,9
8	2	3,9	39,8
8	3	4,8	48,9
8	4	4,2	42,8
8	5	5,0	51,0
	Promedio	4,5	46,1

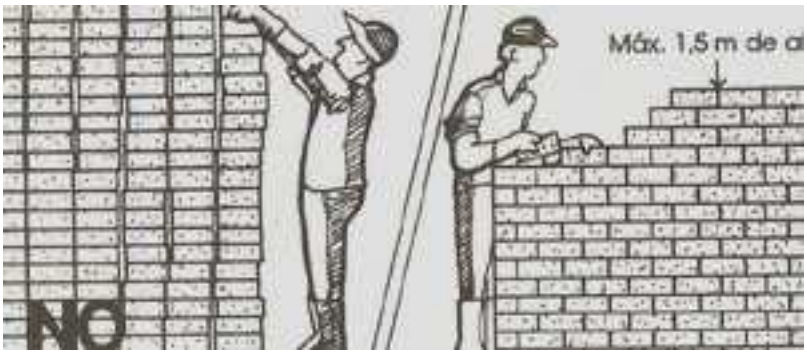
10. Materiales – Los adoquines – Manejo

El transporte y el manejo de los adoquines, desde la planta y dentro de la obra, se hará de la manera más ordenada posible, para evitar que se deterioren y para evitar los retrasos debidos al desorden y poder alcanzar el máximo rendimiento en la construcción del pavimento.



Los adoquines se transportan de la planta a la obra, en volquetas o en camiones plataforma, siempre en cargas ordenadas. Tanto el cargue como el descargue se hará a mano, por "voleo", como para los ladrillos, nunca como

piedras con un cargador, ni se descargarán por "volteo" de la volqueta, porque se pueden despicar o desbordar.



Las cargas de adoquines en la obra no tendrán más de 1,5 m de altura, para que no se derrumben. Estas cargas no se harán en torres, sino con alguna traba en cada capa. Tampoco se harán cargas contra muros porque se pueden recostar sobre ellos y tumbarlos.

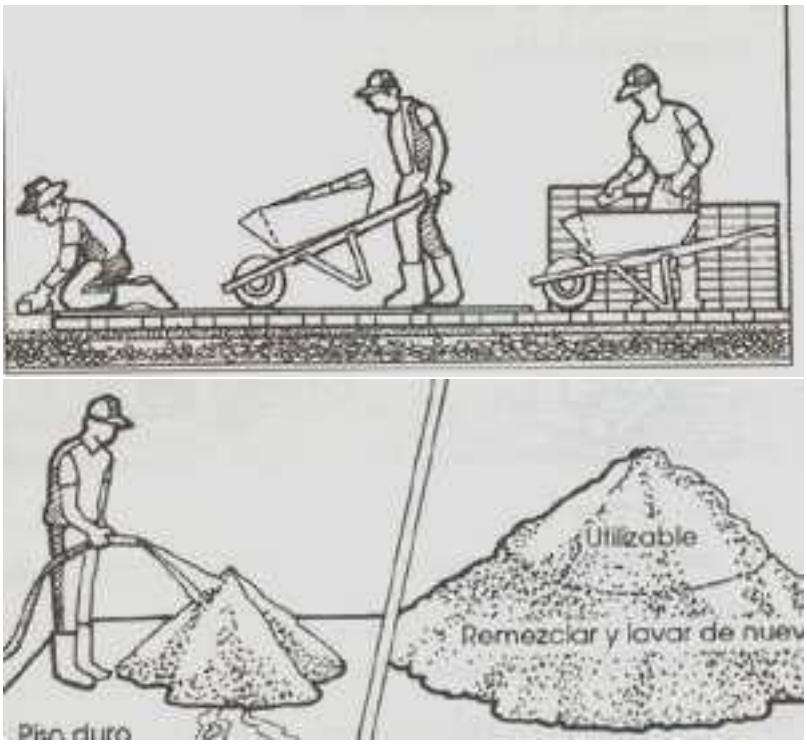
El sitio de descarga de los adoquines estará lo más cerca posible del lugar donde se van a colocar, por lo cual es conveniente hacer cargas pequeños, alrededor de la zona a pavimentar, especialmente si se trata de calles ciegas o áreas como plazas y parqueaderos.

Dentro de la obra, se utilizan carretillas o coches para llevar los adoquines de las cargas hasta donde están los colocadores, para que tengan a mano suficientes unidades. La distribución la hace personal diferente al de los

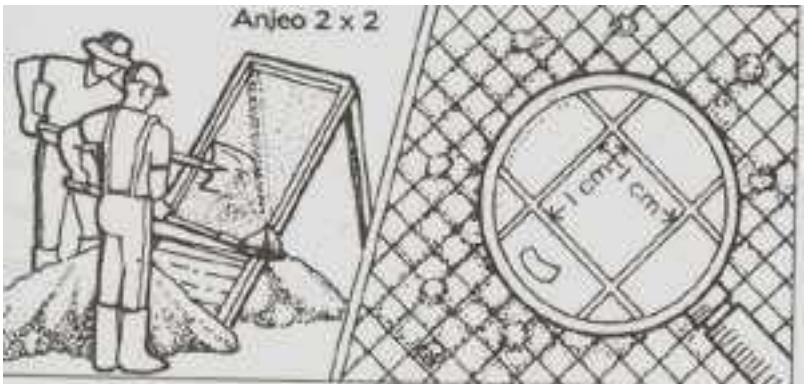
colocadores, para aumentar el rendimiento de la obra.

11. Materiales – Las arenas – Tipo y calidad

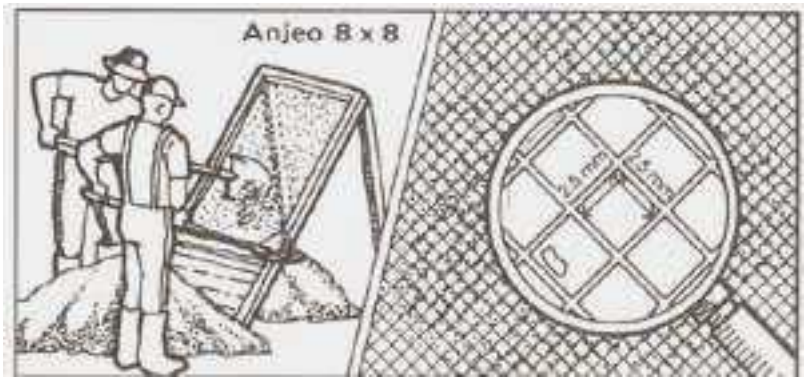
Para la construcción de un pavimento de adoquines se utilizan dos tipos de arenas: una para la capa de arena debajo de los adoquines, que es de arena gruesa, y otra para el sello de arena, que es una arena fina. El zarandeo, lavado y almacenamiento de las arenas, se hace sobre un piso duro, preferiblemente de hormigón, para que ellas no se contaminen con el material del suelo o terreno natural.



Arena para la capa de arena. Es arena gruesa y limpia, como la que usa para hormigón o para pegar ladrillo o bloque. Debe ser arena de río, no de peña ni triturada. Si tiene muchos finos (lodo), se lava echándole agua a las cargas por arriba para que el lodo salga por debajo y se pueda sacar la arena limpia de la parte superior .



Después de lavada y cuando esté ligeramente seca, se pasa por una zaranda de huecos de 1 cm de ancho (anjeo cuadrado 2 x 2), para quitarle las piedras grandes (sobretamaños), el material vegetal (hojas, madera, etc.), y otros contaminantes (plástico, metal, papel, etc.). Esto sirve también para que quede suelta.



Arena para el sello de arena. Es arena fina, como la que se usa para revocar (pañetar, frisar, etc.). No es necesario lavarla pero si es indispensable pasarla por una zaranda con huecos de 2,5 mm de ancho (anjeo cuadrado 8 x 8) para quitarle sobretamaños, el material vegetal, otros contaminantes y para que quede suelta.

La arena para el sello estará lo más seca posible en el momento de utilizarla, para que penetre en las juntas, por lo cual se debe almacenar bajo techo (si se esperan lluvias) y revolverla con frecuencia para seque. La arena gruesa no

tendrá que estar seca, pero mientras menos humedad tenga, más fácil será su manejo.

12. Materiales – Las bases de suelo – cemento

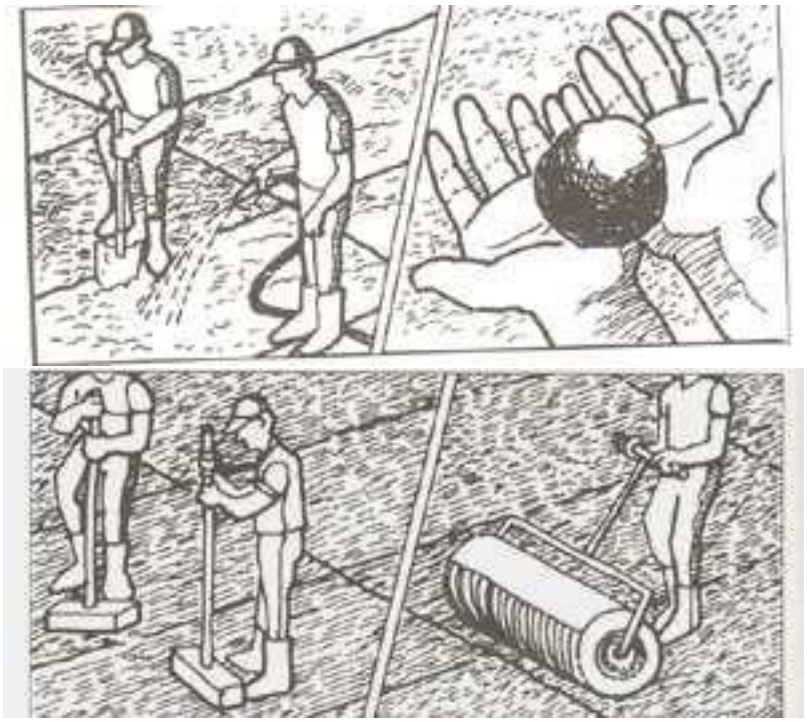
El suelo cemento es una mezcla homogénea de suelo (no vegetal) pulverizado, cemento y agua, que se compacta y se cura, con lo cual adquiere una rigidez mayor que la del suelo natural. Por esto es que, cuando se tienen suelos adecuados, se puede remover una cierta profundidad del terreno natural (subrasante) o traer suelo de algún corte vecino, para producir suelo cemento y utilizarlo como base para el pavimento. En el suelo cemento es fundamental el tipo, homogeneidad, compactación y curado.

El suelo de la subrasante, o el del préstamo, se tritura (o pulveriza). Luego se demarcan rectángulos de 2,5 m de ancho y, en cada uno, se vacía un saco de 50 kg de cemento, por cada 15 cm de espesor de base que se va a

construir. Se mezcla el cemento y el suelo (a pala o con un arado agrícola), hasta que el color sea homogéneo.

Luego se agregan, lentamente, 25 l de agua a cada rectángulo, mezclando hasta que su color vuelva a ser homogéneo. Si tomando un puñado de mezcla se puede formar una bola con las manos, no se echa más agua, si la bola se deshace, se le agrega más agua al suelo cemento hasta poder darle forma a la bola de muestra.

La mezcla de suelo cemento se compacta utilizando compactadores de rodillos "pata de cabra" (si el suelo es arcilloso), o de rodillos "lisos" (si el suelo es arenoso); vibrocompactadores de pala (ranitas) o pisones manuales. La compactación se hace por capas, hasta el espesor indicado en la Tabla 2.



Terminada la compactación, se cura el suelo cemento durante 3 d como mínimo, colocándole unas películas de plástico o lonas impermeables bien pesadas, que cubran toda el área y no dejen escapar la humedad, o colocándoles sacos de papel o de fique, también pisados, que permanezcan húmedos por riego constante de agua.

13. Materiales – Las bases granulares.

El material para una base granular debe ser pétreo, de río o triturado de una cantera. Lo fundamental es que esté limpio, libre de lodo y basura, y que no tenga piedras muy grandes, porque la falta de uniformidad puede generar asentamientos irregulares. Este material debe estar bien graduado, es decir, tener granos (piedras) de todo tamaño, desde arena hasta piedras de 5 cm, para que al compactarlo amarre bien.

Se retiran todas las piedras que miden más de 5 cm, tanto del material redondeado como del triturado. Si se tiene polvo o lodo, se deberá lavar, echándole agua por la parte superior de la carga, para que el lodo salga por debajo, pero sin que se pierda la arena.

La compactación tiene como objeto acomodar los diferentes tamaños de granos para que la capa quedo lo más densa y

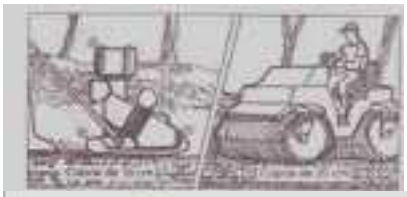
resistente posible. El pavimento debe quedar firme desde su construcción y no será suficiente darle algunas pasadas con una volqueta o camión cargados, sino que es necesario hacerlo con el equipo adecuado.

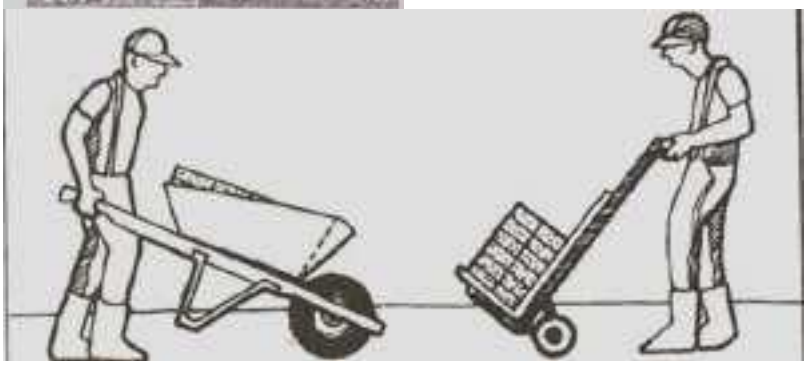
Mientras más pesado sea el equipo disponible, más gruesas serán las capas que se pueden compactar de una sola vez. Con rodillos de 10 t, se compactan hasta 20 cm; con placas vibrocompactadoras hasta 10 cm y con pisones manuales no más de 5 cm. El total de material compactado será el indicado en la Tabla 3.

Cuando se va a compactar, es bueno que el material tenga cierta humedad para que se acomode más fácil; pero no puede estar empapado porque el equipo se hundirá en él y el agua no lo dejará amarrar bien. Por esto, si se lava, se debe hacer con anticipación, para permitir que escurra (drene).

14. Equipos y Herramientas.

En la construcción de un pavimento de adoquines se requiere sólo de equipos y herramientas sencillos para el transporte y corte de los adoquines; la colocación de la capa de arena, de los adoquines y del sello de arena, y adicionalmente, el equipo para la compactación de los adoquines.

