



BELGARD COMMERCIAL[®]

Guía de soluciones para
sitios comerciales



ÍNDICE

01

Sistemas de pavimento de concreto de interbloqueo

Páginas de la 4 a la 15

- Diseño del sistemas de pavimento
- Versatilidad de patrones
- Revestimientos de concreto o asfalto
- Manipulación de cargas H-20/HS-20
- Garantizar el cumplimiento y la seguridad pública
- Capital y costos de mantenimiento más bajos
- Ciclo de vida mejorado

02

Pavimentos de concreto de interbloqueo permeables (PICP)

Páginas de la 16 a la 27

- Administración de las aguas pluviales
- Evitar los impactos aguas abajo
- Calidad de las aguas pluviales
- Mantenimiento recomendado
- Manejo del agua de los techos
- Dispositivos de tratamiento fabricados
- Recolección de las aguas pluviales
- Entorno urbano
- Optimización del uso del terreno
- Pavimento SWM

03

Muros de contención segmentarios (SRW)

Páginas de la 28 a la 35

- Tipos de construcción de muros de contención
- Guía de prácticas recomendadas para muros de contención segmentarios
- Cómo los muros de contención segmentarios ayudan en el desarrollo de los terrenos
- Ejemplos de utilización del sitio

04

Adoquines y accesorios para terrazas

Páginas de la 36 a la 39

- Servicios proporcionados
- Selección de pedestal y elevaciones

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

AASHTO	Asociación Estadounidense de Funcionarios de Autopistas y Transporte del Estado
ADA	Ley de Estadounidenses con Discapacidades
ASCE	Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles
ASTM	Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales
BMP	Mejores prácticas de gestión
CN	Número de curva
CSA	Asociación Canadiense de Normas
CSO	Desbordamientos de alcantarillados combinados
DCOF	Coeficiente de fricción dinámico
DGA	Agregado de grado denso
ESAL	Carga de eje único equivalente
FHWA	Administración Federal de Carreteras
FSW	Pared independiente
GRS-IBS	Suelo reforzado geosintético, sistema de puente integrado
GSI	Infraestructura ecológica de aguas pluviales
ICP	Pavimento de concreto de interbloqueo
ICPI	Instituto de Pavimento de Concreto de Interbloqueo
LCCA	Análisis de Costo del Ciclo de Vida
LEED	Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental
LID	Desarrollo de Bajo Impacto
NCMA	Asociación Nacional de Albañilería con Concreto
OGA	Agregado de grado abierto
PICP	Pavimento de concreto de interbloqueo permeable
RCA	Agregado de concreto reciclado
SCM	Medida de control de las aguas pluviales
SRI	Índice de refracción solar
SRW	Muro de contención segmentario
TMDL	Límite total diario máximo
TI	Índice de tránsito
TP	Fósforo total
TSS	Sólidos suspendidos totales
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

01

Sistemas de pavimento de concreto de interbloqueo

Belgard® es líder en la industria de adoquines de concreto. A través de un investigación interna y un desarrollo rigurosos, Belgard desarrolla de manera continua soluciones de pavimento únicas e innovadoras que cumplen o superan las normas de ASTM y están disponibles en una variedad de colores, acabados, formas y tamaños para satisfacer las necesidades de diseño de cualquier aplicación peatonal o vehicular. Además, Belgard ofrece una variedad de herramientas y servicios para garantizar el éxito de cada proyecto, desde archivos CAD descargables, servicio de ingeniería hasta cálculo de costos del ciclo de vida.

Diseño del sistemas de pavimento	6
Versatilidad de patrones	8
Revestimientos de concreto o asfalto	10
Manipulación de cargas H-20/HS-20	11
Garantizar el cumplimiento y la seguridad pública	12
Capital y costos de mantenimiento más bajos	14
Ciclo de vida mejorado	15





DISEÑO DEL SISTEMAS DE PAVIMENTO

La ciencia detrás del diseño estructural

Los sistemas de pavimento de concreto de interbloqueo (ICP, por sus siglas en inglés), que incluyen el pavimento de concreto de interbloqueo permeable (PICP), son sistemas de pavimento versátiles y duraderos que se pueden usar para una variedad de aplicaciones peatonales y vehiculares. El éxito de cualquier pavimento depende del diseño, la construcción y el mantenimiento adecuados. Por fortuna, ASCE ha publicado normas de diseño tanto para ICP como para PICP. ASCE 58-16 es la última edición de la norma de ICP para diseño estructural, y ASCE 68-18 es la norma publicada más recientemente para PICP tanto para diseño estructural como para diseño hidrológico.

Los diseñadores pueden usar estas normas de diseño ASCE para calcular la sección de pavimento mínima para soportar el daño de la carga dinámica repetitiva del tráfico sobre la vida útil del pavimento basándose en la capacidad de soporte del suelo nativo. Las cargas de ejes individuales equivalentes (ESAL, por sus siglas

en inglés) se usan para determinar el daño al pavimento hecho por cada tipo de vehículo en comparación con el daño causado por la carga de un eje de 18 000 libras.

Por ejemplo, los automóviles de pasajeros tienen un factor de carga por vehículo de 0,0004 (se necesitan 2500 automóviles para igualar un ESAL) mientras que un camión de bomberos totalmente cargado puede ser equivalente a 10 ESAL. Una vez que se calcula la carga del tránsito, se debe seleccionar el espesor y la relación de aspecto de los adoquines para maximizar el rendimiento y la durabilidad. Cuanto más pesado sea el tránsito esperado, más grueso tiene que ser el adoquín para evitar la rotación. Los factores clave para el diseño de ICP y PICP son la fuerza subrasante, el grosor de los materiales básicos, el grosor de los adoquines, la relación de aspecto de los adoquines y el patrón de colocación.



Para obtener más información, comuníquese con su representante de ventas local de Belgard

¿El producto segmentario de concreto es un adoquín, un bloque o una plancha?

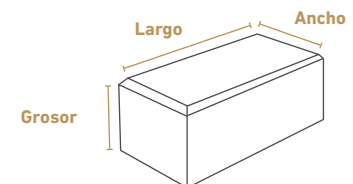
La forma y el grosor de los adoquines debe seleccionarse según la aplicación. La mayoría de las planchas largas o los bloques grandes no son aptos para las aplicaciones vehiculares. Las unidades segmentarias de concreto deben evaluarse según una variedad de condiciones específicas del sitio. El ingeniero de pavimento del proyecto debe confirmar que el producto pueda cumplir con el rendimiento esperado para las condiciones de carga vehiculares.

PRODUCTO	ÁREA (PULGADAS CUADRADAS)	ESPESOR MÍNIMO (PULGADAS)	LARGO O ANCHO MÁXIMO (PULGADAS)	RELACIÓN DE ASPECTO	RELACIÓN DEL PLANO	NORMA ASTM	APLICACIÓN TÍPICA
Adoquín	≤101	2,4"	N/C	≤4:1	N/C	C936	PEATONAL O VEHICULAR
Placa	>101	1,2"	48	>4:1	N/C	C1782	PEATONAL
Plancha	≤288	2,4"	48	≥4:1	≥4:1	N/C	PEATONAL

NOTA: Consulte A231.1 y A231.2 de la Asociación Canadiense de Normas para las definiciones de concreto de unidad que se aplican en Canadá

Aspecto de muestra y relaciones del plano

	ANCHO	LARGO	GROSOR	RELACIÓN DE ASPECTO	RELACIÓN DEL PLANO
	6"	12"	60 mm (2 3/8")	5,1:1	2:1
			80 mm (3 1/8")	3,8:1	
			101,6 mm (4")	3:1	
	6"	6"	60 mm (2 3/8")	2,5:1	1:1
			80 mm (3 1/8")	1,9:1	
			101,6 mm (4")	1,5:1	
	6"	9"	60 mm (2 3/8")	3,8:1	1,5:1
			80 mm (3 1/8")	2,9:1	
	4"	24"	80 mm (3 1/8")	7,7:1	6:1



$$\text{Relación de aspecto} = \frac{\text{Largo}}{\text{Grosor}}$$

$$\text{Relación del plano} = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}}$$

Recomendaciones de aplicaciones de adoquines

El siguiente cuadro contiene recomendaciones generales para los sistemas de pavimento de concreto de interbloqueo y permeables que incluyen espesor mínimo y relación de aspecto máxima para varios tipos de tránsito y usos. Si bien este cuadro brinda recomendaciones generales, un profesional de diseño de pavimento debe confirmar que el producto seleccionado cumpla con las normas locales y las condiciones específicas del sitio para tránsito y uso.

TIPOS DE TRÁNSITO	USOS TÍPICOS	ESAL TÍPICOS DE DISEÑO DE CICLO DE VIDA	ÍNDICE DE TRÁNSITO	RELACIÓN DE ASPECTO MÁXIMA	ESPESOR MÍNIMO	ICP ¹	PICP ²	VEHÍCULOS PESADOS ³ POR DÍA
 Peatonal	Peatonal Plaza comercial Entradas residenciales	0 ≤ 10 000	0 5,2	N/C 4:1 o 5:1 ⁴	60 mm 60 mm	✓ ✓	✓ ✓	0 < 1
 Vehículos livianos	Estacionamiento comercial Vías de acceso	≤ 30 000	5,9	4:1	80 mm	✓ ✓	✓ ✓	≤ 5
 Vehículos pesados ocasionales	Estacionamiento de establecimiento Calzadas residenciales	≤ 90 000 ≤ 110 000	6,7 6,9	3:1 3:1	80 mm 80 mm	✓ ✓	✓ ✓	≤ 10 ≤ 10
 Vehículos pesados frecuentes	Carreteras locales Carreteras comerciales y estacionamiento para autobuses Colectora menor Colectora mayor Arterial	≤ 330 000 ≤ 500 000 ≤ 1 000 000 ≤ 5 000 000 ≤ 9 000 000	7,8 8,3 9,0 10,2 11,6	3:1 3:1 3:1 3:1 3:1	80 mm 80 mm ⁵ 80 mm ⁵ 101,6 mm 101,6 mm	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	>10 >10 >10 >10 >10

1. Consulte ASCE 58-16 Diseño estructural de pavimento de concreto de interbloqueo para calles municipales y carreteras para la guía de diseño de ICP.

2. Consulte ASCE 68-18 Pavimento de concreto de interbloqueo permeable para la guía de diseño de PICP.

3. Los vehículos pesados se definen como cualquier vehículo más grande que un camión de una sola unidad, tal como se define por la AASHTO.

4. Las áreas sujetas a vehículos ocasionales de mantenimiento o emergencia recibirán una relación de aspecto máxima de 4:1 para adoquines de 60 mm y 5:1 para adoquines de 80 mm.

5. Los proyectos de volúmenes elevados de vehículos pesados deben considerar usar adoquines de 101,6 mm.

6. Los adoquines en cuadrículas de concreto se pueden usar en lotes de estacionamiento y en vías de acceso de emergencia hasta un máximo de 7500 ESAL de vida útil y un máximo de ≤ 2 vehículos pesados por día. (La relación de aspecto no se aplica para adoquines en cuadrículas)

7. El gráfico de arriba es para una orientación genera. Al seleccionar adoquines para condiciones específicas del sitio, consulte con su representante local de ventas de Belgard para obtener asistencia.



Peatonal

Designación para áreas que son peatonales solamente, o para plazas comerciales que pueden requerir el acceso ocasional de vehículos de emergencia o mantenimiento, así como entradas residenciales.



Vehículos livianos

Designación para áreas vehiculares comerciales, vías de acceso y lotes de estacionamiento donde solo se anticipa que haya automóviles y camiones livianos. Los vehículos pesados deben tener acceso y uso limitados.



Vehículos pesados ocasionales

Designación para áreas vehiculares, lotes de estacionamiento y carreteras donde se anticipen vehículos pesados limitados a diario, como grandes camiones de entrega o de basura.



Vehículos pesados frecuentes

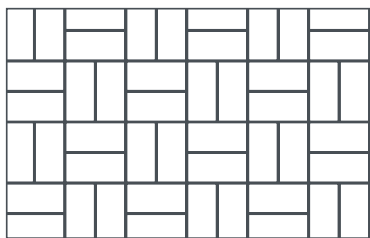
Designación para áreas vehiculares, lotes de estacionamiento y carreteras donde los vehículos pesados sean un componente regular del volumen de tránsito diario.

VERSATILIDAD DE PATRONES

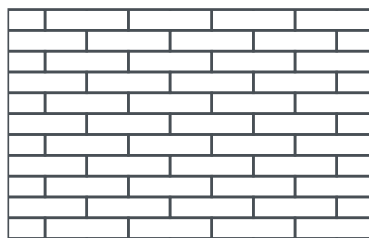
Adoquines Belgard

La colección de adoquines Belgard crea lo máximo en versatilidad de patrones. A esto hay que agregar los distintos elementos estéticos (como colores y texturas) que están disponibles para crear patrones únicos, acentos, destacados y bordes y las posibilidades serán infinitas en verdad. Para aplicaciones peatonales, las opciones de patrones son prácticamente ilimitadas. Sin embargo, para aplicaciones vehiculares, recomendamos un patrón de colocación tipo espiga a 45 o 90 grados para garantizar el rendimiento máximo para aplicaciones con ESAL alto.

