

91 351 83 00 - 667 754 344

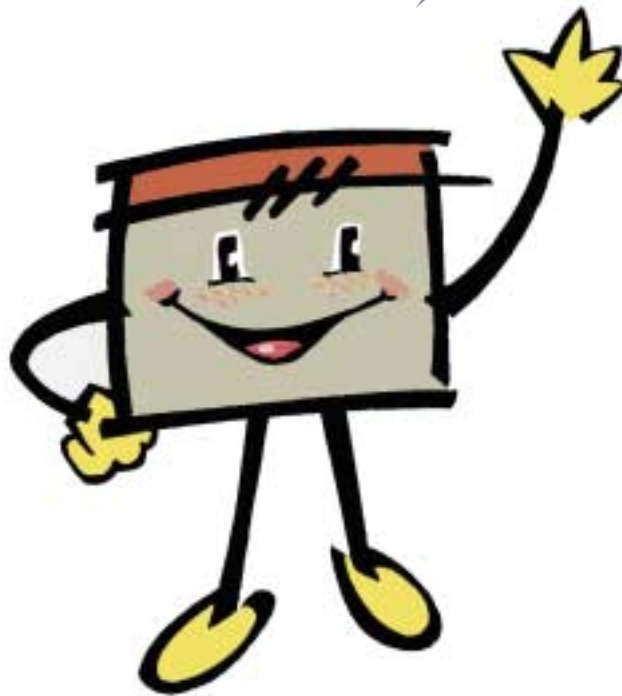
# Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines

---

MTCE-04

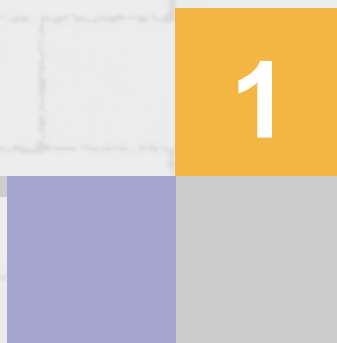
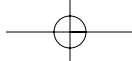


*Hola amigos.  
Mi nombre es **Dokinito**  
y he sido elegido  
por las Empresas Fundadoras  
de **Euroadoquín**®  
como la mascota que os va a presentar  
este Manual para la correcta  
colocación de los Euroadoquines.  
¡Espero que os sea de utilidad!*



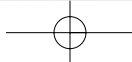
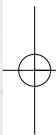
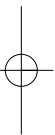
# ÍNDICE

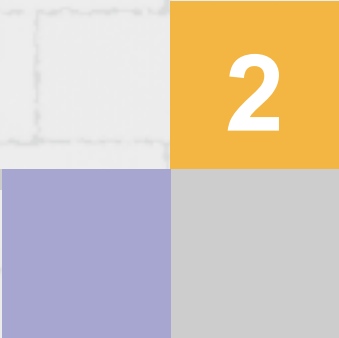
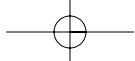
<b>1. - INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>2. - SUPERFICIE ADOQUINADA</b> .....	10
<b>3. - SECCIÓN TIPO</b> .....	12
<b>3.1. - CAPAS COMPONENTES</b> .....	12
<b>3.2. - DETERMINACIÓN DE LA SECCION TIPO</b> .....	13
3.2.1. - TIPO DE EXPLANADA.....	13
3.2.2. - CATEGORÍA DE TRÁFICO.....	13
A) VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.....	14
B) ZONAS INDUSTRIALES.....	15
3.2.3. - SECCIONES TIPO.....	17
A) VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.....	17
B) ZONAS INDUSTRIALES.....	20
<b>4. - PENDIENTES</b> .....	22
<b>5. - INFLUENCIA DE LAS CARGAS ORIGINADAS POR EL TRÁFICO RODADO EN LOS ADOQUINES</b> .....	24
<b>6. - ESPESOR DE LOS EUROADOQUINES</b> .....	28
<b>7. - SEPARACIÓN ENTRE EUROADOQUINES</b> .....	32
<b>8. - CONSTRUCCIÓN DE UN PAVIMENTO CON EUROADOQUINES</b> .....	36
<b>8.1. - FASES DEL PROCESO</b> .....	36
<b>8.2. - PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO</b> .....	36
<b>8.3. - PREPARACIÓN DE LA EXPLANADA</b> .....	37
<b>8.4. - EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBBASE</b> .....	38
<b>8.5. - EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA BASE</b> .....	39
8.5.1. - GENERAL.....	39
8.5.2. - BASES GRANULARES.....	40
8.5.3. - BASES DE HORMIGÓN MAGRO.....	41
<b>8.6. - EJECUCIÓN DE LOS BORDES DE CONFINAMIENTO</b> .....	42
<b>8.7. - EXTENSIÓN Y NIVELACIÓN DEL LECHO DE ÁRIDO</b> .....	45
8.7.1. - GENERAL.....	45
8.7.2. - ESPESOR DEL LECHO DE ÁRIDO.....	47
8.7.3. - GRANULOMETRÍA Y OTRAS PROPIEDADE DEL ÁRIDO.....	49
8.7.4. - EXTENSIÓN DEL LECHO DE ÁRIDO.....	50
<b>8.8.- COLOCACIÓN DE LOS ADOQUINES</b> .....	51
8.8.1. - COLOCACIÓN MANUAL.....	51
8.8.2. - COLOCACIÓN MECANIZADA.....	54
<b>8.9. - SELLADO CON ARENA Y VIBRADO DEL PAVIMENTO</b> .....	54
<b>8.10. - LIMPIEZA FINAL</b> .....	56
<b>9. - CARACTERÍSTICAS DE LOS ADOQUINES SEGÚN NORMA EUROPEA UNE-EN 1338</b> .....	60
<b>10. - ESPECIFICACIÓN TIPO DE LOS EUROADOQUINES</b> .....	68
<b>11. - ESPECIFICACIÓN TIPO DE COLOCACIÓN DE LOS EUROADOQUINES</b> .....	70



---

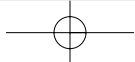
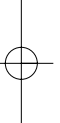
# Introducción





---

# Superficie Adoquinada



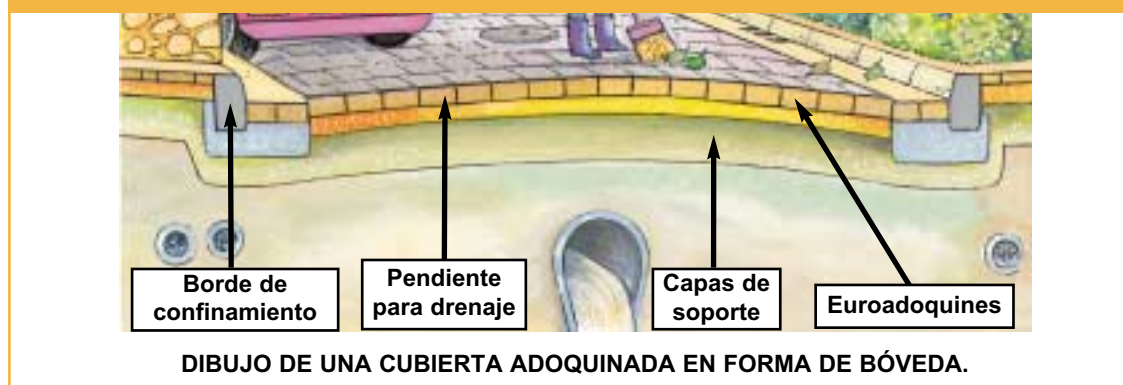
## 2 SUPERFICIE ADOQUINADA

Una superficie con **EUROADOQUINES** es un área de carga estable que transfiere las cargas individualmente. La superficie adoquinada, en general, debe formar una **bóveda**, de manera que se puedan transferir más eficazmente las cargas verticales y horizontales que se apliquen sobre ella, básicamente, por la circulación de vehículos. Las bóvedas, además de permitir la aplicación de mayores cargas, ayudan también a formar las pendientes, imprescindibles para la correcta circulación de las aguas superficiales hacia las zonas donde se haya previsto su recogida y drenaje. Es conveniente que las aguas superficiales se drenen por los bordes laterales de las vías de circulación y no por su parte central, para así facilitar su rápida eliminación.

La bóveda queda limitada por los bordes de confinamiento.

En la Figura 1 se recoge un esquema de la sección transversal de la calzada pavimentada con adoquines formando una bóveda.

Figura 1. SECCIÓN TRANSVERSAL DE CALZADA CON EUROADOQUIN



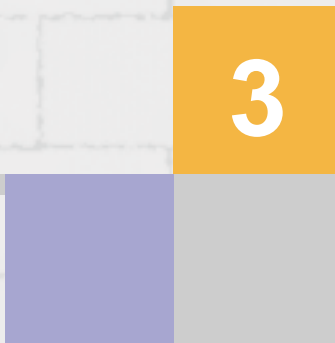
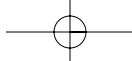
En la Figura 2 se aprecia gráficamente el comportamiento de una bóveda frente a las cargas. Las bóvedas permiten soportar mayores cargas sin deformación.

Figura 2. COMPORTAMIENTO DE LA BÓVEDA

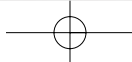
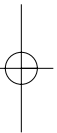


**Un correcto drenaje es fundamental para el funcionamiento y durabilidad de las áreas pavimentadas con adoquines.**





## Sección Tipo



## 3 SECCIÓN TIPO

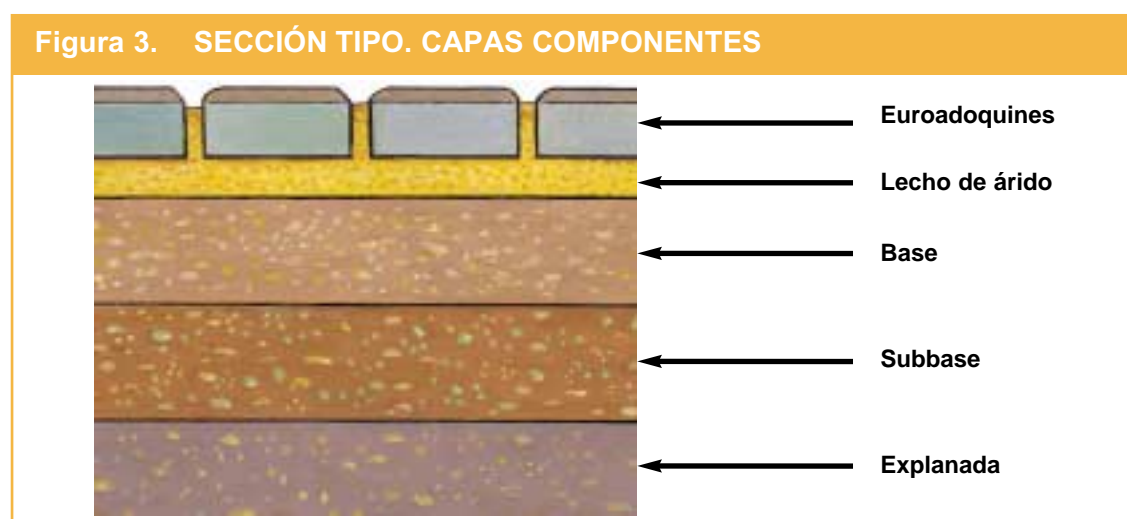
### 3.1. CAPAS COMPONENTES.