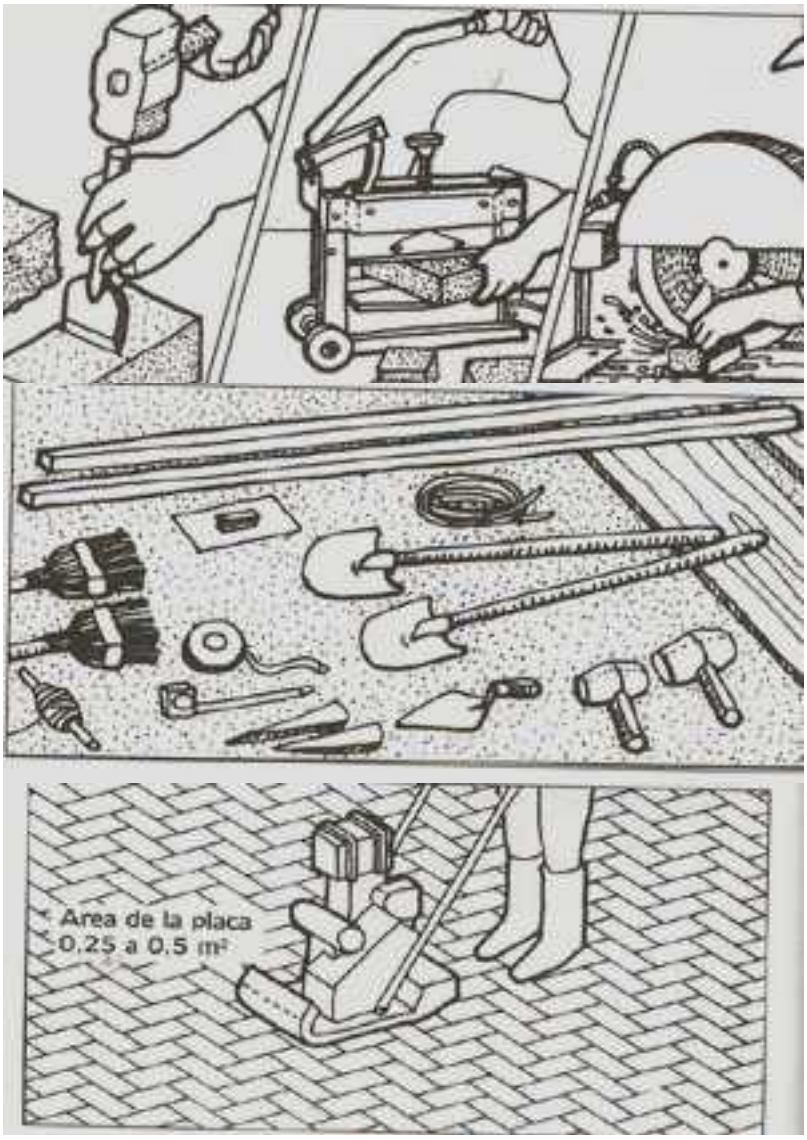




Para el transporte de los materiales y las herramientas en la obra se emplean coches de los que se utilizan en la construcción. Para la distribución de adoquines se emplean carretillas como las que se usan para transportar cajas de gaseosas, colocándoles una tabla en la base y otra que sirva como respaldo, para poder apilar los 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 circulares con disco metálico. Mientras más refinado sea el equipo, los ajustes serán más precisos pero también será más costoso.

Como herramienta para la construcción, es necesario contar con: 3 codales o reglas (de unos 3 m de largo y 4 cm de sección), tablas o tablones (de apoyo para los colocadores), herramientas varias (Hilos, estacas, nivel de manguera, palustres, llanas, un mazo de caucho por colocador, 2 escobas, 2 palas, cintas métricas, lápices, etc.).



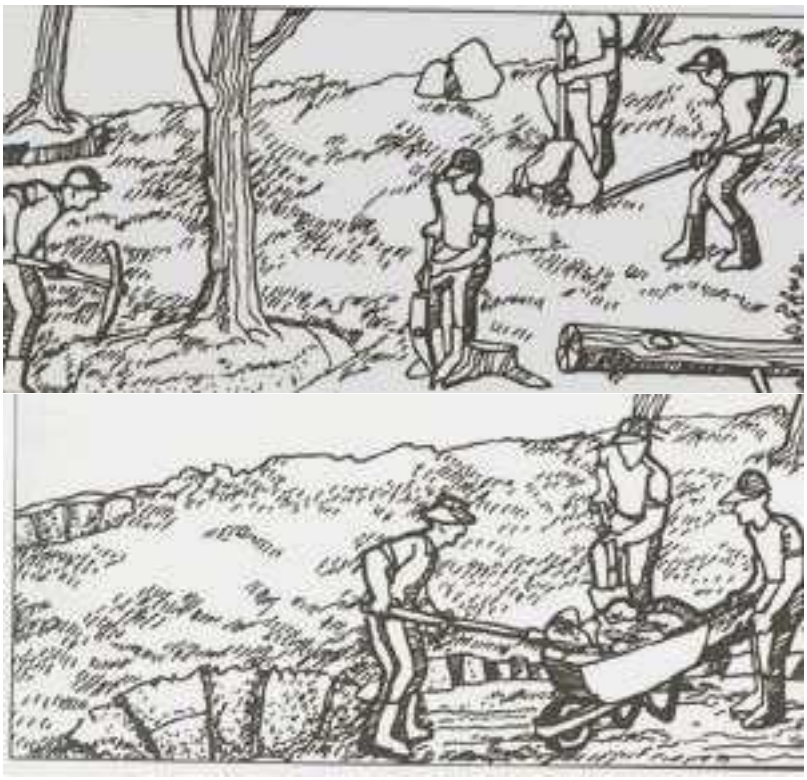
Para compactar la capa de adoquines es indispensable utilizar una vibrocompactadora de pala ("ranita"). El área de la placa de la compactadota debe estar entre 0,25 m^2 y 0,5 m^2. No se deben utilizar placas más grandes porque pueden fisurar los adoquines, especialmente si éstos tienen 6 cm de espesor.

15. Preparación del terreno natural

La construcción del pavimento se inicia estudiando la zona

por donde se va a construir la vía y preparando el terreno o subrasante. Estos trabajos preliminares son muy diferentes si el pavimento se construye sobre el terreno natural o sobre un pavimento existente. La subrasante debe quedar al nivel indicado y con las mismas pendientes que va a tener el pavimento, para poder colocar capas de igual espesor en toda el área del pavimento.

La primera actividad consiste en retirar los materiales ajenos a la vía como árboles, piedras o resto de construcciones y de pavimentos antiguos cuando no se vayan a utilizar estos últimos como parte de la estructura del nuevo pavimento. Es aconsejable transplantar los árboles pequeños, al menos a 5 m de la vía.

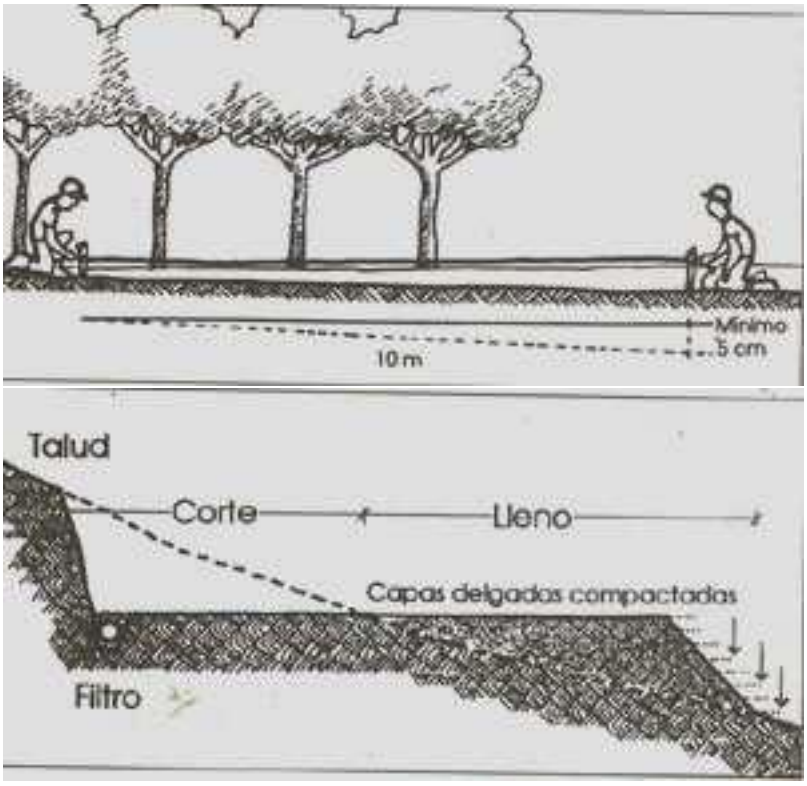


Se retiran completamente la capa de materia orgánica (tierra y material vegetal) y las zonas pequeñas de material

más blando que el común (como la arcilla). Así mismo se deben investigar las zonas que permanecen húmedas o se inundan en invierno, porque pueden tener nacimientos de agua o mal drenaje.

En ese momento es indispensable estudiar las pendientes naturales del terreno y los niveles a los que se tiene que llegar con el pavimento, para definir si: ¿Hay que hacer cortes o rellenos? ¿Con qué pendientes va a quedar el pavimento? ¿Qué estructuras se deben construir para el drenaje (cunetas, sumideros, cárcamos, etc.)?

Se debe revisar que en los cortes no haya nacimientos de agua. Si en su parte inferior hay humedad, se debe construir un filtro en el borde de la vía. Los llenos se deben hacer con materiales pétreos o limos; en general, tierras que no se ablanden con la



humedad y que sean de calidad similar o mejor que los que se tiene en ese lugar.

16. Construcción de bases sobre el terreno

En los capítulos anteriores se determinaron las propiedades que debe tener cada una da las capas del pavimento, los materiales componentes y la manera de construirlas. Pero es conveniente tener algunos cuidados con la subrasante sobre la que se construyen, bien sea el suelo natural u otro pavimento existente. Estas actividades dependerán del tipo de subrasante que se tenga y del material de la base.

Se nivela la subrasante con las pendientes definidas por el diseño geométrico de la vía para el drenaje, de modo que sobre ésta se coloque después un espesor constante en toda el área del pavimento. Se retira el material que sobre en los cortes o se rellenan las zonas bajas, o huecos, 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 terminada (compactada) antes de colocar la siguiente. El espesor de cada una de estas capas es función del equipo que se tenga para la compactación.

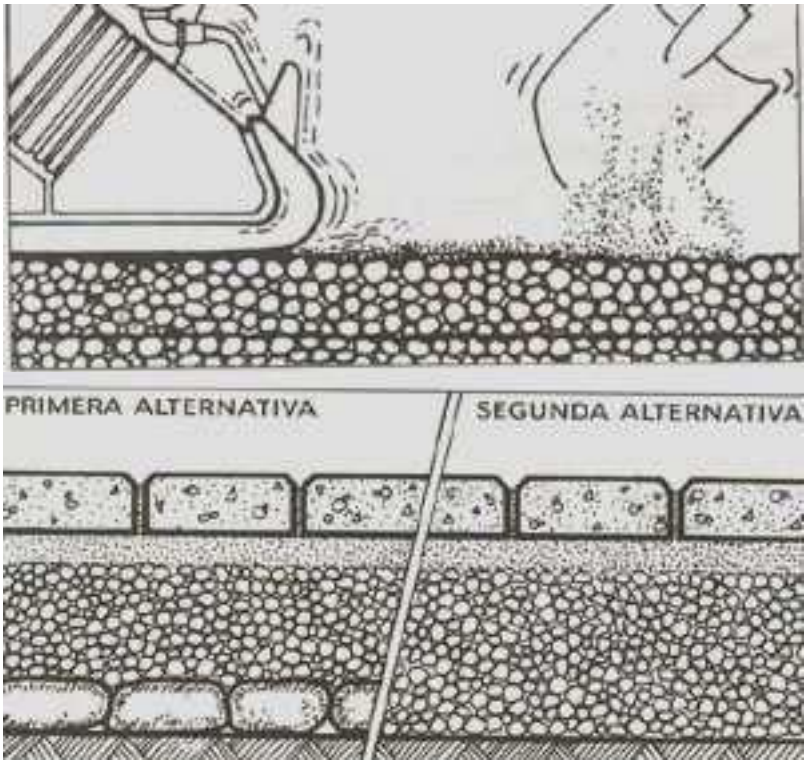
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN BAUTISTA
Dpto. de Misiones – Republica del Paraguay
Cuna de Mangore
Telefax.: (595 081) 212235

Como al compactar una cantidad definida de material de base se reduce su espesor, es necesario colocar uno mayor, de material suelto, para que al compactarlo quede con el espesor requerido por el diseño.

La superficie quedará lo más cerrada posible, sin huecos, para que la capa de arena no se pierda por entre ellos. 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 base.

17. Construcción de bases sobre pavimentos

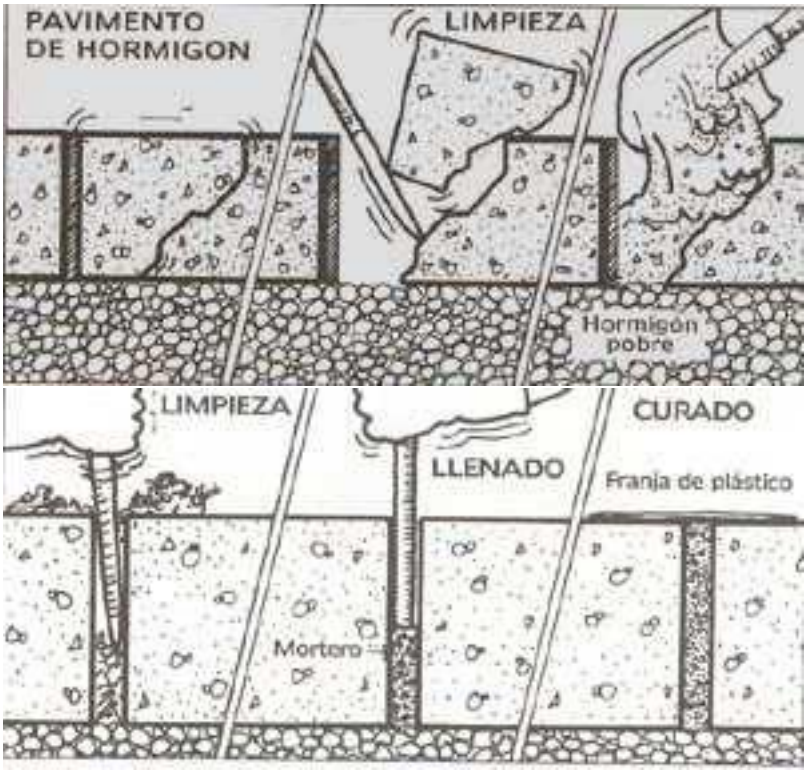
Con frecuencia se construyen pavimentos de adoquines sobre pavimentos en mal estado. Estos pueden ser empedrados, pavimentos de asfalto, de hormigón o de material granular que se ha colocado con anterioridad.



Cuando se ha tomado la decisión de reemplazar los empedrados antiguos por un pavimento de adoquines, se debe evaluar el precio al cual se puede vender la piedra después de arrancarla y compararlo con el del material de base que habrá que traer para reemplazar su aporte a la rigidez (resistencia) del pavimento.

Si la subrasante va a ser pavimento de asfalto existente, hay que rellenar los huecos que tenga antes de colocar la base. Esto se hace con un suelo cemento o con un "hormigón pobre" (1 parte de cemento por 15 de agregados – arena y gravilla- y muy poco agua), que se puede manejar como un suelo cemento.

Si se tiene losas de hormigón, hay que revisar que tanto las losas como los pedazos fracturados no se muevan con el tránsito. Si se mueven, hay que sacarlos y rellenar esos huecos con "hormigón pobre". Si existen nacimientos de agua, es necesario construir filtros para encauzar el agua.