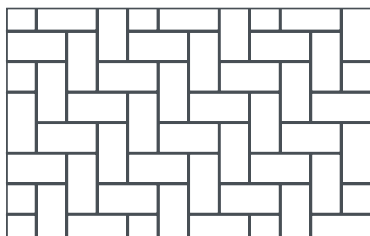
Los siguientes son ejemplos de algunos patrones populares de adoquines:



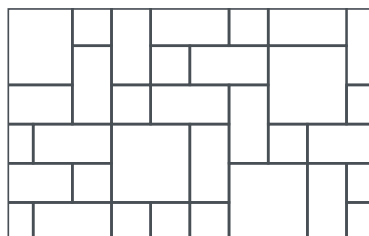
ENTRETEJIDO DE CANASTA



HILERA

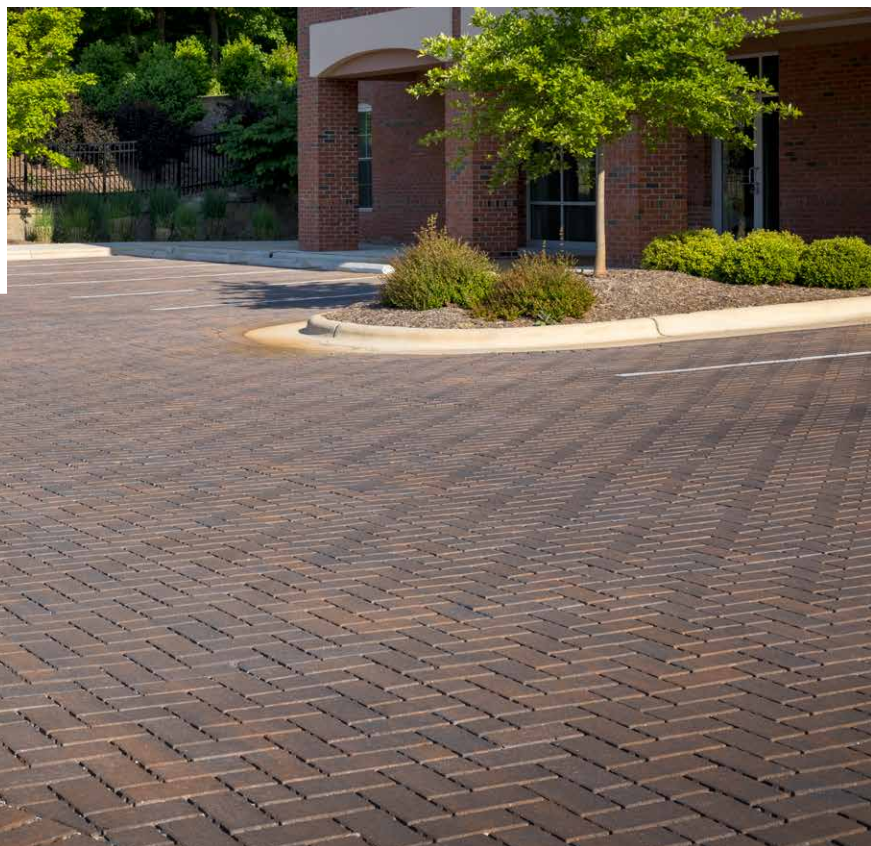
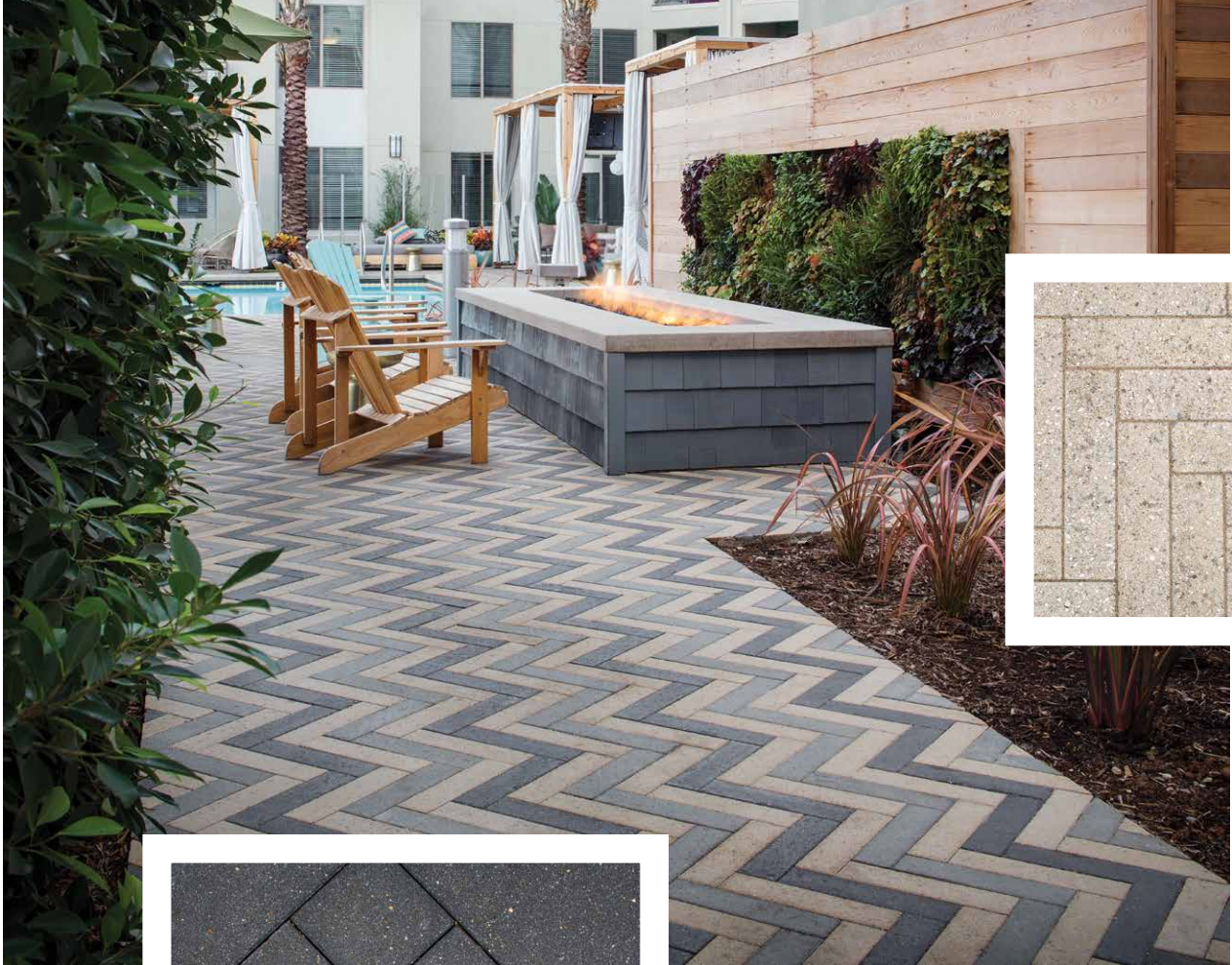


ESPIGA



SILLAR





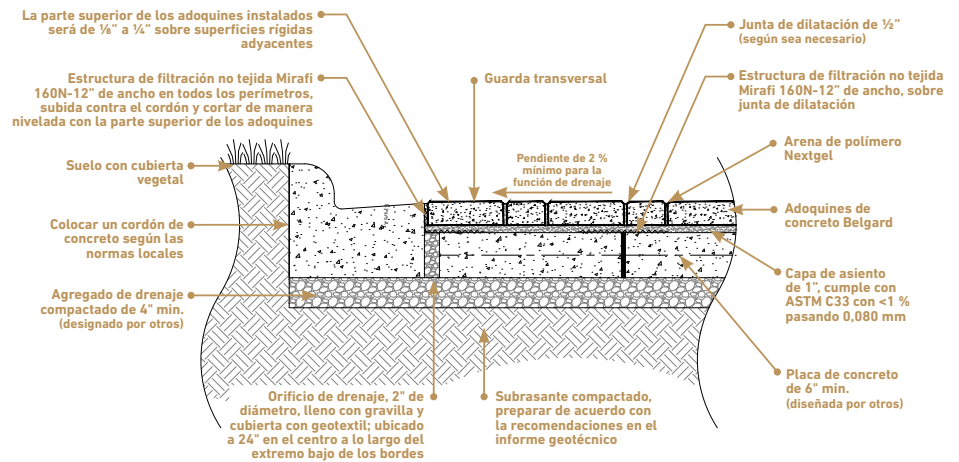
REVESTIMIENTO DE CONCRETO Y ASFALTO

Al colocar adoquines sobre un panel existente de asfalto o concreto, hay tres opciones de instalación.

1. Establecimiento de arena

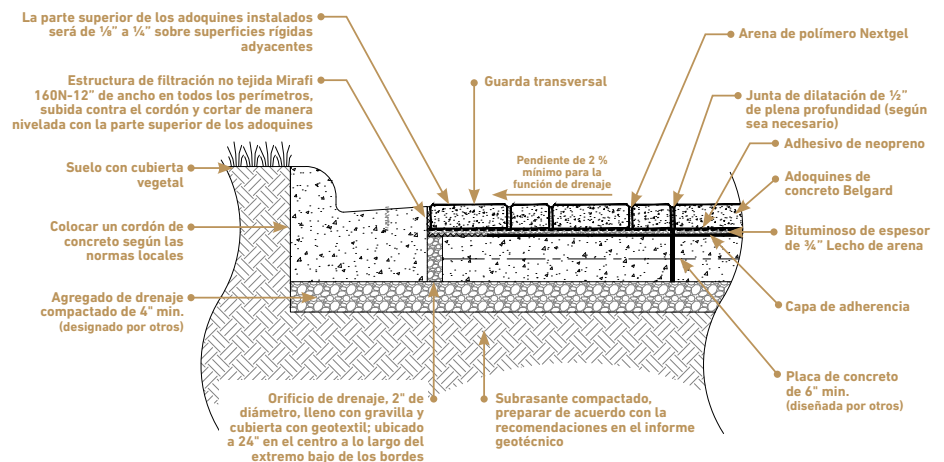
En una aplicación para establecimiento de arena, una capa de asiento de arena de 1" se coloca entre los adoquines y el asfalto o concreto subyacente (similar a una instalación estándar). Los orificios de drenaje se requieren en puntos bajos para permitir que el agua filtre por las uniones para escapar.

Este método es común en aplicaciones peatonales, aunque se puede aplicar en aplicaciones vehiculares siempre que se use un cordón apto y arena para asiento duradera.



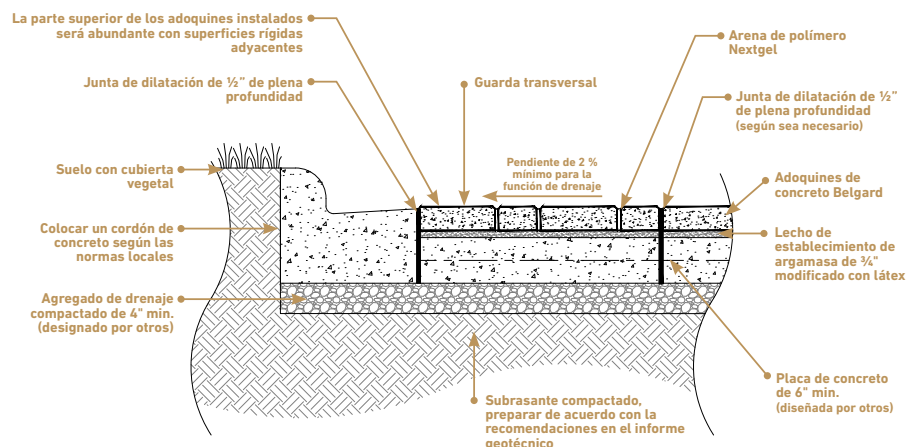
2. Establecimiento bituminoso

Este es similar al establecimiento de arena, excepto que un aglutinante bituminoso se agrega a la arena de asiento que, en esencia, adhiere los adoquines al concreto subyacente (aplicaciones peatonales o vehiculares) o asfalto (aplicaciones peatonales solamente).



3. Establecimiento de argamasa

Un abordaje de establecimiento de argamasa es una solución de diseño adherido que une los adoquines a una base de concreto. En general se usa para aplicaciones no vehiculares. La argamasa modificada con látex se recomienda sobre argamasas de arena de cemento tradicional. Este ensamble debe usarse con sugerencias de diseño del proveedor de argamasa.

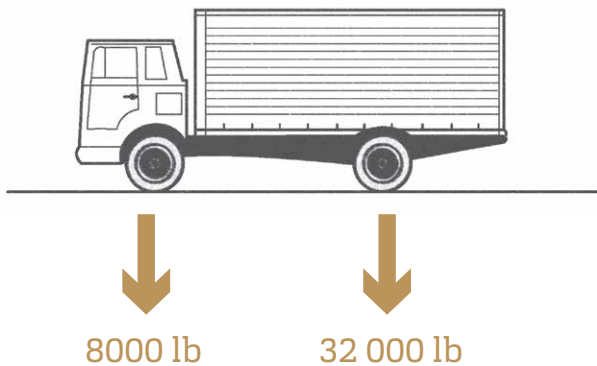


MANIPULACIÓN DE CARGAS

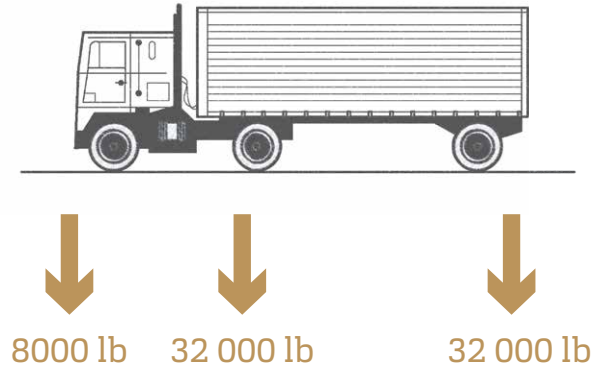
H-20/HS-20

H-20 y HS-20 de AASHTO son calificaciones de carga viva aplicadas al diseño de puentes y otros elementos suspendidos (p. ej., depósitos de concreto).

Carga de H-20



Carga de HS-20



Como los adoquines se asientan sobre una superficie de agregado plana, no están sujetos a los mismos momentos de flexión y rotura, y, por lo tanto, no colapsarán bajo las cargas aplicadas. Los sistemas de adoquines en realidad están diseñados para miles, sino millones, de ESAL, que representan el número de vehículos estimado que pasa sobre la superficie durante la vida del diseño.

Consulte “Diseño del sistemas de pavimento” en la página 6 para obtener más detalles.

En términos de poder soportar la presión de superficie ejercida por los neumáticos de los camiones, el peso bruto del eje más pesado (GAW, por sus siglas en inglés) para un camión de bomberos que se permite es de 24 000 libras. Suponiendo que se usen neumáticos estándar (aunque se requieran neumáticos únicos grandes) el peso máximo para cada una de las ruedas es de 12 000 libras (24 000 libras/2 ruedas). Usando un área de contacto moderada en la parte inferior de la rueda de 8 pulgadas cuadradas, la presión ejercida por cada rueda delantera es de 187,5 psi (12 000 libras/64 pulgadas cuadradas). Cualquier adoquín de concreto ofrecido por la línea de Belgard está hecho de acuerdo con ASTM C936, que pide una fuerza de compresión promedio de 8000 psi sin que una unidad individual sea menor que 7200 psi. Dicho de manera simple, los adoquines de Belgard son en promedio 40 veces más fuertes de lo requerido para soportar la presión de superficie que se ejercería en las condiciones más extremas, y, por lo tanto, supera los requisitos de carga H-20 y HS-20 si el pavimento ha sido correctamente diseñado para las condiciones del sitio, que incluyen la carga de tránsito y la fuerza subrasante.



GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO Y LA SEGURIDAD PÚBLICA

Las pautas de accesibilidad de la ADA de 2010 proporcionan los requisitos de diseño para la accesibilidad a edificios y sitios de parte de personas con discapacidades. Las siguientes secciones abordan cómo los adoquines y placas Belgard® se pueden usar para cumplir con las pautas de la ADA.

Sección 302.1

El suelo y las superficies del suelo serán estables, firmes y antideslizantes.

Los adoquines y placas instalados sobre conjuntos de base de agregado o concreto de manera inherente crean superficies estables y firmes. La capacidad antideslizante se puede medir usando el *Método de prueba de norma nacional estadounidense para medir el coeficiente dinámico de fricción de materiales de superficie dura ANSI A326.3*, que cubre todas las superficies de suelo, interiores y exteriores. El método de prueba usa un dispositivo tribómetro BOT 3000E. Los adoquines de acabado liso Belgard cumplen con los criterios de aceptación de $\geq 0,42$.



Tribómetro digital examinador de paso universal BOT-3000

Adoquín típico Belgard
Valores húmedos de DCOF de 0,6 a 0,75

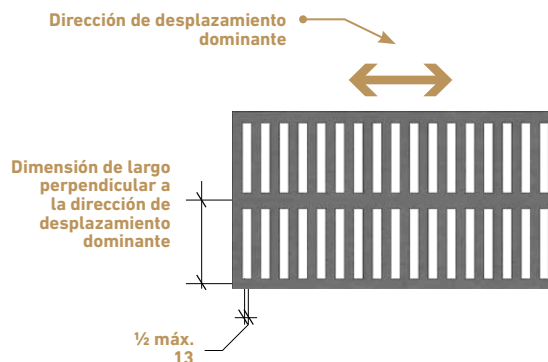
Sección 302.3

Las aberturas en el suelo y en las superficies del suelo no permitirán el pasaje de una esfera de más de ½ pulgada (13 mm) de diámetro.

Para verificar que las aberturas en una superficie del suelo sean compatibles, se hace una prueba simple para ver si una esfera de ½ pulgada de diámetro puede pasar por la abertura. La mayoría de los adoquines permeables Belgard crean aberturas de superficie de menos de 1/2 pulgada de ancho. El tamaño óptimo de abertura para los agregados de uniones permeables es de 3/8" (10 mm) que está por debajo del límite de abertura de la ADA.



El siguiente ícono se usa en el sitio web y en las páginas de información del producto en los catálogos de la empresa para identificar los productos que se pueden utilizar para construir un pavimento que cumpla con la ADA.



Sección 303.2

Cambios en el nivel de ¼ pulgada (6,4 mm) máximo alto se permitirá que sea vertical.

Los adoquines, cuando se instalan correctamente, se colocan en una capa floja de agregado de asiento, luego se compactan hacia abajo para fijar los adoquines en el lugar. Un objetivo de la capa de asiento es ajustar las posibles varianzas de peso en el grosor del adoquín para que la superficie final no tenga ningún cambio en la elevación presente. Las tolerancias de Belgard y de la construcción de superficie de adoquines de la industria son $\pm 1/8$ pulgadas (3,2 mm), que es más estricto que el límite de rebordes de la ADA.

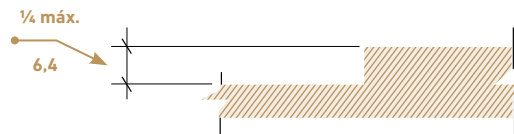


Figura 303.2
Cambio en el nivel vertical

Sección 705

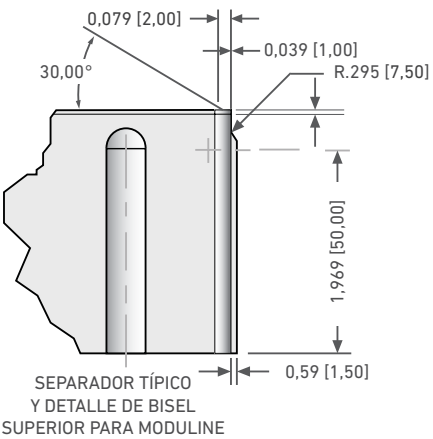
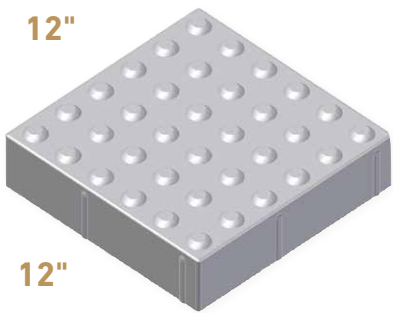
Las advertencias detectables constarán de domos truncados y cumplirán con 705.

Los adoquines tipo domo truncado de Belgard se fabrican de acuerdo con los requisitos de tamaño y espacio de domo en la Sección 705.

Las superficies de advertencia detectables contrastarán a nivel visual con las superficies para caminar adyacentes ya sea claro sobre oscuro u oscuro sobre claro.

La prueba de valor de reflectancia de la luz (LRV, por sus siglas en inglés) se hizo en algunos colores de adoquines Belgard para determinar qué emparejamientos brindan el contraste visual requerido. Los resultados de la prueba se resumen en la tabla adyacente.

LRV PARA COLORES BELGARD	
COLOR	LRV
Fundición	20,5
Grafito	9,8
Lino	30,4



Comodidad para usuarios de sillas de ruedas

Aunque no se aborda en las Pautas de accesibilidad de la ADA, ha habido una investigación de la industria sobre la rugosidad del pavimento y la comodidad para el uso de silla de ruedas. La investigación de 2018 determinó que los adoquines con microbiseles (ancho nominal de 3 mm) y los anchos de unión recomendados por la industria, junto con adoquines lisos o texturados con perfilado bajo no generaron incomodidad para las sillas de ruedas.

La mayoría de los adoquines, placas y planchas Belgard pueden usarse en aplicaciones para acceso peatonal para sillas de ruedas.



CAPITAL Y COSTO DE MANTENIMIENTO MÁS BAJOS

Instalación de máquinas

La preconcepción estándar para los adoquines es que son costosos. Esto, en gran parte, se debe a la necesidad de mano de obra para colocar a mano unidades individuales. Belgard tiene diversos adoquines que se fabrican en patrones de instalación con máquina, en donde equipos especializados pueden instalar hasta 5000 pies cuadrados en un solo día de trabajo.

Esta automatización del proceso de instalación reduce en gran medida los costos de capital. Lotes de estacionamiento, calles, puertos y pistas de aeropuertos completos se han construido de manera económica con este abordaje.

El hecho de que los adoquines se realizan en fábrica de acuerdo con ASTM C-936 “Especificaciones estándar para unidades de pavimento de concreto de interbloqueo” también beneficia las finanzas. Los informes de prueba pueden acompañar al producto cuando se envía en el sitio, y así se elimina el riesgo potencial de tener que reemplazar el producto debido a la mala calidad. Una vez que el material de unión se instale, la superficie está inmediatamente lista para el tránsito; no se requieren demoras de fraguado.



Máquina de colocación de adoquines

Acceso a servicios públicos subterráneos

El costo anual de cortes de servicios públicos en la ciudad promedio está en los millones de dólares. El material de superficie existente tiene que romperse y descartarse, se hacen las reparaciones subterráneas, y después se usa material nuevo para el parche final. Con cada parche, la vida de servicio del pavimento también se reduce.

Con los pavimentos de concreto de interbloqueo, los impactos en los costos a corto plazo y a largo plazo se reducen. Se pueden retirar grupos de adoquines a mano, no es necesario usar equipos de corte con cierra y gatos neumáticos. Se pueden volver a colocar los mismos adoquines, reduciendo la eliminación de desechos y los costos de materiales de reemplazo. Se eliminan los productos para parches de corto plazo, y no hay cambios en la apariencia general del área. Al ser un sistema de pavimento flexible con uniones de control integradas, el pavimento tiene también mayor capacidad de lidiar con cualquier asentamiento de relleno subsiguiente.



El siguiente ícono se usa en el sitio web y en las páginas de información del producto en los catálogos de la empresa para identificar las capacidades de instalación mecánica.



Los adoquines se retiran para permitir una reparación subterránea.

CICLO DE VIDA MEJORADO

Vida de servicio más extensa, menos mantenimiento, mayor valor

La inversión en la infraestructura de las carreteras no se detiene después de la construcción inicial. Como cualquier activo, requiere cierta inversión para que se mantenga en una condición utilizable. Para las carreteras, esto incluye mantenimiento permanente de la superficie, restauración periódica y una posible rehabilitación de la base.

El análisis del costo del ciclo de vida es una técnica que cuantifica todos los costos asociados con la construcción y el mantenimiento de un pavimento a lo largo de un período de análisis fijo. De acuerdo con el informe “Administración del costo del ciclo de vida de pavimentos de bloque de concreto de interbloqueo-Informe de metodología” de ARA/ICPI, se espera que un sistema de adoquines dure 30 años o más antes de que llegue al índice de condición del pavimento desencadenante en donde se requiere rehabilitación. Durante este tiempo, se espera el siguiente nivel de mantenimiento.

En los años 8 y 28, se espera que aproximadamente el 2 % de los adoquines sobre toda la superficie se haya agrietado o astillado y tendrá que reemplazarse. En los años 20 y 35, se espera que deba ocurrir un mantenimiento más significativo, esto incluye la remoción de un área más grande de adoquines (mayormente en las marcas que generan las ruedas), nivelación/reemplazo de la arena de asiento debajo, después la restitución de una mayoría de los adoquines originales.

En comparación con el costo del ciclo de vida equivalente de otras prácticas tradicionales de pavimento, los resultados para los sistemas de adoquines a menudo son mejores debido a lo siguiente:

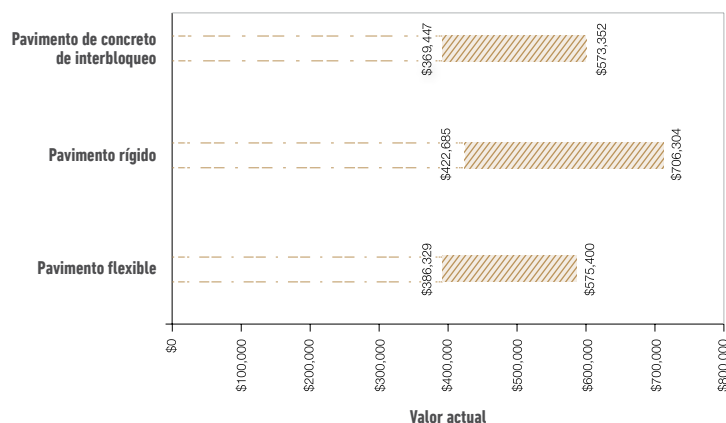
1. **Vida de rendimiento más alto de los adoquines en comparación con el asfalto.**
2. **Costo de capital más bajo de los adoquines en comparación con el concreto vaciado en el sitio.**
3. **Requerimientos de mantenimiento más bajos/más simples**
4. **Vulnerabilidad reducida para los cortes de servicios públicos**

Si bien no podemos garantizar que el costo del ciclo de vida será menor en toda circunstancia, estamos dispuestos a ayudar con el análisis para determinar si los adoquines en última instancia son más económicos. Comuníquese con su representante local de Belgard para obtener detalles.

“Las instalaciones de adoquines han demostrado vidas útiles que superan los 30 años, en comparación con el pavimento tradicional que en general dura unos 12-15 años.”

AÑO	ACTIVIDAD	CANTIDAD (%)
8	Reemplazar adoquines agrietados	2
20	Reemplazar adoquines rotos/con surcos (marca que generan las ruedas)	5
28	Reemplazar adoquines agrietados	2
35	Reemplazar adoquines rotos/con surcos (marca que generan las ruedas)	5

Rango de resultados de muestra del análisis del ciclo de vida



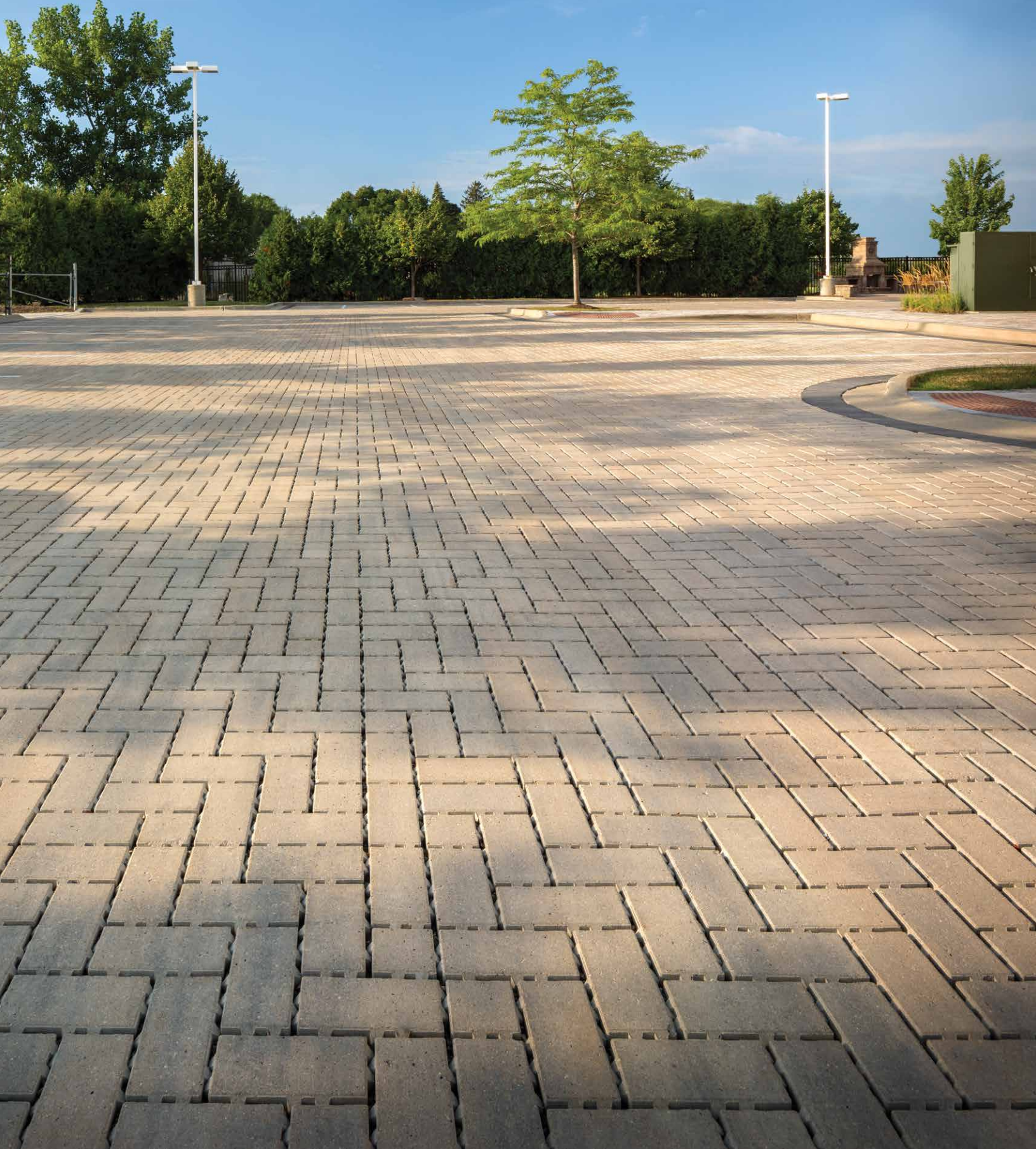
02

Pavimentos de concreto de interbloqueo permeables (PICP)