La sección tipo de un área pavimentada con **EUROADOQUINES** 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.
- **EUROADOQUINES:** Elementos prefabricados de hormigón, cuya cara exterior, una vez colocados, forman la capa de rodadura de la superficie a pavimentar.

Una vez encastrados en el lecho de árido, sus juntas precisan un relleno final para transferir a los elementos contiguos las cargas a las que sean sometidos por acción del tráfico.

En la Figura 3 puede apreciarse una sección tipo, con sus capas componentes.



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



### 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. 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:

<b>E1</b>	<b><math>5 \leq \text{CBR} &lt; 10</math></b>
<b>E2</b>	<b><math>10 \leq \text{CBR} &lt; 20</math></b>
<b>E3</b>	<b><math>20 \leq \text{CBR}</math></b>

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.






La Categoría 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 Tabla 3.1 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).

**Tabla 3.1. CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.**

USO PREVISTO	CATEGORÍA DE TRÁFICO	
ÁREAS PEATONALES, CALLES RESIDENCIALES	C4	
CALLES COMERCIALES DE ESCASA ACTIVIDAD (15 v.p.d.)*	C3	
CALLES COMERCIALES DE GRAN ACTIVIDAD (16 a 24 v.p.d.)*	C2	
ARTERIAS PRINCIPALES (25 a 49 v.p.d.)*	C1	
ARTERIAS PRINCIPALES CON GRAN AFLUENCIA DE TRÁFICO, PARADAS DE AUTOBUSES, ESTACIONES DE SERVICIO, etc. (50 a 149 v.p.d.)*	C0	
ARTERIAS PRINCIPALES CON AFLUENCIA DE VEHÍCULOS PESADOS (más de 150 v.p.d.)*	VER ZONAS INDUSTRIALES	
ZONAS INDUSTRIALES	VER ZONAS INDUSTRIALES	

*Nota: Para tráfico pesado en zonas urbanas, se deben considerar las categorías C0 y C1.*

*\* v.p.d.: Vehículos pesados por día.*

## B. ZONAS INDUSTRIALES.

En este caso, la Categoría de Tráfico (A, B, C, D) se determina por los siguientes factores:

- **Tipo de tráfico** esperado: Muy pesado, pesado, medio o ligero.
- **Intensidad de uso**; Elevada, Media o Reducida, junto con la **Carga de Cálculo**; Alta, Media, Baja.

Una vez analizada el área a pavimentar según estos factores, se tendrá en cuenta la Categoría de Tráfico más exigente para determinar la sección tipo.

### FACTOR: TIPO DE TRÁFICO.

En la Tabla 3.2 se indican las Categorías de Tráfico (A, B, C, D) directamente relacionadas con el Tipo de Tráfico esperado (Muy pesado, Pesado, Medio o Ligero)

**Tabla 3.2. CATEGORÍA DE TRÁFICO EN ZONAS INDUSTRIALES SEGÚN EL TIPO DE TRÁFICO.**

TIPO DE TRÁFICO	CATEGORÍA DE TRÁFICO
MUY PESADO	A
PESADO	B
MEDIO	C
LIGERO	D

### FACTOR: INTENSIDAD DE USO - CARGA DE CÁLCULO

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...)

En la Tabla 3.3 se indican la Cargas de Cálculo recomendadas para diversos usos previstos del área a pavimentar. (página siguiente)

Tabla 3.3. INTENSIDADES DE USO. EJEMPLOS SEGÚN UTILIZACIÓN DEL ÁREA.

ÁREA		USO	INTENSIDAD DE USO
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
	DE CLASIFICACIÓN PREPARACIÓN Y VENTA		MEDIA
ÁREA INDUSTRIAL	DE OPERACIÓN		ALTA
	ALMACENAMIENTO	MERCANCÍA CONVENCIONAL	MEDIA
		MERCANCÍA PESADA	ALTA

Como hemos comentado, **EUROADOQUÍN** recomienda a efectos de unificación de Secciones Tipo, aplicar la Carga de Cálculo más exigente que resulta de analizar los diversos usos a los que se pueda destinar un área determinada en su vida útil.

De idéntica forma, si en un área limitada existen diversos usos concretos, a efectos de unificación se debería emplear para toda la zona la Carga de Cálculo más exigente.

Una vez determinada la Carga de Cálculo a considerar (Alta, Media o Baja), y teniendo en cuenta la **Intensidad de Uso** prevista en el área (Elevada, Media o Reducida) Mediante la Tabla 3.4, se obtiene la Categoría de Tráfico (A, B, C, D)

**Tabla 3.4. CATEGORÍA DE TRÁFICO EN ZONAS INDUSTRIALES SEGÚN LA INTENSIDAD DE USO Y LA CARGA DE CÁLCULO.**

INTENSIDAD DE USO	CARGA DE CALCULO		
	ALTA	MEDIA	BAJA
ELEVADA	A	B	C
MEDIA	A	B	D
REDUCIDA	B	C	D

### CATEGORÍA DE TRÁFICO

Analizando los dos factores (Tipo de Tráfico, Intensidad de Uso – Carga de Cálculo) se escoge la Categoría de Tráfico más exigente obtenida.

### 3.2.3. SECCIONES TIPO.

#### A. VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.

En la Tabla 3.5 se indican diversas secciones tipo para viales y zonas de aparcamiento en función de las dos variables consideradas:

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

**Tabla 3.5. EJEMPLOS DE SECCIONES TIPO PARA VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO.**

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

	EUROADOQUINES CAPA DE ÁRIDO - SOBRE BASE FLEXIBLE DE ZAHORRA: 3-4 cm - SOBRE BASE RÍGIDA DE HORMIGÓN: 4-5 cm		BASE O SUBBASE GRANULAR
	BASE ZAHORRA ARTIFICIAL		EXPLANADA COMPACTADA
	BASE DE HORMIGÓN MAGRO Mínimo (H-80)		

(\*) El espesor de 6 cm sólo se debería seleccionar cuando, por limitaciones de espacio, sea totalmente imposible el acceso de vehículos.

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 Tabla 3.6.

**Tabla 3.6. EJEMPLO DE SECCIONES TIPO PARA VIALES Y ZONAS DE APARCAMIENTO SOBRE BASES RÍGIDAS.**

CALZADAS RIGIDAS "SECCIONES TIPO"		CALIDAD DE LA EXPLANADA	
		E1	E2
NIVEL DE TRÁFICO DE PROYECTO	C0		
	C1		
	C2		
	C3		

EUROADOQUINES  
 CAPA DE ÁRIDO (4-5 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.

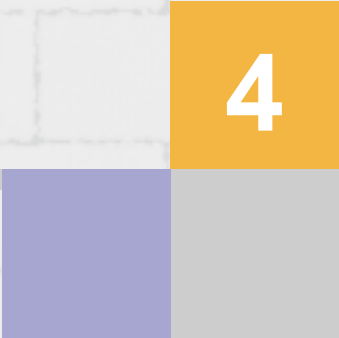
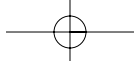
**Tabla 3.7. EJEMPLOS DE SECCIONES TIPO PARA ZONAS INDUSTRIALES.**

CATEGORÍA DEL TRÁFICO							
A		B		C		D	
ESTAS BASES SON VÁLIDAS PARA CUALQUIER TIPO DE EXPLANADA							
SOBRE BASE DE ZANORRA 3-4 cm SOBRE BASE DE HERRIGÓN 4-5 cm							

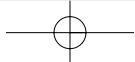
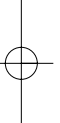
En el Manual Técnico de Proyecto, Diseño y Uso de los Euroadoquines, editado por **EUROADOQUÍN**, y en otras publicaciones de esta Asociación, pueden encontrarse soluciones detalladas según los casos, que amplían las incluidas en el presente manual.

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





# Pendientes



## 4 PENDIENTES

En toda área a pavimentar deben tenerse en cuenta las pendientes necesarias para evacuar las aguas superficiales. 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.



***Nunca se debe emplear el lecho de árido para regularizar las pendientes. Estas deben estar conformadas desde la base; si este aspecto no se respeta se producirán asientos diferenciales en la superficie pavimentada.***

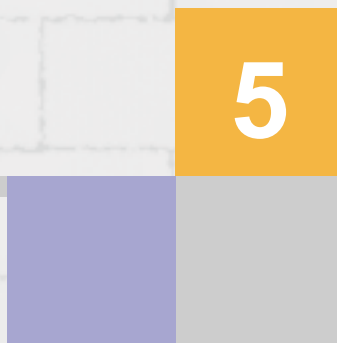
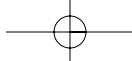
En la Figura 4 se recogen unos ejemplos de pendientes.

Figura 4. EJEMPLOS DE PENDIENTES



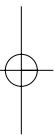
Es fundamental que siempre exista una mínima pendiente, que no ha de ser inferior al 1%. **EUROADOQUÍN** recomienda un mínimo del 2% para facilitar el correcto drenaje. También es muy importante evitar obstáculos en los bordes de los elementos previstos para drenar las aguas superficiales. Si este aspecto 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.

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



---

## **Influencias de las Cargas Originadas por el Tráfico Rodado en los Adoquines**

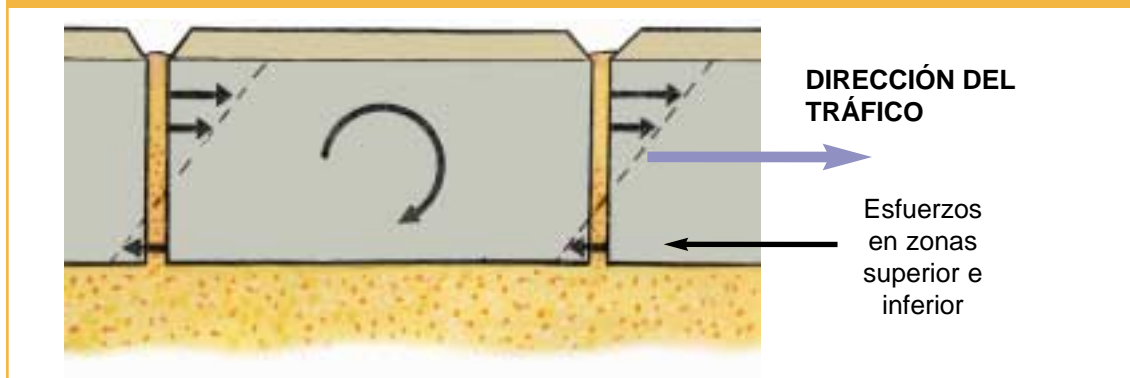


## 5 INFLUENCIA DE LAS CARGAS ORIGINADAS POR EL TRÁFICO RODADO EN LOS EUROADOQUINES

Para aumentar la estabilidad del pavimento, es preciso colocar los **EUROADOQUINES** 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.

