

MANUAL TÉCNICO PARA LA COLOCACIÓN DE ADOQUINES

Compromiso con la Calidad
y el Medioambiente

50 años al servicio de la construcción

Líder en soluciones de prefabricados de hormigón

AENOR

GESTIÓN
DE LA CALIDAD

ISO 9001

AENOR

GESTIÓN
DE LA CALIDAD

ISO 14001

1. INTRODUCCIÓN	3	4.4.1. GENERAL.....	25
2. SUPERFICIES ADOQUINADAS.....	4	4.4.2. BASES GRANULARES.....	26
2.1. DESCRIPCIÓN	4	4.4.3. BASES DE HORMIGÓN MAGRO	27
2.2. DISEÑO	5	4.5. EJECUCIÓN DE LOS BORDES DE	
2.3. FABRICACIÓN	6	CONFINAMIENTO.....	27
2.4. PUESTA EN OBRA.....	7	4.6. EXTENSIÓN Y NIVELACIÓN DEL LECHO DE	
3. PREPARACIÓN DEL PROYECTO.....	7	ÁRIDO.....	30
3.10. REGLAMENTO APLICABLE	22	4.6.1. ESPESOR DEL LECHO DE ÁRIDO.	32
3.2. DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN	7	4.6.2. GRANULOMETRÍA Y OTRAS PROPIEDADES	
3.2.1. TIPO DE EXPLANADA.....	8	DEL ÁRIDO.....	34
3.2.2. CATEGORÍA DE TRÁFICO	9	4.6.3. EXTENSIÓN DEL LECHO DE ÁRIDO	35
3.2.3. CAPAS COMPONENTES.....	11	4.7 COLOCACIÓN DE LOS ADOQUINES.....	36
3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN	12	4.7.1. COLOCACIÓN MANUAL	36
3.4. PENDIENTES	14	4.7.2. COLOCACIÓN MECANIZADA	38
3.5. DISPOSICIÓN EN PLANTA. FORMA		4.7.3. SEPARACIÓN ENTRE ADOQUINES.....	39
GEOMÉTRICA DEL ADOQUÍN.....	15	4.7.4. TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN	40
3.6. ESPESOR DEL ADOQUÍN	18	4.8. COMPACTACIÓN INICIAL E IGUALACIÓN DEL	
3.7. ACABADO SUPERFICIAL.....	20	PAVIMENTO.....	41
3.8. ESTÉTICA	21	4.9. SELLADO CON ARENA Y COMPACTACIÓN	
3.9. PROPIEDADES DESCONTAMINANTES Y		FINAL	41
AUTOLIMPIANTES	21	5. SOSTENIBILIDAD.....	43
4. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	22	5.1. DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO	
4.1. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	23	(DAP).....	43
4.10. LIMPIEZA FINAL	42	A. VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.....	12
4.2. PREPARACIÓN DE LA EXPLANADA	23	A.) VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO	9
4.3. EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA		B. - ZONAS INDUSTRIALES	13
SUBBASE.....	24	B.) ZONAS INDUSTRIALES	10
4.4. EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA BASE .	25		

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la oferta de elementos prefabricados de hormigón es tan amplia y versátil que permite realizar, casi en su totalidad, cualquier edificio, infraestructura o espacio urbano sin caer necesariamente en una construcción rígida de catálogo.

Una de las categorías más asentadas es la relativa a los pavimentos prefabricados de hormigón.

El pavimento es la piel del paisaje donde transcurre la mayor parte de nuestra vida en comunidad: la calle, la plaza, el paseo junto al mar, el parque, el patio del hogar, de ahí que sea uno de los grandes campos dentro de la construcción a la que se da cada vez una mayor importancia en la fase de proyecto, en la que arquitectos y clientes con los propios prefabricadores, deben buscar soluciones que transformen el espacio público y el espacio privado en un entorno nuevo y atractivo.

Los primeros pavimentos realizados utilizaban materiales como la piedra natural, la madera o la cerámica, aunque a partir de finales del siglo XIX, e igual que ha sucedido con muchas otras soluciones constructivas, el hormigón en su vertiente prefabricada se ha consolidado como el sistema más universal para la ejecución de pavimentos exteriores, ya que es indudablemente el que mejor responde de forma global a los criterios de diseño y puesta en obra requeridos, preserva su comportamiento a largo plazo, y ofrece enormes posibilidades estéticas para crear pavimentos únicos.

Esta categoría abarca distintos elementos con que recubrir espacios exteriores como aceras, paseos, plazas, recintos interiores abiertos, jardines, etc.: adoquines, baldosas de hormigón o de terrazo, bordillos, losas de césped, ríogolas, peldaños, canaletas o rejillas integradas en el pavimento, etc. y que junto a otros elementos de hormigón para el mobiliario urbano que también veremos, conforman un sistema crucial del entorno rural y urbano actual.

En la etapa de proyecto, en la toma de decisión sobre el elemento externo que conformará el pavimento o solado, es necesario que se tengan en cuenta los siguientes factores:

- Funcional:
 - Características resistentes del pavimento: cargas (paso de vehículos, barredoras, peatones), grado de deslizamiento/resbaladidad admisible.
 - Durabilidad (agresividad del ambiente exterior).
 - Diseño (evacuación de aguas).
- Estético: componente formal que se pretenda dar a la zona a pavimentar.
- Coste: materiales, rendimientos de ejecución, posible reutilización futura de los elementos, etc.

2. SUPERFICIES ADOQUINADAS

2.1. DESCRIPCIÓN

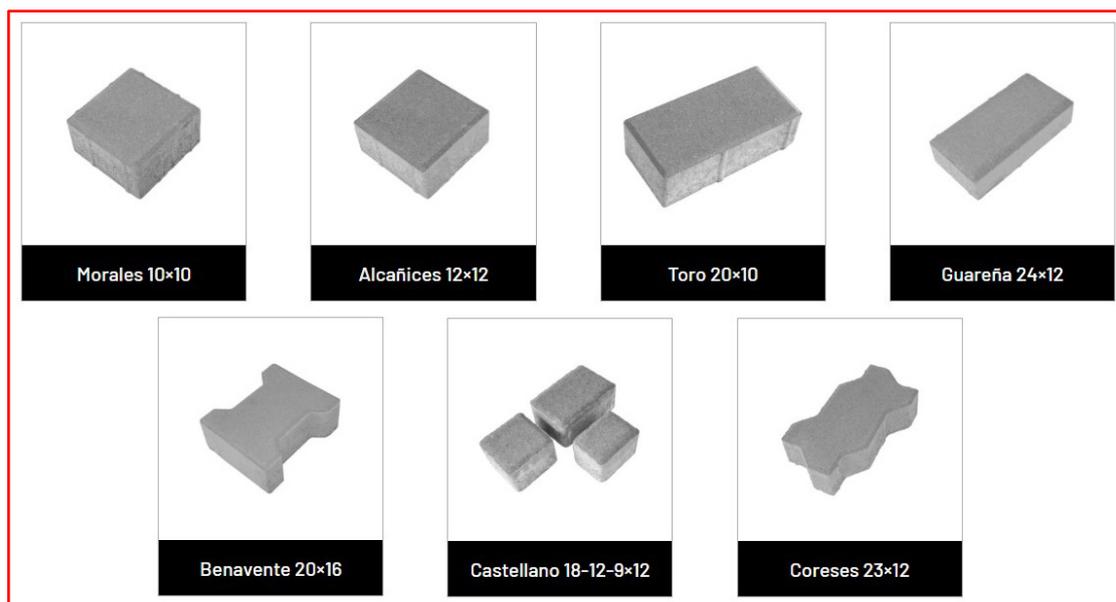
Los adoquines son piezas prefabricadas de hormigón en masa, normalmente bicapa, que pueden tener multitud de tamaños y formatos. La definición de adoquín según la Norma Europea de producto, indica que cualquier sección transversal a una distancia de 50 mm de cualquiera de los bordes del adoquín, no tendrá una dimensión horizontal inferior a 50 mm. Además, la longitud total dividida por el espesor será menor o igual que cuatro.

En cada unidad de adoquín podemos distinguir dos capas:

- **Capa vista:** superficie que queda a la intemperie una vez se coloca la pieza, que suele comprender desde 4 hasta 10 mm;
- **Capa de base o apoyo:** superficie paralela a la capa vista que queda enterrada al colocarse el adoquín.

La gama de adoquines presentes en el mercado es muy extensa, contando con una variedad enorme de acabados obtenidos a partir de diferentes texturas, colores, degradados para obras de rehabilitación en zonas antiguas que se pretenda simular las piezas antiguas (piedra) o distintos tonos dentro de la misma pieza, geometrías, combinaciones de distintos formatos, etc. consiguiendo así lograr distintos efectos estéticos que le permiten al proyectista explotar al máximo su libertad creativa.

La tipología más básica es la del adoquín rectangular de borde liso, pero podemos encontrarnos elementos cuadrados, poligonales, con bordes especiales (redondeados, biselados), etc.



No obstante, el habitual adoquín rectangular es cada vez más reemplazado por otros que pueden incluso tener bordes curvos o ensambles especiales. Los moldes permiten además diseñar piezas con resaltes que facilitan la correcta colocación y mejoran el comportamiento del pavimento globalmente.

2.2. DISEÑO

La elección del pavimento con adoquines se basa en una serie de características que proporciona esta solución frente a otras (cerámicas, pavimentos bituminosos, hormigones impresos, etc.), resultando especialmente indicada en situaciones donde resulte necesario soportar cargas elevadas o muy concentradas, en condiciones pobres del terreno en que se asiente, o en áreas en que el pavimento vaya a estar expuesto a condiciones ambientales agresivas.

Los adoquines presentan una serie de prestaciones que lo convierten en un material muy habitual en determinadas zonas, fundamentalmente en exterior, y que en buena medida son también extensibles a otros elementos prefabricados de hormigón para pavimentación.

Resistencia: cualquier pavimento tiene que garantizar una adecuada respuesta a los esfuerzos a que estará expuesto, por lo que los sistemas de adoquín son realmente competitivos en las zonas que es necesario soportar grandes esfuerzos por tráfico rodado como puertos marítimos, zonas industriales donde se prevean operaciones de carga y descarga, etc.

- **Permeabilidad:** es una solución permeable, característica necesaria en zonas urbanas donde deben evacuarse las aguas y transportarlas hacia los elementos de recogida de la red de saneamiento o hacia la propia subbase del terreno, y no hacia los edificios colindantes. Otro aspecto interesante, y que puede extenderse a cualquier pavimento con elementos prefabricados de hormigón, es que facilita la transpiración de la humedad del terreno. La colocación de pavimentos semiflexibles (elementos discontinuos sobre lecho de árido) permite la evacuación de la humedad procedente del terreno, aspecto fundamental en zonas de alto nivel freático (zonas urbanas próximas a ríos, alta pluviometría, etc.). Esto además impide el daño que la humedad provoca sobre los edificios colindantes que carezcan de una adecuada impermeabilización en los arranques de los muros exteriores, zona por la que se suele canalizar la humedad cuando el pavimento es rígido y continuo y no se cuenta con vías de escape.
- **Durabilidad:** tienen un buen comportamiento frente al vertido de combustibles, aceites, grasas y lubricantes en general, frente a los pavimentos bituminosos que experimentan una mayor degradación ante estos vertidos. Esto se pone de manifiesto especialmente en determinadas zonas de circulación, como pueden ser las paradas de autobús, áreas de alta concentración de vertidos, y se necesita filtrarlos para reducir el deslizamiento de la superficie.
- **Menor deslizamiento/resbalamiento:** la rugosidad de la cara exterior le proporciona una buena resistencia al deslizamiento y/o resbalamiento (también resbaladidad), según el caso.
- **Acústica:** esto tiene especial trascendencia en vías urbanas, donde se quiere ralentizar la velocidad de circulación de los vehículos por motivos de seguridad. Una superficie adoquinada provoca una sensación de incomodidad en la circulación que alerta al conductor si avanza a velocidades excesivas, evitando otro tipo de

limitadores (badenes) que representan una barrera, en ocasiones peligrosos y costosos de mantener.

- **Ecológico:** otra función que cada vez tiene mayor importancia en los pavimentos en general es su vertiente ecológica, al encontrarse en zonas de gran generación de contaminación, por ejemplo dotándoles de distintas propiedades adicionales como la capacidad de captación del CO₂ ambiental, mediante la transformación en carbonato cálcico (fenómeno de carbonatación); la acción biocida (impide la fijación de microorganismos vivos e inertiza los sedimentos orgánicos); la reducción de la concentración ambiental de contaminantes como los óxidos de nitrógeno o los compuestos orgánicos volátiles (principio activo fotocatalítico); e incluso proporcionarles la capacidad de autolimpieza.
- **Térmico:** la alta inercia térmica del hormigón permite a los elementos prefabricados una menor contribución al efecto "isla de calor urbana", frente a otros tipos de materiales utilizados como pavimentación (mezclas bituminosas) que de día absorben el calor del sol y, de noche dificultan su disipación, haciendo que se eleve la temperatura media en la ciudad
- **Movimientos orgánicos:** al tratarse de pavimentos semirrígidos, absorbe mejor los movimientos que se producen de manera constante en la superficie terrestre.
- **Escasos gastos de conservación:** frente al mantenimiento que cualquier pavimento requiere bajo la acción agresiva de las cargas y del medio ambiente, en un pavimento de adoquines se reduce a eliminar la vegetación, que eventualmente se produzca en las juntas entre bloques, y a suministrar, en su caso, la arena de sello. Por otro lado, en el caso de ser necesaria una corrección de regularidad superficial (asientos localizados), este pavimento es el que presenta una mayor facilidad de levantamiento, con posible reutilización de los mismos adoquines en su reposición, y en consecuencia, un mayor valor residual. Esta última propiedad, lo hace especialmente indicado en zonas que aún no poseen todos los servicios públicos instalados (caso frecuente en ciudades), o en aquellas susceptibles de asiento (rellenos inestables). Durante los procesos de renovación, se prevé que entre un 90 y 95% de los adoquines originales podrán ser empleados en usos posteriores, además de facilitar las tareas de reparación del subsuelo.

A todas estas características técnicas debemos añadir el componente **estético**, cuyos tratamientos superficiales principales veremos más adelante.