El uso de PICP en distintas aplicaciones peatonales y vehiculares puede sumar al aspecto estético de un proyecto, eliminar la necesidad de obras de traspaso de las aguas pluviales tradicionales, mejorar la calidad del agua subterránea y aumentar el espacio de terreno utilizable mediante la disminución o eliminación de la necesidad de un estanque de retención. Los expertos de Belgard pueden trabajar de cerca con su equipo de diseño para diseñar y obtener la aprobación para el sistema PICP que se adapte mejor a las condiciones del suelo en el sitio, diseño para tormentas y requisitos reglamentarios locales.

Administración de las aguas pluviales.....	18
Evitar los impactos aguas abajo.....	19
Calidad de las aguas pluviales.....	20
Mantenimiento recomendado	20
Manejo del agua de los techos.....	21
Dispositivos de tratamiento fabricados	22
Recolección de las aguas pluviales	23
Entorno urbano	24
Optimización del uso del terreno	25
Pavimento SWM	26





ADMINISTRACIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES

Multifuncionalidad de PICP

El fundamento de la sostenibilidad y la infraestructura ecológica es la multifuncionalidad. En los sistemas de infraestructura convencionales, cada componente tiene un trabajo que realizar. Por ejemplo, el asfalto proporciona la superficie de conducción, las entradas recolectan lo que escurre del pavimento, las tuberías se llevan el agua, los estanques de detención almacenan el agua para reducir el flujo máximo, y las BMP de calidad del agua limpian el agua antes de que se libere al río. Los pavimentos de concreto de interbloqueo permeables (PICP) brindan estas cinco funciones en un sistema: 1) Los adoquines brindan una superficie de conducción muy resistente; 2) Toda el área de adoquines captura las aguas pluviales; 3) Las uniones llenas con agregado filtran el sedimento; 4) Los agregados de grado abierto debajo de los adoquines trasladan el agua aguas abajo; 5) Los vacíos en los agregados (aprox. 40 %) brindan almacenamiento.

Al utilizar la multifuncionalidad de los sistemas de PICP, los componentes de infraestructura costosos, como entradas, tuberías, dispositivos de calidad de agua y estanques de detención, se pueden eliminar al crear espacio adicional para el desarrollo y al reducir los costos generales de manejo de las aguas pluviales. Los adoquines permeables también duran el doble que los pavimentos convencionales y tienen un costo más bajo de mantenimiento.

Diseño hidrológico de PICP

El diseño hidrológico en general regirá la configuración final del sistema. Las metodologías de diseño más común utilizadas son estimaciones de hidrogramas basadas en eventos o modelado de simulación continua. El método más común de estimación basado en eventos es el Programa de hidrología de cuenca (WinTR-20). Los modelos de simulación continua más comunes son el Modelo de administración de aguas pluviales de EPA de EE. UU. (SWMM) y el Sistema de modelado hidrológico del centro de ingeniería hidrológico (HEC-HMS).

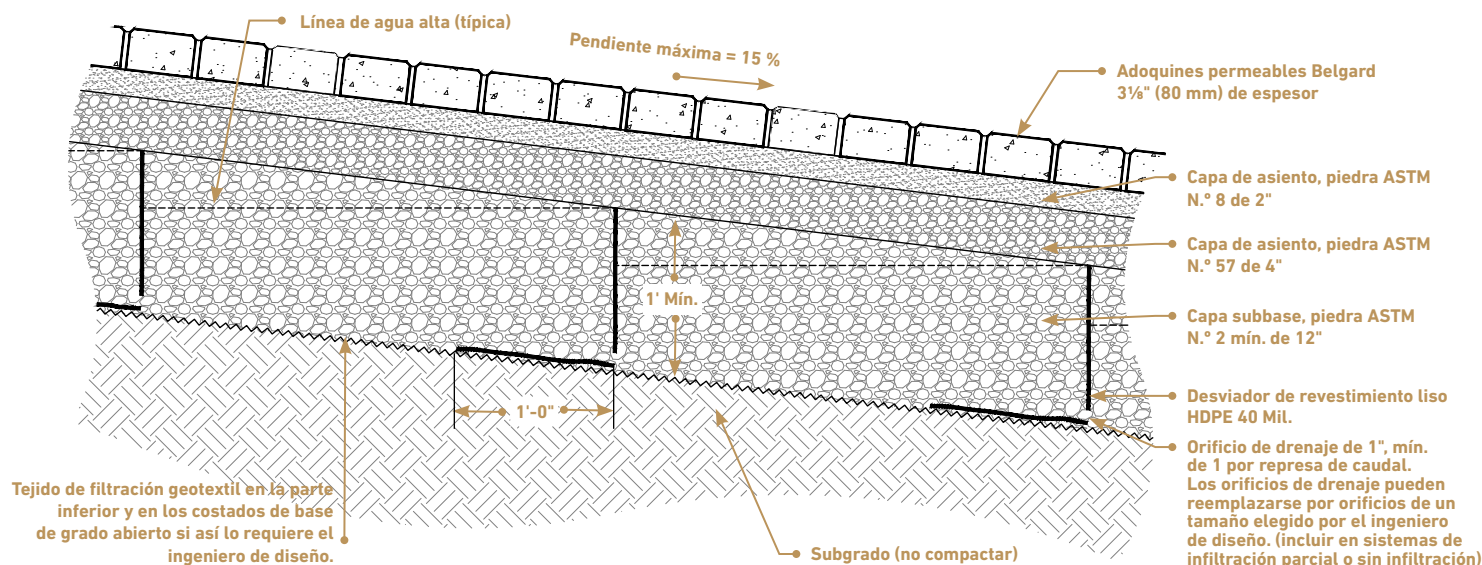
Estas metodologías se basan en desarrollar un Número de curva (CN), que es un parámetro empírico relacionado con la respuesta de escorrentía de una cuenca. Como el PICP puede mejorar la función hidrológica de un área desarrollada, se usa un CN reducido. ASCE 68-18 proporciona un medio para calcular el CN reducido que representa el almacenamiento en el sistema y la infiltración en el suelo. El CN reducido en general es ligeramente mayor o igual al CN desarrollado previamente.

El Método racional en general no se usa para diseñar sistemas de PICP, pero en algunos casos, las agencias regulatorias lo requieren. Al usar el Método racional, un valor C, que representa el porcentaje de precipitaciones que se convierten en escorrentía, puede calcularse para un sistema PICP al dividir el desagüe total calculado por la afluencia total calculada. Los valores C típicos calculados van entre 0,25 y 0,40, según el diseño del sistema.

La pendiente afecta el diseño del sistema y, una vez que la pendiente de la superficie supera el 0,5 %, se debe considerar las represas de caudal. El detalle a continuación muestra cómo las represas de caudal se pueden usar para aumentar la eficiencia del sistema para almacenar y administrar las aguas pluviales. Las represas de caudal tiene orificios que las atraviesan y la parte superior de la represa de caudal es un embalse que permite que cada celda de almacenamiento creada se modele como una cuenca de detención en serie. La celda de almacenamiento más baja se puede conectar a una estructura de control de salida usada para atenuar los flujos pico y cumplir con la tasa de liberación permitida de la agencia regulatoria.

Crédito para superficie permeable

Diseñados, instalados y mantenidos correctamente, los sistemas de PICP tienen índices de infiltración de superficie más altos que los de casi cualquier suelo natural, y varias veces mayor que la máxima intensidad de precipitación posible. Es por esa razón que la superficie de un PICP debe recibir crédito completo por "100 % de permeabilidad", como una pradera o un bosque.



EVITAR LOS IMPACTOS AGUAS ABAJO

Control de la erosión

Las aguas pluviales administradas incorrectamente pueden resultar en repercusiones hidrológicas aguas abajo, como erosión a lo largo de cursos de drenaje existentes, inundación de áreas tendidas bajas adyacente y sedimentación/contaminación de las aguas receptoras (lo cual incluye áreas ecológicas como pantanos y estuarios, áreas recreativas como lagos y ríos, o suministros de agua de superficie de agua potable).

Estas repercusiones pueden minimizarse, si no se evitan con eficacia, a través de un mejor diseño del sitio usando PICP. Los estudios han demostrado que “cuanto más lento y más controlado el desagüe (del PICP) imita de cerca al interflujo natural y reduce el riesgo de inundación y erosión en las aguas receptoras aguas abajo”.

Fuente: Drake, Jennifer y Tim Van Seters “Evaluation of Permeable Pavements in Cold Climates” [Evaluación de pavimentos permeables en climas fríos] Autoridad de Preservación de Toronto y de la Región (Toronto and Region Conservation Authority, TRCA), diciembre de 2012.



Repercusiones térmicas reducidas en las aguas receptoras

En condiciones de desarrollo previo, las aguas pluviales que se infiltran en el suelo permanecen a una temperatura relativamente constante; por el contrario, la escorrentía de las aguas pluviales posdesarrollo de áreas impermeables pueden estar muy calientes en los meses de verano y extremadamente frías en los meses de invierno. Estos extremos de temperatura pueden tener un efecto devastador en los organismos acuáticos. Muchas especies de peces pueden verse afectadas por los cambios agudos de temperatura de solo unos pocos grados. Es por esa razón que la Ley de Independencia y Seguridad (2007) requiere que las temperaturas previas al desarrollo se mantengan de todos los desarrollos o redesarrollos federales.

Con los sistemas de PICP, el agua se almacena debajo del suelo, así que las repercusiones en la temperatura térmica son mínimas.

Los estudios realizados por la Universidad del Estado de Carolina del Norte verificaron que los sistemas de infiltración superficiales como PICP brindaron amortiguación térmica caliente y fría, reduciendo de esa manera la frecuencia de las temperaturas perjudiciales.

Fuente: Wardynski, B.J., R.J. Winston, W.F. Hunt. 2012. “Thermal Mitigation Potential of Permeable Pavements” [Potencial de mitigación térmica de pavimentos permeables], LID Research Summit.



CALIDAD DE LAS AGUAS PLUVIALES

Los PICP son reconocidos por varias agencias, como la EPA de EE. UU., por brindar mejoras en la calidad de las aguas pluviales. Las eficiencias de eliminación informadas para **Sólidos suspendidos totales (TSS)**, **Fósforo total (TP)** y **Nitrógeno total (TN)** de distintos estados se enumeran en la tabla adyacente.

El PICP reduce las concentraciones de contaminantes a través de varios procesos como la absorción, la acción microbiana, la volatilización y la filtración. Los contaminantes dentro del infiltrado de subgrado se someterán a otras reacciones bacterianas y químicas con los suelos nativos antes de llegar a la capa de agua subterránea o a las aguas receptoras.

La filtración no solo es eficaz en la eliminación de partículas grandes y sólidos suspendidos, sino potencialmente también metales, fósforo total (TP) e hidrocarburos sujetos al grado que cada uno une (absorbe) a las partículas filtradas. Dentro de la base/subbase de grado abierto, se espera que la volatilización y la acción microbiana, además de la absorción, esté teniendo lugar con alguno contaminantes.

	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	FÓSFORO TOTAL	NITRÓGENO TOTAL
Georgia	80 %	50 %	50 %
Nueva Jersey	80 %	-	-
Nueva York	82-95 %	65 %	80-85 %
Carolina del Norte	84 %	30-84 %	30-84 %
Pensilvania	85 %	85 %	30 %
Texas (TCEQ)	89 %	-	-
Virginia	-	25 %	25 %

MANTENIMIENTO RECOMENDADO

Estudios han hallado una relación entre el material de relleno de uniones y las tasas de infiltración a largo plazo. Las aberturas de piedras ASTM N.º 8, 89 o 9 del tamaño adecuado brindan el mejor rendimiento.

Las uniones del sistema PICP, como cualquier otro filtro, pueden bloquearse. El estudio de FGCU estimó que demoraría entre 7 y 20 años para que un sistema típico se deteriore al punto en donde ya no fuera funcional (tasa de infiltración de menos de 10 pulgadas por hora), con el rango sujeto a la tasa de carga de contaminantes y al tamaño del material de unión utilizado. En donde la carga de contaminante esté concentrada, como alrededor de las copas de los árboles, las pilas de almacenamiento de nieve en invierno o las áreas donde corren las aguas pluviales (el agua corre hacia la superficie de PICP desde las áreas adyacentes), la obstrucción puede acelerarse.



El mantenimiento regular recomendado incluye la limpieza semestral (en primavera y otoño) usando una barredora mecánica o de aire regenerativo para eliminar cualquier residuo en la superficie, en especial aquellos compostables como hojas y arena en invierno. La prueba de infiltración anual que sigue ASTM C1781 también debe realizarse sobre la superficie de PICP, en especial en los puntos antes mencionados. En donde la tasa de infiltración se encuentre que se esté acercando a las 10 pulgadas por hora, o en donde exista cualquier formación de charcos en la superficie, se debe realizar un mantenimiento de restauración usando un camión aspirador. Los camiones aspiradores son capaces de extraer los residuos acumulados y el material de



Barredora de aire regenerativo para mantenimiento regular.

unión de entre los adoquines. El nuevo material de unión ahora se barre nuevamente y el sistema está casi como nuevo. Tenga en cuenta que el lavado a presión no se recomienda ya que eso solo empujaría los residuos más adentro de las uniones.