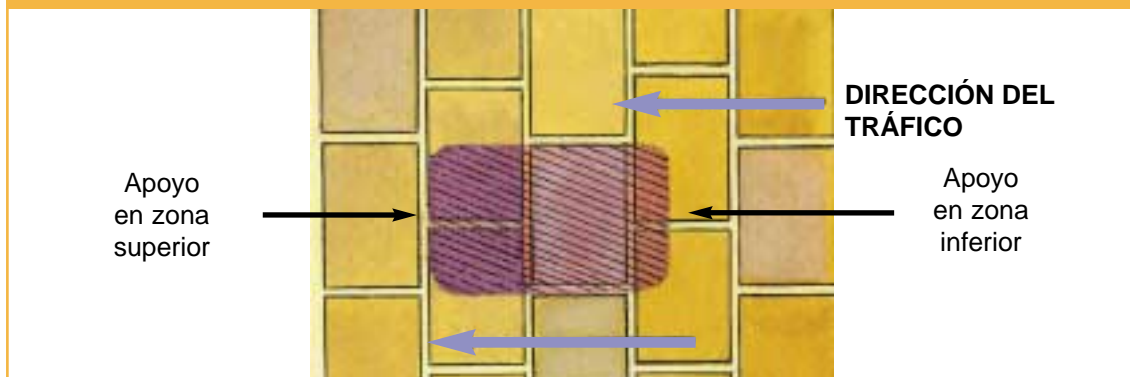
- Cargas verticales, que se transmiten a las capas soporte.
- Cargas horizontales, que producen un movimiento de rotación en el adoquín, soportado por las caras laterales de las unidades contiguas.

**Figura 5. ROTACIÓN PRODUCIDA EN UN ADOQUÍN POR EFECTO DEL TRÁFICO RODADO.**



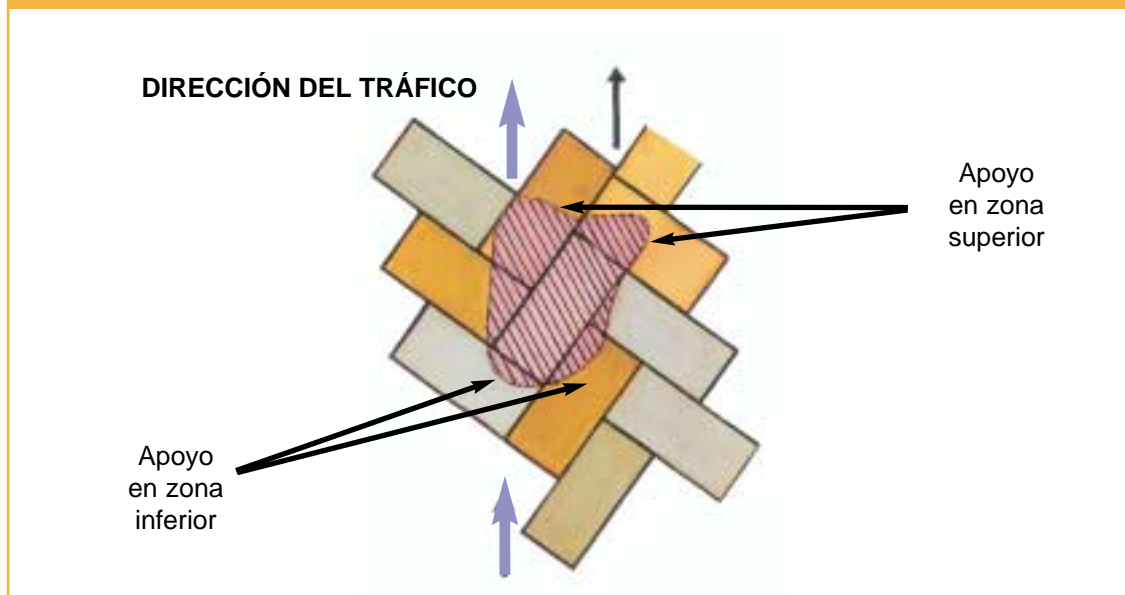
Los adoquines colocados con uno de sus ejes paralelo a la dirección del tráfico deben soportar las fuerzas de rotación sobre dos lados

**Figura 6. 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.

**Figura 7. EFECTO DE ROTACIÓN SOBRE ADOQUINES COLOCADOS EN DIAGONAL RESPECTO A LA DIRECCIÓN DEL TRÁFICO**



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 **EUROADOQUINES** bicapa.



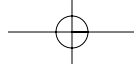
***EUROADOQUÍN recomienda que siempre que se prevea tráfico rodado, los Euroadoquines se coloquen en diagonal respecto a la dirección del mismo.***

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 8 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 9 se incluyen algunos ejemplos de colocación en planta que pueden emplearse en zonas donde no se espere la circulación de vehículos.



**Figura 8. EJEMPLOS DE COLOCACIÓN EN PLANTA DE EUROADOQUINES EN ZONAS DE TRÁFICO RODADO.**



DIRECCIÓN DEL TRÁFICO →

ESPINA DE PEZ



DIRECCIÓN DEL TRÁFICO →

ESPINA DE PEZ CON REMATE SIMPLE



DIRECCIÓN DEL TRÁFICO →

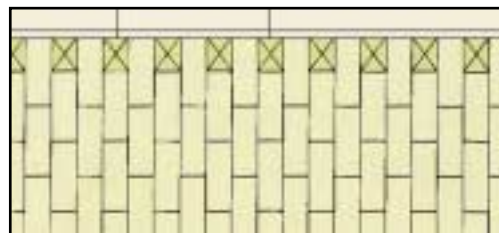
ESPINA DE PEZ CON REMATE DOBLE



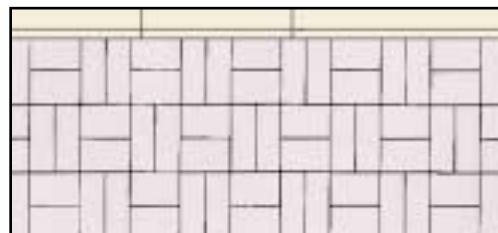
DIRECCIÓN DEL TRÁFICO →

ESPINA DE PEZ CON REMATE SIMPLE PERPENDICULAR

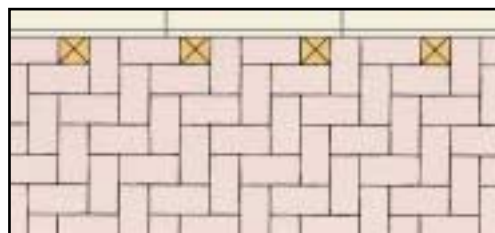
**Figura 9. EJEMPLOS DE COLOCACIÓN EN PLANTA DE EUROADOQUINES EN ZONAS SIN TRÁFICO RODADO PREVISTO.**



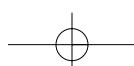
MATAJUNTA CON BORDE DE CONFINAMIENTO PERPENDICULAR

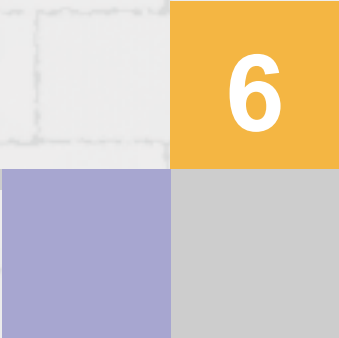
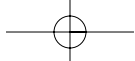


PARQUET



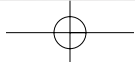
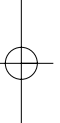
A 90°





---

## Espesor de los Adoquines



## 6 ESPESOR DE LOS EUROADOQUINES

El espesor de los **EUROADOQUINES** 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 nominal de 60 mm. sólo es recomendable cuando no exista posibilidad de paso de vehículos. Debemos insistir en que, en la práctica, no existe tráfico peatonal puro dado que normalmente pasarán vehículos de mantenimiento, limpieza u otros servicios. En consecuencia, EUROADOQUÍN recomienda que, salvo casos excepcionales, el espesor nominal mínimo sea de 80 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 (tráfico nocturno, ...).

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.

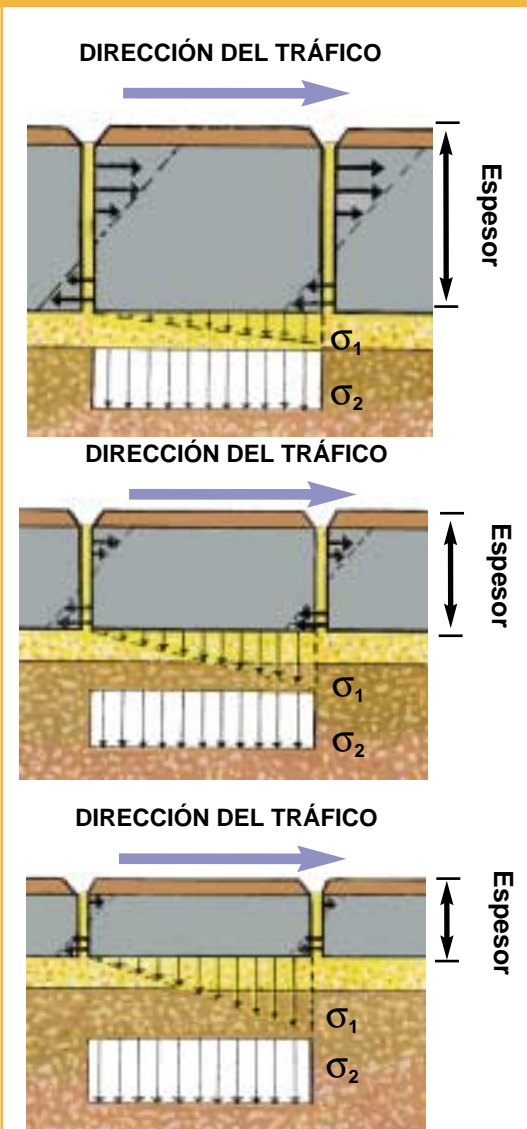


En las Figuras 10 y 11 pueden apreciarse las diferencias en tensiones y deformaciones producidas en las capas soporte, en función de la diferencia de espesor del adoquín.

**Figura 10. DEFORMACIONES EN LA CAPA SOPORTE, EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DEL ADOQUÍN, AL SER SOMETIDOS A TRÁFICO RODADO.**



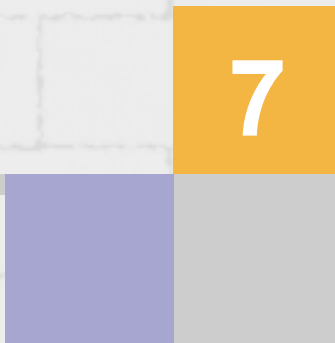
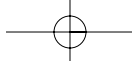
**Figura 11. DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL TRÁFICO RODADO EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DEL ADOQUÍN.**



$\sigma_1$  = Distribución de las fuerzas producidas por una carga rodante.  
 $\sigma_2$  = Distribución de las fuerzas producidas por una carga vertical.