Las juntas entre las losas se deben abrir para limpiar todo el material que tengan adentro. Luego se rellenan con un mortero de 1 parte de cemento por 4 de arena. Los rellenos de la subrasante de los tramos de losa y de las juntas, se deben dejar endurecer, por lo menos durante un día, antes de continuar la obra.

18. Organización del trabajo (1)

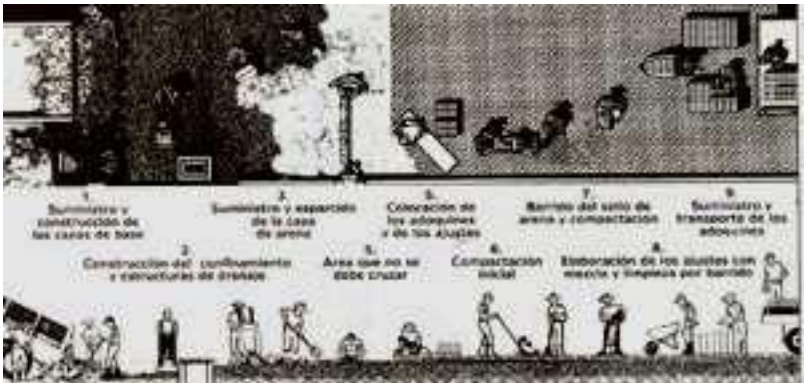
La construcción del pavimento de adoquines seguirá, cuidadosamente, un orden en las actividades a realizar, para evitar desperdicios de tiempo y de materiales, pues se tienen materiales y frentes de trabajo muy diferentes que sólo cuando se coordinan debidamente permiten obtener un buen pavimento.

La capa de arena, ya colocada, divide el área de trabajo en dos, porque ésta no se puede pisar ni desordenar. Por esto,

se debe planear el suministro de materiales y equipos así: Los de la base y la capa de arena llegarán por el lado hacia el cual avanza la pavimentación y los adoquines y la arena de sello lo harán por el lado terminado.

Para la adecuación del terreno y la construcción de las capas de base se siguen las recomendaciones que tradicionalmente se han hecho para otros tipos de pavimentos y las que aparecen mencionadas anteriormente, de acuerdo con el tipo de material disponible para ellas.

Para poder colocar la capa de rodadura, que como se dijo está compuesta por la capa de arena, los adoquines y el sello de arena, es necesario tener listas todas las estructuras de confinamiento y drenaje que vayan a formar parte del pavimento, de modo que se forme una caja dentro de la cual se construya dicha capa.

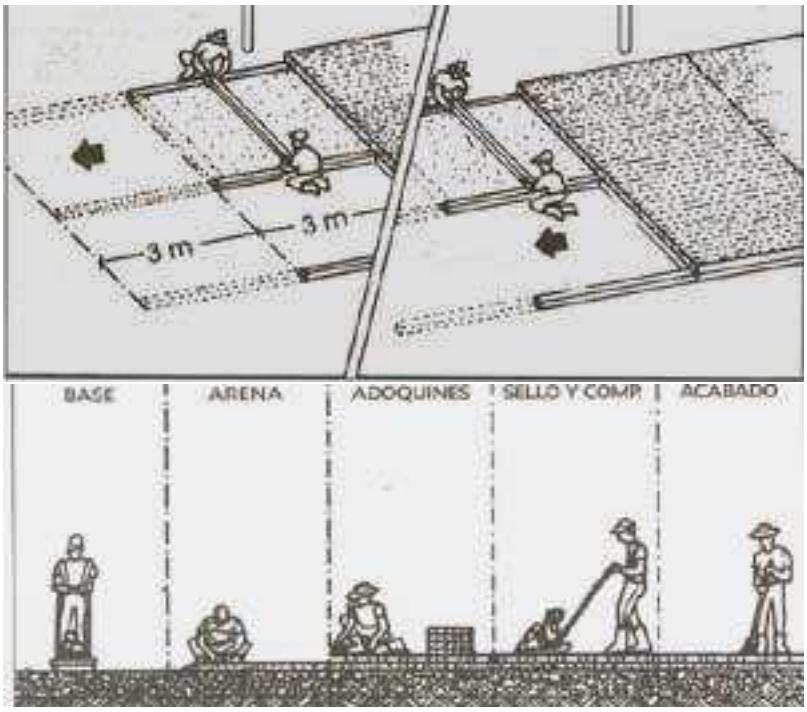


19. Organización del trabajo (2)

Cuando se tiene completamente definida el área a pavimentar es necesario definir cómo se va a acometer el trabajo; porque éste se tendrá que realizar por tramos, si el área a pavimentar sobrepasa los 10 m^2, aproximadamente. Esta organización dependerá del tamaño y de la forma del área a pavimentar (pues no es lo mismo pavimentar calles

angostas y largas que parqueaderos o plazas más cuadradas), de la cantidad de equipo y mano de obra disponibles y de los plazos para la obra.

Cuando se va a pavimentar una vía, se trabaja en franjas de todo su ancho, colocando tres rieles para enrasar la capa de arena: uno a cada lado y otro en el centro. Como tales rieles son, por lo general, de 3 m de largo, ésta será la distancia que la cuadrilla avanzará en cada tramo, el cual se deberá terminar antes de iniciar el siguiente.

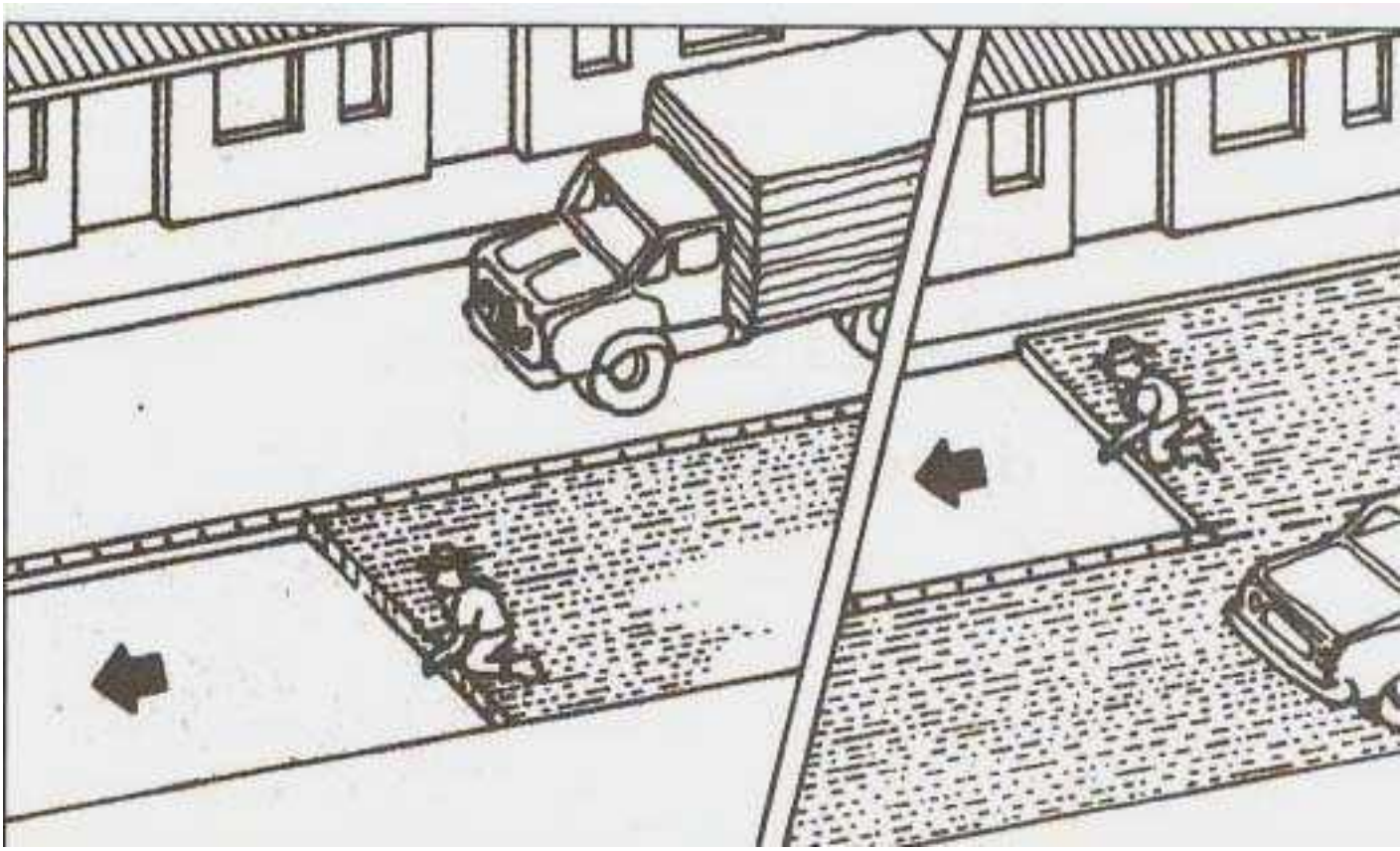


Para agilizar la pavimentación, se pueden tener cuadrillas dedicadas a cada actividad, que trabajen como en un tren y que vayan terminando tramos cortos en vez de hacer tramos largos (entre media y una cuadra); pues la capa de arena y la de adoquines, sin compactar, se pueden alterar por causa de la lluvia o de peatones imprudentes.

Cuando se va a pavimentar una vía que no se puede cerrar

(como el acceso a una población), hay que hacerlo por carriles, en vez de franjas, obligando a construir un confinamiento longitudinal, en el centro, para poder dejar en servicio un carril mientras se trabaja en el otro.

El confinamiento longitudinal permanente (de hormigón) es costoso y afea el pavimento, por lo cual se puede crear un confinamiento provisional (de madera o metal, que se puede ir retirando a medida que se va adoquinando el segundo carril.



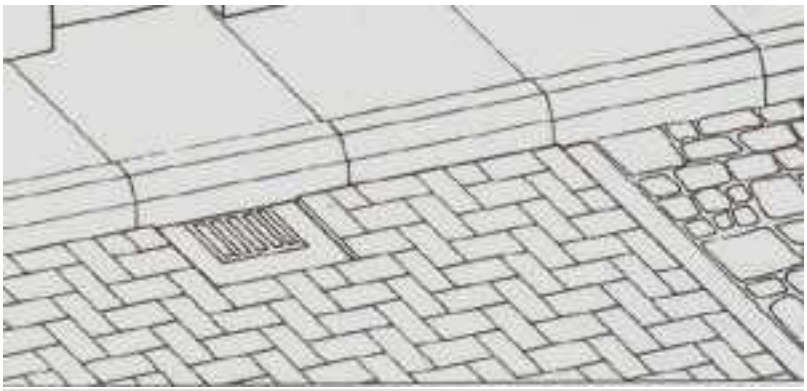
20. Confinamiento externo

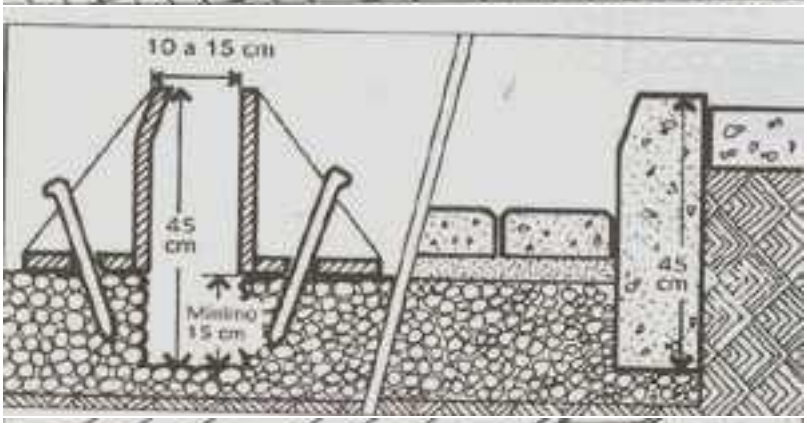
El confinamiento es parte fundamental del pavimento de adoquines, porque evita que el tránsito desbarate la capa de rodadura que va unida por compactación. Se puede hablar de dos tipos de confinamiento: externo, que rodea el pavimento, e interno que rodea las estructuras que se encuentran dentro de éste. Es indispensable construir el confinamiento antes de esparcir la capa de arena, para poder colocar ésta y los adoquines dentro de una caja, cuyo fondo sea la base compactada y sus paredes las estructuras de confinamiento.

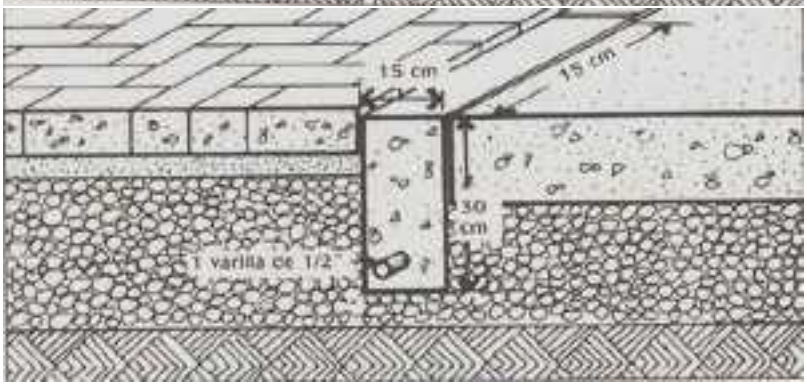
El confinamiento externo está conformado, en general, por: el cordón de un andén, un bordillo contra una zona verde o un cordón, a ras, contra otro tipo de pavimento. Como estos elementos están en contacto directo con las llantas de los vehículos, serán de hormigón de muy buena calidad y muy bien terminados.

Los bordillos vaciados en obra se hacen con formaleta, vibrados y bien acabados, nunca de mortero tirado como revoque. Tienen un espesor de 10 cm para tránsito peatonal, 15 cm para vehicular y 45 cm de profundidad, para que penetren 15 cm en la base. Si son prefabricados, necesitan un respaldo firme (andén) o un contrafuerte de

hormigón.





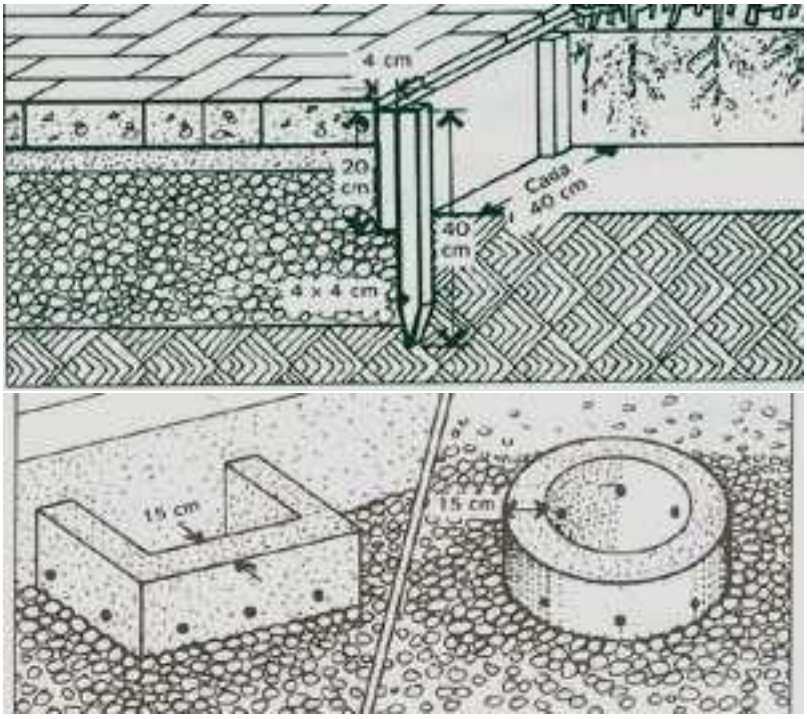


Cuando se empalma un pavimento de adoquines con uno de otra clase y que tenga bordes irregulares o con un destapado, se construye un cordón, como los de confinamiento pero sin oídos, que marque el cambio de tipo de pavimento. Si el borde de las losas de hormigón está en buen estado, sirve como confinamiento.