Para permitir el reemplazo de los adoquines que puedan dañarse, y para garantizar una unión pareja con los existentes, una regla general que se utiliza es almacenar de 2 a 5 % del total del proyecto como existencias de ático. Los adoquines dañados se pueden sacar y se pueden colocar nuevos con unas pocas herramientas simples.

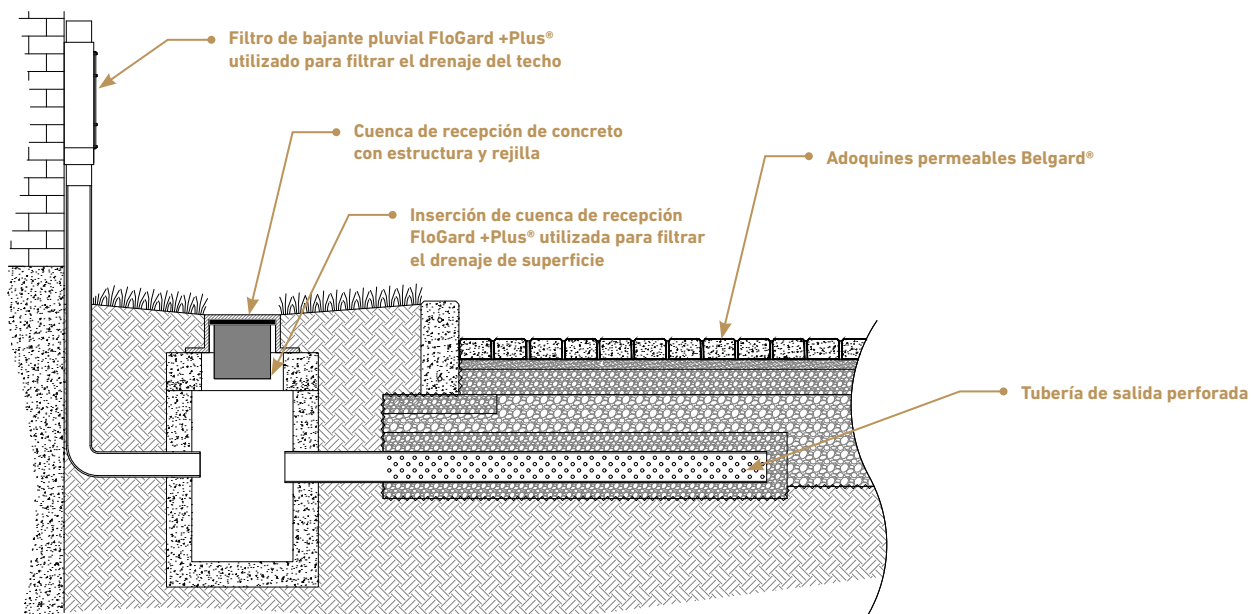


Camión aspirador para mantenimiento de restauración.

MANEJO DEL AGUA DE LOS TECHOS

En algunos lugares, el agua del techo se puede manejar con un sistema de PICP si el sistema está diseñado para acomodar el volumen de agua adicional. Al purgar el agua del techo en la superficie del PICP, el agua se filtra igual que cualquier precipitación directa, pero el agua que corre puede estar sujeta a una obstrucción acelerada. Los drenajes de techo grandes pueden requerir disipación del flujo para evitar la inundación de los agregados de unión. Cuando el agua del techo se desvía a

la subbase, los filtros de bajante pluvial FloGard +Plus® pueden usarse para tratar previamente el agua del techo y se puede usar una cuenca de recepción para disipar la energía del agua que cae. El agua de superficie también se puede recolectar usando filtros de inserción de cuenca de recepción FloGard +Plus® para tratar previamente la escorrentía que ingresa a la cuenca de recepción. La ilustración a continuación demuestra ambas situaciones.



DISPOSITIVOS DE TRATAMIENTO FABRICADOS

Soluciones de LID complementarias

Muchas jurisdicciones ahora prefieren soluciones de desarrollo de bajo impacto (LID, por sus siglas en inglés) como la primera opción para administrar la escorrentía de aguas pluviales. Además de pavimentos de concreto de interbloqueo permeables (PICP), Oldcastle ofrece otras soluciones de LID para cumplir con una variedad de limitaciones del sitio. Estos sistemas pueden usarse como un tratamiento autónomo o en conjunto con el PICP.



Sistema BioPod™ con medios StormMix™

Los sistemas BioPod utilizan un diseño de biofiltración avanzado para la filtración, adsorción y penetración para quitar los sólidos suspendidos totales (TSS), los metales disueltos, nutrientes, sólidos gruesos, la basura y los residuos, así como los hidrocarburos de petróleo de la escorrentía de aguas pluviales. Ecológicos y estéticamente agradables, los sistemas BioPod son una solución probada, de desarrollo de bajo impacto (LID) para el tratamiento de las aguas pluviales. Los sistemas BioPod se integran sin problemas en el drenaje estándar del sitio y puede adaptarse a una amplia variedad de vegetación para satisfacer requisitos de infraestructura ecológica.



Sistema de biorretención modular TerraMod®

El sistema de biorretención modular TerraMod® es un sistema de celdas de biorretención de concreto prefabricado modular que usa la filtración basada en el suelo para eliminar sedimento, metales, nutrientes, hidrocarburos del petróleo, sólidos gruesos y basura de la escorrentía de las aguas pluviales. Los sistemas BioMod pueden incorporar medios no propietarios, medios de índice de flujo bajo según lo especifique una agencia local.



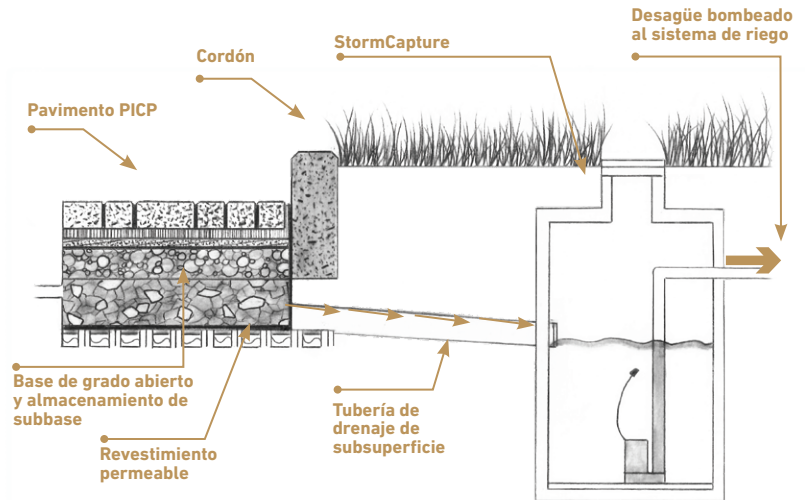
PICP que brindan todo el drenaje en Gateway Village, Murfreesboro TN.

RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES

Usar el sistema de PICP como un depósito de almacenamiento

La recolección de agua utiliza un recurso gratuito para reducir los costos de suministro de agua municipal, a la vez que se cumple con las pautas regionales de administración de las aguas pluviales.

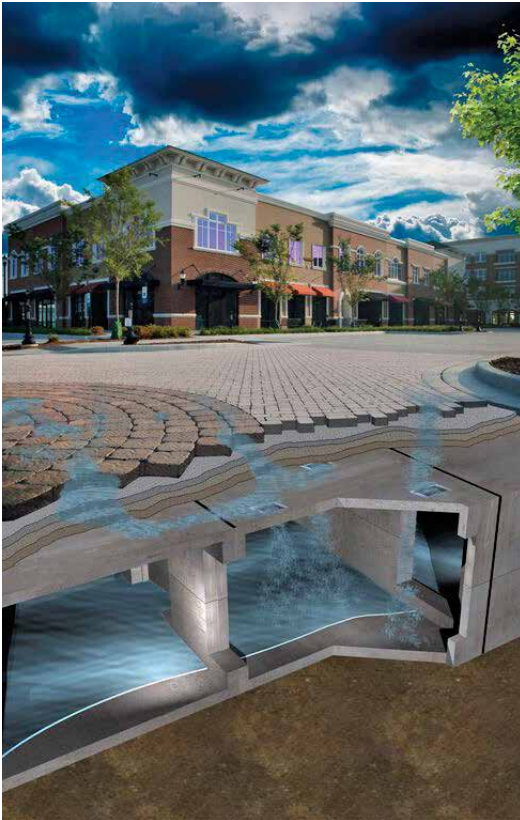
El clima sureño, un sistema **sin infiltración** (completo con revestimiento) se puede usar como el depósito de almacenamiento a largo plazo, con el agua que se use para el riego, el lavado u otras aplicaciones no potables. Un sistema de control integrado, que incluya información sobre la recolección del agua, en general se usa para operar estos sistemas de recolección. Además, en donde el PICP también esté desempeñando una función de administración de aguas pluviales, se recomienda que se use un sistema de control activo para controlar la información del pronóstico meteorológico y para extraer automáticamente el volumen de agua para adaptar los índices de precipitación proyectados.



Recolección de agua usando PICP

PermeCapture™

En determinadas aplicaciones, combinar los beneficios de PICP con las capacidades de detención/retención de volumen alto de los depósitos StormCapture® ofrece soluciones para condiciones desafiantes en el sitio. Los ejemplos de las aplicaciones potenciales de PermeCapture incluyen: áreas o sitios costeros con capas freáticas altas; disponibilidad de agregados mala o limitada; suelos malos, roca superficial o desafíos de excavación; sitios que requieran acceso para inspección y mantenimiento de agua de detención/detención, o sitios en donde el almacenamiento de agua de agregado no se reconozca o acredite. La necesidad de mantener una superficie estética es otra razón para utilizar este tipo de sistema. Los depósitos PermeCapture tienen una clasificación H-20, e incluyen HydraPorts para permitir que el agua del sistema de PICP se drene a las cámaras de almacenamiento. Cuando se utiliza como sistema de retención, la tecnología de tratamiento y recolección puede incorporarse en el sistema PermeCapture.



ENTORNO URBANO

Reducir el uso de sal para descongelar

Los sistemas de PICP rinden muy bien en condiciones de clima frío. Un estudio reciente de Estudio geológico de EE. UU. en 2021 analizó los perfiles de temperatura a lo largo de un período de siete años de distintos sistemas de pavimento permeable. Los datos mostraron que todos los tipos de pavimento permeable desarrollaron condiciones favorables para permitir la infiltración de la superficie durante los eventos de lluvia en invierno y de deshielo con temperaturas de subsuperficie que permanecen por encima del congelamiento, incluso cuando las temperaturas del aire estaban muy por debajo del congelamiento. Sin embargo, se demostró que PICP es menos susceptible a los efectos de las temperaturas de aire de congelamiento en comparación con el concreto permeable (PC) y el asfalto poroso (PA, por sus siglas en inglés). La naturaleza de los vacíos de la superficie del PICP, así como la masa térmica de los adoquines, pueden ayudar a aislar los depósitos de agregados de las fluctuaciones de la temperatura de la superficie mucho mejor que el PC o el PA.

Un estudio de la Universidad de Toronto en 2020 comparó las operaciones de deshielo que afectan el PICP en comparación con las superficies de asfalto impermeable. Esta investigación estudió los beneficios de seguridad en invierno del pavimento permeable y el uso de sales para el deshielo de carreteras que potencialmente dañan los cursos de agua y sistemas biológicos. Los investigadores hallaron que PICP pueden atenuar y amortiguar la liberación de sal al ambiente, y que las superficies de PICP pueden tratarse con índices de aplicación más bajos de sales en las carreteras. El



estudio confirmó el punto de vista general de que PICP elimina el potencial de formación de superficie resbaladiza en la carretera por el recongelamiento del agua estancada.

En vez de usar sales para el deshielo o arena, una alternativa es usar el mismo trozo n.º 8 o n.º 9 de ASTM como se utiliza en las uniones de los adoquines. Como los adoquines permeables están hechos con concreto de calidad más alta, la nieve se puede arar o palear sin la necesidad de palas o equipos especiales.

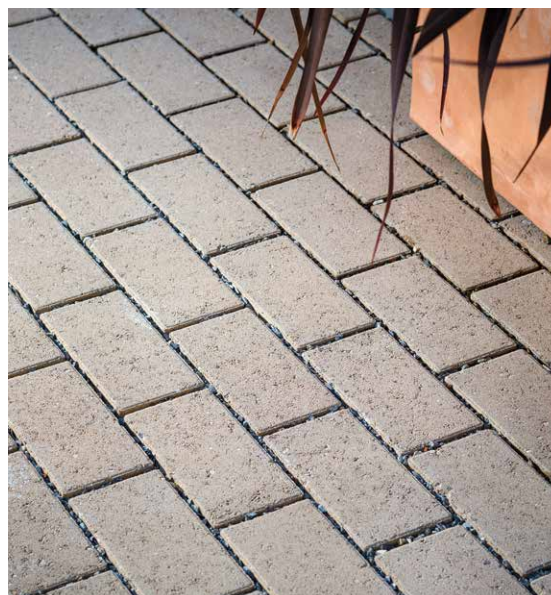
Fuentes: Danz, et. Al, Subsurface Temperature Properties for Three Types of Permeable Pavements in Cold Weather Climates and Implications for Deicer Reduction [Propiedades de temperatura de subsuperficie para tres tipos de pavimentos permeables en climas fríos y repercusiones para la reducción de descongeladores], 2021, US Geological Survey

Drake, et. Al, De-Icing Operations for Permeable Interlocking Concrete Pavements, [Operaciones de descongelamiento para pavimentos de concreto de interbloqueo permeable] 2020, Universidad de Toronto

Mitigar la isla de calor urbana

El efecto “isla de calor” afecta a las áreas urbanas que han utilizado sistemáticamente la cubierta natural del suelo existente al reemplazarlas con edificios, estacionamientos y calles pavimentadas. La falta resultante de parques y árboles da como resultado temperaturas generales más altas en estos microclimas. A su vez, estas temperaturas imponen una mayor demanda de energía, producen más contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero, y claramente crean problemas de calidad de vida para todos los que viven en tales entornos.