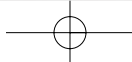
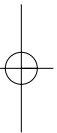


**Cuanto mayor sea el espesor del adoquín más estable y duradero será el pavimento sometido a tráfico rodado.**



---

## Separación entre Euroadoquines



## 7 SEPARACIÓN ENTRE EUROADOQUINES

Una superficie adoquinada es una estructura elástica formada por **EUROADOQUINES**, 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.



**Hay que cuidar la forma de limpieza (ángulo de incidencia del agua a presión) para evitar la pérdida de arena de sellado, especialmente cuando se realiza un lavado manual.**

**FIGURA 12. DEBE CUIDARSE EL ÁNGULO DE INCIDENCIA DEL AGUA AL LIMPIAR LOS ADOQUINES.**



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.



**El colocador debe cuidar que se respeten y mantengan las separaciones entre EUROADOQUINES en el proceso de colocación.**

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.**

Las técnicas de fabricación de los **EUROADOQUINES** 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.

La Tabla 7.1 nos muestra las tolerancias máximas permitidas por la Norma Europea UNE-EN 1338.

**Tabla 7.1. TOLERANCIAS DIMENSIONALES PERMITIDAS POR LA NORMA EUROPEA UNE-EN 1338.**

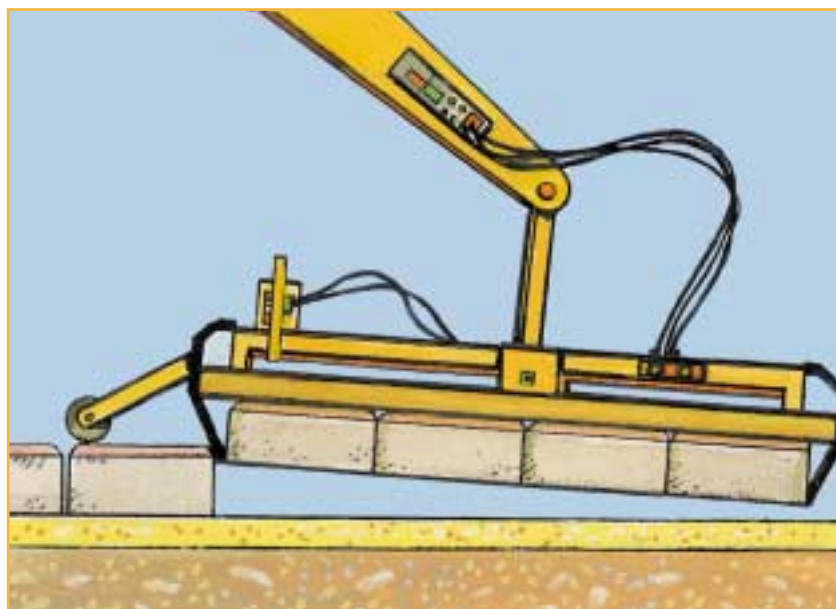
ESPESOR DEL ADOQUÍN	TOLERANCIAS SOBRE DIMENSIONES NOMINALES		
	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Espesor (mm)
< 100	±2	±2	±3
≥ 100	±3	±3	±4

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

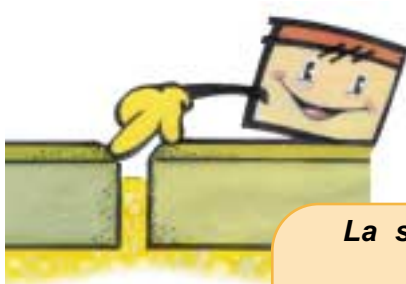
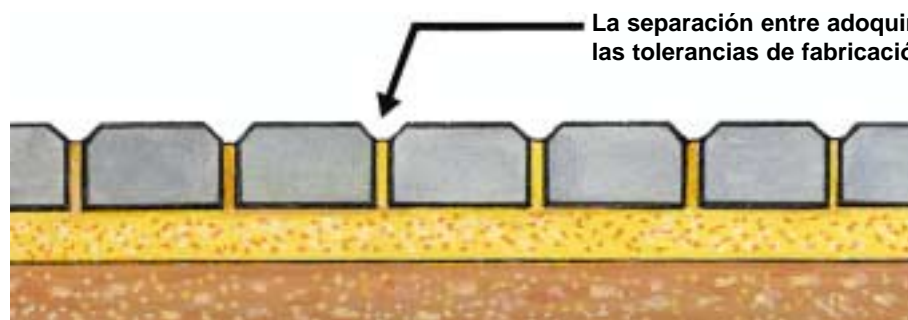
Otro problema derivado de una mala colocación, sin respetar la separación entre adoquines, es la aparición de desplazamientos en la línea de adoquinado. Un único adoquín, cuyas dimensiones estén dentro de las tolerancias permitidas por la Norma Europea, pero que haya sido colocado sin la separación correcta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

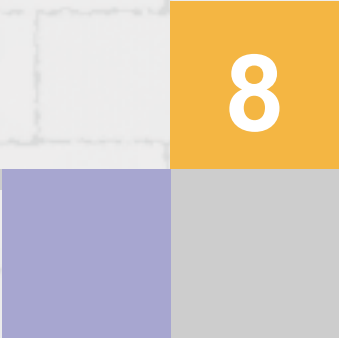
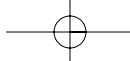
**Figura 13. COLOCACIÓN CON MÁQUINA.  
SEPARACIÓN ENTRE EUROADOQUINES.**



**PINZA DE LA  
MÁQUINA DE  
ADOQUINADO**

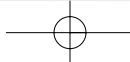
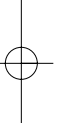


**La separación entre EUROADOQUINES compensa las tolerancias de fabricación. Siempre que exista material de relleno, se impide el contacto lateral entre unidades.**



---

# Construcción de un Pavimento con Euroadoquines



## CONSTRUCCIÓN DE UN PAVIMENTO CON EUROADOQUINES

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.

### UN BUEN PAVIMENTO REQUIERE:

- UN BUEN MATERIAL (EUROADOQUINES)
- UNA BUENA PREPARACIÓN DE LA BASE Y SUBBASE
- UNA ADECUADA COLOCACIÓN

**EUROADOQUÍN ES UNA GARANTÍA DE MATERIAL.**

### 8.1. FASES DEL PROCESO

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 **EUROADOQUINES**,
- Sellado con arena y vibrado del pavimento,
- Limpieza final.

### 8.2. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

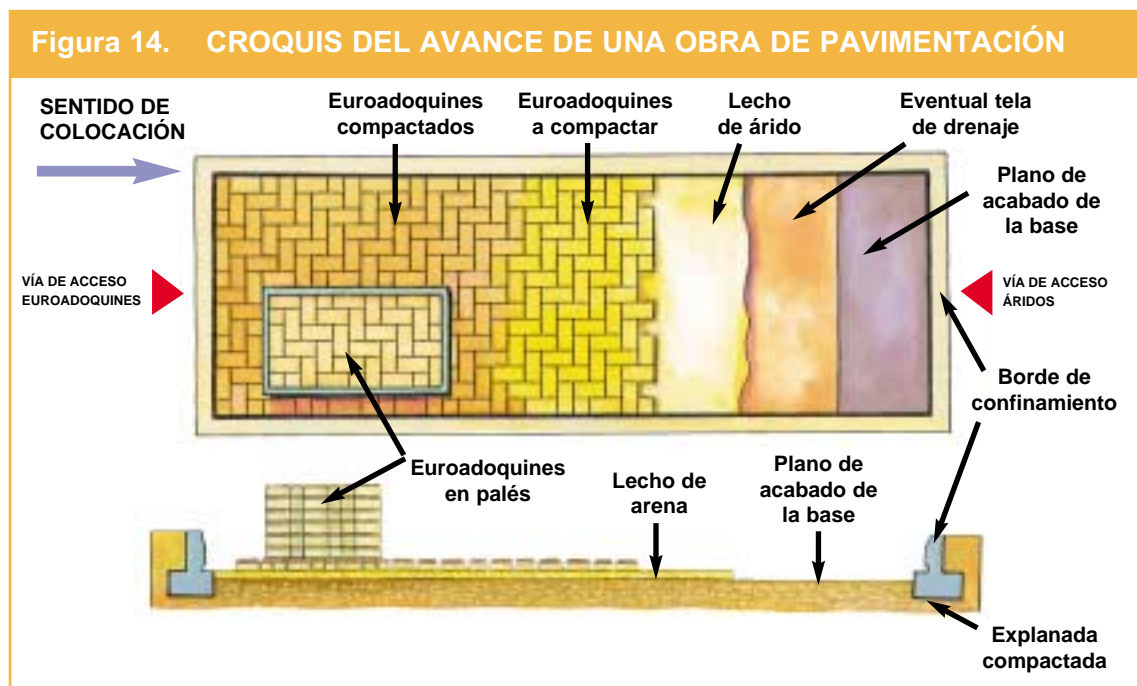
Antes de proceder a la ejecución del firme propiamente dicho, es preciso localizar cuidadosamente todos los servicios urbanos, para asegurar así que las diferentes operaciones constructivas no dañarán las instalaciones existentes bajo tierra. También debe comprobarse que la maquinaria a emplear no interferirá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

**La construcción de un pavimento con adoquines requiere equipos profesionales con experiencia a fin de obtener un resultado óptimo.**

La Figura 14 nos muestra un croquis explicativo.



### 8.3. 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.

**No deben usarse explanadas con índice CBR <5 sin haberlas corregido.**





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 8.1).

**Tabla 8.1. ESPESOR MÍNIMO DE LA EXPLANADA SELECCIONADA.**

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

#### 8.4.- 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 2 °C.

## 8.5. EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA BASE

### 8.5.1. 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 Tabla 8.2 se indican las tolerancias aplicables a las cotas de la superficie de acabado para Explanada, Subbase y Base.

**Tabla 8.2. TOLERANCIAS.**

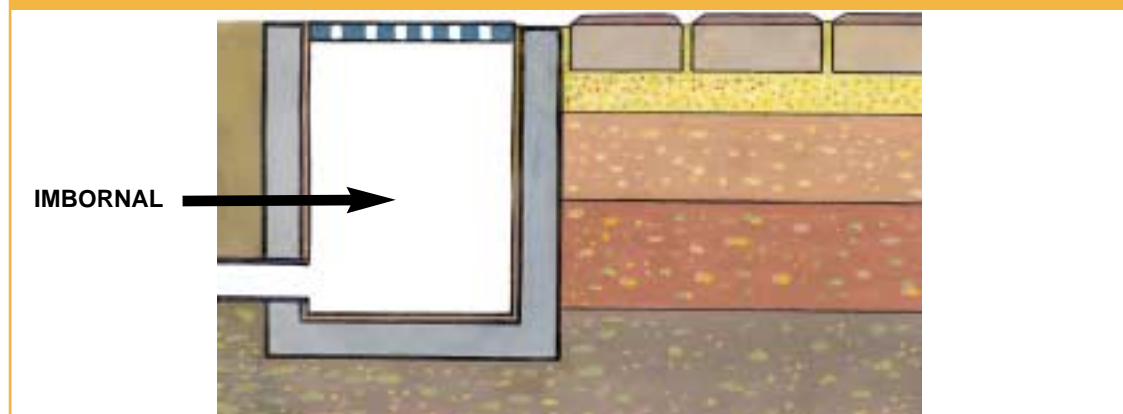
CAPA	TOLERANCIA
EXPLANADA	-50 mm ; +50 mm
SUBBASE	-30 mm ; +20 mm
BASE	-10 mm ; +10 mm

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, Euroadoquín recomienda enriquecer la base en estas zonas mediante hormigón.***

**Figura 15. 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. **EUROADOQUÍN** 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.