En pavimentos para tránsito peatonal o de bicicletas, especialmente en parques y jardines, se puede hacer un confinamiento externo con tablas de madera tratada, de 4 cm de espesor y, al menos, 20 cm de ancho, confinadas con estacas de 4 cm x 4 cm o varillas de acero de refuerzo (ø 1/2¨), de 40 cm de largo y colocadas cada 40 cm.

21. Confinamiento interno

Nunca se vacían confinamientos, a ras, contra adoquines ya colocados, porque terminan figurándose en los puntos donde correspondería una junta entre adoquines a cierta longitud, sino se le dejan juntas. Adicionalmente, el borde se va descascarando. Por esto es que la capa de adoquines es la que se debe ajustar, con piezas partidas, contra el confinamiento construido con anterioridad.



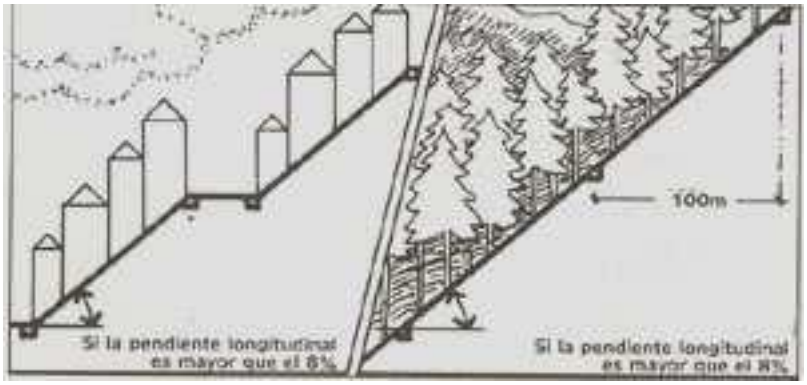
Parte del confinamiento interno son las estructuras que están dentro del pavimento (sumideros, cámaras de inspección,

cunetas, etc.) Sus paredes serán de hormigón, prefabricadas o vaciadas, con un espesor de 15 cm para tránsito vehicular,

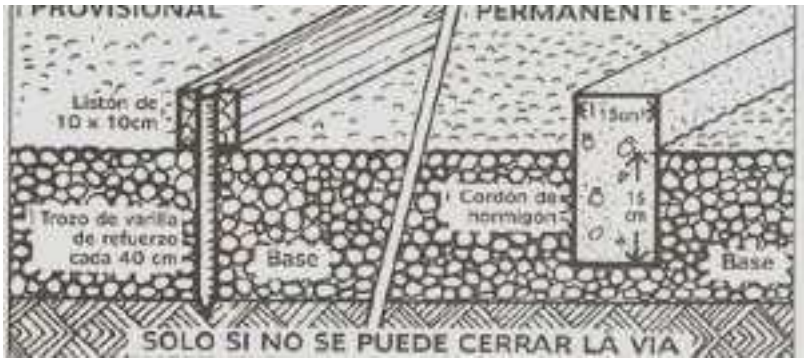
10 cm para peatonal y con oídos de ø1/2¨, cada 25 cm, a nivel de la capa de arena, si son de drenaje.

No hay que construir cordones transversales de confinamiento para los adoquines cada cierta distancia, por temor a que se corran. Se pueden construir cuando haya cambios fuertes de la pendiente de la vía. Si ésta tiene más del 8 %, se confina al comenzar y terminar cada cuadra, en calles, y cada 100 m, en carreteras.

Estos cordones transversales de confinamiento serán de hormigón, prefabricados o vaciados, de 15 cm de espesor y de 30 cm de profundidad, para que penetren 15 cm en la base. Si son vaciados tendrán como refuerzo una varilla continua de ø1¨,



a 5 cm del fondo; juntas al tope, cada 1,5 m, y oídos de ø1/2¨, cada 25 cm a nivel de la capa de arena.

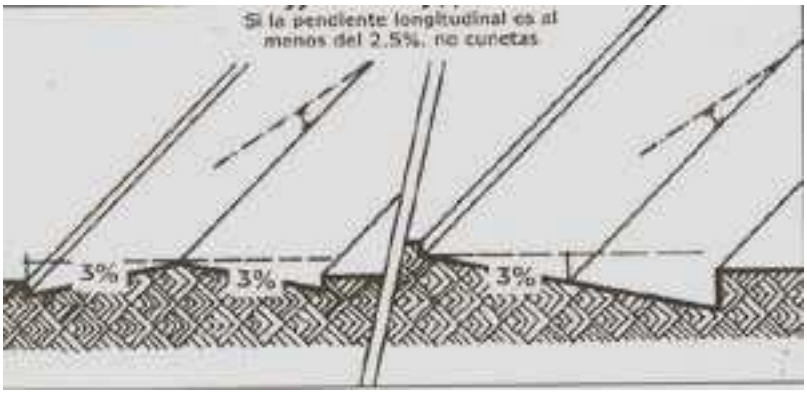


Cuando se construye el pavimento de adoquines por carriles vecinos, se debe construir un cordón longitudinal de confinamiento, similar a los transversales, o uno provisional conformado por una sección de madera de 8 cm x 8 cm., clavada en la base con varillas de refuerzo de ø1/2¨, de 40 cm de largo, cada 40 cm.

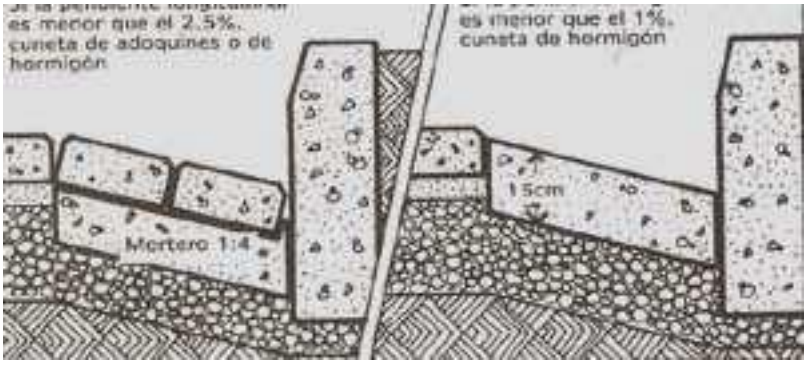
22. Drenaje – Pendientes

El drenaje se refiere a los aspectos u obras que sirven para manejar las aguas que puedan afectar el pavimento. De este se distinguen dos tipos: el drenaje superficial, que maneja y encauza el agua que está sobre pavimento (pendientes, cunetas, sumideros, etc.) y el drenaje subterráneo, la que maneja el agua que está debajo del pavimento (filtros, alcantarillados, etc.). En este capítulo se hace mayor

énfasis en el drenaje superficial.



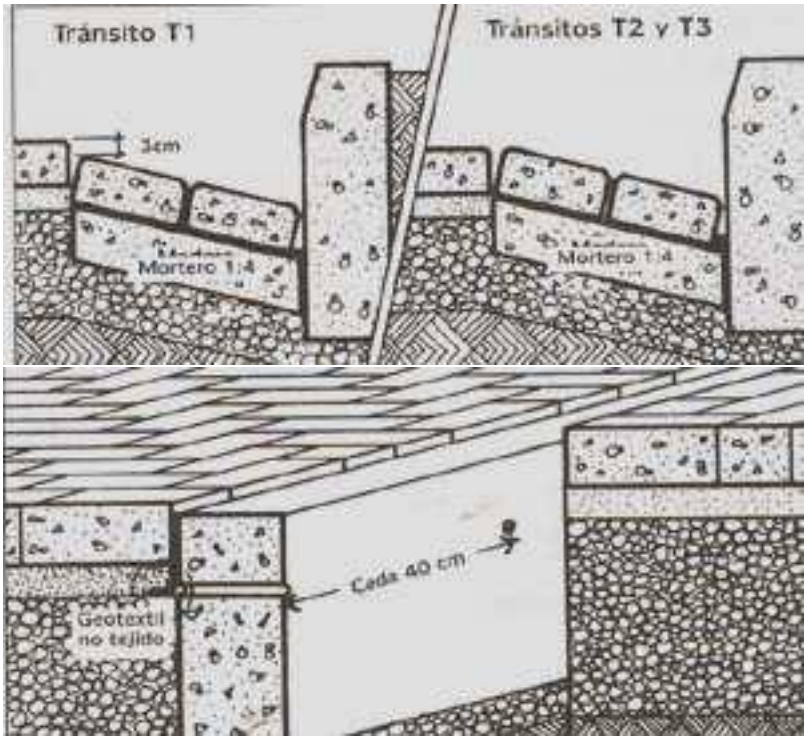
Las pendientes del pavimento buscan evacuar el agua de su superficie para: mantenerla seca, reducir la penetración de agua por las juntas y conducirla a las estructuras de drenaje. Cuando la pendiente longitudinal de la vía es de, al menos, el 2,5 %, su pendiente transversal, será de, mínimo, el 3 % y no es necesario construirle cunetas a los lados.



Si la pendiente longitudinal de la vía es menor del 2,5 %, se construyen cunetas a uno o ambos lados de la vía, según las pendientes transversales. Estas cunetas se pueden hacer con adoquines colocados sobre mortero, o de hormigón. Si la pendiente longitudinal es menor del 1 %, la cuneta tendrá que ser hormigón y de, como mínimo, 15 cm de espesor.

Cuando se tiene tránsito peatonal o T1, las cunetas se pueden hacer escalonadas hasta 3 cm, con respecto a la superficie del pavimento. En áreas pavimentadas con adoquines, diferentes a vías, como plazas, parqueaderos, patios, etc., la pendiente mínima será del 2 %.

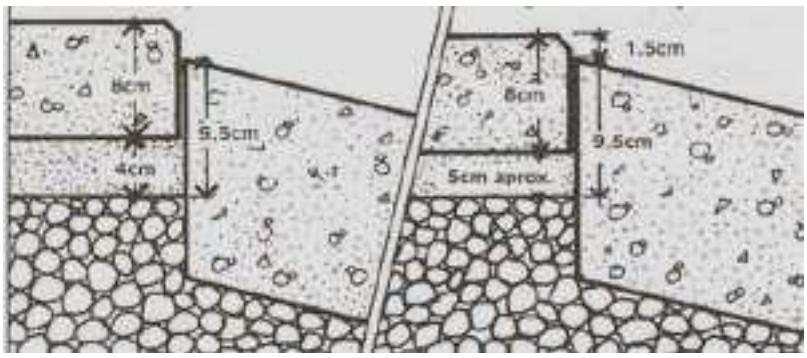
Se dejan oídos (perforaciones) en las paredes de los sumideros, cárcamos o cordones transversales, introduciendo, durante el vaciado tubos de PVC de ø1/2¨, cada 40 cm, a nivel de la parte de la capa de arena. El lado del tubo que está en contacto con la arena se cubre con un parche de geotextil no tejido para que no se pierda la arena.



23. Drenajes (2)

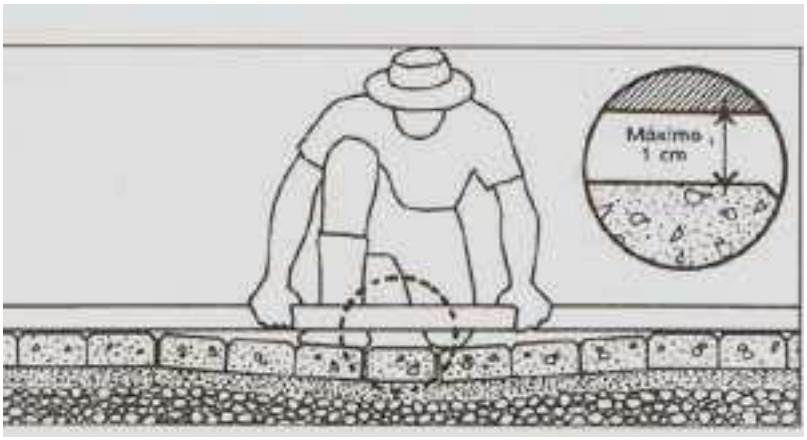
Los niveles y la uniformidad de la superficie de adoquines se pueden considerar como parte de los requisitos de drenaje, porque sin éstos las pendientes o las estructuras

de drenaje no funcionan adecuadamente. En esta publicación no se tratan con detenimiento los elementos del drenaje subterráneo, como los alcantarillados. Sólo se muestra la manera de construir un filtro corriente de grava.



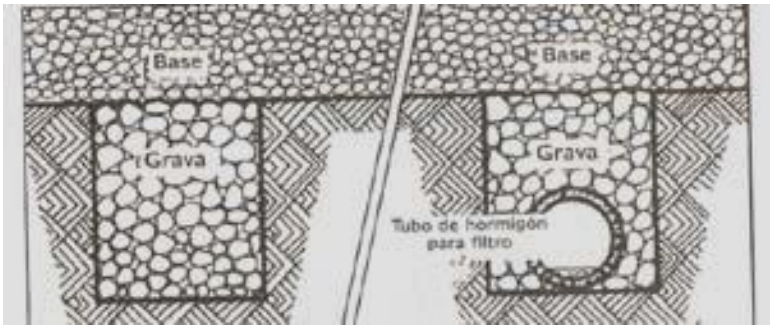
Antes de compactar Después de compactar

La superficie de adoquines, después de terminado el pavimento, quedará 1,5 cm por encima de cualquier estructura de drenaje o confinamiento interno. Por esto es necesario tener en cuenta que los 4 cm de arena se reducen a unos 3 cm con la compactación, por lo cual la base tendrá que quedar a 9,5 cm por debajo de las estructuras.



Para que el agua corra fácilmente sobre el pavimento de adoquines, su superficie debe quedar pareja. Si se coloca un codal o regla de 3 m, ningún punto de la superficie de

los adoquines (no en las juntas) puede quedar a una separación de más de 1 cm. Si así ocurre, se debe corregir el proceso de construcción hasta alcanzar esta calidad.