2.3. FABRICACIÓN

El adoquín se fabrica a partir de hormigón vibropresado, consiguiendo una mejora de la resistencia a compresión. El vibropresado es un proceso automatizado que consiste en la superposición de dos amasadas en moldes metálicos de las piezas, para posteriormente comprimirlas a una determinada presión, produciéndose la vibración del conjunto al mismo tiempo que la compresión. Esta operación se realiza dos veces, una para cada capa de la pieza (si son bicapa), asegurándose así la perfecta cohesión entre ambas.

Los moldes con los que se fabrican estas piezas permiten además diseñar adoquines con resaltes que facilitan la correcta colocación y mejoran el comportamiento global del pavimento

2.4. PUESTA EN OBRA

La mayoría de los elementos prefabricados de hormigón para pavimentación tienen la ventaja de que pueden ser instalados de forma manual, ágil y sencilla, aunque también se han desarrollado técnicas y equipos de colocación mecanizada.

Independientemente del método de colocación, la puesta en obra se puede realizar dentro de áreas confinadas o de difícil acceso, pudiéndose resolver complicadas alineaciones o aplicarse en zonas de altas pendientes, cargas muy pesadas, etc.

Es fundamental que la base que sustentará el adoquín esté debidamente ejecutada, como la capa de árido en la que apoyará que deberá ser uniforme y correctamente compactada.

3. PREPARACIÓN DEL PROYECTO

El procedimiento básico de proyecto incluye dos etapas:

- Identificación de la zona a pavimentar, incluyendo la caracterización de la composición del firme, determinando el tipo de material y espesor que conformará el pavimento o capa superior, basándose en criterios funcionales, estéticos y económicos;
- Elección del acabado superficial.

Las funciones de un firme son básicamente las siguientes:

- Dar lugar a una superficie de rodadura segura, confortable y de características fijas bajo las cargas periódicas del tráfico a lo largo del periodo de proyecto durante el cual solo sería precisa alguna que otra actuación esporádica de mantenimiento.
- Soportar las cargas del tráfico previsto y transmitir las presiones verticales producidas por estas cargas, de forma que a la explanada sólo llegue una pequeña fracción de las mismas, compatible con la capacidad de soporte de la explanada.
- Servir de protección a la explanada de las incidencias climatológicas, y más en particular a las precipitaciones y al efecto nocivo de las heladas, con los efectos que éstas tienen sobre la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

En esta guía técnica nos centraremos fundamentalmente en el diseño de pavimentos exteriores, pues son éstos los que deben satisfacer un mayor grado de exigencias, al estar expuestos al tráfico rodado y a una mayor agresividad de las condiciones ambientales.

3.2. DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN TIPO

La determinación de la sección adecuada para el uso previsto del área a pavimentar puede requerir, como en toda obra de pavimentación, un estudio particularizado. No obstante, también pueden determinarse estas secciones empleando métodos abreviados que, en general, ofrecen resultados satisfactorios.

Entre las secciones estructurales especificadas se deberá seleccionar en cada caso la más adecuada, dependiendo de las técnicas constructivas y de los materiales disponibles, así como de los aspectos funcionales y de seguridad de la circulación vial. Además, se debe incorporar un estudio de los costes de construcción y de conservación, junto a la consideración de aspectos relacionados con la protección ambiental, de manera que la solución elegida quede plenamente justificada.

Los datos de partida que se precisan para el diseño de un pavimento de adoquines de hormigón tienen relación con la calidad de la explanada y el nivel de tráfico que soportará, a partir del cual se puede estimar la composición de las distintas capas que conformarán el firme.

En este apartado se incluyen una serie de secciones tipo, válidas para un amplio espectro de necesidades.

Se consideran los siguientes casos:

- Viales y zonas de aparcamiento.
- Zonas industriales.

Debemos señalar que, salvo excepciones, no existen áreas de circulación peatonal puras, dado que incluso en áreas o zonas destinadas a uso peatonal, debe considerarse el paso eventual de vehículos de limpieza, mantenimiento y servicios. En ambos casos, viales y zonas industriales, la sección tipo puede determinarse de forma abreviada teniendo en cuenta dos variables:

- Tipo de explanadas.
- Categoría de tráfico.

3.2.1. TIPO DE EXPLANADA.

Las explanadas se clasifican según su capacidad portante. Un sistema de clasificación de explanadas es mediante su índice CBR (California Bearing Ratio), que nos facilita el tanto por ciento de la presión ejercida por un pistón sobre el suelo para alcanzar una penetración determinada, con relación a la presión correspondiente para alcanzar la misma penetración empleando unas muestras tipo. En función de este índice CBR, las explanadas se clasifican de la siguiente forma:

E1	$5 \leq \text{CBR} < 10$	Explanada deformable
E2	$10 \leq \text{CBR} < 20$	Explanada poco deformable
E3	$20 \leq \text{CBR}$	Explanada muy poco deformable

Si un terreno natural no posee las condiciones mínimas exigibles, es decir, presenta un Índice CBR inferior a 5, es preciso efectuar un tratamiento de mejora del mismo, que puede ser, entre otros, la sustitución del suelo o su estabilización con cemento.

3.2.2. CATEGORÍA DE TRÁFICO.

El nivel de Tráfico a considerar en el área que se desee pavimentar es:

- Viales y zonas de aparcamiento: C0, C1, C2, C3 y C4.
- Zonas industriales: A, B, C y D.

A.) VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.

En este caso la Categoría de Tráfico (C0, C1, C2, C3 y C4) se determina en función del número de vehículos pesados que se espera circulen por día (v.p.d.). En la siguiente tabla se indican las Categorías de Tráfico correspondientes según el uso previsto del área a pavimentar (directamente relacionadas con el número de vehículos pesados por día).

Categoría	Tráfico de proyecto (vehículos pesados al día)	Ejemplos
C0	De 50 a 150	Calles, arteriales o principales, estaciones de servicio, paradas de autobuses, etc.
C1	De 25 a 49	Calles, arteriales o principales, que no sean travesías de carreteras
C2	De 15 a 24	Calles muy comerciales. Calles con 6 m o más de ancho y con servicio regular de autobuses (más de 1 autobús/hora)
C3	De 5 a 14	Calles comerciales, es decir, con tiendas, pequeñas industrias, talleres u otros. Calles con 6 m o más de ancho sin servicio regular de autobuses urbanos (menos de 1 autobús/hora)
C4	De 0 a 4	Calles exclusivamente residenciales con las edificaciones ya construidas y sin tráfico comercial. Calles con anchura inferior a 6 m, sin tráfico comercial. Aparcamientos de vehículos ligeros. Zonas peatonales sin acceso de vehículos pesados.

Considerando que en las vías estrechas donde no se dispone de un carril en cada sentido, el tráfico tiende a circular por el centro del mismo, se aplica al número medio diario de vehículos pesados, un coeficiente corrector en función del ancho de la calzada, para obtener así el denominado tráfico de proyecto.

Ancho de la calzada	Tráfico de proyecto
≤ 5 m	Total entre los dos sentidos
5 – 6 m	3/4 del total
≥ 6 m	1/2 del total

B.) ZONAS INDUSTRIALES.

Se caracteriza por la posibilidad de tener que soportar tránsito de vehículos de carga media, y acciones derivadas de un uso más exigente. Algunos ejemplos de aplicación son los siguientes: talleres, fábricas, zonas de manejo de equipajes en andenes, aeropuertos, estaciones, muelles de carga, almacenes, etc.

Inicialmente se debe determinar la **Carga de Cálculo** a considerar en el área a pavimentar. Esta carga depende, fundamentalmente, del uso previsto para dicha área (Comercial, Militar, Pesquero, Industrial...)

Área		Uso	Carga de cálculo
Área comercial	De operación		Alta
	Almacenamiento	Mercancía convencional	Media
		Mercancía pesada	Alta
	De manipulación de mercancía		Alta
	Estacionamiento	Vehículos pesados y ligeros	Media
		Vehículos pesados exclusivamente	Alta
		Semirremolques	Alta
Área militar	De operación		Alta
	Almacenamiento	Mercancía convencional	Media
		Mercancía pesada y semirremolques	Alta
Área pesquera	Almacenamiento		Media
	Manipulación		Alta

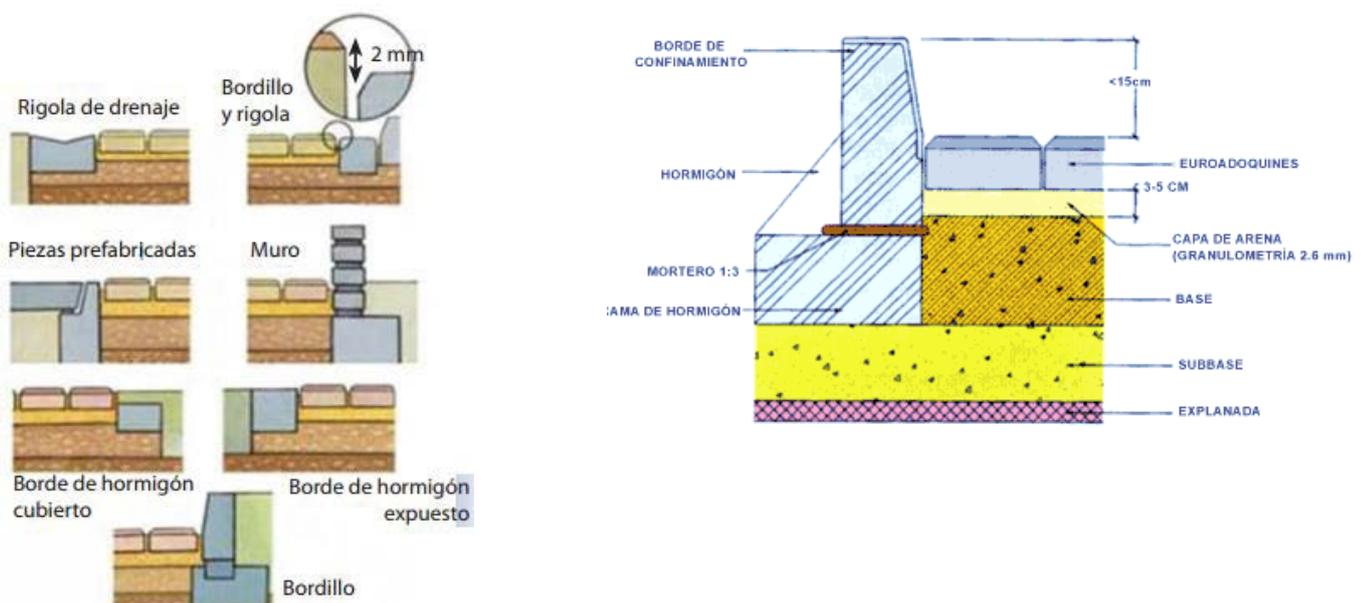
A efectos de unificación de secciones tipo, se recomienda aplicar la carga de cálculo más exigente que resulta de analizar los diversos usos a los que se pueda destinar un área determinada durante su vida útil. Una vez determinada la carga de cálculo a considerar y teniendo en cuenta la intensidad de uso prevista en el área, se obtiene la categoría de tráfico (A, B, C ó D).

Intensidad de uso	Carga de cálculo		
	Alta	Media	Baja
Elevada	A	B	C
Media	A	B	D
Reducida	B	C	D

3.2.3. CAPAS COMPONENTES

La sección tipo de un área pavimentada con adoquines está compuesta por las siguientes capas:

- **EXPLANADA:** Terreno natural adecuadamente compactado hasta alcanzar una capacidad portante mínima.
- **SUBBASE:** Conjunto de capas naturales, de material granular seleccionado, estabilizado y compactado, situadas directamente sobre la explanada.
- **BASE:** Principal elemento portante de la estructura, situada sobre la subbase. Puede ser realizada con material granular, zahorra artificial, con un mayor grado de compactación que el alcanzado en la subbase (Base Flexible), o estar realizada con hormigón magro (Base Rígida)
- **LECHO DE ÁRIDO:** Base de apoyo de los adoquines, destinada a absorber sus diferencias de espesor debidas a la tolerancia de fabricación, de manera que éstos una vez compactados formen una superficie homogénea.
- **PAVIMENTO:** capa superior que, en este caso, se resolverá mediante adoquines prefabricados de hormigón de un espesor determinado.
- **BORDES DE CONFINAMIENTO:** los pavimentos de adoquines de hormigón requieren obligatoriamente un confinamiento lateral en todo su perímetro para evitar el desplazamiento de las piezas, la apertura de las juntas y la pérdida de trabazón entre los adoquines. Debe tener una profundidad por lo menos de 15 cm por debajo de los adoquines, pudiéndose utilizar los bordillos, cunetas de hormigón, u otro pavimento en caso de que se reemplace sólo una parte del mismo. Es indispensable que este elemento esté colocado antes de la puesta en servicio del pavimento



Ejemplos de bordes de confinamiento

Ningún pavimento funciona correctamente sin una adecuada preparación de sus capas de soporte

3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCIÓN TIPO

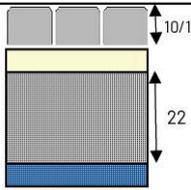
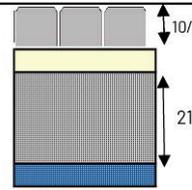
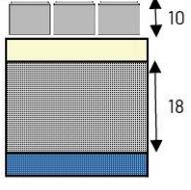
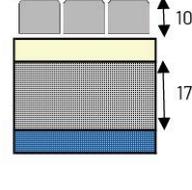
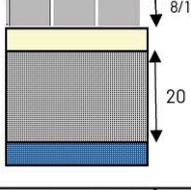
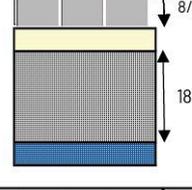
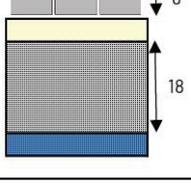
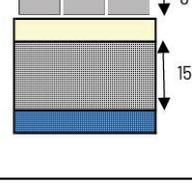
A. VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.

- Tipo de explanada E1, E2 o E3.
- Categorías de Tráfico C0, C1, C2, C3 o C4.