### 8.5.2. 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).

Es recomendable utilizar áridos calizos, no siendo aconsejable en ningún caso, el empleo de áridos que contengan arcilla (arena de miga...).

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.

### 8.5.3. 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, **EUROADOQUÍN** 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.

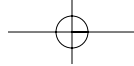
El daño puede producirse transcurrido un largo período tras las lluvias.

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.

***Será 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.***



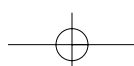
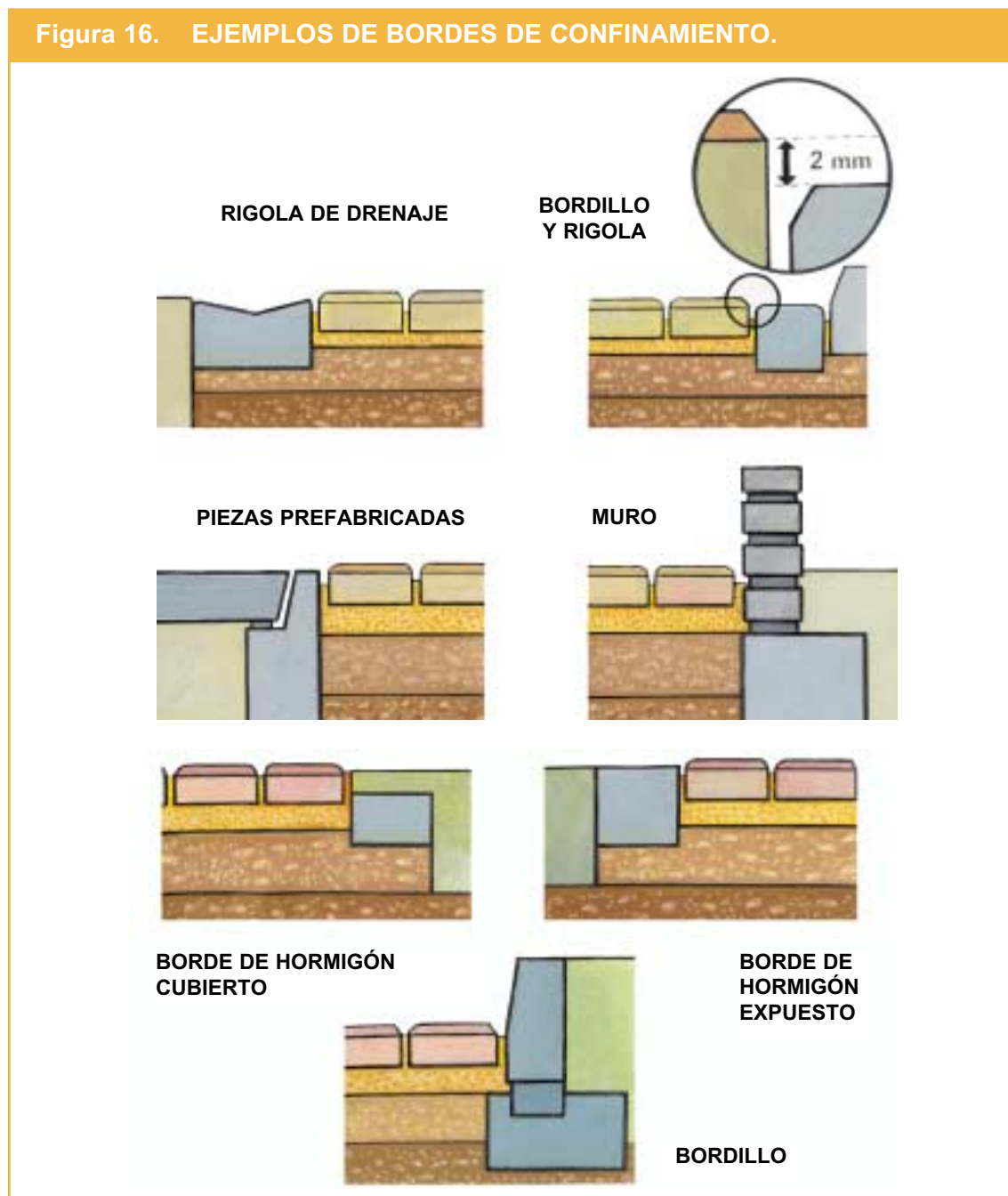
## 8.6. EJECUCIÓN DE LOS BORDES DE CONFINAMIENTO

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, ríngolas, otros elementos prefabricados de hormigón o, incluso, los propios muros que delimiten el área a pavimentar. La Figura 16 nos muestra diversos ejemplos de bordes de confinamiento.

Figura 16. EJEMPLOS DE BORDES DE CONFINAMIENTO.

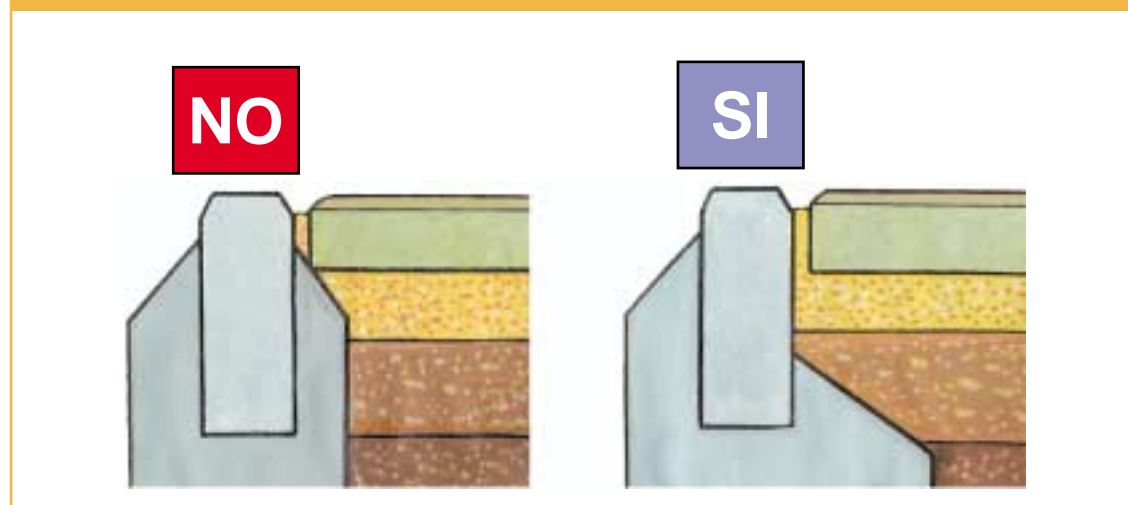


Es conveniente que los bordes de confinamiento presenten a los adoquines una cara lateral recta, por lo que los elementos prefabricados de hormigón son los que ofrecen unas mejores prestaciones.

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 17.

Figura 17. EJEMPLO DE FIJACIÓN DE UN BORDE DE CONFINAMIENTO.

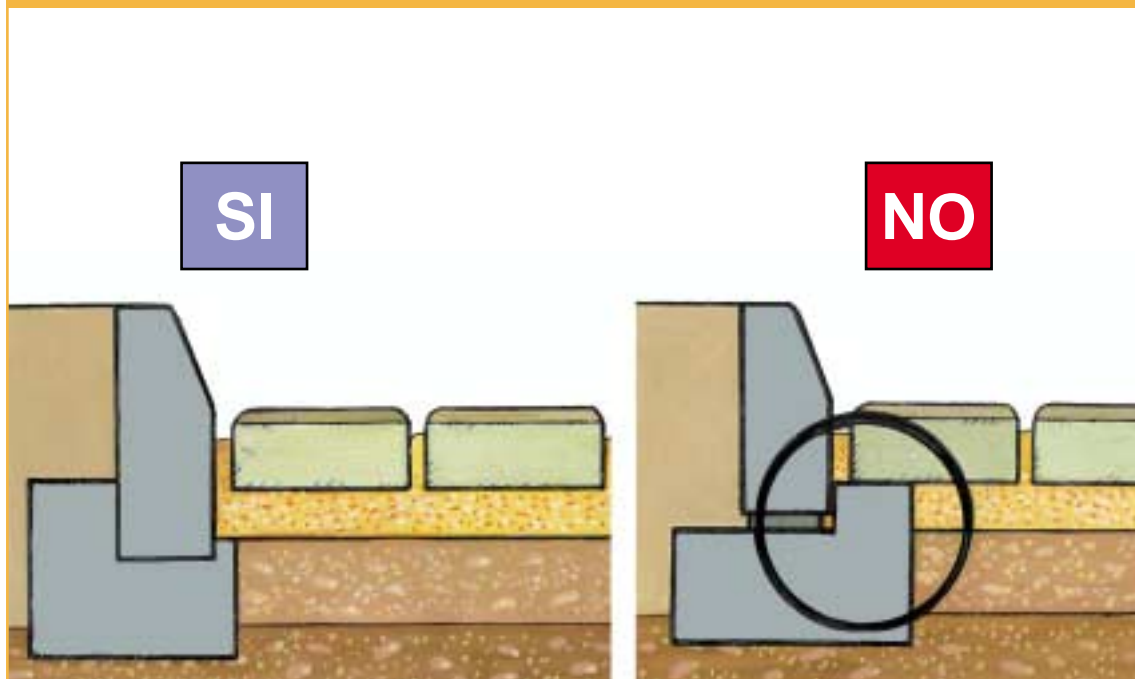


**Los bordes de confinamiento deben estar instalados en el perímetro del área a pavimentar antes de la colocación de los adoquines.**

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 18. 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 precisen 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.