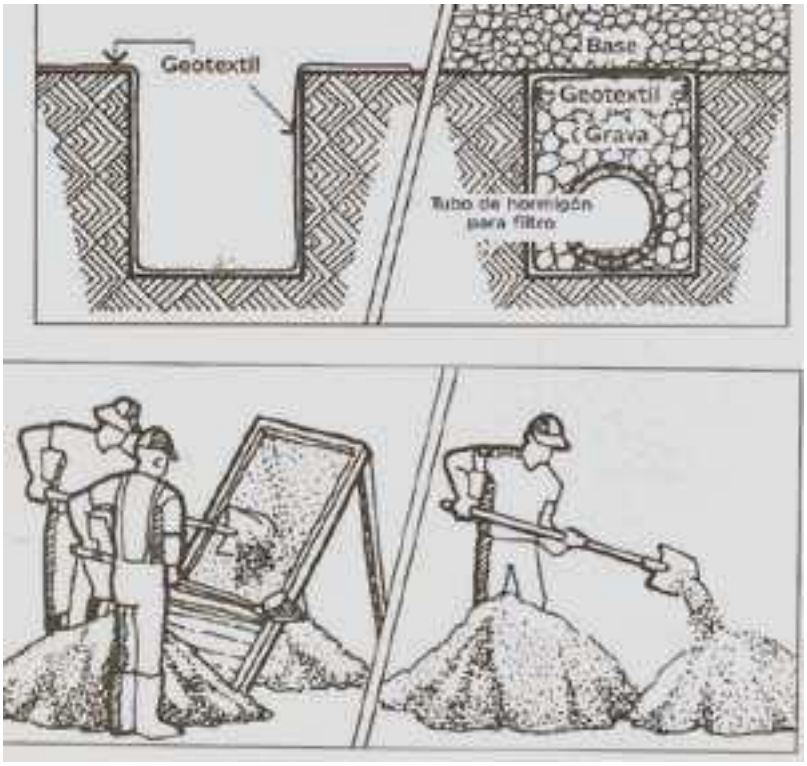


Si el nivel del agua del terreno está muy alto y ablanda la subrasante o aparece durante la construcción, se construye un filtro debajo de la base, consistente en una zanja llena con grava u cubierta con ésta. Si hay mucho agua, se coloca un tubo de hormigón perforado en la parte inferior de la zanja, para sacar esta agua hacia un alcantarillado.

Si el suelo del lugar es muy fino se aconseja, una vez que se ha abierto la zanja, forrar las paredes con geotextil, colocar un poco de grava, se cierra el geotextil y se coloca encima del suelo necesario o la base, bien compactados.

24. Esparcido de la capa de arena (1)

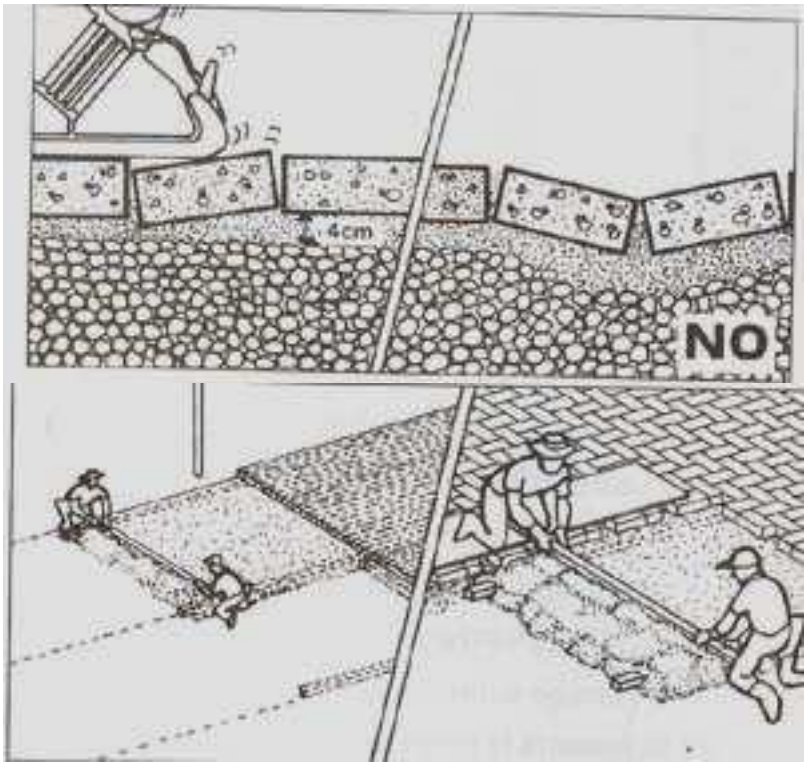
La capa de arena tiene tres funciones: servir de filtro para el agua que pueda penetrar por las juntas; de capa de acomodo para los adoquines y, al penetrar por las juntas, ayudar a que estos se amarren entre sí. La arena con que se construye esta capa debe cumplir con los requisitos establecidos para ella.



Después de pasar la arena por la zaranda, se traspala, varias veces, hasta que su humedad sea uniforme. Luego se lleva hasta el sitio donde se va a utilizar. Esta arena puede estar húmeda pero no empapada de agua. Si esta así, hay que dejarla que escurra antes de usarla.

La capa de arena tendrá un espesor de 4 cm, antes de colocarle los adoquines, y será uniforme en toda la superficie del pavimento. Por esto, no se usa para corregir irregularidades con que pueda haber quedado la base porque, si se hace así, luego aparecerán estas irregularidades en forma de ondulaciones de la superficie del pavimento.

Para colocar la arena se utilizan 3 reglas o codales, de madera o de aluminio, 2 de ellos como rieles y otro como enrasador.



Deben tener 4 m de alto8. Los rieles se colocan paralelos, a ambos lados de la vía y en el centro, para cubrir todo su ancho con sólo dos pasadas.

Estos rieles se asientan sobre la base ya nivelada, y compactada. En el espacio entre ellos se riega suficiente arena suelta como para que quede un poco para arrastrar. El enrasador lo manejarán, desde fuera de los rieles, dos personas, pasándolo una o dos veces a lo largo sin hacer zigzag.

25. Esparcido de la capa de arena (2)

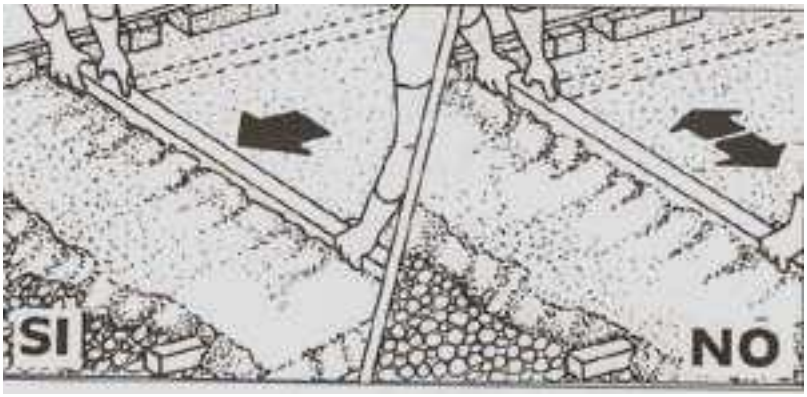
Para asegurar que la superficie final de pavimento de adoquines sea uniforme, es necesario que la calidad de la arena, el espesor en que se coloca y la nivelación de esta capa sean constantes y uniformes.

La superficie de la arena enrasada quedará completa, sin huecos ni rayones. Si antes de colocar los adoquines, esta superficie sufre alguna compactación por el paso de personas, animales, vehículos, etc., la zona alterada se debe soltar con un rastrillo de jardinería y se vuelve a enrasar con una regla pequeña o con una llana.

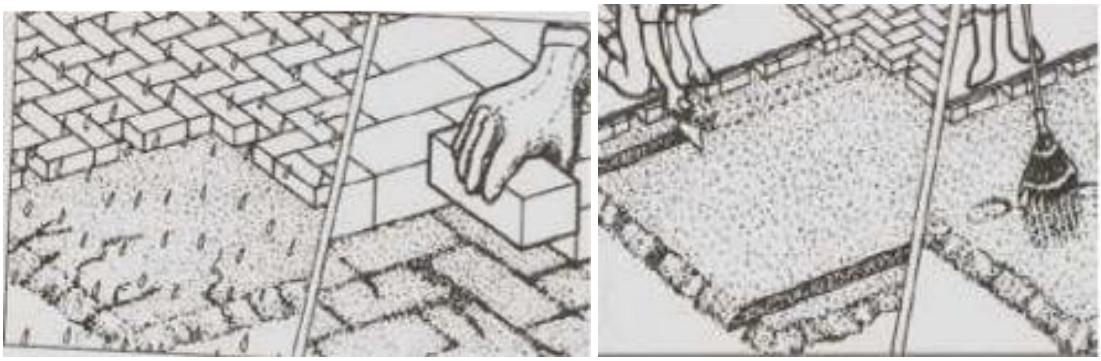
Las huellas que dejan los rieles cuando se retiran, se llenan con arena suelta y luego se enrasa, empleando una llana o regla pequeña; teniendo cuidado de no dañar la superficie vecina, ya terminada. Si antes de colocar los adoquines, cae lluvia abundante sobre la capa de arena enrasada, se retira la arena mojada y se coloca nuevamente arena seca.

Si se habían colocado los adoquines, pero no se habían compactado ni sellado, se levantan algunos y se revisa el estado de la capa de arena.

Si aparecen canales, correspondientes a las juntas, se retiran tanto los adoquines como la capa de arena, y se comienza de nuevo el proceso. Si no hay daños, se espera a que la capa de



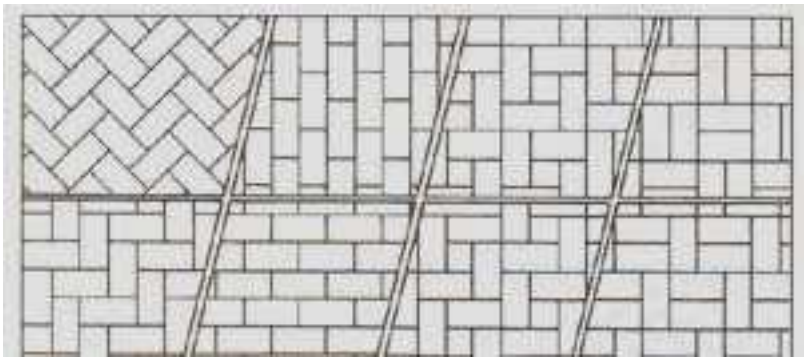
arena escurra bien el agua lluvia que le cayó, antes de proceder a la compactación.

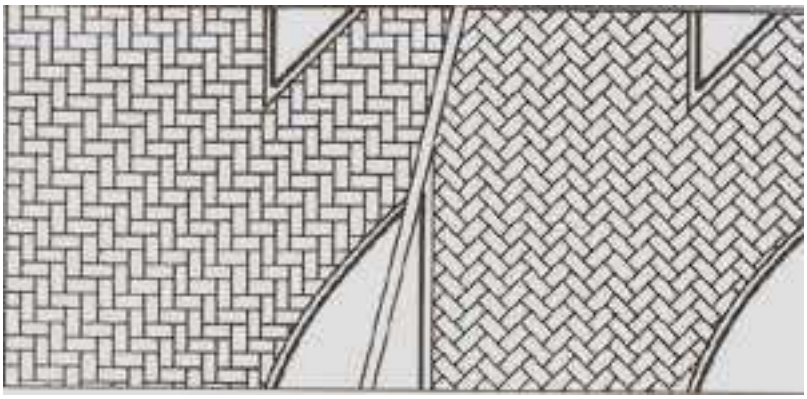


26. Colocación de los adoquines – Patrones

Los adoquines se colocan siguiendo un Patrón de Colocación, que es la manera como van puestos los adoquines, unos al lado de otros; y con un alineamiento, que es la posición del patrón con respecto al eje de la vía. Ambos se deben definir antes de empezar la obra. Para el tránsito vehicular no se pueden dejar juntas continuas en el sentido de la circulación de los vehículos, por lo cual hay que buscar que no queden alineadas con el eje de la vía, o el tráfico mayor. Por esto, hay patrones que sólo se usan para tránsito peatonal.

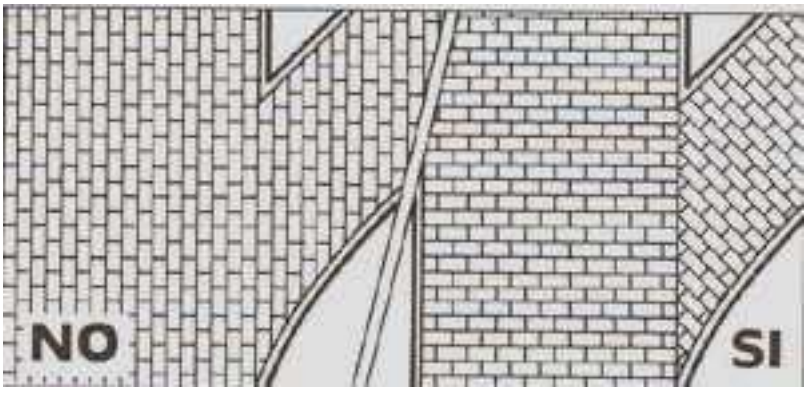
Existe una gran cantidad de formas de adoquines, algunos de ellos, como los rectangulares, se pueden colocar en una variedad, casi infinita, de patrones de colocación. Todos ellos se pueden emplear cuando se tenga sólo tránsito peatonal, sin importar su alineamiento.

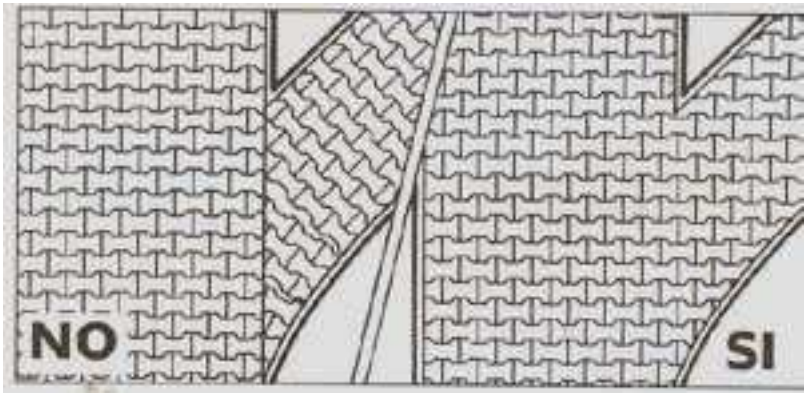




En pavimentos para tránsito vehicular, los adoquines rectangulares se colocan, preferiblemente, en patrón de espina de pescado, alineado con el eje de la vía o en el ángulo que se desee, por lo cual no hay que cambiar de alineamiento cuando se llegue a curvas o a esquinas.

Si los adoquines rectangulares se colocan en hileras, éstas deben ir trabadas, como los ladrillos de un muro, y atravesadas al eje de la vía principal. Al llegar a curvas o esquinas, hay que girar el patrón de colocación. El cambio se hace con ajustes bien partidos o con un cordón transversal. Nunca se pondrán en hileras alineadas con la vía.





Si se tienen adoquines con forma de "I", cruz, trébol, etc., que sólo se pueden colocar en hileras, se deberá tratar de que queden colocados en hileras atravesadas al eje de la vía principal, pero no es necesario girar el patrón de colocación al llegar a curvas o esquinas, a no ser que se quiera hacer por razones de estética.