		CALIDAD DE LA EXPLANADA					
		E1		E2		E3	
NIVEL DE TRÁFICO DE PROYECTO	C0						
	C1						
	C2						
	C3						
	C4						

ADOQUINES	BASE O SUBBASE GRANULAR
CAPA DE ARENA (3-5 cm)	EXPLANADA COMPACTADA
BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL	(*) SE RECOMIENDA EL USO DE ADOQUINES DE 8 cm DE ESPESOR CUANDO SE PREVEA TRÁFICO RODADO CON BASES NO REFORZADAS
BASE DE HORMIGÓN MAGRO (MÍNIMO H-80)	

Cuando se justifique el empleo de bases rígidas de hormigón, o en el supuesto de que se deban colocar los adoquines sobre una base rígida preexistente, las secciones tipo se indican en la siguiente Tabla:

		CALIDAD DE LA EXPLANADA	
		E1	E2
NIVEL DE TRÁFICO DE PROYECTO	C0		
	C1		
	C2		
	C3		

	ADOQUINES
	CAPA DE ARENA (3-5 cm)
	HORMIGÓN H-175
	EXPLANADA COMPACTADA

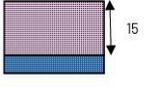
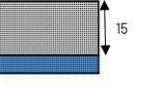
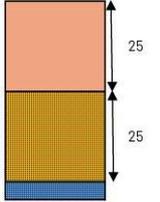
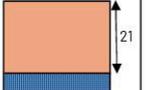
B.- ZONAS INDUSTRIALES

En la Tabla 3.7 se indica una serie de secciones tipo para zonas industriales, en función de los factores antes citados, Tipo de Explanada (E1, E2, E3) y Categoría de Tráfico (A, B, C, D)

Para Categorías de Tráfico C ó D, la sección tipo difiere según la Categoría de la Explanada.

En el caso de Categorías de Tráfico A ó B no influye la Categoría de la Explanada, que, no obstante, debe ser como mínimo E1.

Tabla 3.7. EJEMPLOS DE SECCIONES TIPO PARA ZONAS INDUSTRIALES.

CATEGORÍA DEL TRÁFICO			
A	B	C	D
			
			
ESTAS BASES SON VÁLIDAS PARA CUALQUIER TIPO DE EXPLANADA			
 BASE DE HORMIGÓN MAGRO	 BASE DE HORMIGÓN H - 175	 BASE DE SUELOCEMENTO	 EXPLANADA COMPACTADA
 ADOQUINES	 CAPA DE ARENA	 BASE DE ZAHORRA ARTIFICIAL	 SUBBASE GRANULAR

En el caso de Zonas Industriales, al tener una amplísima casuística, es muy recomendable realizar un estudio pormenorizado.

3.4. PENDIENTES

En toda área a pavimentar deben tenerse en cuenta las pendientes necesarias para evacuar las aguas superficiales hacia las cunetas o bordes de la vía. Se recomienda un mínimo del 2% para facilitar el correcto drenaje transversal. La pendiente longitudinal mínima debe ser superior al 0,5 % en el peor de los casos.

Nunca se debe emplear el lecho de árido para regularizar las pendientes. Estas pendientes, que deben quedar reflejadas en el proyecto, **han de respetarse desde la base**, de forma que esta capa y las superiores tengan un perfil superior adecuado a las mismas. El espesor de las capas que conforman una superficie pavimentada con adoquines debe ser uniforme, aspecto vital para evitar asientos diferenciales que perjudicarán la vida útil del pavimento, y alterarán los planos previstos de evacuación de aguas.

**Un buen drenaje superficial es fundamental
para la duración de un pavimento.**

Figura 1. EJEMPLOS DE PENDIENTES

También es muy importante evitar obstáculos en los bordes de los elementos previstos para drenar las aguas superficiales. Si este aspecto no se cuidase, se producirán estancamientos superficiales cerca del punto de drenaje, que causarán asentamientos diferenciales, arrastre de áridos y, en definitiva, deterioro del pavimento. En el caso de grandes superficies, conviene compartimentarlas para facilitar el correcto drenaje y evacuación de las aguas superficiales, creando distintos planos con las pendientes adecuadas sin provocar excesivos desniveles.

3.5. DISPOSICIÓN EN PLANTA. FORMA GEOMÉTRICA DEL ADOQUÍN

La respuesta del pavimento depende de la disposición en planta de los adoquines y su forma, que participan en cierta medida en la transmisión de esfuerzos horizontales.

Existen ciertos criterios técnicos sobre la óptima disposición en planta de los adoquines, evitando las líneas de junta continuas en la dirección de tráfico predominante. Asimismo, hay que precisar la disposición del adoquín para no mermar los rendimientos de ejecución.

Respecto a la elección del tipo o forma geométrica del adoquín, no existe una unanimidad tan clara. La utilización de formas machihembradas asegura, en general, una mejor transmisión de las acciones horizontales, puesto que un desplazamiento de un adoquín implicará el movimiento de un mayor número de ellos, a causa de su forma trabada.

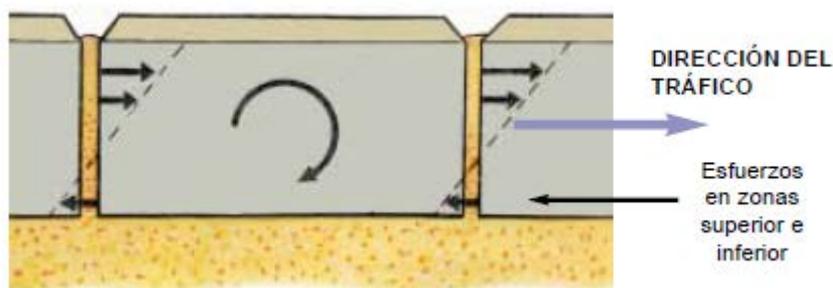
Puede afirmarse que donde los requisitos estructurales del pavimento son la primera consideración en el diseño, es recomendable elegir las formas machihembradas multidireccionales frente a las formas machihembradas unidireccionales, las cuales a su vez son preferibles frente a las unidades no machihembradas.

Categoría	Espesor	Adoquines utilizables		Disposición en planta
		Machihembrados		
C0	10 cm	No	Sí	En espina o equivalente
C1	8 cm	Sí	Sí	Sin líneas de junta continuas en la dirección del tráfico
C2	8 cm	Sí	Sí	
C3	6 cm	Sí	Sí	
C4	6 cm	Sí	Sí	Por estética

Para aumentar la estabilidad del pavimento, es preciso colocar los ADOQUINES en una cierta posición respecto a la dirección del tráfico rodado. Las cargas dinámicas, originadas por las ruedas de los vehículos en movimiento, actúan sobre los adoquines simultáneamente en ambas direcciones.

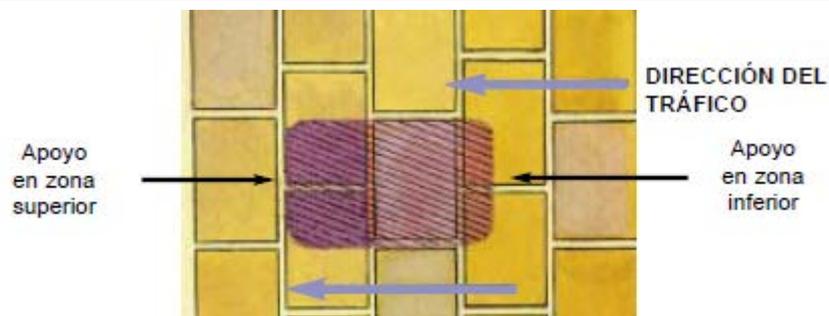
- Cargas verticales, que se transmiten a las capas soporte.
- Cargas horizontales, que producen un movimiento de rotación en el adoquín, soportado por las caras laterales de las unidades contiguas.
-

Figura 2. ROTACIÓN PRODUCIDA EN UN ADOQUÍN POR EFECTO DEL TRÁFICO RODADO.

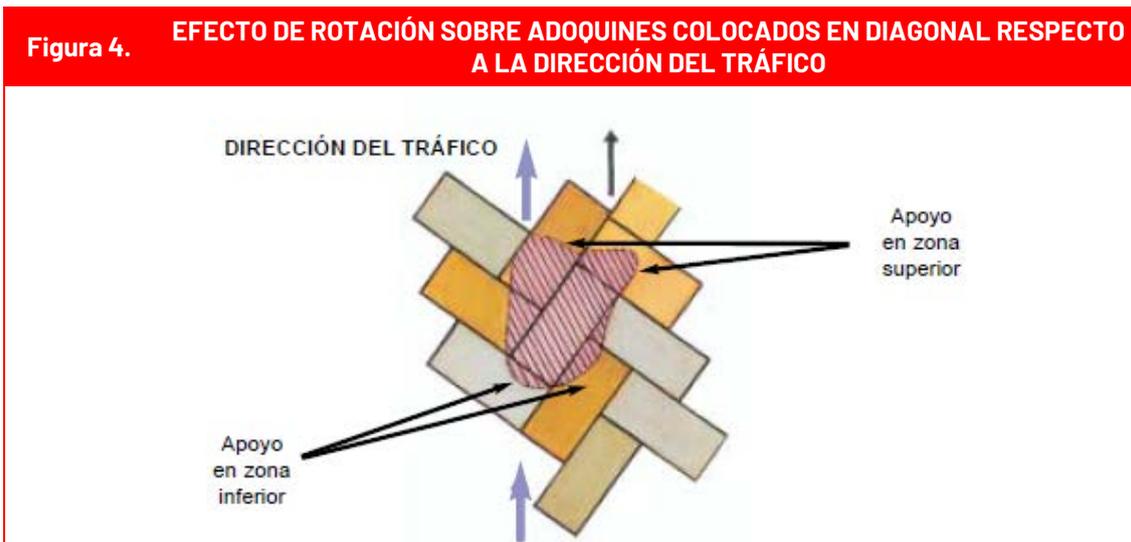


Los adoquines colocados con uno de sus ejes paralelo a la dirección del tráfico deben soportar las fuerzas de rotación sobre dos lados

Figura 3. EFECTO DE ROTACIÓN SOBRE ADOQUINES COLOCADOS CON UNO DE SUS EJES PARALELO A LA DIRECCIÓN DEL TRÁFICO



En el caso de que los adoquines estén colocados en diagonal respecto a la dirección del tráfico, las fuerzas de rotación se distribuyen entre sus cuatro lados.



La colocación en diagonal de los adoquines tiene la ventaja añadida de disminuir sustancialmente los ruidos producidos por el tráfico. Este ruido también se reduce significativamente empleando **ADOQUINES bicapa**.

En la página siguiente podemos apreciar distintas aplicaciones de colocación en planta, tanto en el caso de zonas de tráfico rodado, como para zonas sin tráfico previsto (Figuras 8 y 9).

En la Figura 5 se incluyen algunos ejemplos de colocación en planta, recomendados cuando se prevea tráfico de vehículos sobre el área pavimentada.

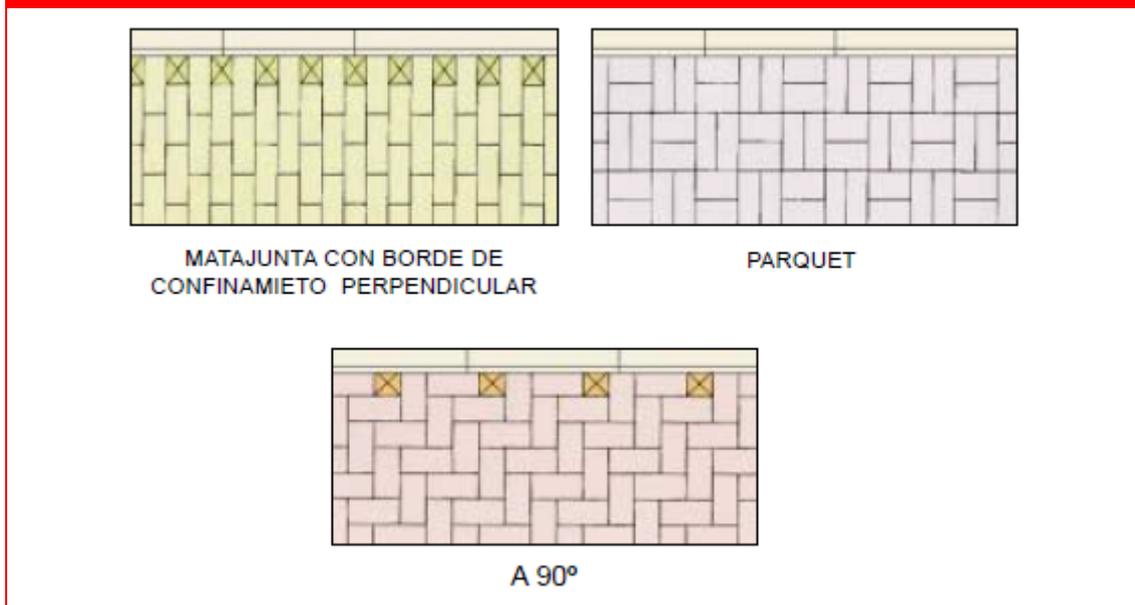
En el caso de zonas donde no esté previsto tráfico rodado, si bien hay que dimensionar el espesor de los adoquines y las capas soporte para que resistan las cargas que, eventualmente, producirán los vehículos que puedan acceder (servicios públicos, vehículos sobre aceras...), las secciones en planta pueden ser mucho más variadas en cuanto a su diseño dado que, al no ser habitual la circulación de vehículos en estas zonas, no se tienen las restricciones en planta recomendadas para el caso de circulación de vehículos.

En la Figura 6 se incluyen algunos ejemplos de colocación en planta que pueden emplearse en zonas donde no se espere la circulación de vehículos.

Figura 5. EJEMPLOS DE COLOCACIÓN EN PLANTA DE ADOQUINES EN ZONAS DE TRÁFICO RODADO.



Figura 6. EJEMPLOS DE COLOCACIÓN EN PLANTA DE ADOQUINES EN ZONAS SIN TRÁFICO RODADO PREVISTO.



Es recomendable que siempre que se prevea tráfico rodado, los adoquines se coloquen en diagonal respecto a la dirección del mismo.

3.6. ESPESOR DEL ADOQUÍN

El espesor de los **ADOQUINES** se ha de seleccionar en función de las cargas de tráfico esperado. Los espesores nominales más usuales son 60, 80, 100 y 120 mm.