## 8.7. EXTENSIÓN Y NIVELACIÓN DEL LECHO DE ÁRIDO

### 8.7.1. GENERAL.

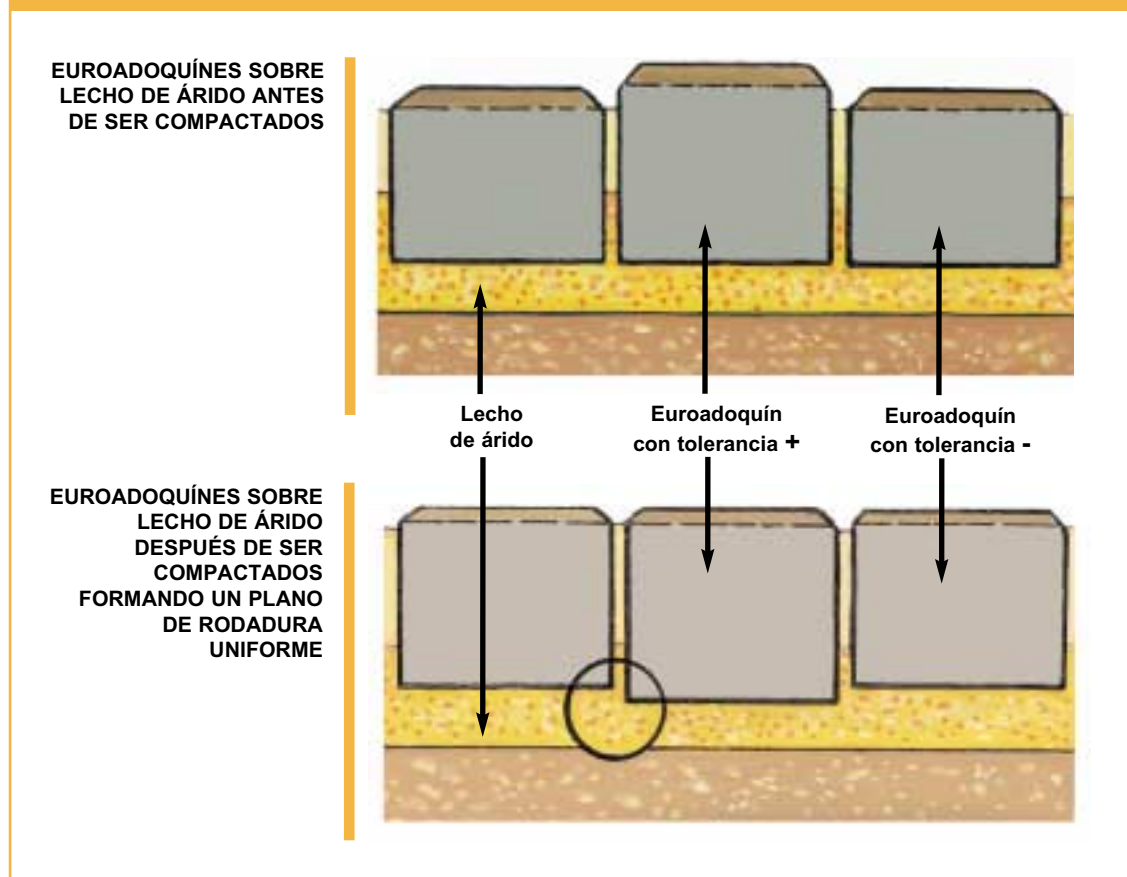
El lecho de árido, junto con la calidad de los adoquines, es un elemento fundamental que va a determinar el comportamiento y durabilidad de pavimento.

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

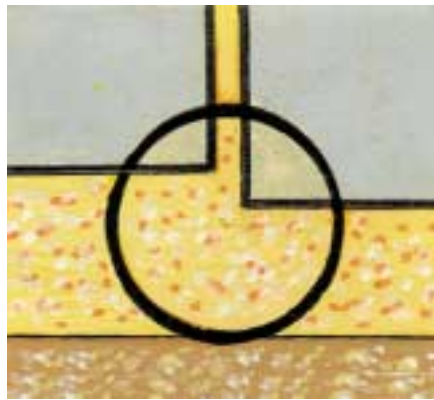




La capa de árido también actúa como elemento de relleno inferior de las juntas de los **EUROADOQUINES**, al quedar incrustados en el lecho de árido cuando se compactan, evitando el contacto directo entre las caras laterales de las piezas, y el contacto de estas caras con los bordes de confinamiento.

En la Figura 20, que nos muestra el detalle señalado en la Figura 19, puede apreciarse esta junta inferior entre adoquines, una vez compactados.

**Figura 20. 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 **EUROADOQUÍN** 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.***

### 8.7.2. 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 Tabla 8.3 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.

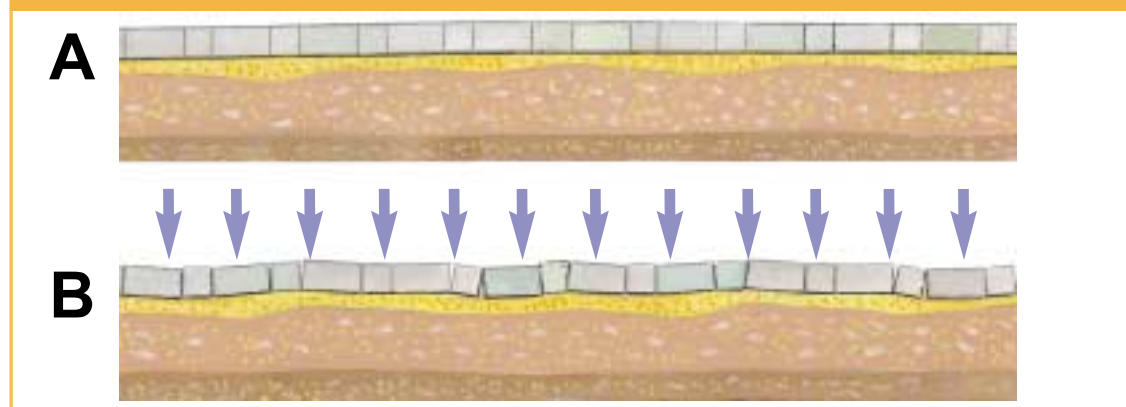
**Tabla 8.3. ESPESORES DE LA CAPA DE ÁRIDO EN FUNCIÓN DE LA NATURALEZA DE LA BASE.**

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 21 puede apreciarse este efecto.

**Figura 21. A) ASPECTO INICIAL TRAS UNA MALA PREPARACIÓN DE LA BASE. B) DEFORMACIONES PRODUCIDAS AL SER SOMETIDO A CARGA**



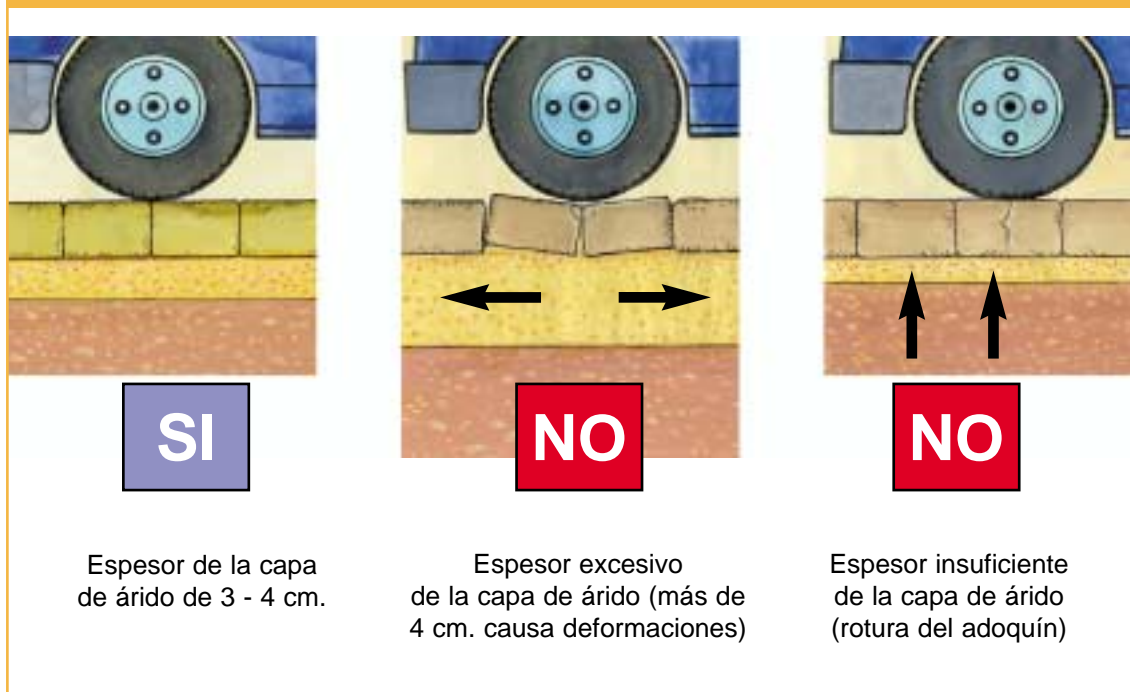
***Nunca debe variarse el espesor del lecho de árido para corregir defectos en la nivelación de la base de apoyo, ni para crear pendientes.***

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.

La Figura 22 ilustra estos efectos.

**Figura 22. INFLUENCIA DEL CORRECTO ESPESOR DE LA CAPA DE ÁRIDO AL SOMETER EL PAVIMENTADO AL TRÁFICO**



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

### 8.7.3. 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, **EUROADOQUÍN** 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. Por ello **EUROADOQUÍN** 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 encastre 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.***

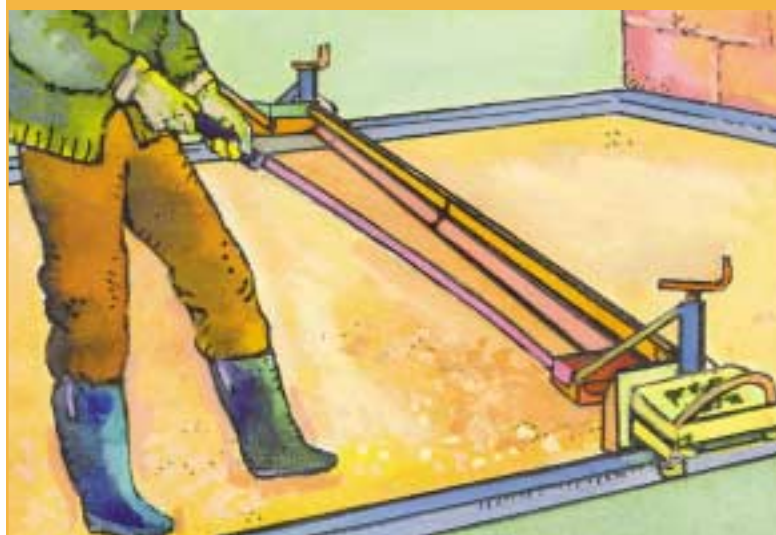
#### 8.7.4. EXTENSIÓN DEL LECHO DE ÁRIDO.

El extendido y nivelación del lecho de árido tiene por objeto el lograr una capa de espesor uniforme (véase Tabla 8.3). Su compactación se realizará una vez que estén colocados los **EUROADOQUINES**.

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 23. PROCESO DE ENRASADO MECÁNICO DEL LECHO DE ÁRIDO.**



La extensión de la capa de árido debe hacerse de forma que se corresponda con los **EUROADOQUINES** 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.

La Figura 23 ilustra estas observaciones.