27. Colocación de los adoquines – Inicio

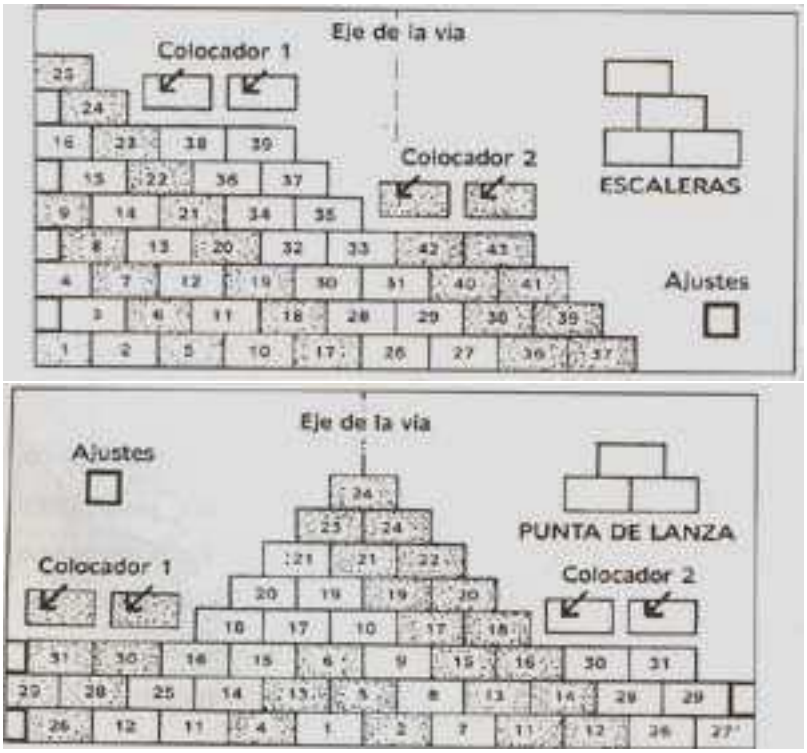
Cada patrón de colocación tiene una secuencia en la cual se colocan los adoquines para tener un rendimiento óptimo. Esta debe permitir más de un colocador trabajando simultáneamente, colocando 2 adoquines en la misma operación y no tener que meter ninguna pieza en huecos, sólo de lado. Pero para alcanzar esta secuencia hay que iniciar la colocación de una manera definida, que varía con el patrón de colocación y con su alineamiento. Se debe colocar un tramo de ensayo de 2 m ó

3 m para corregir alineamientos y aprender la secuencia.

Para colocar adoquines en hileras atravesadas (bien sean de los Tipos 1, 2 o 3), se puede usar como guía uno de los lados de la vía o un hilo en su eje. En el primer caso, se colocan unos 25 adoquines, hasta definir el patrón y se continúa con uno o dos colocadores, con dos líneas cada

uno, preferiblemente uno más adelante que el otro.

Si se sigue un hilo o el eje de la vía, se colocan los 10 primeros adoquines y luego los colocadores (de 1 a 4), avanzan



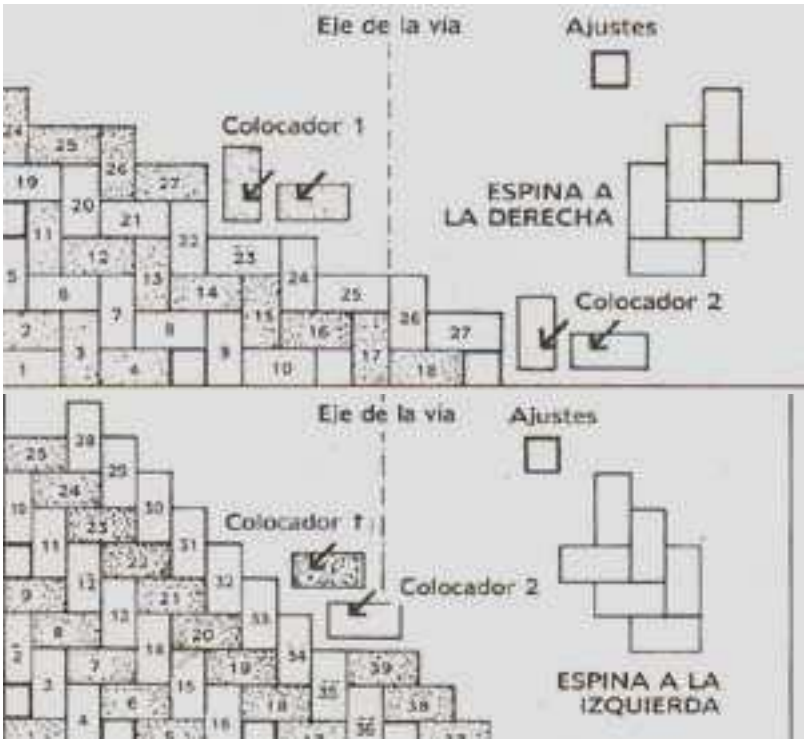
simétricamente, desde cada lado, en líneas oblicuas dobles, hasta terminar la punta de avance en el eje. En cada caso quedan unos espacios para ajustes que se deben llenar posteriormente.

Para colocar la espina de pescado, se debe escoger hacia qué lado se quiere que vaya la diagonal que ésta forma. Si se quiere que avance de izquierda a derecha, se deben colocar 18 adoquines y luego 1 ó 2 colocadores podrán colocar dos hileras, recorriendo la diagonal de adelante hacia atrás.

Si se quiere que la espina de pescado avance de derecha a izquierda, sólo se puede tener un colocador que avanzará por la diagonal, colocando una sola hilera hacia delante y luego hacia atrás. Para colocar la espina de pescado en cualquier otro ángulo, se recomienda utilizar el segundo esquema, pero dará más ajustes.

28. Colocación de los adoquines – hilos

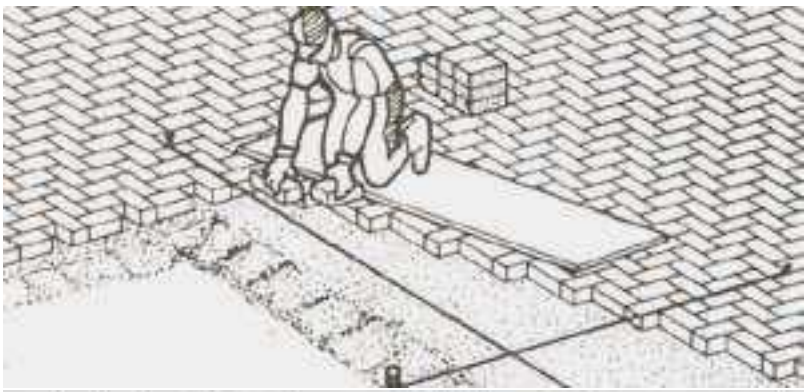
Un alineamiento correcto de los adoquines es un indicativo de su buena calidad (dimensiones iguales) y de la dedicación que se haya tenido durante su construcción. No existe gran diferencia en el rendimiento entre colocar adoquines cuidadosamente alineados y otros dejados a las desviaciones que el proceso

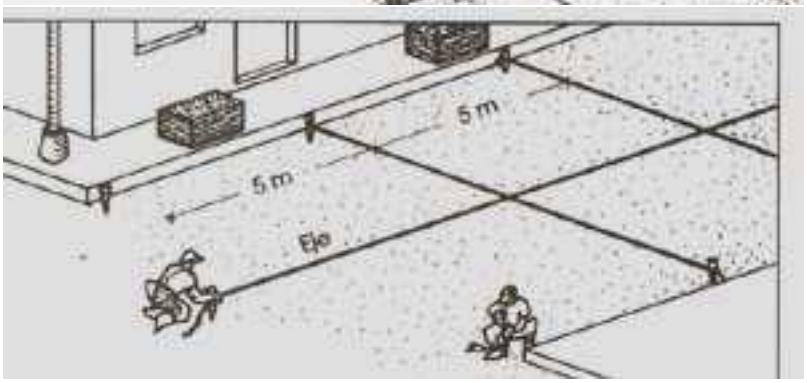


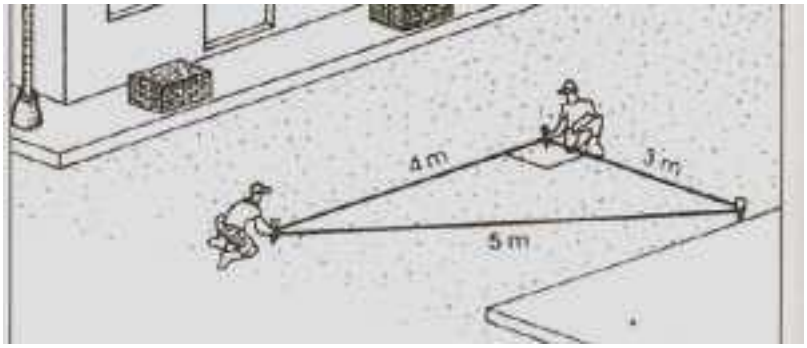
pueda dar; pero el resultado final, sobre todo desde el punto de vista visual, será muy diferente.

Es muy importante que tanto el patrón como el alineamiento de los adoquines se mantengan a lo largo de la vía o zona que se va a pavimentar. Para esto se deben utilizar hilos, a lo largo y a lo ancho de la vía, colocados mediante estacas de madera, trozos de varilla para refuerzo o unos cuantos adoquines bien alineados y nivelados.

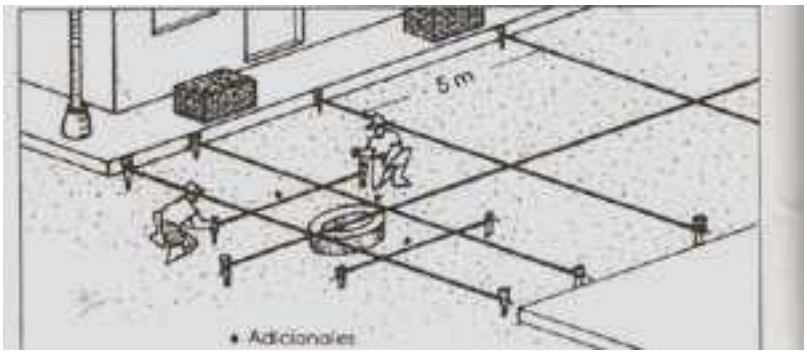
Una vez definido un frente de colocación, se debe verificar el alineamiento de los adoquines con, al menos, un hilo a lo largo e hilos transversales cada 5 m. Los desajustes casi siempre se pueden corregir sin quitar los adoquines, corriéndolos con un palustre, destornillador o barra pequeña, teniendo cuidado de no dañar las piezas.







Para poder definir ángulos rectos, o escuadras, entre hilos, especialmente al iniciar el trabajo, se puede utilizar un hilo de 12 m, con sus extremos unidos, en el cual se han marcado tramos de 5 m, 4 m y 3 m. Si en cada marca se coloca una estaca, los lados de 3 m y 4 m formarán un ángulo recto (escuadra) y el de 5 m será la diagonal.

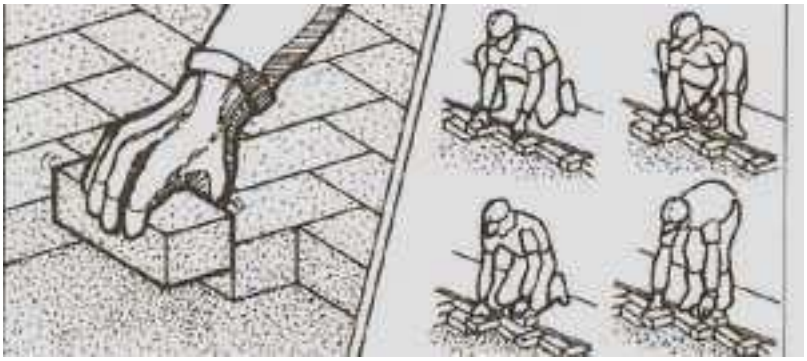


Cuando se tengan interrupciones en el pavimento, como sumideros, cámaras de inspección, jardineras, etc., se deben colocar hilos alrededor de éstas, para asegurar que los adoquines conserven su alineamiento cuando se avance con el adoquinamiento por ambos lados del obstáculo y se encuentren, nuevamente,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

29. Colocación de los adoquines – Cuadrillas

La colocación de los adoquines es una de las actividades más importantes de toda la construcción del pavimento, pues es responsable, en gran medida, de la calidad final de

éste. De ella dependerán los niveles, alineamiento del patrón de colocación, regularidad de la superficie, ancho de la junta, etc., que son fundamentales para el buen acabado y durabilidad del pavimento. Como es una actividad manual, en la cual intervienen muchas personas, es importante tener un muy buen control de ella.



Los adoquines se colocan a mano, por lo cual el colocador deberá usar guantes protectores en cuanto sea posible. Como el colocador trabaja a nivel del piso, deberá asumir la posición que

le sea más cómoda o cambiar la posición a lo largo del día, para evitar la fatiga.

La cuadrilla mínima de trabajo es de tres obreros: el colocador, el que transporta los adoquines y el que prepara el transporte, sin embargo, se pueden tener cuadrillas más grandes o con más colocadores, siempre y cuando la organización de trabajo lo permita.

Puesto que la actividad del colocador es la que exige más esfuerzo físico, es importante que todos los miembros de la cuadrilla sepan desarrollar las diferentes labores, para que se puedan alternar y se evite así la excesiva fatiga de algunos obreros.

Durante la colocación de los adoquines y antes de compactarlos, los colocadores se deberán parar sobre tablas, o tablones o láminas de madera contrachapada ("triples") o aglomerada ("madeflex"), y se deberán formar caminos para los coches que transporten materiales (como adoquines, arena, etc.) sobre los adoquines sin compactar.

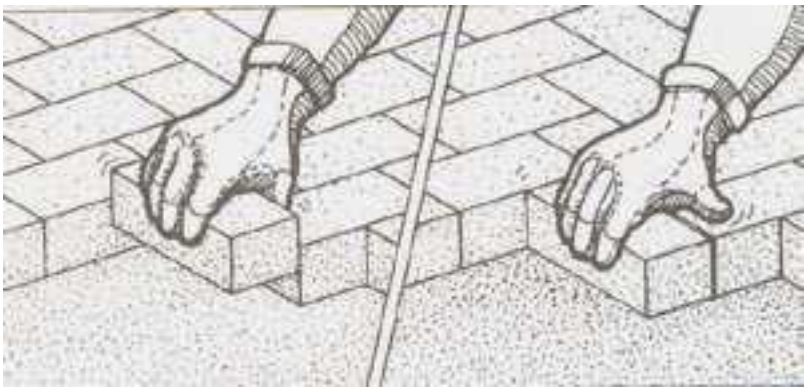
30. Colocación de los adoquines – Juntas

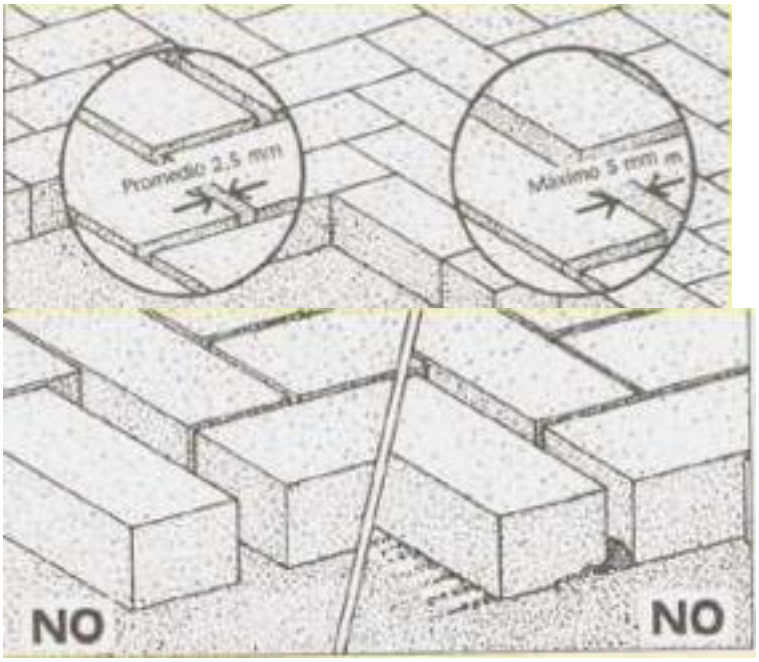
Además de la uniformidad de la superficie de la capa de

adoquines, es importante que las juntas entre éstos queden lo más cerradas posibles para que haya un buen funcionamiento del pavimento, sea impermeable y lo ataque menos el agua de lluvia, o de escorrentía, no le crezca pasto, etc.