El espesor del adoquín influye en la estabilidad del pavimento, ya que un mayor espesor implica que las superficies de contacto laterales sean más grandes, lo que le confiere una mejor resistencia a la rotación cuando está sometido a las cargas dinámicas producidas por el tráfico rodado. Cuanto menor es la superficie de contacto lateral, mayor es la presión ejercida por los bordes inferiores, por lo que se pueden producir deformaciones en la capa soporte.

Los pavimentos con adoquines de pequeño espesor pueden girarse más fácilmente bajo los efectos de las cargas cuando estas superan a las proyectadas, llegando a producirse desportillamientos de las esquinas de los adoquines. Esto se observa frecuentemente en zonas de frenado y aceleración, como son las paradas de los autobuses, rotondas, etc., siempre que se hayan colocado adoquines sin el espesor adecuado.

También conviene destacar que, para evitar deformaciones en la capa base, en el caso de cargas dinámicas producidas por tráfico rodado, la base debe ser más resistente cuanto menor sea el espesor del adoquín.

Otro factor fundamental a tener en cuenta es la velocidad a la que se espera circulen los vehículos. A mayor velocidad debemos colocar adoquines de mayor espesor para evitar el deterioro (la velocidad es tanto o más importante que la carga).

Al proyectar se debe tener en cuenta que las velocidades se incrementan notablemente cuando disminuye el tráfico, rebasándose ampliamente los límites de velocidad establecidos.

En caso de prever tráfico ligero y mantenimiento frecuente con agua a presión (lavado superficial), se recomienda sobredimensionar el espesor del adoquín, puesto que debido a la acción del agua se elimina parte de la arena de sellado y en consecuencia la sección útil del adoquín disminuye.

En las Figuras 7 y 8 pueden apreciarse las diferencias en tensiones y deformaciones producidas en las capas soporte, en función de la diferencia de espesor del adoquín.

Figura 7. DEFORMACIONES EN LA CAPA SOPORTE, EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DEL ADOQUÍN, AL SER SOMETIDOS A TRÁFICO RODADO.

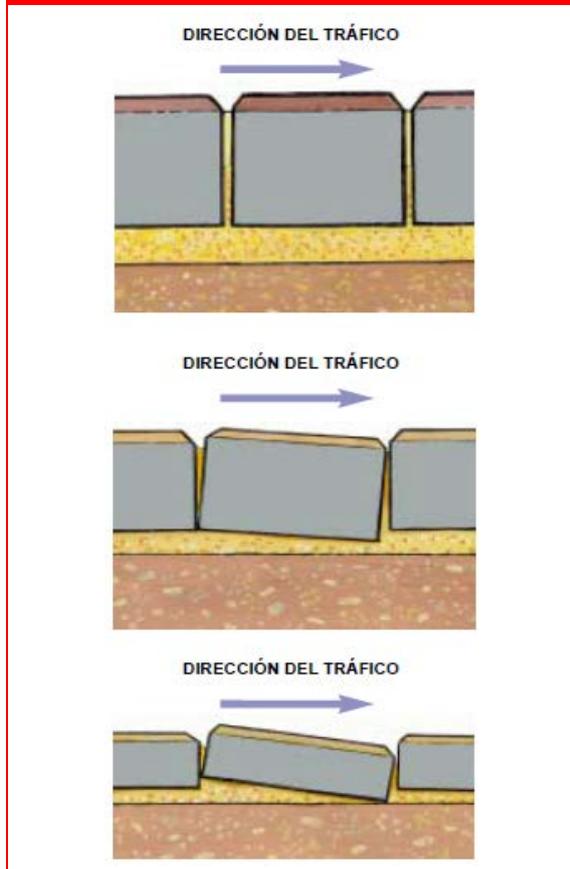
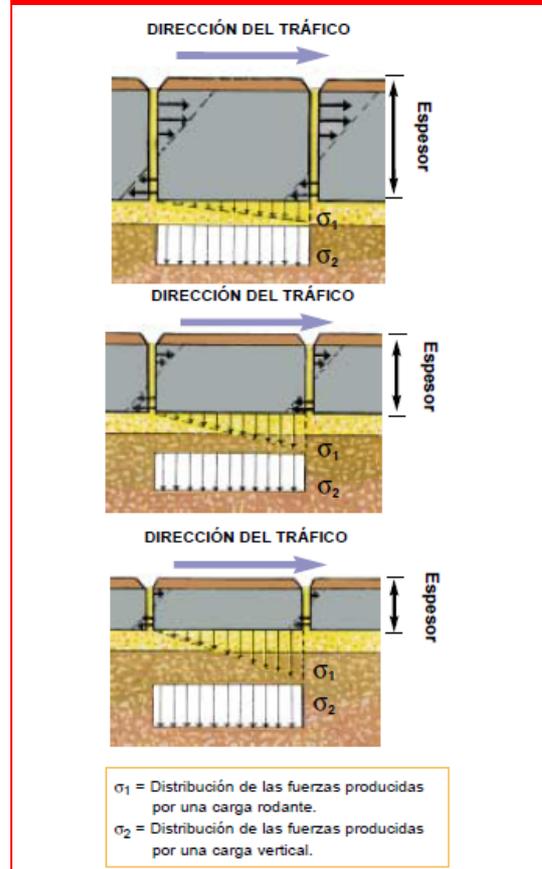


Figura 8. DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL TRÁFICO RODADO EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DEL ADOQUÍN.



3.7. ACABADO SUPERFICIAL

Por otro lado, los firmes deben poseer unas determinadas características superficiales que afectan fundamentalmente a los usuarios. Entre las características superficiales destacan:

- La resistencia al deslizamiento/resbalamiento obtenido a través de una adecuada textura superficial, y que tiene una gran influencia en la seguridad vial. Se asume que los elementos prefabricados de hormigón para pavimentación aseguran un nivel adecuado de resistencia al deslizamiento y/o resbalamiento y que superan los valores mínimos que exigen las reglamentaciones (según norma europea, USRV > 45), salvo en aquellos casos de que estos sean sometidos a un tratamiento superficial posterior de pulido o abrillantado (algo que puede suceder en los elementos para suelos interiores);
- La regularidad superficial del pavimento, tanto transversal como longitudinal, que afecta fundamentalmente a la comodidad de los usuarios;
- Las propiedades de reflexión de la luz, vitales para el diseño de las instalaciones luminosas y para la conducción nocturna;
- El ruido de rodadura, tanto en el interior de los vehículos como en el exterior;

3.8. ESTÉTICA

Las posibilidades expresivas de este tipo de pavimentos se centran en tres aspectos:

- La gama de colores, así como su posible combinación.
- La textura superficial.
- La geometría del adoquín y la disposición en planta.

La combinación de los tres aspectos dota al proyectista de un medio de expresión formal muy versátil, que le permitirá integrar su obra, en este caso un pavimento, dentro de un entorno general, o bien, si este no es especialmente significativo, darle una personalidad que lo realce.

3.9. PROPIEDADES DESCONTAMINANTES Y AUTOLIMPIANTES

La infatigable escalada en materia de innovación de pavimentos en los últimos años ha hecho posible la aplicación de la tecnología fotocatalítica, especialmente en las aceras y plazas en grandes ciudades. Se trata de un pavimento en el que se aloja un catalizador (normalmente óxido de titanio) que entra en una reacción química cuando se pone en contacto con la luz natural o artificial, consiguiendo mineralizar parte de las concentraciones de óxidos de nitrógeno de la atmósfera, convirtiéndolas en nitritos y nitratos que irán a parar a las redes de recogida de pluviales cuando llueva. Fundamentalmente la tecnología fotocatalítica colabora en la eliminación de óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de azufre de la atmósfera.

Este proceso ayuda a la descontaminación de las ciudades, cada vez más sensibilizadas por los daños que ocasiona en términos medioambientales, sociales y económicos. Por esta razón, cada vez se demandan más pavimentos con propiedades descontaminantes, aunque también pueden dotárseles de otras capacidades como autolimpieza, bactericida y desodorizante, estas dos últimas muy interesante en el caso de elementos constructivos domésticos.

El reto de este tipo de pavimentos reside en la realización de un buen diseño de la mezcla de hormigón a la que se añade la sustancia fotocatalítica y/o un tratamiento superficial, teniendo en cuenta que el elemento estará sometido en su uso a la degradación normal del pavimento, de forma que mantenga sus capacidades durante toda la vida útil del mismo.

Existen tres razones fundamentales por las que la utilización de pavimentos de hormigón descontaminantes es en la actualidad una de las soluciones más eficaces para minimizar los problemas derivados de la contaminación ambiental:

- El hormigón es, por su naturaleza, el mejor soporte para que esta reacción natural se produzca;
- En el suelo se consigue la mayor perpendicularidad de los rayos del sol y por tanto donde se alcanza la mayor eficiencia.
- Es determinante que la mayor parte de las actuales fuentes de contaminación se encuentran a tan solo 25-30 cm del suelo (tubos de escape de los vehículos, en especial los NOx derivados de los motores de combustión diésel).

Esta solución permite eliminar un cierto porcentaje de los elementos contaminantes, con la garantía de los diferentes sistemas de ensayo que actualmente existen. No menos importante, es el hecho de que se pueda garantizar la actividad descontaminante durante el periodo de servicio del pavimento (25 años o más) a pesar de los habituales procesos de abrasión, con una simple limpieza periódica. Además de todo esto, cumpliendo a la perfección con las funciones arquitectónicas y estéticas que se le puede exigir a cualquier pavimento.

3.10. REGLAMENTO APLICABLE

La calidad debe asegurarse desde el origen: en la fábrica, donde se efectúan los controles sobre más de 50 parámetros a lo largo del proceso, contrastados mediante la realización de ensayos externos que aseguren los valores que el fabricante declara. El marcado CE es el requisito mínimo que deben satisfacer las empresas, pero se puede ir más allá a través de marcas de calidad certificadas, como es el caso de la marca N de producto certificado de AENOR.

Los productos prefabricados de hormigón para pavimentos que están amparados por una norma armonizada y requieren marcado CE obligatorio, son los siguientes:

NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO		SISTEMA EVCP
UNE-EN 1338	Adoquines de hormigón	Especificaciones y métodos de ensayo	4
UNE 127338		Propiedades y condiciones de suministro y recepción	
UNE-EN 1339	Baldosas de hormigón	Especificaciones y métodos de ensayo	
UNE 127339		Propiedades y condiciones de suministro y recepción	
UNE-EN 1340	Bordillos de hormigón	Especificaciones y métodos de ensayo	
UNE 127340		Especificaciones y métodos de ensayo	

4. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La calidad y durabilidad de un pavimento depende en gran medida de su correcta colocación. Se debe prestar atención a su ejecución y conservación en obra.

Para este proceso, se deben tener en cuenta las siguientes fases:

- Planificación del trabajo,
- Preparación de la explanada,
- Extensión y compactación de la subbase,
- Extensión y compactación de la base,
- Ejecución de los bordes de confinamiento,
- Extensión y nivelación del lecho de árido,
- Colocación de los ADOQUINES,
- Sellado con arena y vibrado del pavimento,
- Limpieza final.

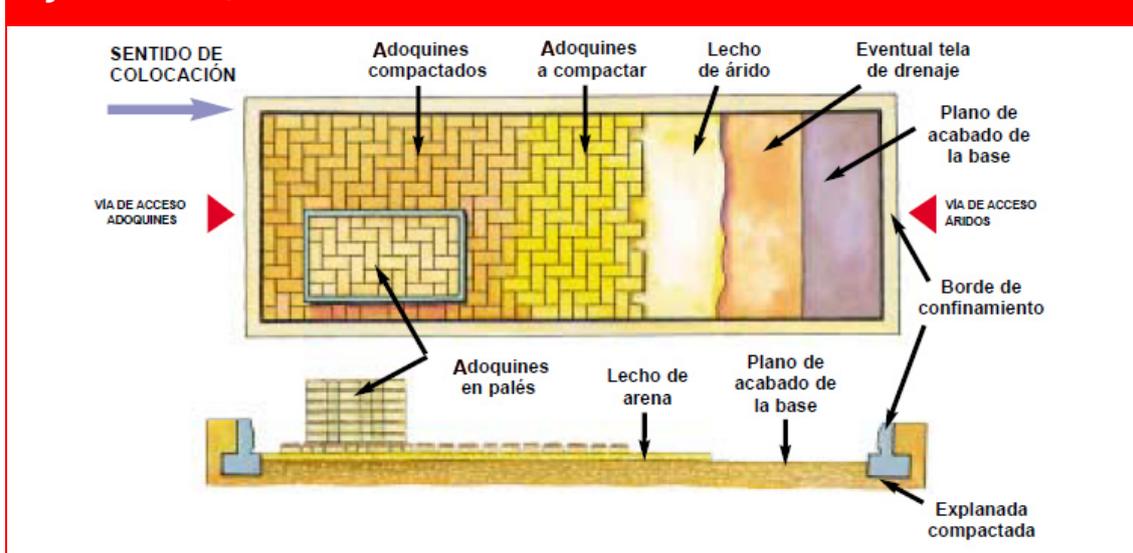
4.1. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

Antes de proceder a la ejecución del firme propiamente dicho, es preciso localizar cuidadosamente todos los servicios urbanos, para asegurar así que las diferentes operaciones constructivas no dañarán las instalaciones existentes bajo tierra. También debe comprobarse que la maquinaria a emplear no interferirá con los tendidos existentes (de comunicaciones, red eléctrica, etc.).

Por último, se deberán preparar convenientemente las vías de acceso de los vehículos y maquinaria a la zona de obras, para evitar demoras en la realización del trabajo. Es importante recalcar la necesidad de dividir las obras en dos áreas de trabajo, que deberán tener suministro de materiales y equipos desde direcciones opuestas con el fin de preservar el lecho de árido una vez haya sido extendido, puesto que el proceso constructivo deberá avanzar siempre en una misma dirección.

Por un lado, se traerán los materiales para la base y lecho de árido, y por otro la arena para sellado, los **ADOQUINES** y el equipo de compactación. Es posible disponer de un tren de obra que se vaya desplazando con diferentes cuadrillas trabajando en cada etapa, o con una única cuadrilla que construya el pavimento en su totalidad.