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.***

## 8.8 COLOCACIÓN DE LOS EUROADOQUINES.

### 8.8.1 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.



**Es imprescindible una correcta colocación de los EUROADOQUINES para obtener un pavimento óptimo.**

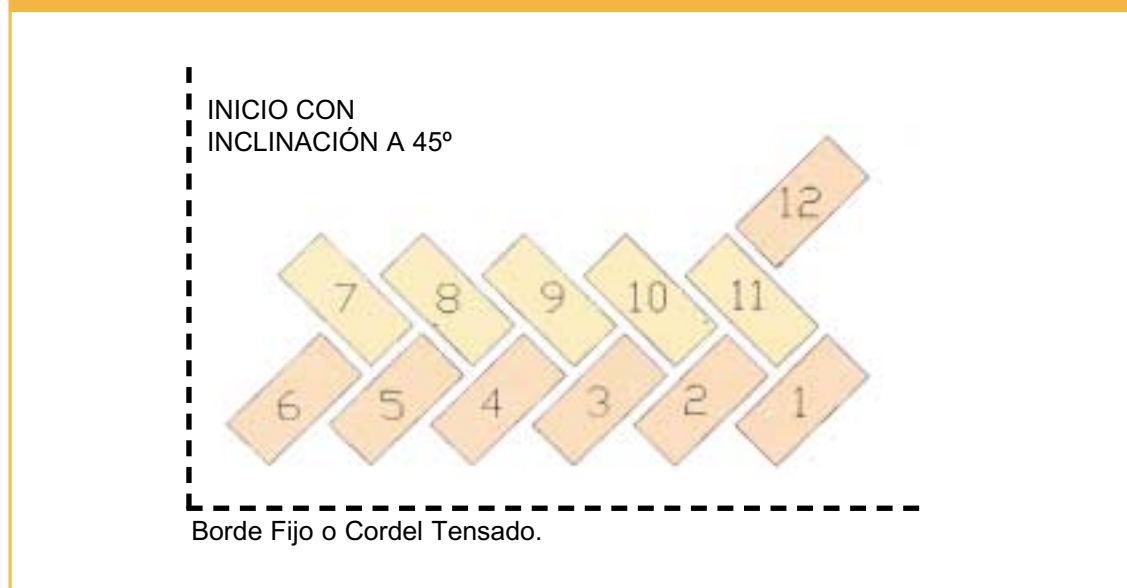


Para obtener el modelo de colocación en planta deseado es preciso disponer los primeros adoquines en el ángulo adecuado contra el borde de confinamiento de arranque.

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 24 y 25 muestran el orden de colocación de arranque en dos configuraciones distintas.

**Figura 24. ORDEN DE COLOCACIÓN DE ARRANQUE CON INCLINACIÓN A**



**Figura 25. ORDEN DE COLOCACIÓN DE ARRANQUE EN ÁNGULO RECTO.**



En caso de superficies con pendientes, siempre debe efectuarse la colocación desde el nivel inferior hasta el superior.

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.

En la Figura 26 puede apreciarse el empleo de una guillotina mecánica para el corte de las piezas.

**FIGURA 26. REMATE DE UNA ZONA CON PIEZAS CORTADAS.**

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 entre 1,5 mm 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 1,5 a 3 mm. Debemos dejar espacio para la subida del árido por las juntas.***

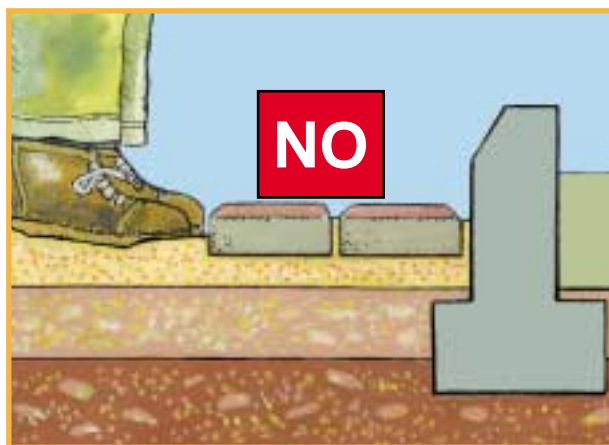
Cuando las piezas empiezan a desviarse de las líneas que definen el modelo en planta seleccionado, deben reajustarse las uniones entre adoquines de forma que se obtenga la planta seleccionada. Este reajuste ha de realizarse antes del sellado de arena.

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.

***Nunca debe pisarse el lecho del árido.***





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.

### 8.8.2. COLOCACIÓN MECANIZADA

Cuando el tipo de obra lo permita (grandes superficies, suficiente espacio para poder maniobrar, y homogeneidad en el color de los **EUROADOQUINES**), pueden emplearse maquinas 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.

### 8.9. SELLADO CON ARENA Y VIBRADO DEL PAVIMENTO

Una vez se han colocado y alineado correctamente los **EUROADOQUINES** 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.***



**Extender arena de río bien lavada y completar la unión de las 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).

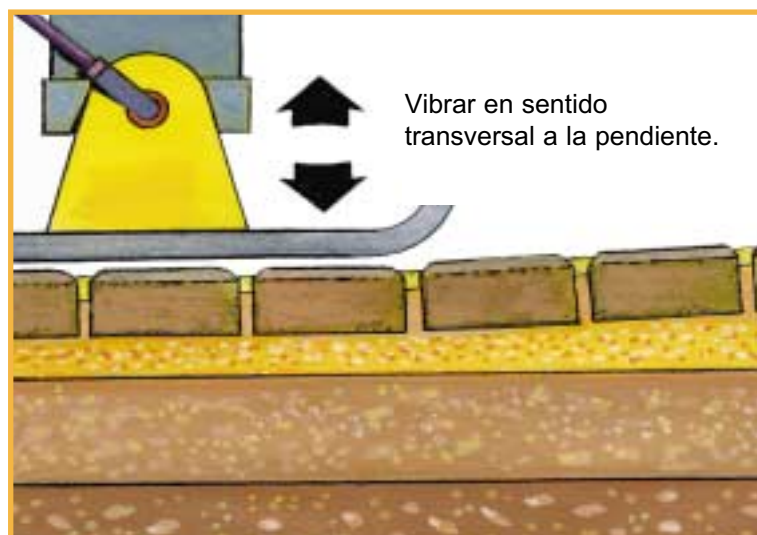
Es recomendable emplear arenas lavadas sin exceso de finos. Si existen demasiados finos se producirá el vaciado de las juntas con el uso y limpieza del pavimento; además este exceso de finos facilitará su migración hacia el lecho de árido por arrastre, con idénticas consecuencias no deseables.

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).

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).

***No debe entrar en servicio ninguna zona que no haya sido totalmente sellada con arena y compactada.***

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

#### 8.10. LIMPIEZA FINAL

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.



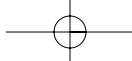
***La limpieza final nunca debe llevarse a cabo empleando agua.***



Eliminar el exceso de arena con cepillo.

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.

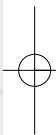
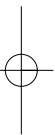


9



---

# Características de los Adoquines según la Norma Europea UNE-EN 1338



## CARACTERÍSTICAS DE LOS ADOQUINES SEGÚN LA NORMA EUROPEA UNE-EN 1338

### 9.1. FORMAS Y DIMENSIONES

#### 9.1.1. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

Las dimensiones nominales serán establecidas por el fabricante.

#### 9.1.2. TOLERANCIAS SOBRE DIMENSIONES NOMINALES

- Longitud, anchura y espesor.

**TABLA 9.1. TOLERANCIAS ADMISIBLES**

ESPESOR DEL ADOQUÍN	Longitud mm.	Anchura mm.	Espesor mm.
< 100	±2	±2	±3
≥ 100	±3	±3	±4

La diferencia entre dos medidas del espesor de un mismo adoquín debe ser ≤3 mm.

En el caso de adoquines no rectangulares, el fabricante debe declarar las tolerancias de las restantes dimensiones.

- **Diagonales:** cuando la longitud de las diagonales del adoquín supere los 300 mm las diferencias entre las mismas deberán estar comprendidas en los intervalos indicados en la tabla 9.2.

**TABLA 9.2. DIFERENCIAS MÁXIMAS ENTRE DIAGONALES,  
CUANDO ESTAS SUPERAN LOS 300 mm.**

CLASE	MARCADO	Máxima diferencia mm.
1	J	5
2	K	3

En estos casos el fabricante indicará la clase de sus fabricados.

- **Convexidad y concavidad** de la cara vista, en el caso de ser plana, siempre y cuando la dimensión diagonal máxima del adoquín supere los 300 mm.

**TABLA 9.3. DESVIACIONES SOBRE PLANEIDAD Y CURVATURA EN EL CASO DE ADOQUINES CON LA CARA VISTA PLANA.**

LONGITUD DEL DISPOSITIVO DE MEDIDA	Convexidad Máxima (mm)	Concavidad Máxima (mm)
300	1,5	1,0
400	2,0	1,5

## 9.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

### 9.2.1. RESISTENCIA CLIMÁTICA

Calculamos la Absorción total de Agua ( $W_a$ ) partiendo de una probeta a  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , empapada hasta masa constante ( $M_1$ ), y que posteriormente se seca igualmente hasta masa constante ( $M_2$ ). De tal manera que:

$$W_a = \frac{M_1 - M_2}{M_2} * 100\%$$

**TABLA 9.4. ABSORCIÓN DEL AGUA**

CLASE	MARCADO	Absorción de agua % en masa
1	A	Sin medición de esta característica
2	B	$\leq 6$ como media

Una absorción de agua menor que el 6% asegura una buena resistencia a heladas.

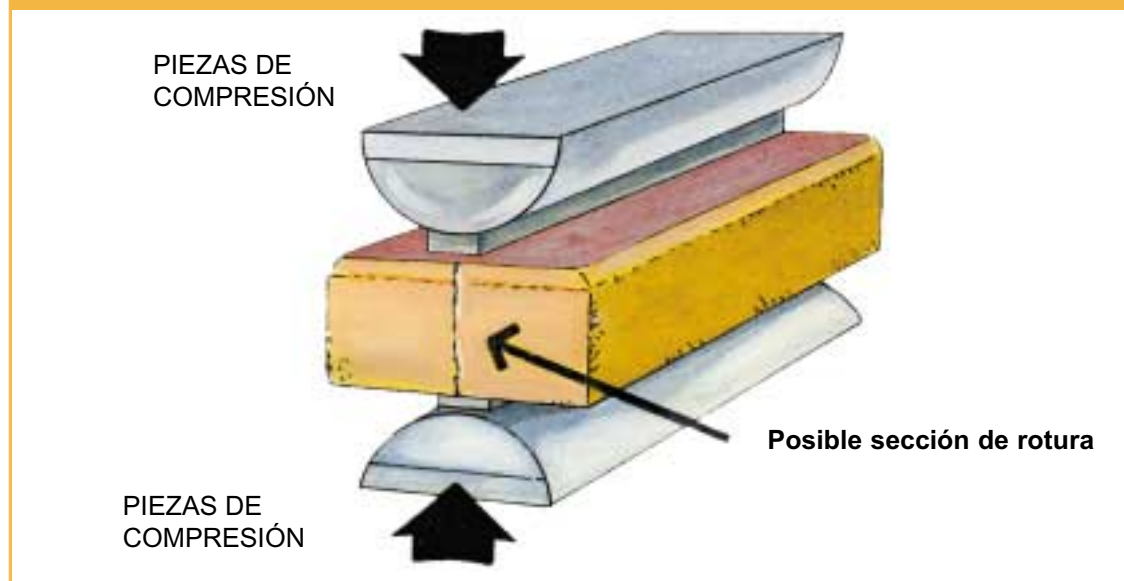


**EUROADOQUÍN recomienda Clase 2 / B.**

### 9.2.2. RESISTENCIA A LA ROTURA.

El ensayo para medir la Resistencia a Rotura de un adoquín, como se ilustra en la figura 28, consistirá en ejercer una fuerza  $F$  sobre el mismo transmitida por medio de dos semicilindros y piezas rectangulares de compresión.