Una estrategia para mitigar el efecto de isla de calor es utilizar materiales de pavimentación de alta reflectancia y colores claros. La reflectancia solar (SR) o albedo es el porcentaje de energía solar reflejada por una superficie. La mayoría de los estudios existentes sobre pavimentos fríos se han centrado en aumentar la reflectancia solar, lo que puede reducir las temperaturas del pavimento e incluso de la subsuperficie. Los sistemas de clasificación LEED requieren que los adoquines de colores claros tengan un SR inicial de $\geq 0,33$ para crédito potencial. Belgard tiene una gran oferta de colores que pueden contribuir a las estrategias de mitigación de la isla de calor.



OPTIMIZACIÓN DEL USO DEL TERRENO

Mayor valor y seguridad

En los diseños convencionales de drenaje de aguas pluviales, los estanques de detención o retención pueden consumir una gran parte del sitio. Estos estanques tienen aplicaciones alternativas limitadas (suponiendo que el estanque se seque lo suficiente para el uso alternativo previsto) y reducen el ingreso que genera la huella del sitio.

PICP combina carriles para conducir y para estacionar con huella de retención o detención, permitiendo de esa forma que terrenos que de otro modo se consumirían por el estanque se transformen en un espacio ecológico de uso continuo, áreas de recreación o incluso se reclamen para un mayor desarrollo.

Existen ejemplos en donde el uso de PICP permitió la conservación de áreas boscosas/ecológicas que de otro modo se hubieran eliminado, o se hubieran visto afectadas, por los sistemas de detención o retención de aguas pluviales.

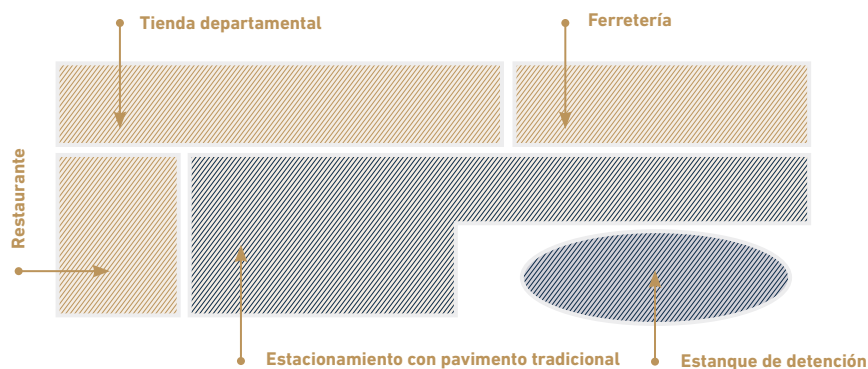
En otros desarrollos o subdivisiones comerciales, se agregaron lotes de edificios adicionales, con el ingreso del edificio o la casa

adicional superando cualquier costo de capital incrementado del sistema de PICP. En desarrollos de alta densidad, hubo más lugares de estacionamiento disponibles usando PICP y, por lo tanto, se agregaron más unidades a edificios de gran altura. Un desarrollador en un desarrollo frente al mar particularmente estrecho se refirió a los puestos de estacionamiento adicionales logrados por PICP como "lotes de millones de dólares", ya que pudo agregar un condominio de un millón de dólares por cada lugar de estacionamiento adicional.

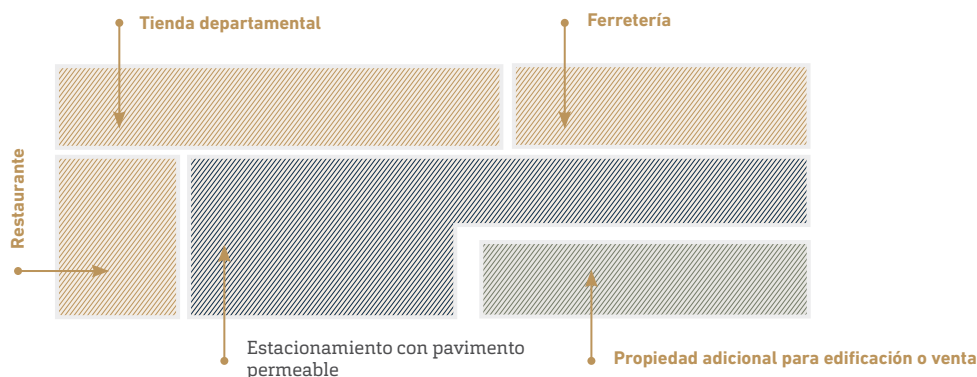
Con la instalación de detención/retención de agua ubicada bajo tierra, también eliminamos las preocupaciones de seguridad pública asociadas con el ahogamiento accidental de niños y no proporcionamos criaderos de insectos que transmiten enfermedades como el virus del Nilo Occidental.

Nota: Imágenes cortesía del Departamento de Ambiente y Recursos Naturales de Carolina del Norte.

Actual



Propuesto



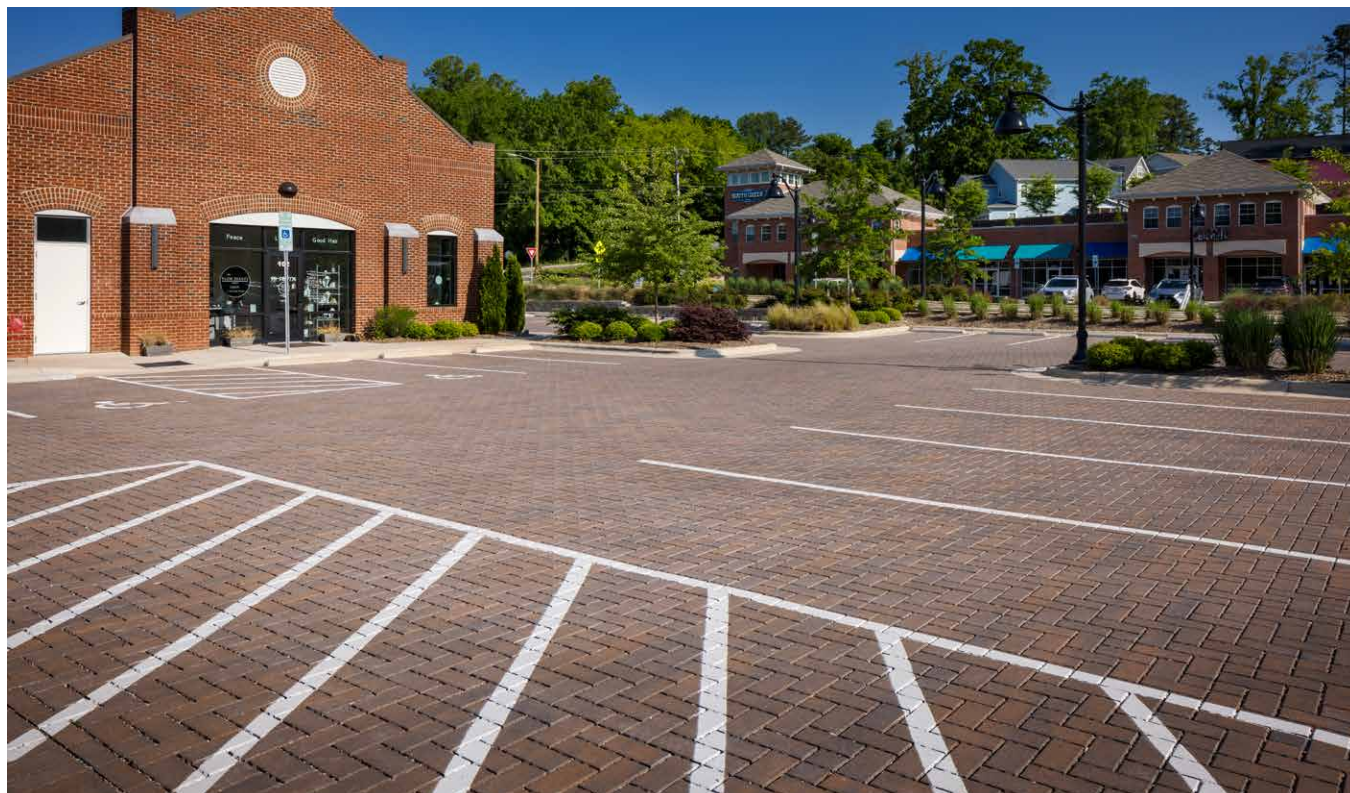
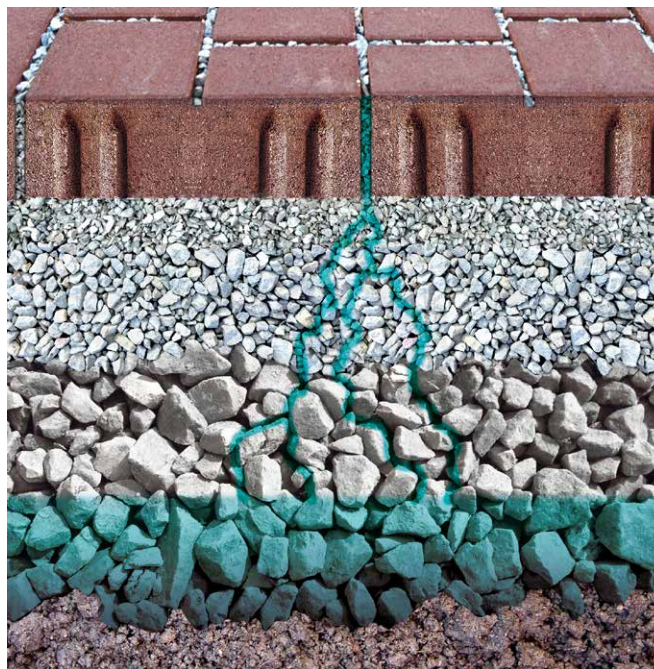
PAVIMENTO SWM



Pavimento SWM de Belgard Commercial

Pavimento SWM de Belgard Commercial es un sistema desarrollado que brinda una solución de administración de aguas pluviales 5 en 1 que combina una superficie de conducción duradera y muy resistente con estas funciones de administración de aguas pluviales: recolección, calidad del agua, traslado y almacenamiento. El proceso de diseño de colaboración de Belgard Commercial asiste a los profesionales de diseño (ingenieros civiles, arquitectos, arquitectos paisajistas) y propietarios del proyecto desde el concepto hasta la conclusión. Con una idea clara de los objetivos del proyecto, nuestro apoyo en el proyecto de extremo a extremo desde el diseño a la instalación hasta el mantenimiento puede optimizar el sitio del proyecto y puede reducir el costo, el impacto ambiental y superar sus metas de desarrollo del sitio.

Pavimento SWM de Belgard Commercial se desarrolló para brindar una solución de infraestructura y tiene una función en la restauración del ecosistema vital. Nuestros adoquines ofrecen sistemas desarrollados robustos para abordar los requisitos de calidad del agua y de almacenamiento, más una superficie de conducción muy resistente. Estos sistemas se pueden usar en cualquier área en donde se anticipe una superficie impermeable.



Nuestro abordaje de 3 fases incluye:

1. DISEÑO

- Asistencia regulatoria
- Servicios de diseño del sistema de adoquines
- Detalles de construcción
- Especificaciones guía
- Estimación de costos
- Análisis de costo del ciclo de vida

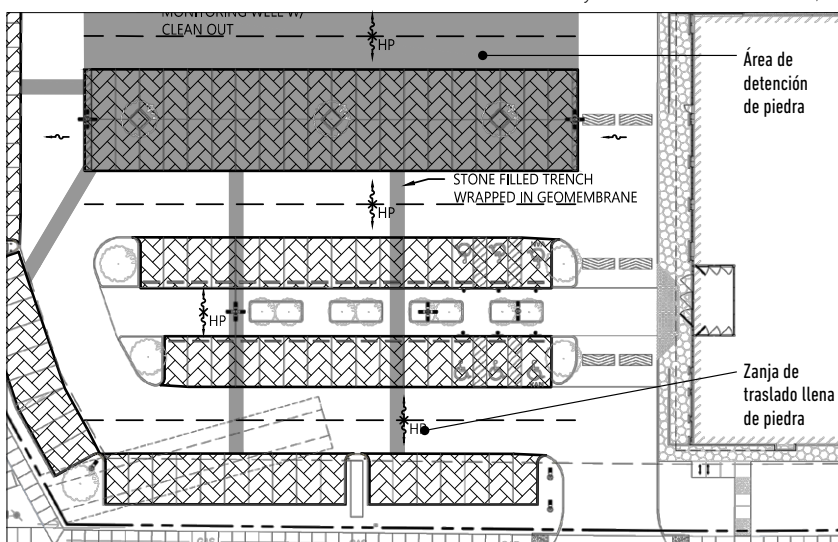
2. CONSTRUIR

- Apoyo para contratistas
- Revisiones de viabilidad de construcción
- Red de contratistas autorizados
- Guías de instalación
- Listas de verificación de la instalación

3. MANTENER

- Pruebas de infiltración
- Listas de verificación de la inspección
- Guías O y M
- Soporte de mantenimiento

Proyecto de muestra: Houston, TX



Nuestro abordaje de tres fases

Nuestro abordaje integral de tres fases brinda un proceso paso a paso que trabaja de cerca con el equipo del proyecto sobre el diseño, la construcción y el mantenimiento.

La primera fase en el proceso de Pavimento SWM es el diseño. En esta fase, brindamos asistencia regulatoria, servicios de diseño de adoquines, detalles de construcción, asistencia para la redacción de especificaciones del proyecto, estimación de costos y análisis de costos del ciclo de vida.

La segunda fase en el proceso de Pavimento SWM es la construcción. Los detalles de construcción son fundamentales para el éxito del proyecto y el rendimiento a largo plazo. En esta fase, proporcionamos soporte al contratista, revisiones de viabilidad de construcción, una red de contratistas autorizados, guías de instalación y listas de verificación que juegan un papel clave en el rendimiento a largo plazo del sistema de Pavimento SWM.

La tercera fase es el mantenimiento y es crucial para proteger la integridad y el rendimiento de cualquier sistema de administración de aguas pluviales. El mantenimiento incluye las pruebas de infiltración, la lista de verificación de inspección, las guías de O y M y soporte de mantenimiento que define las medidas de rutina y de restauración, más equipos destacados de mantenimiento, procedimientos para mantener la infiltración, cronogramas de mantenimiento de temporada y mantenimiento de invierno y deshielo.