Figura 9. CROQUIS DEL AVANCE DE UNA OBRA DE PAVIMENTACIÓN



4.2. PREPARACIÓN DE LA EXPLANADA

- Se debe comenzar asegurando que la explanada se mantiene seca y bien drenada.
- En áreas con nivel freático elevado es preciso realizar un drenaje que permita mantener este nivel, al menos, 30 cm por debajo del terreno.
- Se continúa con la retirada de todas las raíces y materia orgánica, añadiendo el material preciso para obtener la cota de proyecto.
- Al diseñar las cotas de la explanada, se deberá determinar la distancia de la subbase en relación con la capa freática.
- Posteriormente se procede a su compactación (al menos en una profundidad de 40 cm), de forma que se garantice la capacidad portante definida en el proyecto.
- Si la explanada original no posee las características portantes mínima necesarias, se procederá al tratamiento de la misma.

Para explanadas con un Índice CBR inferior a 5, es necesario colocar en la parte superior una capa de explanada seleccionada, con material cuyo Índice CBR sea >15 y cuya densidad seca modificada no sea inferior al 93%. El espesor de esta capa dependerá de la capacidad portante de la explanada inicial (ver Tabla).

Tabla 4.1: ESPESOR MÍNIMO DE LA EXPLANADA SELECCIONADA

ÍNDICE CBR DE LA EXPLANADA	ESPESOR MÍNIMO DE LA EXPLANADA SELECCIONADA
5	15 cm
2	30 cm

4.3. EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBBASE

Las principales funciones de la subbase son las de drenaje del agua, distribución de las cargas que se generan y reducción de las tensiones verticales.

Las capas que la componen deben ser extendidas en tongadas, cuyo espesor compactado esté comprendido entre los 10 cm y los 15 cm.

Su compactación representa uno de los aspectos esenciales para cualquier pavimento flexible realizado con adoquines. Una compactación inadecuada es causa del fallo del pavimento.

La compactación debe continuar hasta que la densidad sea, como mínimo, superior o igual a la que corresponde al 95 % de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado.

Si en su construcción se emplean materiales sueltos, como roca machacada o grava, aparecerán pocos problemas en su ejecución siempre que los materiales hayan sido correctamente seleccionados. Se deberán tomar precauciones rutinarias para evitar la segregación de los materiales durante su transporte, vertido y extensión.

Para grandes superficies de trabajo, donde existe espacio suficiente para que los equipos de estabilización puedan operar y donde las diferentes etapas constructivas puedan llevarse a cabo en procesos continuos, los procesos de estabilización mediante mezcla "in situ" son los más apropiados y rentables.

Cuando no se dispone de espacio suficiente para que opere un tren de estabilización (por ejemplo, en cascos urbanos históricos), es preferible que los materiales utilizados sean estabilizados en una planta central de mezclado-hormigonado (hormigón poroso).

No es conveniente extender subbases granulares cuando la temperatura ambiente sea inferior a 2º C.

4.4. EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA BASE

4.4.1. GENERAL

Una vez extendida y compactada la subbase, se procede a la extensión de la base. Su correcta ejecución es fundamental ya que esta capa es el principal elemento portante de la estructura y es la encargada de transmitir a la subbase las cargas verticales. La base puede ser flexible (zahorra artificial) o rígida (hormigón magro).

En la siguiente tabla se indican las tolerancias aplicables a las cotas de la superficie de acabado para Explanada, Subbase y Base.

Tabla 4.2: TOLERANCIAS

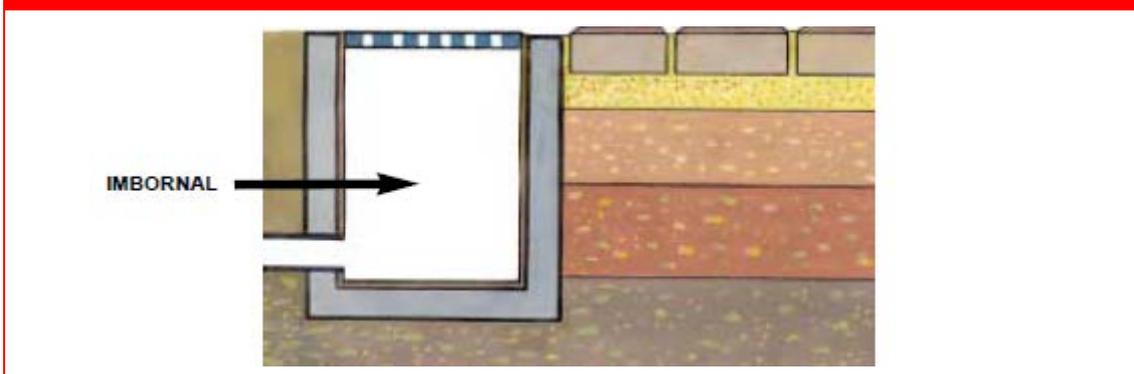
CAPA	TOLERANCIA
EXPLANADA	-50 mm ; +50 mm
SUBBASE	-30 mm ; +20 mm
BASE	-10 mm ; +10 mm

En todos los casos, la preparación de la Base se extenderá hasta incluir los bordes de confinamiento. El espesor de la Base compactada bajo estos bordes de confinamiento no debe ser inferior a 15 cm, salvo que se haya previsto el empleo de hormigón, o elementos prefabricados bajo los bordes de confinamiento.

La integridad de los bordes de confinamiento depende en gran medida de que se coloquen sobre una Base adecuadamente compactada.

Cuando una superficie adoquinada se ve interrumpida por una obra de fábrica (imbornales, registros...) dado que es difícil compactar la base en las proximidades de los elementos de drenaje, se recomienda enriquecer la base en estas zonas mediante hormigón.

Figura 10. ENRIQUECIMIENTO DEL FIRME MEDIANTE HORMIGÓN EN LAS PROXIMIDADES DE UN ELEMENTO DE DRENAJE.



El espesor de la Base debe ser uniforme.

Es fundamental que las pendientes del plano de acabado de la Base respeten las proyectadas, que deberán ser, como mínimo, del 1% para así permitir el correcto desagüe de las aguas superficiales sin provocar daños en las capas portantes que, de producirse, se transmitirían a la superficie de uso. Se recomienda una pendiente mínima del 2 % para garantizar el drenaje.

Para el correcto funcionamiento de un pavimento realizado con adoquines, es necesario tener prevista la evacuación de las aguas superficiales.

Para facilitar la evacuación es conveniente el empleo de elementos de drenaje prefabricados.

En la colocación de estos elementos de drenaje debe cuidarse que su plano superior quede situado por debajo del plano de rodadura de los adoquines.

Tras el paso de vehículos, la superficie final del área pavimentada reflejará el perfil de la Base, por lo que es imprescindible exigir tolerancias estrictas en su acabado.

4.4.2. BASES GRANULARES.

En líneas generales, la extensión y compactación de Bases granulares de zahorra artificial debe realizarse de forma análoga a lo establecido para las Subbases granulares, pero alcanzándose un mayor grado de compactación, que debe ser, como mínimo, el 98% del ensayo Proctor modificado en el caso de tráfico ligero (categorías de tráfico C1, C2, C3 y C4) y el 100% para el tráfico pesado (categoría C0).

No es aconsejable en ningún caso, el empleo de áridos que contengan arcilla.

El acabado de la Base debe ser similar al que se exigiría a una superficie destinadas a carreteras con un riego de imprimación bituminosa.

Si no existieran especificaciones al respecto, se recomienda que los niveles de la Base no se desvíen de los de diseño en más de 10 mm.

En ningún caso debe emplearse la capa de árido para corregir diferencias de nivel.

Tras la compactación, es conveniente realizar un sellado de la base mediante la aplicación de un betún de curado rápido o de una emulsión bituminosa, con el objeto de evitar que las filtraciones de aguas a través de las juntas del pavimento dañen la base del material suelto durante los dos o tres primeros meses posteriores a la ejecución.

En caso de impermeabilizar la base, es necesario tener previsto el drenaje de la escasa cantidad de agua que llegue a ella.

4.4.3. BASES DE HORMIGÓN MAGRO.

La puesta en obra de las Bases de hormigón magro se realiza de forma análoga a la del hormigón vibrado en pavimentos rígidos; no obstante, se recomienda que esta capa de hormigón sea porosa para que la pequeña cantidad de agua que pueda filtrarse de las capas superiores no quede almacenada y, por tanto, perjudique al pavimento.

El daño puede producirse transcurrido un largo período tras las lluvias. Insistimos en la necesidad de cuidar el correcto funcionamiento de los elementos de drenaje, siendo conveniente que dichos elementos cuenten con unos taladros que permitan la evacuación de las aguas, que, atravesando el lecho de árido, llegan a la base, sin que se permita el arrastre del árido.

Las únicas juntas que se realizarán, salvo disposiciones especiales en el proyecto, serán las longitudinales y transversales de hormigonado; las juntas transversales se dispondrán perpendicularmente al eje del vial para favorecer el drenaje.

En muchos proyectos la preparación de la explanada, y la construcción de la subbase y base van a ser realizadas por distintos contratistas del que se encarga del extendido del lecho de árido y colocación de los adoquines.

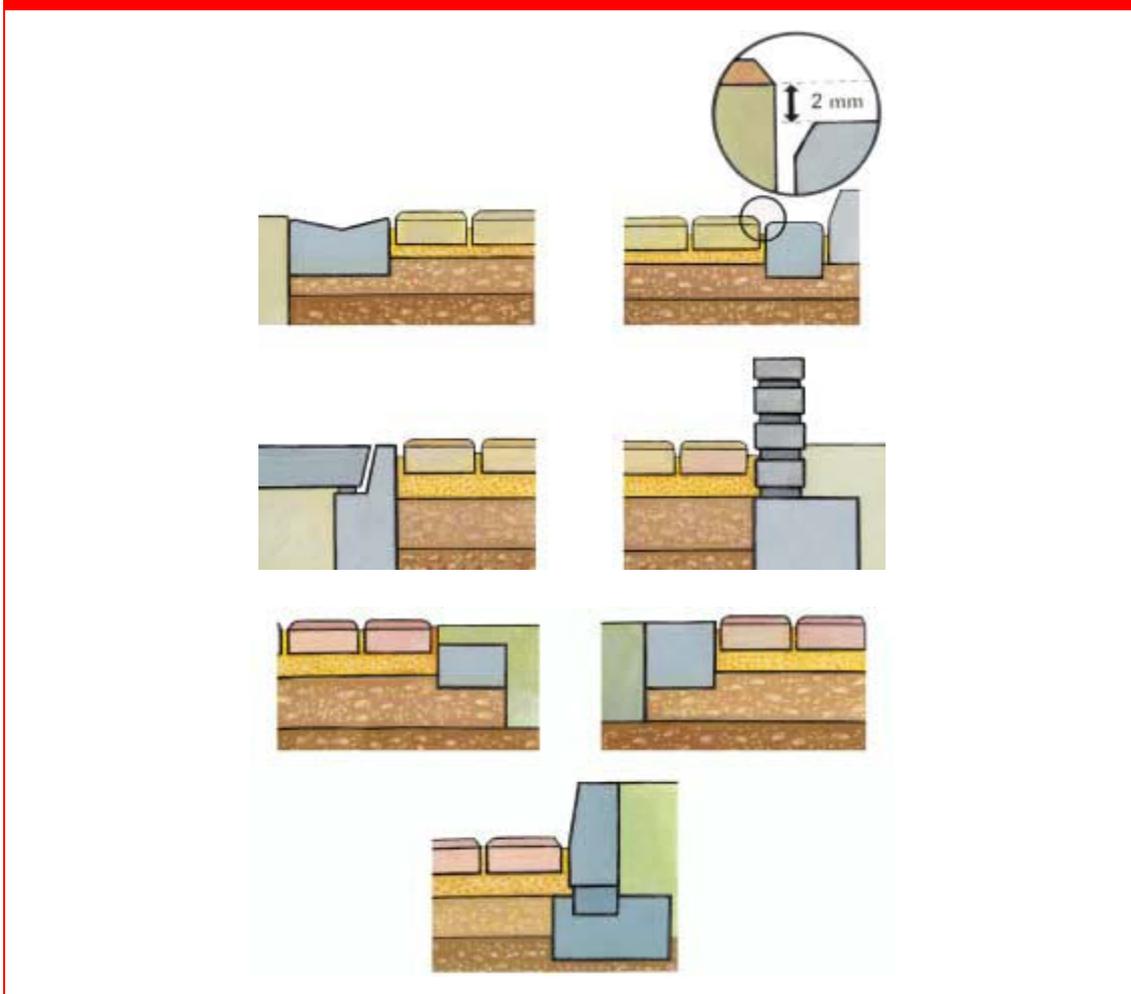
Es imprescindible asegurar antes del extendido del lecho de árido que la base cumple con las especificaciones establecidas tanto para su acabado superficial como en lo que respecta a su densidad, capacidad portante y preparación de los elementos de drenaje.

4.5. EJECUCIÓN DE LOS BORDES DE CONFINAMIENTO

Los adoquines, como la mayoría de los pavimentos, requieren la existencia de elementos de confinamiento lateral, cuya misión principal es evitar el desplazamiento de las piezas cuando estén sometidos a carga, y con ello impedir:

- la apertura de juntas,
- la pérdida de trabazón
- la dispersión del lecho de árido.