Figura 27. ENSAYO DE RESISTENCIA A ROTURA



La sección de corte de compresión se escogerá atendiendo a los siguientes criterios:

- Adoquines rectangulares: eje de simetría longitudinal.
- Adoquines cuadrados, hexagonales o similar: menor eje de simetría.
- Otras formas: sección de corte más larga de forma que diste al menos 0,5 veces el espesor del adoquín de cualquier cara lateral en, al menos, el 75% del área de dicha sección.

La carga de rotura se dará por unidad de longitud de rotura. Siendo ésta la media de las longitudes de rotura en su cara vista y en su dorso.

En caso de realizar el ensayo a lo largo de dos secciones transversales en un mismo adoquín, la resistencia a rotura ( $T$ ) será el valor medio de los dos resultados individuales ( $T_i$ ).

**Resistencia característica  $T \geq 3,6$  MPa**

**Valores individuales,  $T_i \geq 2.9$  MPa**

**Carga de rotura  $\geq 250$  N/mm de la longitud de rotura.**

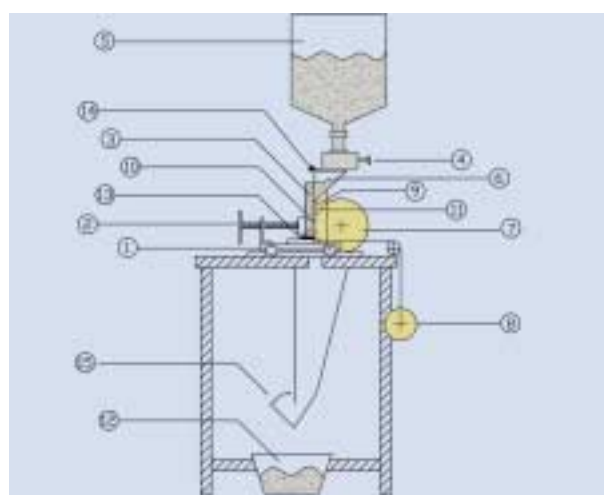


### 9.2.3. RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN.

La resistencia al desgaste por abrasión se determina mediante el ensayo de disco ancho, que consiste en el desgaste de la cara vista de un adoquín con material abrasivo (corindón o aluminio blanco fundido) bajo circunstancias normalizadas.

El equipo empleado se muestra en la figura 29

**Figura 28. PRINCIPIO DE MÁQUINA DE DESGASTE**



1. Carro portaprobetas móvil
2. Tornillo de sujeción de probeta
3. Probeta
4. Válvula de regulación
5. Tolva
6. Conducto de salida
7. Disco de abrasión
8. Contrapeso
9. Ranura de salida
10. Huella
11. Flujo de abrasivo
12. Recipiente recogida del abrasivo
13. Calzo
14. Cierre de salida de abrasivo
15. Compuerta de descarga

Este ensayo nos proporciona la longitud de la huella dejada por el disco, lo que corresponde a la cuerda del cilindro que penetra en la muestra. Los requisitos para la resistencia al desgaste por abrasión se indican en la tabla 9.5.

**TABLA 9.5. CLASES DE RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN.**

CLASE	MARCADO	REQUISITO
		Longitud de huella (mm)
1	F	Sin medición de esta característica
3	H	$\leq 23$
4	I	$\leq 20$



**EUROADOQUÍN recomienda como mínimo Clase 3**

#### 9.2.4. RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO / RESBALAMIENTO.

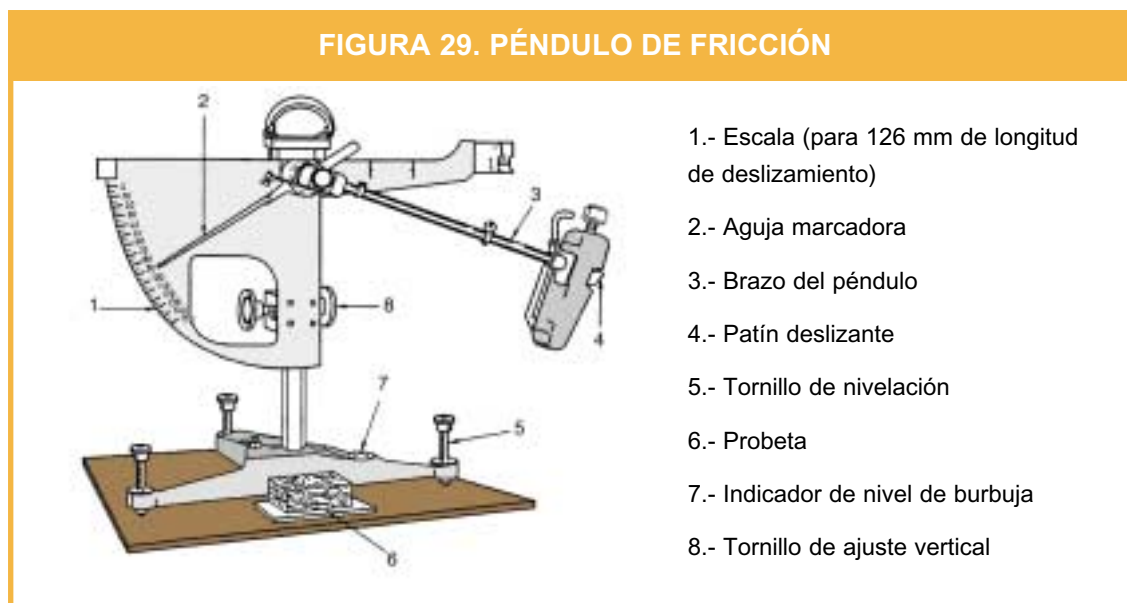
La resistencia al deslizamiento (ruedas de vehículos) y resbalamiento (peatones), es una característica a la que debe prestarse una especial atención a la hora de seleccionar un material de pavimentación.

La Norma Europea UNE-EN 1338 establece para los pavimentos de exterior el método del péndulo de fricción. Dicho ensayo consiste en un péndulo de fricción, en cuyo extremo está situado un patín deslizante dotado con una lamina de goma.

Situada la probeta sobre la máquina de ensayo, se deja oscilar sobre ella el brazo del péndulo, que es retenido por la fricción producida entre la lámina de goma (patín deslizante) y la cara vista a ensayar. El ensayo se realiza en húmedo, seleccionando la superficie más desfavorable.

Al oscilar el péndulo y rozar en la cara vista del adoquín, éste es frenado, indicando su oscilación máxima (que depende de la deslizabilidad de la superficie ensayada) en una escala de valores de 0 a 150. Cuanto mayor es el dígito, menor es la deslizabilidad.

En la figura adjunta se recoge un esquema del péndulo de fricción.



**Los fabricantes miembros de EUROADOQUÍN certifican el valor de resistencia al deslizamiento de sus productos.**



## 9.10. ASPECTOS VISUALES.

● **Apariencia:** Los adoquines no deben tener defectos tales como grietas o exfoliaciones. En el caso de adoquines bicapa no debe existir separación entre ambas capas. Para dicha comprobación se colocarán las muestras a nivel del suelo, formando una superficie aproximadamente cuadrada y el observador se situará de pie a una distancia de 2 m en condiciones normales y a la luz del día.

En caso de aparecer eflorescencias en los Adoquines, éstas no serán perjudiciales para el comportamiento de los mismos en uso, por lo que no se consideran significativas.

● **Textura:** En caso de textura especial, ésta deberá estar especificada por el fabricante.

La comprobación de la misma se hará de forma similar a la empleada para comprobar la apariencia. Si no existen diferencias significativas entre lo especificado por el fabricante y lo aprobado por el comprador consideraremos la textura como conforme.

● **Color:** Se podrá colorear la capa de cara vista o toda la unidad, según el criterio del fabricante.

De forma análoga a la comprobación de apariencia y textura, se deberá comprobar el color para que no haya diferencias significativas respecto a cualquier muestra facilitada por el fabricante y aprobada por el comprador.

10

# Especificación Tipo de los Euroadoquines

## 10 ESPECIFICACIÓN TIPO DE LOS EUROADOQUINES

Para definir el tipo de adoquines del proyecto de pavimentación que se esté tratando, **EUROADOQUÍN** recomienda una especificación tipo como la abajo indicada, en la que una serie de propiedades vienen ya predeterminadas, propiedades que ofrecen un buen rendimiento de nuestro pavimento.

<b>Modelo</b>	<input type="text"/>
<b>Tipo</b>	Bicapa
<b>Dimensiones Nominales (mm)</b> Anchura x Longitud Espesor	<input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Color</b>	<input type="text"/>
<b>Coefficiente de Absorción de Agua</b>	< 6 %
<b>Resistencia rotura (splitting test)</b>	≥ 3,6 MPa
<b>Carga de rotura</b>	≥ 250 N / mm
<b>Resistencia al desgaste</b>	≤ 20 mm
<b>Resistencia al deslizamiento (USRV)</b>	≥ 60 (*)
(*) : Los adoquines con tratamientos superficiales pueden tener otros valores (consultar con el fabricante)	

11

## Especificación Tipo de Colocación de los Euroadoquines

## ESPECIFICACIÓN TIPO DE COLOCACIÓN DE LOS EUROADOQUINES

Los pasos básicos para la colocación de los adoquines son:

### 1. Determinación de la sección tipo del pavimento. Según:

- Tipo de explanada: E1; E2; E3
- Categoría de tráfico: Viales y zonas de aparcamiento: CO; C1; C2; C3; C4  
Zonas Industriales: A; B; C; D.

Se debe prestar atención al espesor de los adoquines y a la separación entre los mismos.

### 2. Preparación de la explanada.

### 3. Extensión y compactación de la subbase:

Su espesor compactado debe estar comprendido entre los 10 cm y los 15 cm.

### 4. Extensión y compactación de la base, teniendo en cuenta que:

La base puede ser flexible (zahorra artificial) o rígida (hormigón magro).

Se debe respetar la pendiente del pavimento desde la base. Debe ser como mínimo, del 1 % para así permitir el correcto desagüe de las aguas superficiales sin provocar daños en las capas portantes.

### 5. Ejecución de los bordes de confinamiento.

### 6. Extensión y nivelación del lecho de árido.

Se debe lograr una capa de espesor uniforme.

No podrá ser pisado antes de la colocación de los adoquines,

### 7. Colocación de los EUROADOQUINES.

### 8. Sellado con arena y vibrado del pavimento.

No debe someterse a uso ninguna zona que no haya sido completamente compactada, sellada con arena y sometida a un vibrado final.

### 9. Limpieza final.