El sistema Pavimento SWM de Belgard Commercial ofrece un enorme valor proporcionando tanto un sistema completo de administración de aguas pluviales como una superficie de conducción totalmente funcional. El equipo de Pavimento SWM de Belgard Commercial trabaja codo a codo con el equipo del proyecto desde el concepto hasta el mantenimiento. Para obtener más información, comuníquese con su representante de Belgard Commercial. Nuestro equipo siempre está ávido por explicar el proceso comercial de Pavimento SWM de Belgard Commercial y cómo podemos ayudar con los detalles de construcción, el diseño del proyecto, la obtención de aprobaciones regulatorias y más.



03

Muros de contención segmentarios (SRW)

Respaldado por años de experiencia y una red nacional de instalaciones de fabricación, Belgard® ofrece experiencia técnica y productos SRW para enfrentar los desafíos del sitio de proyectos que van desde comerciales ligeros hasta las condiciones más desafiantes del sitio. Desde sistemas de muros funcionales hasta estéticos, Belgard ofrece una variedad de opciones.

Tipos de construcción de muros de contención	30
Guía de prácticas recomendadas para muros de contención segmentarios.....	32
Cómo los muros de contención segmentarios ayudan en el desarrollo de los terrenos	34
Ejemplos de utilización del sitio	34

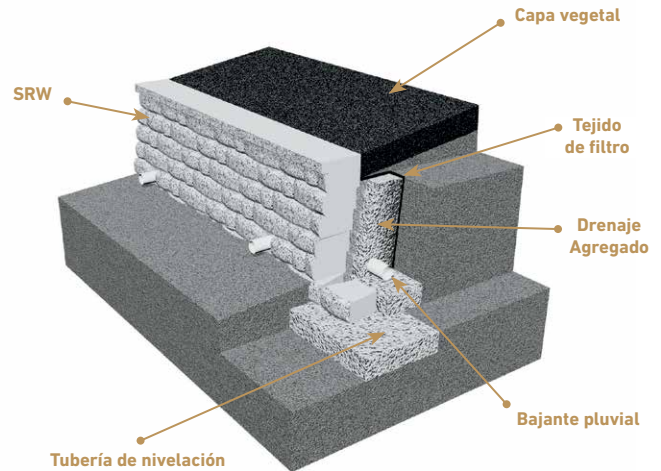




TIPOS DE CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN

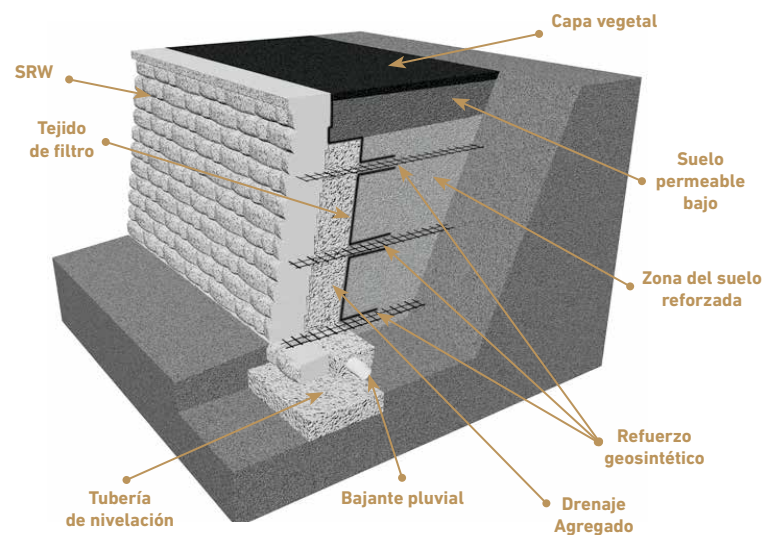
Construcción de muro de gravedad

Un muro que retiene la gravedad se basa en el peso y la masa de las unidades SRW para resistir las fuerzas del suelo ejercidas sobre el muro. El refuerzo del suelo de geomalla no es usa con los muros de gravedad. Las alturas permitidas de los muros que retienen la gravedad generalmente se limitan a 2 a 3 veces la profundidad de adelante hacia atrás de la unidad de revestimiento SRW.



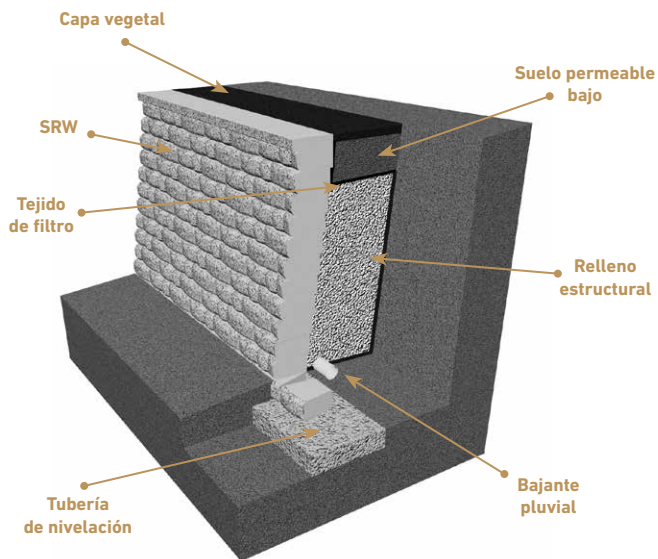
Geosintético-reforzado Muros de retención

Los muros de retención geosintéticos usan capas de refuerzo del suelo, en general geomallas, para estabilizar el suelo debajo del revestimiento de SRW, creando un masa coherente lo suficientemente grande para resistir las fuerzas del suelo que actúan sobre el sistema de muros. La unidad de revestimiento de SRW, el refuerzo geosintético y el suelo reforzado juntos, entonces, forman el sistema de muros de retención. Para resistir más carga, las capas de refuerzo se alargan o fortalecen para brindar la resistencia requerida. Por lo tanto, los sistemas de muros reforzados se pueden diseñar para alturas de retención terrestre y condiciones de carga mucho más altas que las de los muros de gravedad convencionales. Los muros de retención reforzados deben estar diseñados por un ingeniero calificado y contruidos por contratistas experimentados.



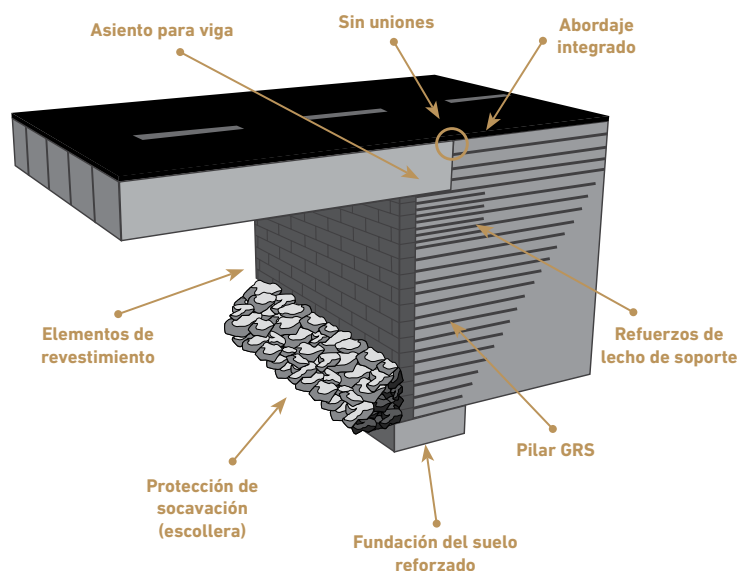
Relleno estructural

En ocasiones, en aplicaciones de muros de contención, no existe suficiente espacio detrás de las unidades de revestimiento para permitir la excavación para la colocación de refuerzos geosintéticos. Para estos casos, un SRW todavía se puede diseñar utilizando un relleno estructural especializado para aumentar la profundidad y la masa del sistema de revestimiento. El uso de relleno estructural especializado elimina el uso de refuerzo geosintético. El relleno estructural también actúa como la zona de drenaje para el muro de contención. Este enfoque de diseño también requiere sustancialmente menos excavación que la requerida para los muros de contención reforzados geosintéticos. Los muros de contención que utilizan relleno estructural deben estar diseñados por un ingeniero calificado y construidos por contratistas experimentados. El relleno estructural también se conoce como “concreto sin multas”, “agregado estabilizado” y “Anchorplex System®”.



Suelo reforzado geosintético, sistema de puente integrado (GRS-IBS)

La Administración Federal de Carreteras ha desarrollado la tecnología GRS-IBS como un sistema de puentes innovador y rentable que es una opción alternativa a la construcción de puentes convencionales. El sistema utiliza capas de refuerzo geosintético muy espaciadas y agregado compactado para soportar directamente la superestructura del puente. Debido a la simplicidad del diseño, la velocidad de construcción, el uso de materiales fácilmente disponibles y la eliminación de cimientos profundos, el método GRS-IBS puede reducir los costos en un 25-60 % en comparación con los métodos convencionales. El GRS-IBS debe estar diseñado por un ingeniero calificado y construido por contratistas experimentados.

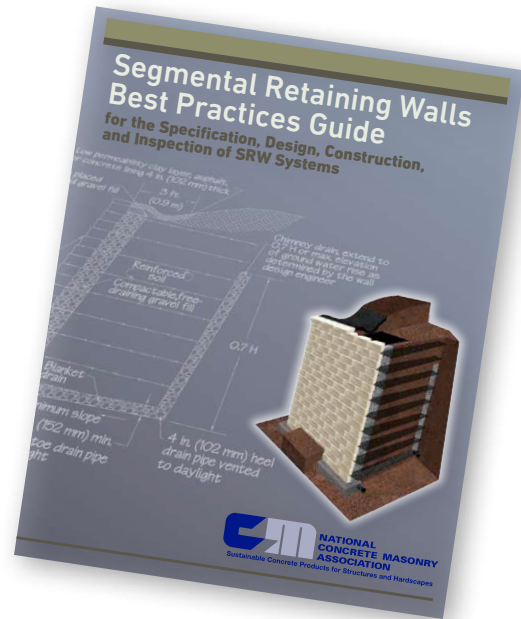


GUÍA DE PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA MUROS DE CONTENCIÓN SEGMENTARIOS

La Asociación Nacional de Albañilería de Concreto (NCMA, por sus siglas en inglés), organización de comercio que representa a los productores y afiliados de muros de retención segmentaria (SRW), ha desarrollado una Guía de prácticas recomendadas para SRW.

La Guía brinda materiales educativos en apoyo de la Iniciativa de cero fallas en los muros de NCMA. Esta iniciativa es “un programa de toda la industria para educar a los propietarios, diseñadores, ingenieros civiles del sitio, INGENIEROS geotécnicos e instaladores de sistemas SRW sobre las mejores prácticas recomendadas de la industria y promover una filosofía que se esfuerza por garantizar un rendimiento exitoso del muro”. El uso de la Guía ayudará a reducir el bajo rendimiento del muro de contención, además de reducir la responsabilidad de los profesionales del diseño involucrados al presentar información y pautas sobre estándares de práctica. Algunas sugerencias clave de la Guía incluyen las siguientes:

- **Siga las pautas proporcionadas para una organización óptima del proyecto que defina los roles y responsabilidades de las diversas partes involucradas en el diseño y la construcción de muros de contención.**
- **El diseño del muro de contención debe realizarse durante la fase de diseño del proyecto por un profesional del diseño que trabaje directamente para el propietario del proyecto o el representante del propietario y no debe ser adquirido por el contratista del muro de contención durante la fase de construcción.**
- **La estabilidad global y del compuesto deben evaluarse.**
- **Los componentes SRW que consisten en la unidad frontal, el refuerzo del suelo y el suelo, deben cumplir con las normas básicas de la industria.**
- **Los muros más altos requieren consideraciones especiales, incluidas normas más estrictas para el suelo reforzado.**



Consideraciones de planificación

El diseño SRW debe realizarse durante la fase de diseño del proyecto con el diseñador SRW como parte del equipo de diseño. Al inicio del proyecto, el ingeniero de diseño de SRW y el ingeniero civil del sitio deben reunirse con el propietario de la propiedad para comprender cómo se utilizará el sitio, el cronograma del proyecto y los objetivos estéticos. Todos en el equipo también deben comprender cualquier consideración especial, incluidos los códigos u ordenanzas locales, las condiciones inusuales del sitio y la relación del proyecto con las estructuras o servicios públicos existentes. Otros problemas que afectarán el diseño incluyen el drenaje y la topografía existentes del sitio, el agua superficial, las características del suelo, las líneas de propiedad y las ubicaciones propuestas de estructuras, carreteras y servicios públicos. El propietario o ingeniero civil del sitio debe contratar a un ingeniero geotécnico para obtener un informe sobre las características del suelo, las condiciones del agua subterránea, los coeficientes sísmicos aplicables y las necesidades de remediación de cimientos aplicables. También pueden existir restricciones de acceso al sitio que afectarán la construcción o la puesta en escena y deben discutirse en la fase de planificación.

Elegir unidades SRW

Las unidades de muros de contención segmentarios están disponibles en una gran variedad de tamaños, formas, texturas y colores. Los requisitos mínimos para las unidades de SRW se cubren en ASTM C1372, Especificación estándar para unidades de muros de contención segmentarios de fundición seca. Al igual que con cualquier norma de producto, estos requisitos mínimos son apropiados para muchas, pero no todas, las aplicaciones SRW. En áreas que requieren una durabilidad extrema de congelación/descongelación, es posible que se requieran productos de mayor rendimiento.