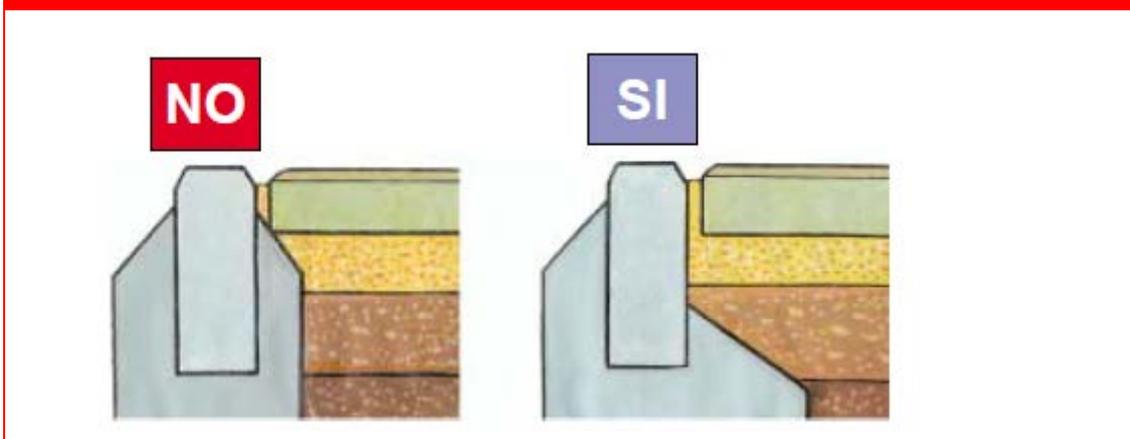
Como bordes de confinamiento pueden emplearse bordillos, ríoglas, otros elementos prefabricados de hormigón o, incluso, los propios muros que delimiten el área a pavimentar. La Figura 11 nos muestra diversos ejemplos de bordes de confinamiento.

Figura 11. EJEMPLOS DE BORDES DE CONFINAMIENTO.


Es conveniente que los bordes de confinamiento presenten a los adoquines una cara lateral recta, por lo que los elementos prefabricados de hormigón son los que ofrecen unas mejores prestaciones.

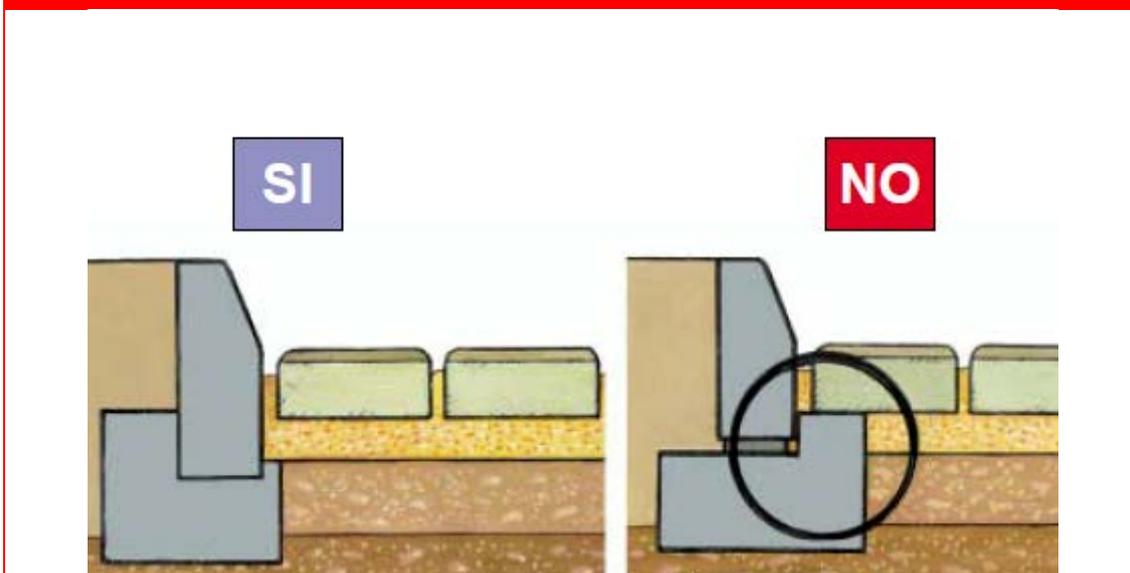
El borde de confinamiento debe situarse, como mínimo, 6 cm por debajo del plano inferior de los adoquines ya colocados, para garantizar la fijación deseada.

Asimismo, se deberá cuidar la forma de calzar los bordes de confinamiento, siempre se ha de dejar el espacio adecuado para el correcto asentamiento de los adoquines, esto es, espacio tanto para los adoquines como para el lecho de árido sobre el que tienen que encastrarse, tal como puede verse en la figura 12.

Figura 12. EJEMPLO DE FIJACIÓN DE UN BORDE DE CONFINAMIENTO.


Generalmente los bordes de confinamiento se sitúan sobre hormigón, debiendo sellarse adecuadamente las juntas entre elementos contiguos para evitar las fugas del árido y de la arena de sellado.

Debe evitarse el apoyo directo de los adoquines sobre las piezas componentes de los bordes de confinamiento dado que, si esto se produce, los adoquines sufrirían roturas. Este contacto debe realizarse mediante el lecho de árido y la arena de relleno.

Figura 13. DISPOSICIÓN DE LOS BORDES DE CONFINAMIENTO.


En el caso de que los adoquines dispongan de distanciadores laterales, estos tampoco tienen que estar en contacto directo con los bordes de confinamiento, ni con las piezas complementarias (parte de un adoquín) que se precisen para completar la pavimentación de una zona.

Normalmente basta con disponer los bordes de confinamiento a lo largo del perímetro exterior del área a pavimentar. No obstante, en grandes superficies, ocasionalmente se instalan bordes de confinamiento interiores, creando zonas adicionales de colocación, con lo que se incrementa la velocidad de ejecución.

Es preciso que estos bordes auxiliares tengan la rigidez suficiente para evitar movimientos cuando se sometan a la acción del tráfico, ya que, si se produjesen, podrían ocasionar la rotura de estos bordes adicionales.

Ejemplos de estas áreas son las que se precisan a efectos de compartimentar una gran superficie para facilitar el correcto drenaje y evacuación de las aguas superficiales, creando distintos planos con las pendientes adecuadas.

Los bordes de confinamiento deben estar instalados en el perímetro del área a pavimentar antes de la colocación de los adoquines.

4.6. EXTENSIÓN Y NIVELACIÓN DEL LECHO DE ÁRIDO

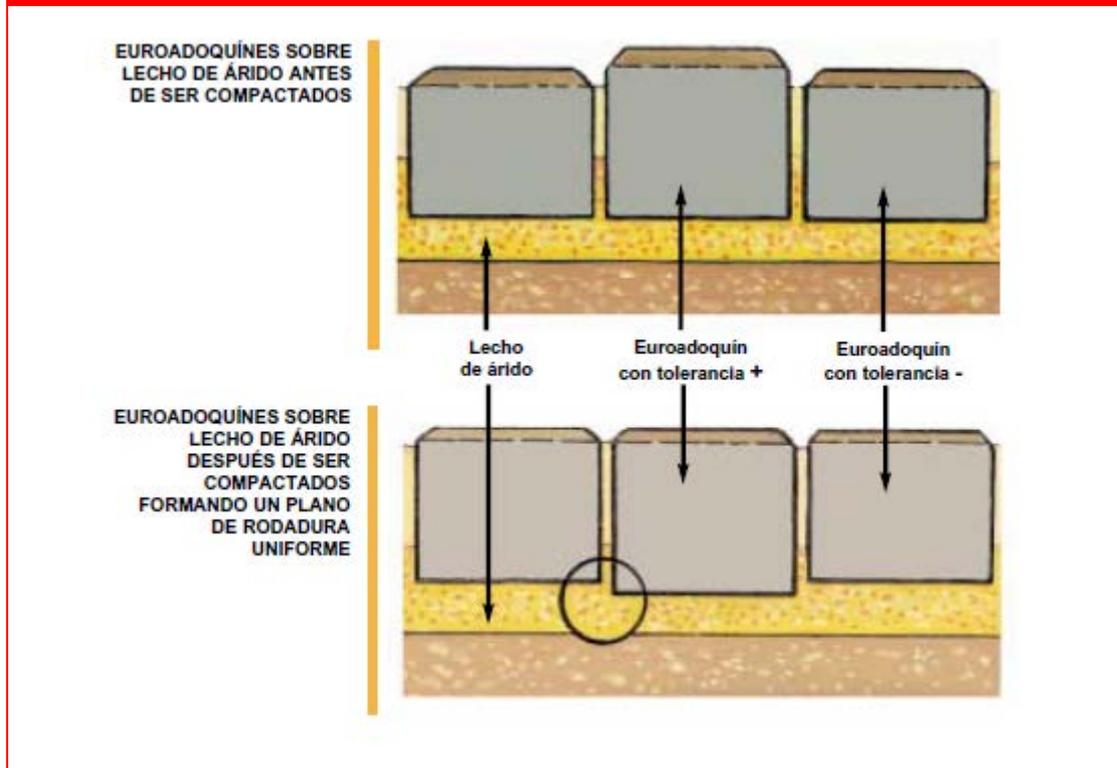
El lecho de árido, junto con la calidad de los adoquines, es un elemento fundamental que va a determinar el comportamiento y durabilidad de pavimento.

Este lecho se extiende directamente sobre la Base, una vez que se han colocado los bordes de confinamiento del área a pavimentar.

Una de sus principales funciones es la de absorber las pequeñas diferencias de espesor de los adoquines, dentro de las tolerancias dimensionales permitidas por la Norma Europea UNE-EN 1338, de forma que estos, una vez compactados, formen una superficie homogénea capaz de transmitir las cargas ocasionadas por el tráfico sin que se produzca deterioro en las piezas.

En la Figura 14 puede apreciarse como partiendo de adoquines con diversas dimensiones en su espesor, dentro de las tolerancias permitidas, se obtiene un plano de rodadura uniforme, al quedar absorbidas estas diferencias en el proceso de vibrado y compactación de los adoquines.

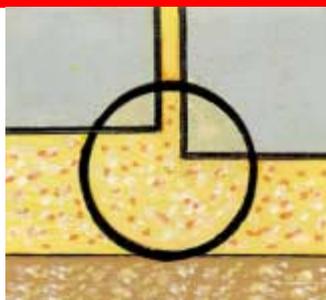
Figura 14. COMPENSACIÓN DE LAS PEQUEÑAS DIFERENCIAS ADMISIBLES EN EL ESPESOR DE LOS ADOQUINES (TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN) POR SU INCRUSTACIÓN EN EL LECHO



La capa de árido también actúa como elemento de relleno inferior de las juntas de los **ADOQUINES**, al quedar incrustados en el lecho de árido cuando se compactan, evitando el contacto directo entre las caras laterales de las piezas, y el contacto de estas caras con los bordes de confinamiento.

En la Figura 15, que nos muestra el detalle señalado en la Figura 14, puede apreciarse esta junta inferior entre adoquines, una vez compactados.

Figura 15. EL LECHO DE ÁRIDO COMPENSA LAS TOLERANCIAS EN EL ESPESOR DE LOS ADOQUINES Y FORMA LA PARTE INFERIOR DE SU JUNTA LATERAL.



Junta inferior entre adoquines.

La capa ha de estar formada por áridos de elevada resistencia geomecánica, bien procedentes de río o de machaqueo, si bien se recomienda que, preferentemente, se usen áridos de machaqueo ya que presentan unas mayores angulosidades, mejorando la cohesión de la capa.

El espesor de esta capa, así como la granulometría y angulosidad de los áridos empleados para conformarla tienen una gran importancia en el comportamiento de los pavimentos realizados con adoquines.

Los áridos deben estar limpios, con pocos finos, y libres de elementos contaminantes.

Un aspecto fundamental para asegurar la estabilidad de la capa de árido es la pendiente que debe tener el plano superior de la Base, de forma que se facilite la rápida evacuación de las pequeñas cantidades de agua que lleguen a esta capa a través de las juntas entre adoquines.

Si estas pendientes no se han cuidado, ni se han previsto dispositivos de drenaje adecuados, se formarán acumulaciones de agua bajo los adoquines, provocando asentamientos diferenciales y deterioro de las piezas.

Esto puede apreciarse incluso cuando ya ha transcurrido un tiempo desde que se produjo la lluvia sobre la zona pavimentada. Debe prestarse una especial atención a las zonas que están próximas a los puntos previstos para la evacuación de las aguas superficiales.

**La capa de rodadura reproducirá los defectos
que se originen en sus capas soporte.**

4.6.1. ESPESOR DEL LECHO DE ÁRIDO.

Para el cálculo de este espesor se distinguen dos casos:

- Bases de zahorra artificial.
- Bases de hormigón magro

En la siguiente tabla quedan determinados los espesores iniciales (antes de la compactación de los adoquines), y los espesores mínimos finales (tras la compactación) que ha de tener el lecho de árido según la naturaleza de la base.

Tabla 4.3: ESPESORES DE LA CAPA DE ÁRIDO EN FUNCIÓN DE LA NATURALEZA DE LA BASE

MATERIAL CONSTITUYENTE DE LA BASE	ESPESOR DEL LECHO DEL ÁRIDO	
	INICIAL (Antes de la compactación de los adoquines)	MÍNIMO FINAL (Tras la compactación de los adoquines)
ZAHORRA ARTIFICIAL	4 cm	3 cm
HORMIGÓN MAGRO	5 cm	4 cm

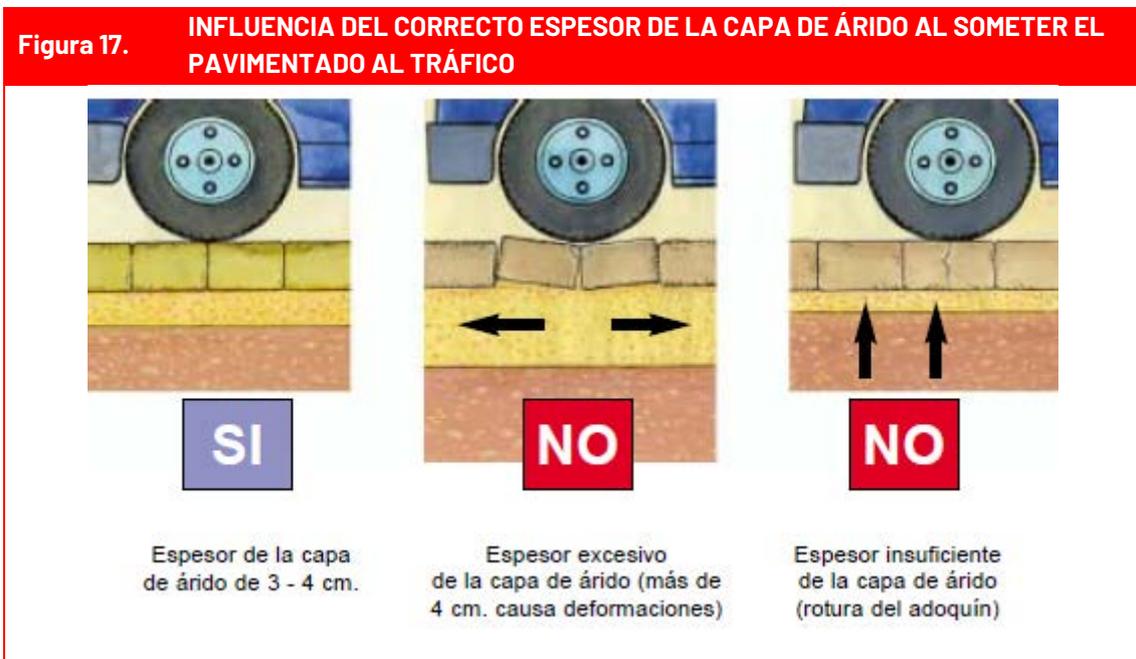
Con independencia del material constituyente de la base, el espesor del lecho de árido ha de ser uniforme, dado que en caso contrario se producirán deformaciones diferenciales al estar sometido al tráfico, produciéndose roturas en las piezas. En la Figura 16 puede apreciarse este efecto.



