INFORME 1.2.9

INFORME DE BUENAS PRÁCTICAS SOBRE MÉTODOS, HABILIDADES Y COMPETENCIAS EN RELACIÓN CON LOS PRODUCTOS DE PIEDRA

PROCESO DE COLOCACIÓN DE ADOQUINES DE PIEDRA SOBRE CAMA DE ARENA

Esta publicación está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

"El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma".

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES 4
3. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS 6
4. PROCESO CONSTRUCTIVO 8
4.1. Replantear la zona a cubrir con el nuevo pavimento 8
4.2. Delimitación de la zona con cuerda y estacas 9
4.3. Triangular las esquinas y dar la inclinación adecuada a los hilos 9
4.4 Excavar la zona de instalación a una altura de 15-30 cm por debajo del suelo 10
4.5. Extender la capa base 12
4.6. Compactación con el compactador de placa metálica 12
4.7. Instalar los bordes de contención para mantener el diseño del proyecto 13
4.8. Colocación de capa de arena 15
4.9. Coloque los adoquines primero en el lado recto más largo y en ángulo recto 15
4.10. Recorte los adoquines para adaptarlos al contorno de la zona a pavimentar 16
4.11. Una vez colocados todos los adoquines, utilice el compactador de placas para apisonar los adoquines en la arena 18
4.12. Añadir arena en los espacios entre los adoquines 19
4.13. Verter con una escoba para que todas las juntas queden completamente cubiertas 20
5. RESUMEN. PASOS A SEGUIR EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO 21
6. REFERENCIAS 21

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto BIMstone nace de la fusión de tres líneas de acción cuya convergencia es la consolidación de una base material didáctica para la formación en el sector de la piedra.
Estas tres líneas de acción son:
- BIM (Building Information Modeling).
- ACV (Análisis de Ciclo de Vida).
- Metodologías de digitalización para la colocación de productos de piedra.

La Comisión Europea se centra en el sector de la construcción según los criterios de crecimiento inteligente (desarrollo y economía basados en el conocimiento y la innovación) y crecimiento integrador (garantizar la cohesión social y territorial a través del empleo).

De acuerdo con el contexto anterior, el objetivo general del proyecto BIMstone es aumentar las habilidades de los trabajadores en el ámbito de la colocación de los productos de piedra, en particular en la colocación de diferentes tipos de suelos y paredes en edificios y entornos urbanos, con el fin de aumentar la calidad de la obra final, la permanencia de la obra y la sostenibilidad del medio ambiente, mediante el uso de métodos sin materiales no reciclables y/o ecológicos. Por ello, es necesario definir y recopilar los sistemas de ejecución y métodos de colocación más adecuados para los productos de piedra.

La primera tarea del proyecto BIMstone "*O1. Establecimiento de resultados de aprendizaje comunes sobre métodos de colocación de la piedra, análisis del ciclo de vida (ACV) y normativa*" abarca una serie de tareas específicas entre las que se encuentra la elaboración de este informe.

Este informe de buenas prácticas aborda la determinación de habilidades y competencias, así como la definición de los procesos de aplicación más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

De todos los elementos constructivos de piedra natural seleccionados en este proyecto, este informe se centra en la colocación de adoquines de piedra natural sobre lecho de arena, describiendo con detalle algunas de sus características, tanto constructivas como ambientales, y el proceso constructivo a seguir para conseguir un resultado óptimo.

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

2. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

Las Declaraciones Ambientales de Producto (DAPs) son la forma más clara, rigurosa e internacionalmente aceptada de proporcionar el perfil ambiental de un producto a lo largo de su ciclo de vida.

La DAP "***Tiles and Slabs from natural stone***" incluye productos de piedra natural cuya función principal es el uso ornamental para cubrir superficies interiores y exteriores, como suelos, paredes, fachadas, escaleras, etc. y ha sido verificada y publicada en https://ibu-epd.com.