Los adoquines se colocan directamente sobre la capa de arena ya enrasada. Cada adoquín se toma con la mano, y sin asentarlo, se recuesto contra los adoquines vecinos, justo en el punto donde se debe colocar. Después de ajustarlo contra éstos, se descorre hacia abajo y se suelta cuando se ha asentado sobre la arena.

Lo anterior equivale a colocarlos a tope, sin dejar, a propósito, una junta abierta. Por las irregularidades de los adoquines y de la colocación, se genera una junta que, en promedio, debe tener 2,5 mm y que nunca debe ser mayor a 5 mm (medio centímetro), en cuyo caso se debe cerrar con la ayuda de un martillo de caucho.





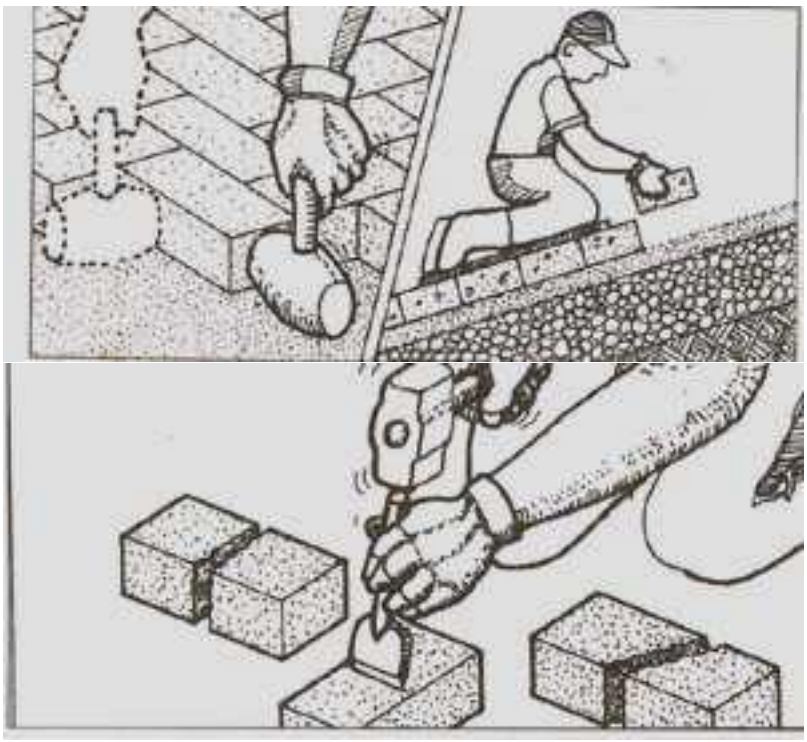
No es correcto asentar el adoquín primero sobre la arena y luego correrlo contra los adoquines vecinos, porque de esta manera se arrastra arena que no va a permitir que quede una junta pequeña.

No es necesario ajustar los adoquines verticalmente, con golpes; pero se recomienda ajustarlos horizontalmente con un martillo de caucho, cuando sea necesario cerrar un poco la junta o conservar el alineamiento horizontal. En vías o zonas con pendiente bien definida, es aconsejable colocar los adoquines de abajo hacia arriba.

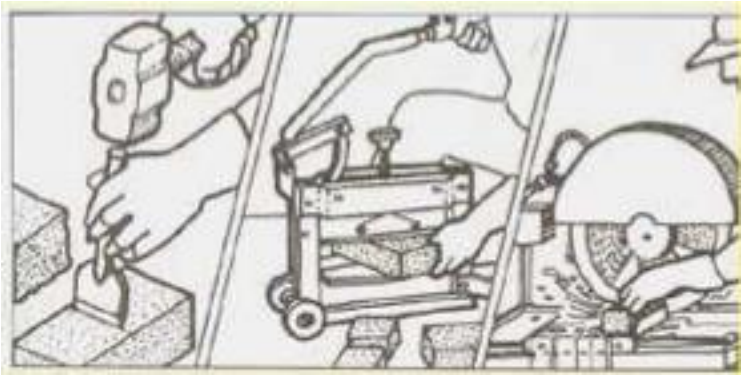
31. Colocación de los adoquines – Ajustes

Cuando se ha terminado de colocar los adoquines que quepan enteros dentro de la zona a compactar, es necesario colocar ajustes (trozos de piezas) en los espacios que hayan quedado libres contra los confinamientos, estructuras de drenaje, etc. Los ajustes se harán con piezas partidas de otros adoquines y con el mismo alineamiento o

diseño del resto del pavimento. Existen 3 maneras de partirlos, mientras más refinadas serán más costosas, pero la calidad del corte también será mejor; lo mismo que la apariencia y el comportamiento del pavimento.

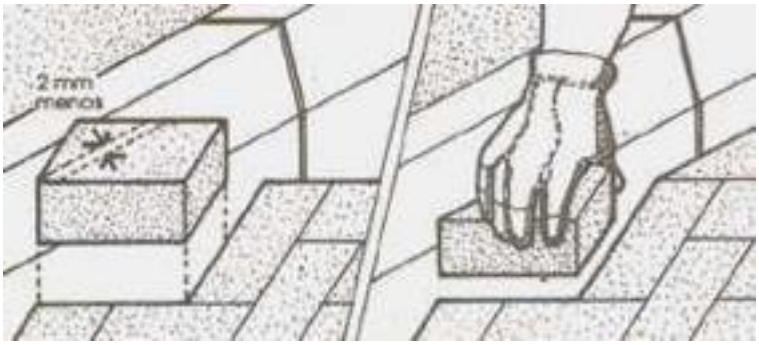


La manera más sencilla es el partido con el cincel, hachuela o barra, apoyando el adoquín sobre una superficie dura y golpeándolo firmemente con alguno de estos elementos. Se recomienda mandar a fabricar un cincel que termine como una hachuela, con una punta ancha de unos 8 cm a 12 cm, y que es cómodo y efectivo.



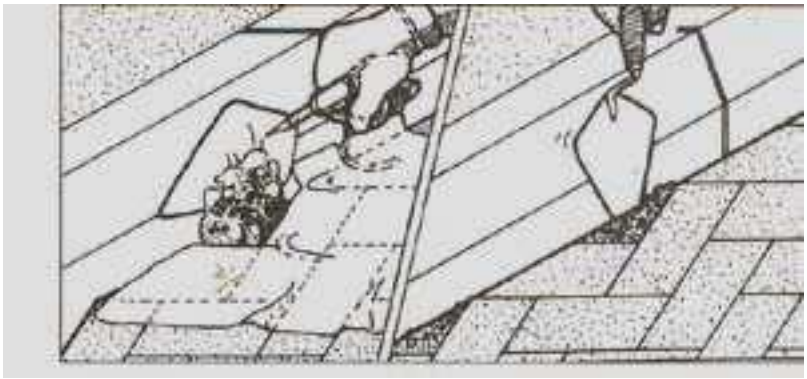
Se pueden utilizar también cizallas de impacto (golpe), mecánica (de palanca) o hidráulicas (con gatos), que por medio de dos cuchillas de acero corten el adoquín.

Si se busca mejorar calidad, se debe usar un banco de corte con una sierra circular, o una sierra manual, como para corte de ladrillo, pero con un disco metálico.



Las piezas se deben cortar unos 2 mm más pequeñas que el espacio disponible. Si es muy difícil partir las piezas con un

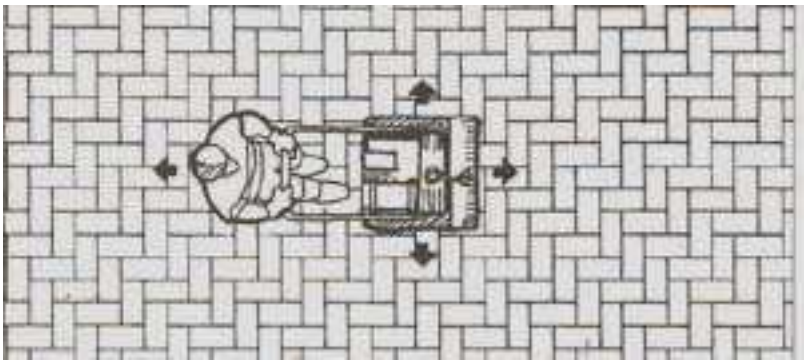
equipo manual, los espacios de menos de una cuarta parte de adoquín, se deben llenar después de la compactación final y en todo el espesor de los adoquines, con un mortero muy seco, de 1 parte de cemento por 4 de arena.



Al vaciar el mortero, para que no se ensucien los adoquines vecinos, se deben proteger con unas tiras de lámina de plástico o de papel grueso, que se retiran después del fraguado. Con el palustre, se deben hacer todas las juntas que tendría ese espacio si se hubiera hecho con adoquines partidos, y además, la junta contra el confinamiento.

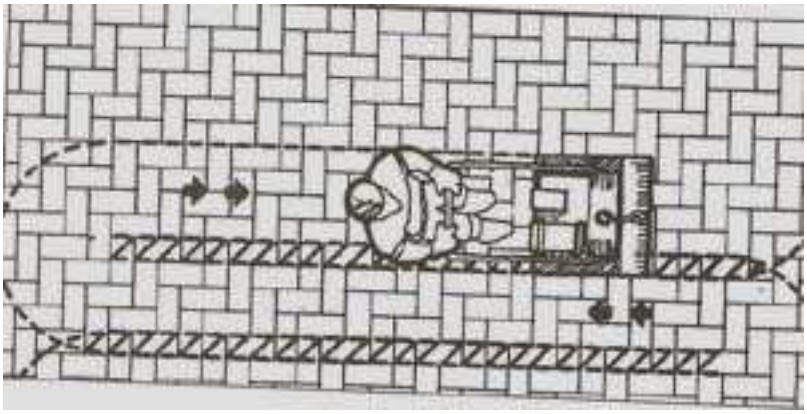
32. Compactación inicial

La compactación inicial tiene como funciones: Enrasar la capa de adoquines por la parte superior de éstos, para corregir cualquier irregularidad en su espesor y en la colocación; iniciar la compactación de la capa de arena bajo los adoquines y hacer que ésta llene parcialmente las juntas de abajo hacia arriba, con lo cual se amarran los adoquines.



Tanto la compactación inicial como la compactación final, que se hace con el sellado de las juntas, se debe hacer con un vibrocompactador de placa o "ranita", de tamaño

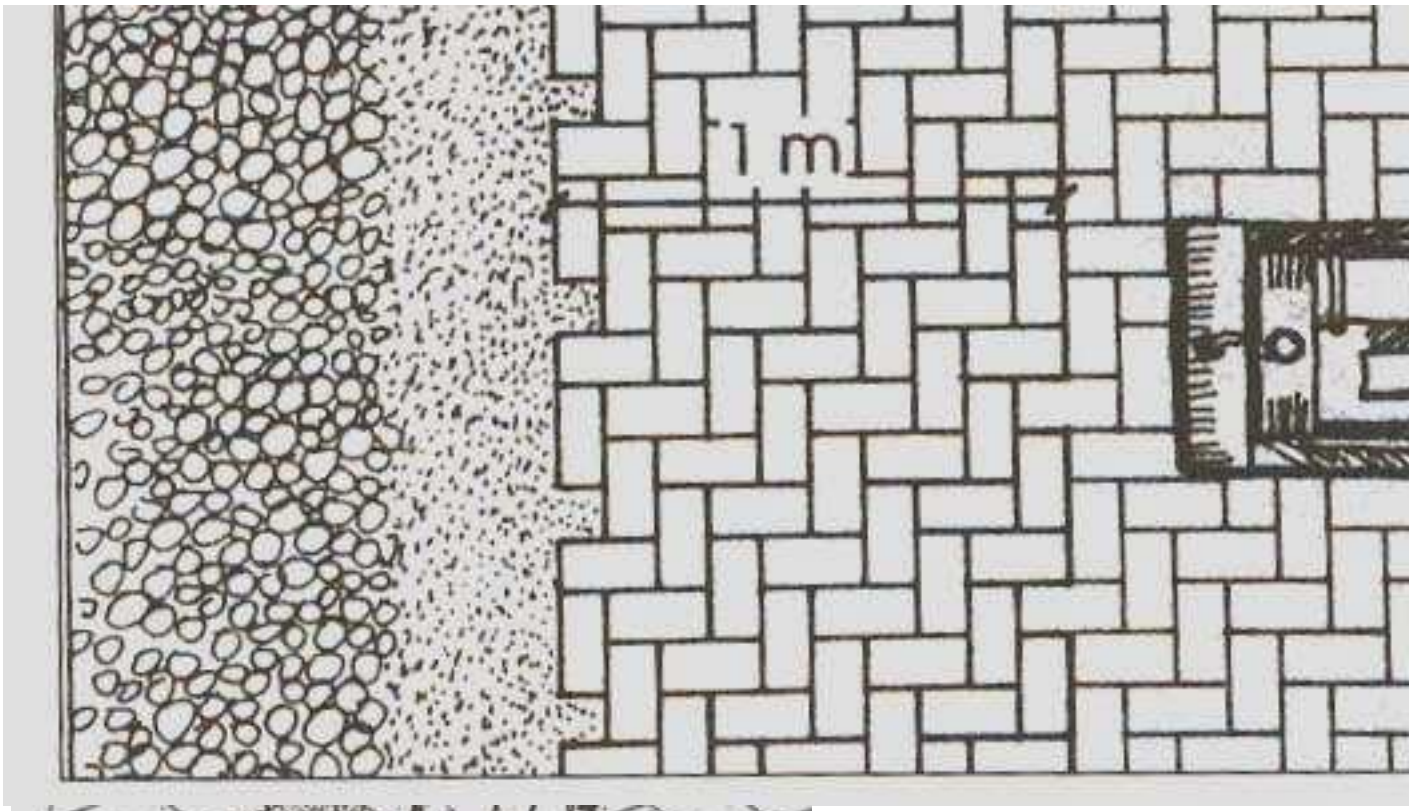
corriente, teniendo cuidado de no utilizar equipos muy grandes en pavimentos con adoquines de 6 cm de espesor porque pueden desfigurarlos.



En la compactación inicial se deben dar, al menos, dos pasadas de la placa, desde diferentes direcciones, recorriendo toda el área en una dirección antes de recorrerla en otra, y teniendo cuidado de traslapar cada recorrido con el anterior para evitar escalonamientos.

Las labores de compactación y sellado del pavimento se llevarán hasta un metro antes de los extremos no confinados del pavimento, como en los frentes de avances de la obra en la pavimentación de vías, y 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 palustres o destornilladores, los adoquines que se hayan partido; y se deben reemplazar con adoquines enteros. Esta labor hay que ejecutarla en este momento, porque después del



sellado de la junta y la compactación final, será casi imposible hacerlo.