Nunca debe variarse el espesor del lecho de árido para corregir defectos en la nivelación de la base de apoyo, ni para crear pendientes.

Si el espesor del lecho de árido es excesivo, se producirán deformaciones cuando se someta el pavimento al tráfico.

Si, por el contrario, este espesor es insuficiente, al someterse al tráfico se producirán roturas en las piezas.



Tras la compactación de los adoquines, el espesor del lecho de árido tiene que estar comprendido entre 3 y 4 cm.

4.6.2. GRANULOMETRÍA Y OTRAS PROPIEDADES DEL ÁRIDO.

La granulometría recomendada del árido a emplear debe estar comprendida entre 2 mm y 6 mm. Debe estar exento de finos y de materias contaminantes.

Cuando el árido cumple con esta granulometría, las deformaciones asociadas a esta capa son inferiores a 3 mm, siempre que ésta y las restantes capas soporte estén correctamente ejecutadas.

El uso de un árido inadecuado puede producir el fallo completo del pavimento cuando está sometido a tráfico. El empleo de árido conteniendo finos de carácter plástico inferiores a 75 micras debe evitarse de forma absoluta, pudiendo establecerse como límite un contenido de materia orgánica y arcilla inferior al 3%.

Los áridos que cumplan con estos requisitos granulométricos tendrán un rendimiento satisfactorio bajo tráfico, tanto si están húmedos como si están secos. Esto no quiere decir que los áridos que no cumplan estrictamente con estos requisitos deban ser considerados como no válidos. Sin embargo es prudente reconocer que, al menos que existan precedentes satisfactorios de uso, pueden existir riesgos si se eligen materiales para el lecho de árido que no los cumplan.

En cuanto a su nivel de angulosidad, se ha comprobado que los pavimentos realizados con adoquines tienen un mejor comportamiento cuando se han colocado sobre un lecho de áridos angulosos que cuando estos áridos son más redondeados. Esto se debe a que cuanto mayor es la angulosidad de los áridos mayor es su cohesión y, por tanto, menor es el riesgo de deformación y arrastre causado por la pequeña cantidad de agua superficial que llega al lecho de árido a través de las juntas entre adoquines.

Por esto, se recomienda que se empleen preferentemente áridos de machaqueo frente a áridos de río.

Un efecto similar lo producen los finos que pueda contener el árido empleado. Estos finos serán fácilmente arrastrados por las aguas superficiales que lleguen a esta capa, que también tendrá mayores deformaciones al estar sometida al tráfico. Se recomienda eliminar este riesgo empleando áridos lavados.

Los áridos gruesos también deben ser excluidos, para evitar daños en los adoquines que se coloquen sobre ellos, ya que se pueden producir roturas ante acumulaciones puntuales de tensiones. Por esto el tamaño máximo del árido no debe superar los 6 mm.

Además, el árido debe tener un tamaño máximo tal que, en el proceso de encastrado del adoquín en el lecho de árido, éste penetre desde abajo en las juntas, de forma que constituya la parte inferior del elemento separador entre piezas.

El empleo de un árido inadecuado en la formación del lecho de árido provocará el fallo del pavimento cuando se someta al tráfico.

4.6.3. EXTENSIÓN DEL LECHO DE ÁRIDO.

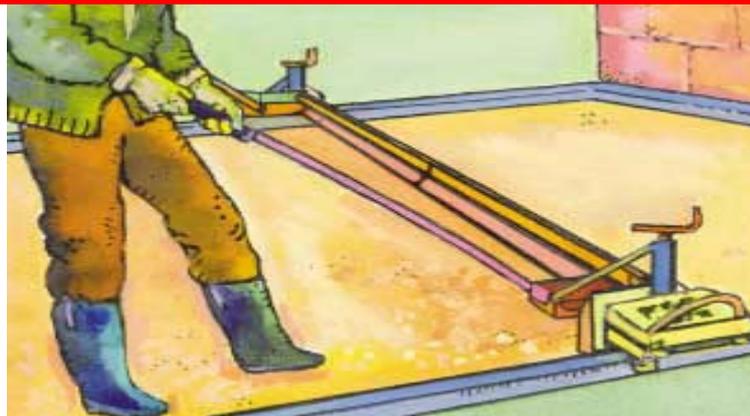
El extendido y nivelación del lecho de árido tiene por objeto el lograr una capa de espesor uniforme (véase Tabla 4.3). Su compactación se realizará una vez que estén colocados los **ADOQUINES**.

Para extender el lecho de árido se recomienda la utilización de tres reglas, dos de las cuales se emplean a modo de rieles situados directamente sobre la base, y la tercera como enrasadora del árido distribuido previamente sobre los rieles.

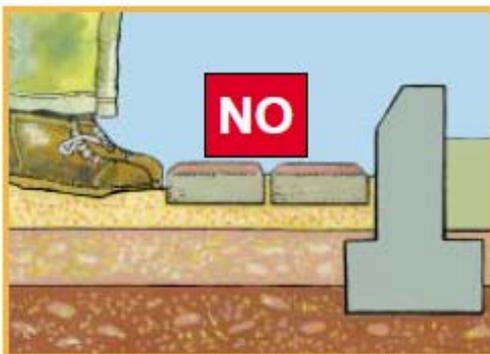
El desplazamiento de la enrasadora se deberá realizar siguiendo siempre la dirección de los rieles (es importante arrastrar un sobreespesor de árido, que sin dificultar el arrastre sea suficiente para garantizar un lecho de árido correcto). También es muy importante no realizar movimientos con la enrasadora de lado a lado, que puedan producir un desplazamiento de las reglas de nivelación.

Figura 18.

PROCESO DE ENRASADO MECÁNICO DEL LECHO DE ÁRIDO.



La extensión de la capa de árido debe hacerse de forma que se corresponda con los **ADOQUINES** que puedan ser colocados en ese día, así en cada jornada se debe completar la colocación de una zona, no dejando el árido a la intemperie de un día para otro. La extensión y la nivelación también puede realizarse mediante medios mecánicos.



Una vez que el árido ha sido nivelado no debe pisarse. La colocación de los adoquines se realizará desde el pavimento ya colocado. No es recomendable extender el árido en zonas muy grandes, para no dificultar la correcta organización del trabajo. En caso de colocación manual estas zonas no deben rebasar los 4 m de longitud.

El lecho de árido no debe ser pisado.

4.7 COLOCACIÓN DE LOS ADOQUINES

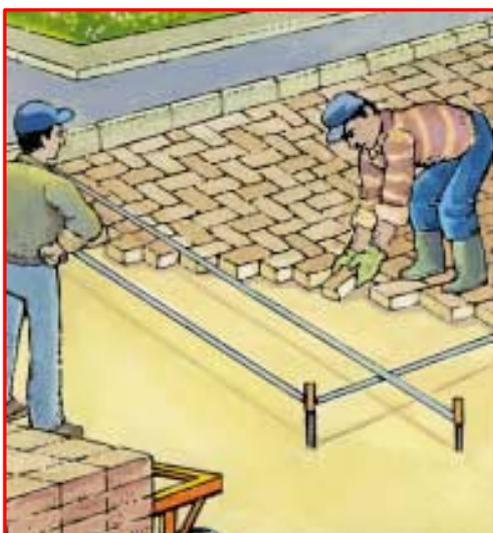
En primer lugar, debe decidirse por dónde comenzar la instalación. En un lugar con pendiente, es conveniente empezar por el punto más bajo y continuar pendiente arriba.



Los adoquines deben situarse lo más cerca posible de la superficie de colocación para no ralentizar la ejecución. Para transportar los adoquines desde los palets de almacenamiento hasta la superficie de trabajo, pueden utilizarse distintos tipos de carretilla, y donde las distancias a cubrir sean menores de 5 - 6 m.

Colocar los adoquines siempre tomándolos de forma mezclada usando tres palets diferentes. De esta forma, se evitan diferencias apreciables a gran escala en la uniformidad del color.

4.7.1. COLOCACIÓN MANUAL



El proceso de colocación se realizará sobre el lecho de árido, una vez nivelado.

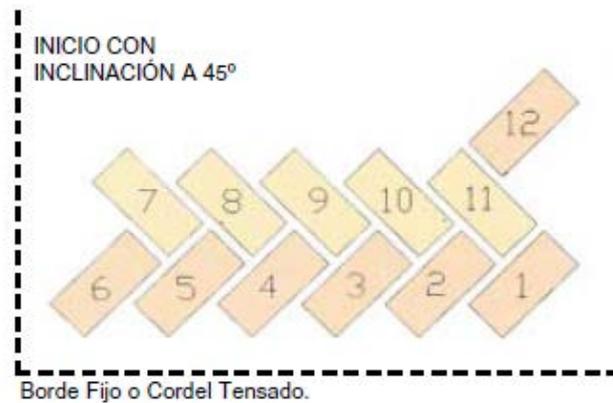
La colocación de los primeros adoquines requiere una atención especial, puesto que cualquier defecto quedará reflejado en las hiladas sucesivas.

Para obtener el modelo de colocación en planta deseado es preciso disponer los primeros adoquines en el ángulo adecuado contra el borde de confinamiento de arranque.

Otra posibilidad es reproducir el borde fijo de salida mediante el tendido y tensado de un cordel. Además de este cordel inicial se irán tendiendo cordeles de

referencia hasta completar la colocación de una zona, para asegurar su alineación.

Las Figuras 19 y 20 muestran el orden de colocación de arranque en dos configuraciones distintas.

Figura 19. ORDEN DE COLOCACIÓN DE ARRANQUE CON INCLINACIÓN A 45°

Figura 20. ORDEN DE COLOCACIÓN DE ARRANQUE EN ÁNGULO RECTO.


La pavimentación debe comenzarse desde una línea recta; si por la disposición en planta seleccionada quedan espacios entre esta línea inicial y el borde de confinamiento, estos deben rellenarse con trozos adecuados cortados directamente de las piezas. Igual sucede cuando se remata la pavimentación de una zona.

Para colocar un adoquín, el operador debe deslizarlo en su posición, conforme a la disposición en planta seleccionada, manteniendo una presión manual suave para sujetarlo contra las piezas contiguas que ya ocupen su lugar. Esto facilita que las unidades no se inclinen y se introduzcan con una arista en el lecho de árido.

Durante el proceso de colocación debe mantenerse la separación entre adoquines comprendida de 2 a 3 mm, asegurándose que las piezas están niveladas.

Siempre debe respetarse una separación entre las caras laterales de los adoquines en proceso de colocación del orden de 2 a 3 mm. Debemos dejar espacio para la subida del árido por las juntas.

Cuando las piezas empiezan a desviarse de las líneas que definen el modelo en planta seleccionado, deben reajustarse las uniones entre adoquines de forma que se obtenga la planta seleccionada. Este reajuste ha de realizarse antes del sellado de arena.

Las piezas colocadas se encastran ligeramente en el lecho de árido aplicando una suave presión sobre las mismas. No deben emplearse martillos o herramientas metálicas que puedan dañarlas.

La colocación y el remate de las zonas que limitan las estructuras de drenaje deben realizarse cortando las piezas necesarias para completar la pavimentación, asegurando que estas piezas de remate no dificulten la evacuación de las aguas superficiales, por estar, por ejemplo, en un nivel superior.

La obra debe organizarse de manera que los operarios y el material siempre pasen por encima del material ya colocado. Se pueden utilizar tableros de apoyo para el instalador y/o las carretillas.

Hasta que el pavimento no haya sido compactado mediante elementos vibradores no debe ser sometido a más cargas que las del peso del colocador y de sus herramientas. Someter a cargas el pavimento antes de su compactación y sellado de las juntas puede ocasionar roces entre adoquines con el riesgo de que estos se astillen.

El trabajo debe organizarse de forma que cada jornada se complete la colocación de un área determinada, no dejando expuesto hasta el día siguiente el lecho de árido una vez que este ha sido nivelado.

4.7.2. COLOCACIÓN MECANIZADA

Cuando el tipo de obra lo permita (grandes superficies, suficiente espacio para poder maniobrar, y homogeneidad en el color de los **ADOQUINES**), pueden emplearse máquinas en la colocación, aumentando notablemente el rendimiento.

La maquinaria de colocación retira las capas de adoquines de los palets, por lo que las unidades han debido ser fabricadas y paletizadas conformando una sección en planta determinada. Asimismo se requiere que las piezas dispongan de separadores laterales.

Cada grupo de adoquines es retirado de los palets mediante uso dispositivos hidráulicos que actúan como abrazaderas, sometiendo a las piezas a una compresión lateral para asegurar que no se caigan mientras son transportadas a la zona de colocación.

Una vez situados sobre la zona a pavimentar, los adoquines se aproximan y se dejan caer sobre el lecho de árido, siendo necesario un ajuste manual posterior para garantizar la alineación de las piezas.

Siempre debe mantenerse la separación lateral entre los adoquines.

Estas operaciones de ajuste y remate deben efectuarse como en el caso de colocación manual.

4.7.3. SEPARACIÓN ENTRE ADOQUINES

Una superficie adoquinada es una estructura elástica formada por **ADOQUINES**, que transmiten las cargas en el plano horizontal a través del árido de relleno de sus juntas.