Construir muros altos

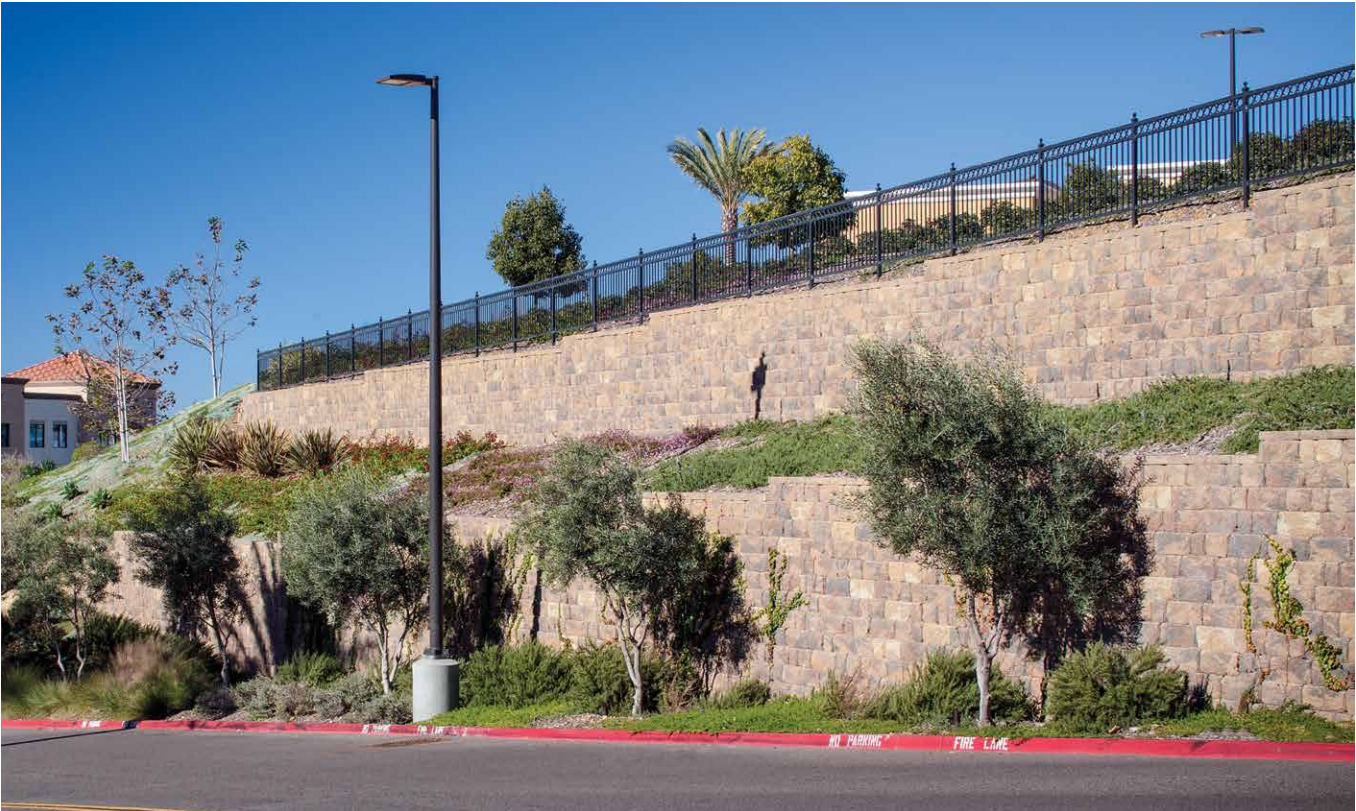
Los muros de más de 10 pies requieren mejores suelos, una atención más rigurosa al control de calidad, un escrutinio más cercano a los posibles asentamientos, una mayor atención a los esfuerzos de compactación durante la construcción y una cuidadosa atención a los detalles. Los profesionales del diseño de proyectos deben prestar especial atención a las condiciones del sitio mucho más allá de la ubicación del sistema SRW. Además, las consideraciones de diseño, como la masa del muro y las longitudes de refuerzo geosintético, se vuelven más significativas. Otras consideraciones incluyen la geometría del sitio, las estructuras existentes o nuevas por encima o por debajo de la pared, los límites de la propiedad y la extensión de la excavación requerida.

Elegir el refuerzo geosintético

La evaluación completa de los materiales de refuerzo geosintético es muy importante, pero muy compleja. Afortunadamente, ya existe un sistema de revisión de terceros para verificar las propiedades de resistencia y las normas de control de calidad de los materiales de refuerzo a través del Programa Nacional de Evaluación de Productos de Transporte (NTPEP, por sus siglas en inglés). Por lo tanto, una mejor práctica es usar solo refuerzos geosintéticos con un informe NTPEP actual.

Gradación de relleno reforzado para muros altos

TAMAÑO DEL TAMIZ	PORCENTAJE PASANTE	
	MUROS ENTRE 10-20'	MUROS > 20'
1 pulg. (24 mm)	100	100
N.º 4	20-100	20-100
N.º 40	0-60	0-60
N.º 200	0-35, Pl < 6	0-15, Pl < 6



CÓMO LOS MUROS DE CONTENCIÓN SEGMENTARIOS AYUDAN EN EL DESARROLLO DE LOS TERRENOS

Planificación adecuada del sitio

La planificación adecuada del sitio puede generar ahorros importantes a nivel de tiempo y dinero. Los muros de retención segmentarios pueden convertir una pendiente que usa espacio horizontal en un cambio de grado vertical creando más espacio de terreno utilizable y valioso. Los muros de contención segmentarios se deben considerar para lo siguiente:

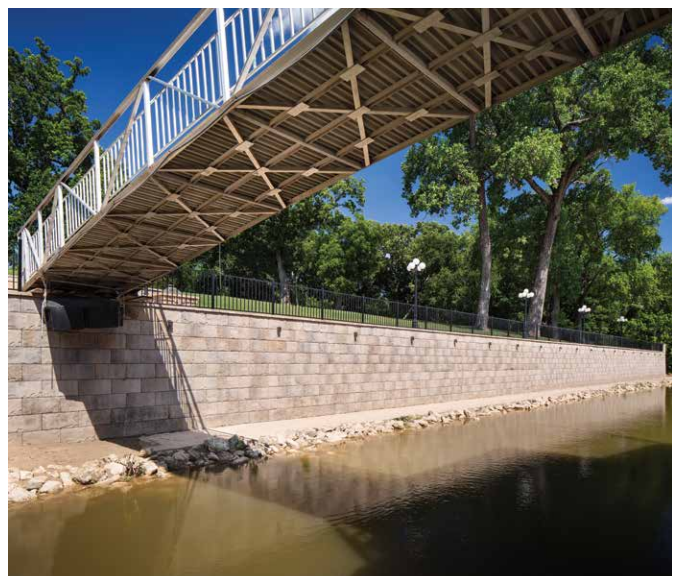
- **Rentabilidad**
- **Rendimiento**
- **Estética**
- **Versatilidad**
- **Velocidad de construcción**
- **Durabilidad**
- **Respetuoso con el medioambiente**



EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN DEL SITIO:

Estabilización de la pendiente y control de la erosión

La estabilización del suelo es clave para mantener la integridad del sitio del proyecto. Al aumentar la estabilidad del suelo, puede aumentar su espacio utilizable en cualquier sitio del proyecto y ayudar a evitar la erosión innecesaria.



Administración del agua

Las pendientes más significativas en la mayoría de los proyectos típicos de desarrollo de tierras se encuentran alrededor del perímetro del proyecto, a lo largo de los cursos de agua interiores, alrededor de los estanques de administración de aguas pluviales y los límites de los humedales y entre los edificios. Los muros de contención segmentarios ayudan a minimizar la pérdida de bienes raíces valiosos en estos lugares al minimizar los impactos en el desarrollo de la huella de los estanques de aguas pluviales y las invasiones en los humedales.



Muros aterrazados

Los muros aterrazados crean espacios horizontales que pueden mejorar el mantenimiento del paisaje al eliminar pendientes más pronunciadas que son difíciles de vegetar y mantener. Las terrazas también pueden proporcionar un espacio valioso para la utilización del estacionamiento, los patios y el paisaje.

- **Crean más espacio utilizable reemplazando una pendiente inutilizable con terreno plano.**
- **Crean una variedad de niveles en el sitio, como jardines en terrazas y áreas de descanso al aire libre.**



04

Adoquines y accesorios para terrazas

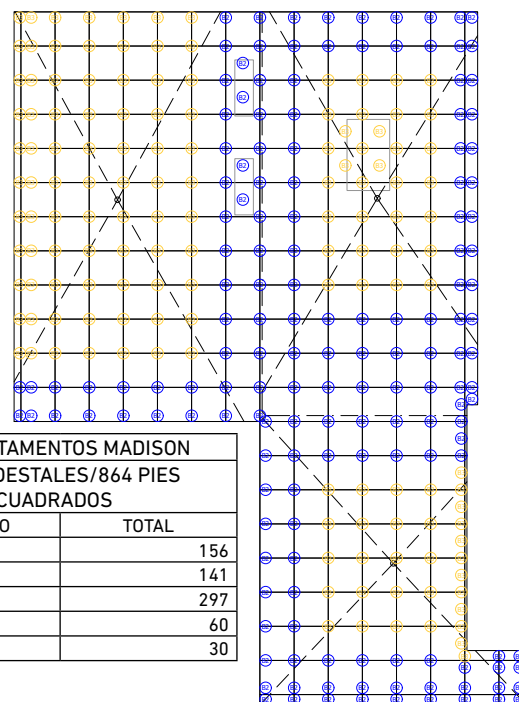
Las cubiertas de plaza en techos y terrazas proporcionan soluciones prácticas para optimizar el espacio y construir cubiertas sobre superficies inclinadas, difíciles o irregulares. Ya sea que el diseño de la plaza sea simple o complejo, nuestra misión es ayudar al arquitecto, propietario del edificio y contratista a producir una superficie de plaza para lograr el aspecto que ha imaginado.

Servicio de diseño de adoquines de techo

Durante la fase de licitación de un proyecto, Belgard Commercial puede proporcionar un recuento aproximado de componentes basado en pies cuadrados. Esto incluirá conteos de adoquines y recuentos de pedestales. También hay disponibles soluciones para abordar los vientos ascendentes. Una vez que se adjudica el proyecto, se puede crear un diseño detallado (ejemplo 1) que muestre recuentos de pedestales, alturas y ubicaciones más precisos. Este diseño detallado tarda aproximadamente 5-7 días hábiles en completarse.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO	INFORMACIÓN NECESARIA PARA UN DISEÑO DETALLADO
Refuerzo para aplicaciones de viento fuerte	Tipo y tamaño de los adoquines
Soporte de seguridad para adoquines de porcelana	Plano de cubierta
Opciones de pedestal y armazón, diseño de colocación	Pendiente de cubierta
Equipamientos del sitio integrados	Lugares de drenaje
Montaje del techo y protección de la membrana	Altura límite/inicial

Ejemplo 1



SELECCIÓN DE PEDESTALES

Sistema de nivel

El sistema de nivel se usa para la superficie de adoquines a nivel. Este sistema permite la instalación de una superficie de pavimentación nivelada sobre varios sustratos inclinados. Este sistema es para montaje de techo convencional o IRMA y para uso peatonal solamente.



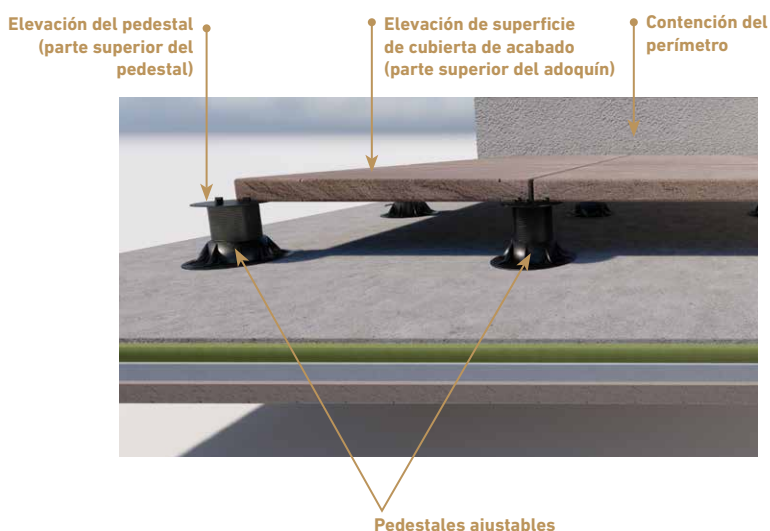
Sistema en pendiente

El sistema en pendiente se puede usar cuando una superficie de adoquín a nivel no es necesaria. Los pedestales están sueltos y no están unidos al conjunto del techo. Si se utiliza aislamiento, el aislamiento debe tener una resistencia a la compresión mínima de 40 psi. De lo contrario, se requiere una placa de protección/recuperación.



Selección/elevación del pedestal

Los requisitos de instalación varían para cada sitio de proyecto individual. El tamaño, el patrón, el punto de partida y la elevación de la superficie de la cubierta terminada de los adoquines deben mostrarse en los planos del taller que hayan sido aprobados por el diseñador, el contratista de instalación y el propietario. Las mediciones del sitio de construcción deben usarse para la selección y compra final del pedestal. La elevación de la superficie de la cubierta de acabado se determina en el umbral de la puerta. Los pedestales más cortos suelen estar en el umbral de la puerta y los más altos están en los desagües del techo. Para obtener la altura del pedestal, reste el grosor del adoquín de la elevación de la superficie de la cubierta de acabado.







PLACA DE PLAZA DE MADERA IPE Y CLÁSICA



SOPORTE PROFESIONAL



SOLUCIONES AMBIENTALES

Los consultores de Belgard pueden trabajar con su equipo para desarrollar el mejor diseño del sistema de PICP o la configuración del muro de contención para controlar el volumen de escorrentía y las tasas de descarga, mejorar la calidad de las aguas subterráneas locales, reducir o prevenir los impactos aguas abajo y minimizar la tierra consumida para la administración de aguas pluviales.



PLANIFICACIÓN DEL SITIO

Los expertos de Belgard pueden ayudarlo a optimizar su sitio de varias maneras, ya sea que esté buscando formas creativas de definir espacios públicos, administrar o recolectar aguas pluviales o aumentar el espacio utilizable para el desarrollo.



SERVICIOS DE INGENIERÍA

Nuestro equipo de consultores de diseño puede ayudar a abordar las preocupaciones de diseño estético y de ingeniería, las estimaciones de cantidad de material y los planos listos para permisos.



ARCHIVOS CAD

Para su comodidad, Belgard ofrece una biblioteca en constante expansión de archivos CAD fáciles de descargar de nuestros productos y patrones.



CONTINUAR LA EDUCACIÓN

Belgard ofrece una variedad de programas educativos continuos para nuestros socios de la industria, incluidos Lunch & Learns, cursos CEU en línea y nuestro programa de capacitación de la Universidad de Belgard.



Oldcastle APG
A CRH COMPANY

400 Perimeter Center Terrace, Suite 1000
Atlanta, GA 30346
Tel.: 844-495-8210



BELGARDCOMMERCIAL.COM