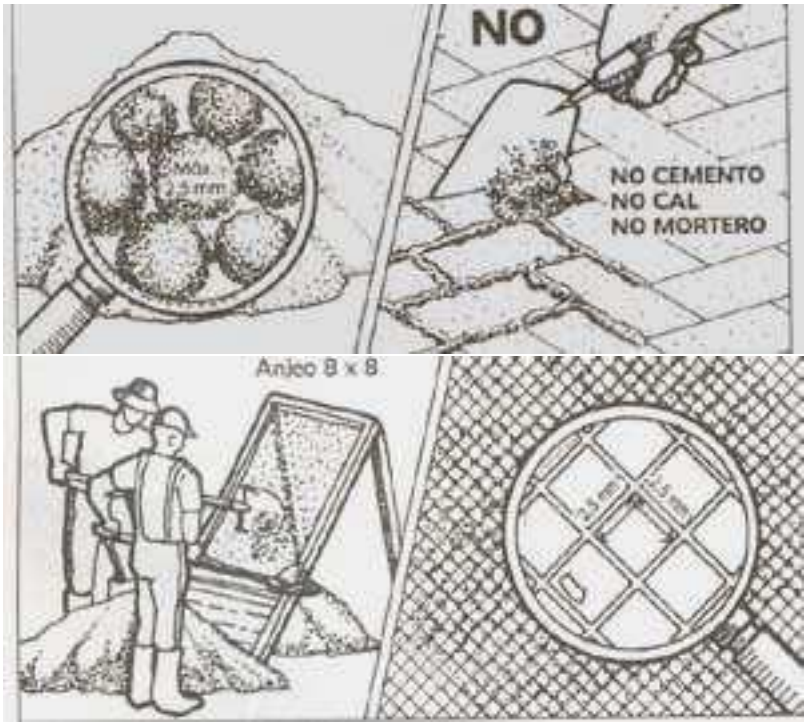
33. Sellado de las juntas

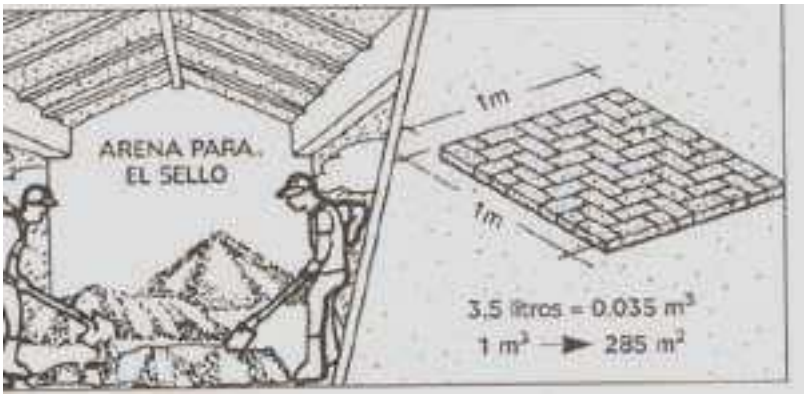
El sellado de las juntas es necesario para que éstas sean impermeables y para el buen funcionamiento del pavimento. Por esto, es importante emplear el material adecuado y ejecutar el sellado lo mejor posible, simultáneamente con la compactación final. Si las juntas

están mal selladas, los adoquines quedan sueltos, el pavimento pierde solidez y se deteriora rápidamente. Esto es aplicable tanto a un pavimento recién construido como a un pavimento antiguo.

Para sellar las juntas se debe usar una arena fina, como la que se emplea para morteros de revoque o pañete. Para que penetre por las juntas debe estar seca y no tener granos de más de 2,5 mm de gruesos. Nunca se le debe adicionar cemento, cal o reemplazarla por mortero, pues el sello quedaría quebradizo y se saldría con el tiempo.

Esta arena se debe pasar por una zaranda con una malla cuadrada, conocida como anjeo cuadrado (8 x 8), para quitarle los granos mayores de 2,5 mm, los materiales contaminantes (como madera, plástico, metal, etc.) y para que quede suelta y se pueda secar más fácilmente.



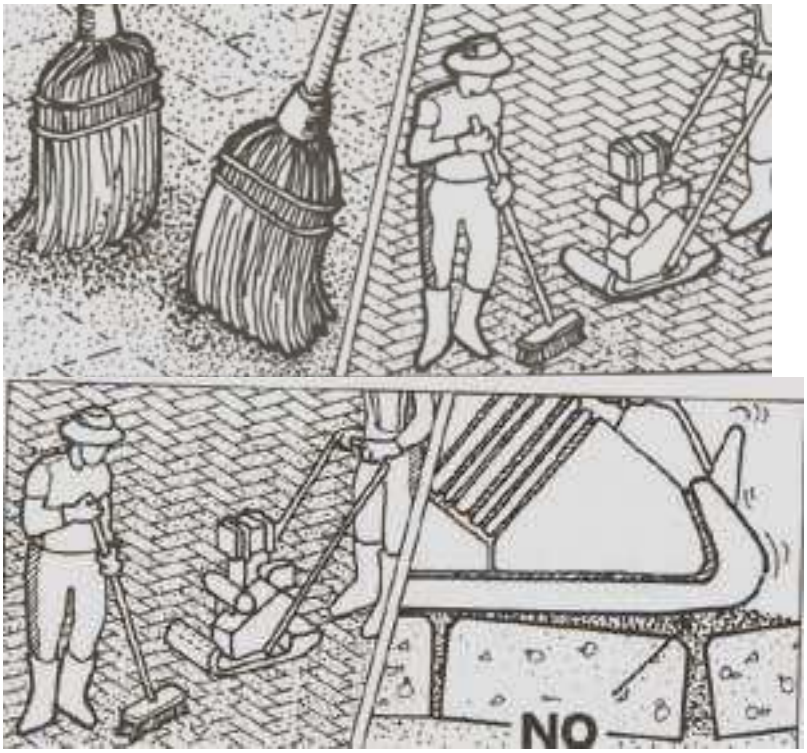


Para secar la arena se podrá colocar esparcida en una capa delgada, al sol o bajo techo, según las condiciones del clima; sin que se contamine con el material del piso; y se deberá revolver con frecuencia. Por lo general no se requiere de más de 3,5 l de arena por m cuadrado de adoquines.

La arena se esparce sobre los adoquines, formando una capa delgada, que no los alcance a cubrir totalmente, y se barre, con escobas o cepillos de cerdas duras, tantas veces como sea necesario para que llene la junta. Este barrido se hace alternado con la compactación final o simultáneo con ésta, si se dispone de personal.

34. Compactación final y limpieza

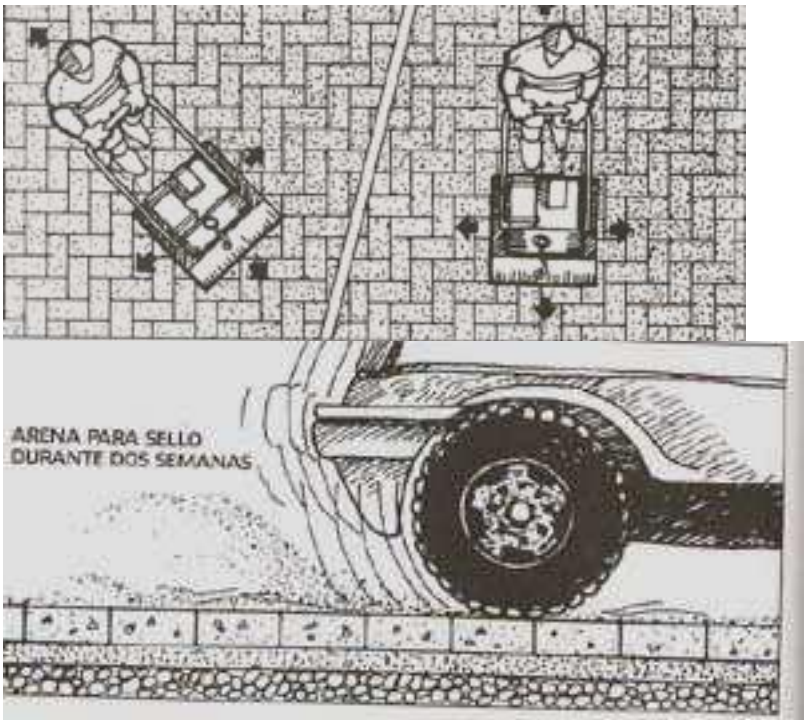
La compactación final de los adoquines es la encargada de darle firmeza al pavimento, por lo cual no se debe ahorrar ningún esfuerzo en ella. Sin embargo, aunque ésta se haga muy bien, el tráfico posterior lo seguirá compactando y acomodando, tanto a los adoquines como al sello de arena de las juntas.



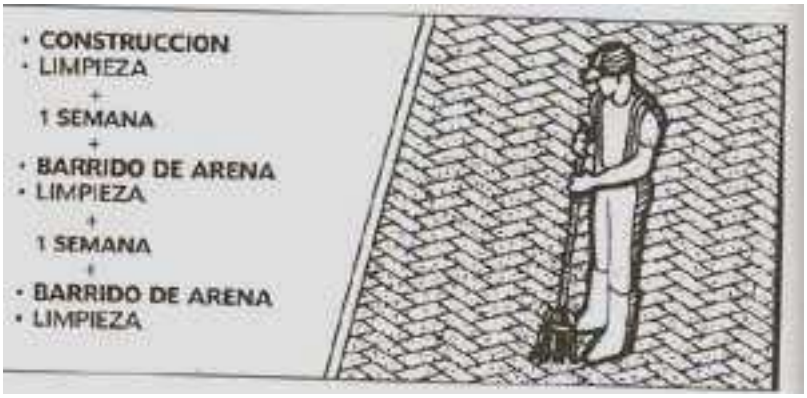
La compactación final se hará con el mismo equipo y de la misma manera que la compactación inicial; pero con el barrido simultáneo o alterno, del sello de arena. Es muy importante que la arena no se empaste sobre los adoquines ni que forme morros que hagan hundir los adoquines al pasar la placa vibrocompactadora sobre ellas.

Se deberán dar, al menos, cuatro pasadas con la placa vibrocompactadora, en diferentes direcciones y recorridos, y traslapando cada recorrido para que los adoquines queden completamente firmes. Una vez terminada la compactación, se podrá dar al servicio el pavimento.

Si es posible, la arena del sello sobrante se debe dejar sobre el pavimento, durante dos semanas, para que el tráfico ayude a sellar totalmente las juntas. Esto se puede hacer siempre y cuando no se esperen lluvias ni problemas por el frenado de los



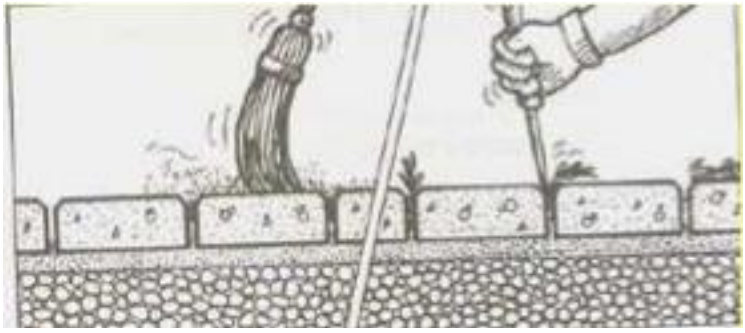
vehículos (pendientes muy fuertes) o por el polvo que éstos pueden levantar.



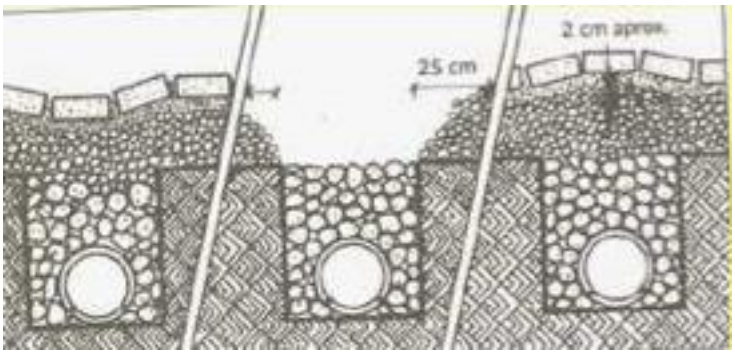
Si lo anterior no es posible, se deberá barrer o cepillar la superficie del pavimento y darlo al servicio. El contratista deberá volver, después de una y de dos semanas, y barrer suficiente arena para llenar la junta de nuevo, dejando limpio al terminar. No se permitirá limpiar el pavimento con chorros de agua, antes de un mes.

35. Utilización y mantenimiento

Con cada tipo de pavimento se deben tener cuidados diferentes, tanto para su utilización como para su mantenimiento. Es muy importante que las comunidades que poseen pavimentos de adoquines sepan cómo cuidarlos, aprendan a identificar sus daños o problemas y avisen a las oficinas públicas para que realicen, a tiempo, el poco mantenimiento que requieren; o lo hagan ellos mismos; todo esto con el fin de que sean más cómodos, duren más y resulten más económicos.



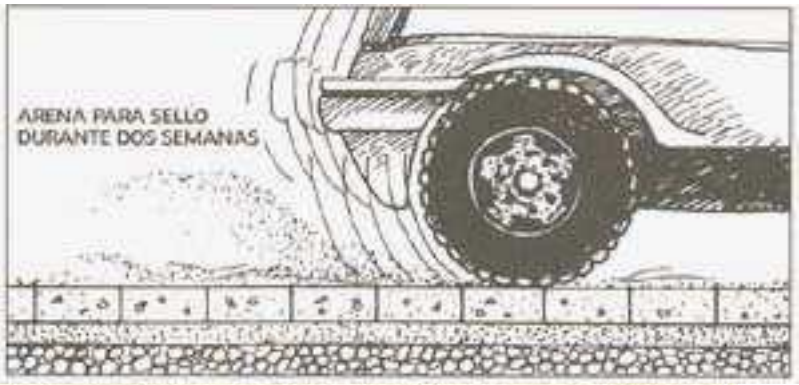
Para que funcione bien, la junta entre adoquines debe permanecer llena. Si se pierde más de 1 cm de sello, se debe buscar la causa de esta pérdida, corregirla y barrer arena fina, seca, hasta que la junta quede llena de nuevo. La presencia de pasto en la junta no es nociva; pero se puede retirar con un punzón metálico y llenar luego la junta.



Si se hunde el pavimento por daños en redes de servicios o por brechas mal compactadas, se deben retirar los adoquines, hacer la reparación y volver a construir la franja de pavimento; dejando una corona de unos 2 cm en la base ya compactada, para que al consolidarse la zona reparada llegue al nivel del resto del pavimento.

Cuando se presenten ondulaciones en la superficie del pavimento, puede ser un indicio de que fue construido con una base insuficiente, de mala calidad o mal compactada; o que tiene un tráfico muy alto, para el cual no fue diseñado ni construido. Por esto, se deberá investigar que está mal y efectuar una reparación completa.

En principio, el pavimento de adoquines se debe limpiar sólo por barrido. El lavado con manguera se permitirá esporádicamente y cuando el pavimento tengo juntas muy pequeñas, advirtiéndole a



los vecinos que el sello de las juntas no es suciedad sino parte del pavimento y es necesario para su funcionamiento.