Los adoquines deben ser colocados manteniendo una separación mínima entre ellos, del orden de 1,5 a 3 mm, de forma que permita el relleno posterior. Este material de relleno servirá para que se transmitan las cargas entre ellos sin que se produzca deterioro de los mismos.

Si la separación entre adoquines es excesiva, se producirá la pérdida de la arena de sellado con el uso y limpieza de la zona pavimentada.

Sin separación entre adoquines no es posible construir una explanada estable, ya que los adoquines actuarán de forma aislada, y se desplazarán cuando estén sometidos a carga.

La falta de material de separación provocará el contacto entre adoquines, con acumulación puntual de tensiones y rotura de los mismos, en especial la clásica rotura de esquinas. Este efecto se reduce aumentando el espesor de los adoquines.

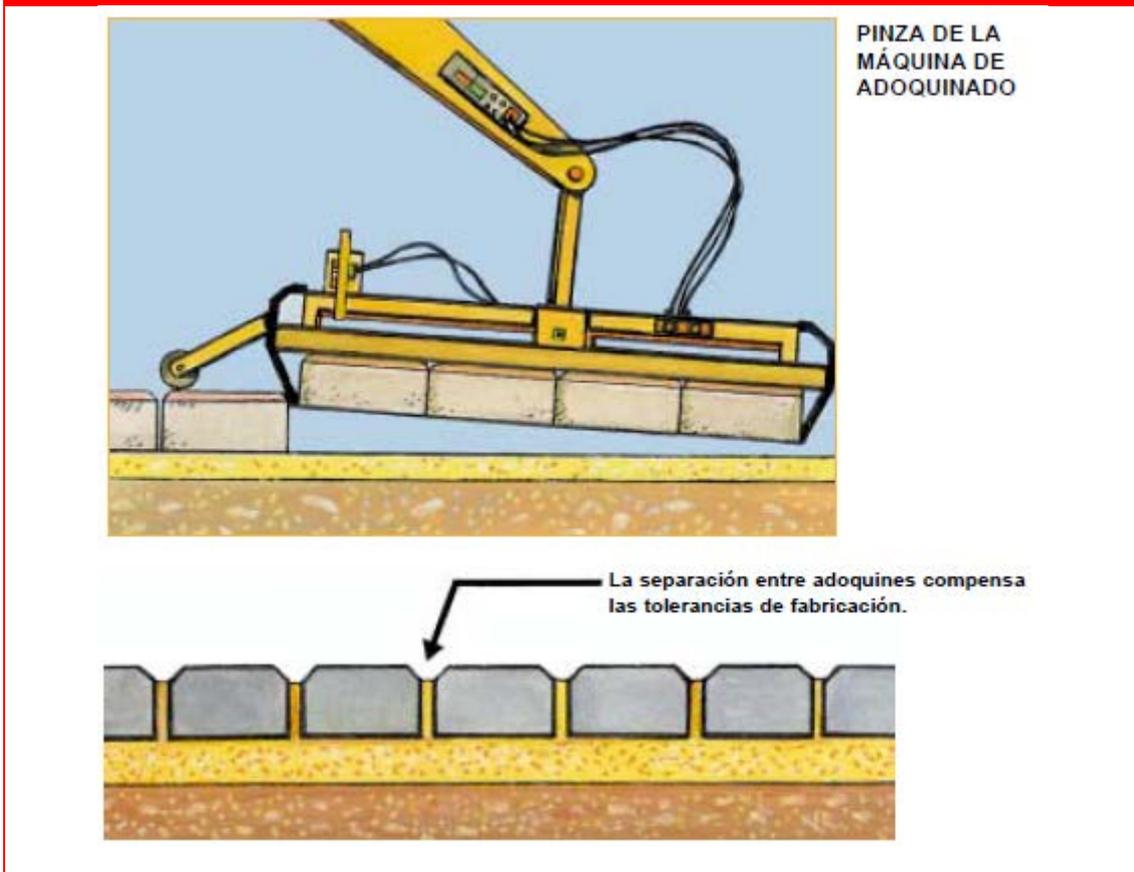
Erróneamente, en muchos casos se culpa al fabricante de los adoquines por las roturas provocadas por no respetar la separación lateral entre los mismos en el proceso de colocación.

Incluso en el caso de que los adoquines dispongan de distanciadores laterales, éstos tampoco deben estar en contacto con la superficie lateral de la unidad contigua, ni con los bordes de confinamiento.

Otro problema derivado de una mala colocación, sin respetar la separación entre adoquines, es la aparición de desplazamientos en la línea de adoquinado. Un único adoquín, cuyas dimensiones estén dentro de las tolerancias permitidas por la Norma Europea, pero que haya sido colocado sin la separación correcta entre unidades, distorsiona la capa.

Cuando se colocan con máquina, incluso con adoquines dotados de distanciadores, al abrirse las pinzas los adoquines caen en forma de arco, produciéndose una separación entre ellos. El operario debe reajustarlos para que la separación sea siempre correcta.

Figura 22. COLOCACIÓN CON MÁQUINA. SEPARACIÓN ENTRE ADOQUINES.



4.7.4. TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN.

Las técnicas de fabricación de los **ADOQUINES** permiten obtener medidas muy precisas; sin embargo, no existe un método de fabricación en el que no haya que aceptar tolerancias.

Las tolerancias permitidas que vienen descritas en las Normas Europeas (UNE-EN) se compensan con la separación entre Adoquines y con el lecho de árido.

Tabla 4.4. TOLERANCIAS DIMENSIONALES PERMITIDAS POR LA NORMA EUROPEA UNE-EN 1338.

ESPESOR DEL ADOQUÍN	TOLERANCIAS SOBRE DIMENSIONES NOMINALES		
	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Espesor (mm)
< 100	±2	±2	±3
≥ 100	±3	±3	±4

La diferencia entre 2 medidas cualquiera del espesor de un adoquín debe ser ≤3 mm.

4.8. COMPACTACIÓN INICIAL E IGUALACIÓN DEL PAVIMENTO

Esta operación se realiza con placas vibratorias (rana) o con rodillos mecánicos, recubiertas de una capa de goma para evitar dañar los adoquines. Pueden ser estáticos o dinámicos y se realiza antes del final de cada turno de trabajo.

Se realizarán dos pasadas en direcciones perpendiculares, solapando la distancia equivalente a medio adoquín en cada pasada. No sobrepasar la distancia de 1 m hasta los bordes libres (en los que no se haya ejecutado el borde de confinamiento).

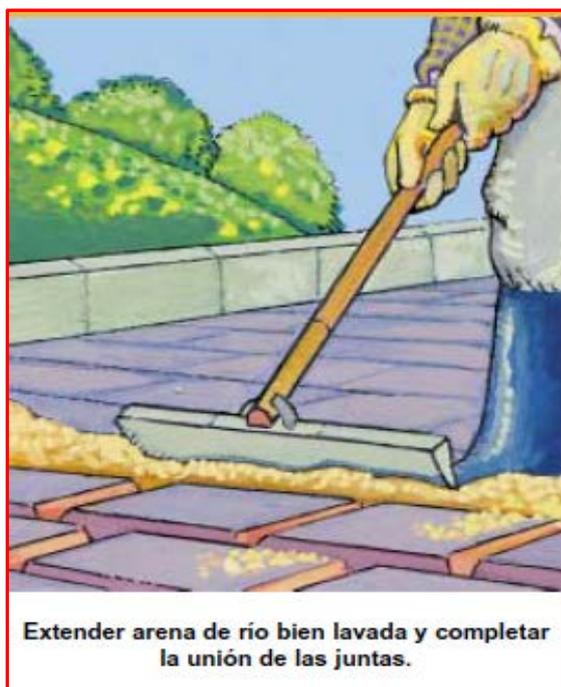
Tras este proceso, se deben sustituir aquellos adoquines que hayan podido ser dañados.

4.9. SELLADO CON ARENA Y COMPACTACIÓN FINAL

Una vez se han colocado y alineado correctamente los **ADOQUINES** de forma que el árido haya rellenado parcialmente desde abajo las juntas, se procede a extender sobre el pavimento una ligera capa de arena para completar el llenado de las mismas.

Esta operación es muy importante para el correcto comportamiento del pavimento, ya que debe asegurarse el completo relleno de las juntas de forma que esta arena (y el árido de su parte inferior) sea el transmisor de los esfuerzos laterales entre adoquines, y entre estos y los bordes de confinamiento.

La experiencia ha demostrado que se producen importantes daños en el pavimento si éste es sometido a tráfico sin haber completado el relleno de sus juntas.



Se extenderá arena fina y seca sobre el pavimento, procediendo a introducirla en las juntas mediante un barrido manual o mecánico, procurando que quede un excedente sobre toda la superficie.

Esta arena, debe estar libre de sales solubles dañinas, u otros contaminantes que pueden provocar la aparición de eflorescencias (igual que en el caso del lecho de árido).

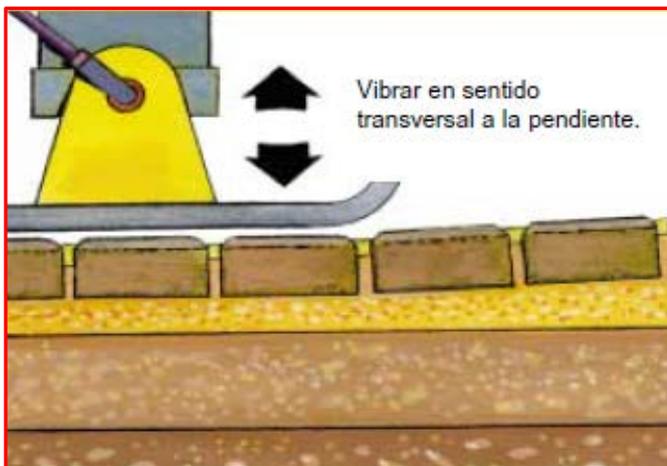
Es recomendable emplear arenas lavadas sin exceso de finos. Si existen demasiados finos se producirá el vaciado de las juntas con el uso y limpieza del pavimento; además este exceso de finos facilitará su migración hacia el lecho de árido por arrastre, con idénticas consecuencias no deseables.

A continuación, se someterá el pavimento a un proceso de compactación para garantizar el correcto relleno de las juntas. La compactación se realiza mediante placas vibrantes, o con rodillos mecánicos (en este caso deben ser, además, vibradores).

Se debe procurar que no haya amontonamientos de arena ya que al pasar la compactadora pueda presionar en exceso al adoquín y deformar el pavimento.

Es recomendable que las fuerzas vibratorias y el peso de los rodillos mecánicos sean proporcionales al espesor y forma de los adoquines, así como a las características del lecho de árido y de la Base.

Cuando las superficies a compactar tengan una inclinación, es recomendable realizar la operación de compactación en sentido ascendente y transversal respecto a la pendiente.



La compactación debe efectuarse el mismo día que la colocación, de forma que no queden, en lo posible, áreas de pavimento sin compactar expuestas a un uso inadecuado.

Este aspecto debe ser más vigilado cuando exista un peligro de uso inadecuado (por ejemplo, en cascos urbanos).

La adaptación de las juntas es gradual y, en general, requiere sucesivas fases de vertido de arena y relleno de juntas.

4.10. LIMPIEZA FINAL



Eliminar el exceso de arena con cepillo.

Terminado el ciclo de vibrado del pavimento y habiéndose alcanzado el completo relleno de sus juntas, debe procederse a una limpieza de su superficie para eliminar la arena de sellado sobrante. Esta limpieza ha de realizarse mediante un barrido, dejando una mínima cantidad de arena sobre el pavimento, de forma que con el uso se rellenen las juntas de forma natural.

Si tras efectuar el barrido se observase que alguna junta hubiera quedado parcialmente vacía, debe repetirse el sellado de arena, pero limitando la operación a la superficie afectada.

Terminada esta limpieza, el pavimento está listo para su entrada en servicio.

La limpieza final nunca debe llevarse a cabo empleando agua.

5. SOSTENIBILIDAD

A medida que ha ido incrementándose la conciencia ambiental en la sociedad, las empresas se han dado cuenta de la enorme importancia de evaluar cómo afectan sus actividades al medio ambiente. Ante esta creciente demanda, las empresas deben responder ofreciendo productos más ecológicos y empleando procesos de producción "más limpios". Una de las herramientas que se pueden aplicar para mejorar los productos y los procesos es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siendo el soporte de las declaraciones ambientales de producto (DAP).

5.1. DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO (DAP)

Una DAP plasma, en un documento verificado por una tercera parte independiente, los resultados de esa evaluación ambiental objetiva. El contenido de esa DAP y los detalles de lo que hay que considerar en el estudio de ACV correspondiente vendrá definido bien en una norma, en este caso en la UNE-EN 16757:2018 "Sostenibilidad de las obras de construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de Categoría de Producto para hormigón y elementos de hormigón", que a su vez se referencia en la norma europea UNE-EN 15804:2012+A1:2014, que establece unas reglas de categoría de producto (RCP) comunes para el sector de la construcción. De esta forma, la DAP proporcionará un perfil ambiental basado en datos cuantificados y verificables, empleando una serie de categorías de impacto normalizadas.

En la construcción, una declaración ambiental de producto es una importante herramienta para valorar las características de sostenibilidad de los diferentes materiales de construcción que van a utilizar en sus proyectos. Poco a poco comienza a ser una información demandada por promotores (como factor de diferenciación), administraciones (para implementar los compromisos en materia ambiental), usuarios (creciente sensibilización hacia el medio ambiente) u otros agentes. Especialmente están dirigidas a obras que se certifiquen conforme a sistemas de certificación de la sostenibilidad, siendo los más implantados las herramientas LEED y BREEAM, y estos estar orientados a edificios de titularidad privada. También comienza a observarse una mayor sensibilización en la Administración, pudiendo el componente medioambiental y/o social ser un criterio a puntuar en la contratación pública. Además, da respuesta a una de las novedades que introdujo el Reglamento Europeo de Productos de Construcción con el nuevo requisito "Uso sostenible de los recursos naturales".

TODOS NUESTROS ADOQUINES DISPONEN DE DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTO, SIENDO PREFABRICADOS DUERO PIONERA EN LA OBTENCIÓN DE LAS DAP PARA ESTE TIPO DE PRODUCTOS.