La DAP de las Baldosas y losas de piedra natural se ha realizado según la metodología del ACV con información ambiental cuantificada de todo su ciclo de vida. Es decir, la DAP de estos materiales es del tipo "de la cuna a la puerta", como se puede ver en la siguiente tabla, que incluye las etapas del ciclo de vida consideradas.

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED)																
PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION PROCESS STAGE		USE STAGE							END OF LIFE STAGE				BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	MND	MND	X	MNR	MNR	MNR	MND	MND	MND	MND	MND	X	MND

Fuente: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

Esta DAP ha sido desarrollada y verificada de acuerdo con las normas EN 15804 y EN ISO 14025 y las Normas de Categoría de Producto (PCR) para las losas de mármol y piedra caliza utilizadas en la construcción de edificios.

Esta DAP se refiere a 1 tonelada de baldosas y losas de piedra natural.
Los resultados se refieren a una media ponderada de las empresas miembros de EUROROC, por lo que también se hace una media de los tres principales grupos de piedra. El grosor medio del producto es de 0,04 m.
Esto significa que 1 tonelada de producto equivale a 9,11 m².

Las unidades de piedra natural se producen desde baldosas finas de 10 mm de grosor hasta losas macizas de más de 100 mm de grosor. Por lo tanto, esta DAP se declara para un grosor medio de 0,04 m.

Datos técnicos:

Name	Value	Unit
Compressive strength acc. to /EN 1926/	a) 100 - 300	N/mm²
	b) 20 - 240	N/mm²
	c) 100 - 280	N/mm²
Flexural strength acc. to /EN 12372/	a) 5 - 25	N/mm²
	b) 1 - 20	N/mm²
	c) 5 - 40	N/mm²
Water absorption acc. to EN 13755	a) 0.1 - 1	M.-%
	b) 0.1 - 10	M.-%
	c) 0.3 - 2	M.-%
Gross density acc. to EN 1936	a) 2.000 - 3.000	kg/m³
	b) 1.700 - 2.900	kg/m³
	c) 2.600 - 3.000	kg/m³
Thermal conductivity	1.2 – 3.4	W/(mK)
Wear resistance acc. to DIN EN 14157	14 - 35	mm
Specific heat capacity	0.92	kJ/kgK

Fuente: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

Unidad declarada:

Name	Value	Unit
Declared unit	1	t
Gross density	2744	kg/m³
Conversion factor to 1 kg	0.0003644	m³/kg

Fuente: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

Transporte a la obra (A4):

Name	Value	Unit
Litres of fuel [truck]	0.00135	l/100km
Litres of fuel [train]	0,00474	L/100km
Transport distance	411	km
Capacity utilisation (including empty runs)	85	%
Gross density of products transported	2744	kg/m³

Fuente: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

Los resultados del ACV - Impacto ambiental son:

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT: 1 ton tiles and slabs from natural stone			
Parameter	**Unit**	**A1 - A3**	**A4**
Global warming potential	[kg CO_2-Eq.]	2.55E+2	2.05E+1
Depletion potential of the stratospheric ozone layer	[kg CFC11-Eq.]	5.81E-8	3.58E-10
Acidification potential of land and water	[kg SO_2-Eq.]	7.25E-1	1.3E-1
Eutrophication potential	[kg $(PO_4)^{3-}$- Eq.]	6.75E-2	3.12E-2
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	[kg Ethen Eq.]	4.17E-2	-4.69E-2
Abiotic depletion potential for non fossil resources	[kg Sb Eq.]	3.2E-5	7.64E-7
Abiotic depletion potential for fossil resources	[MJ]	3.39E+3	2.83E+2

RESULTS OF THE LCA - RESOURCE USE: 1 ton tiles and slabs from natural stone			
Parameter	**Unit**	**A1 - A3**	**A4**
Renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	5.52E+2	1.11E+1
Renewable primary energy resources as material utilization	[MJ]	0.0E+0	0.0E+0
Total use of renewable primary energy resources	[MJ]	5.52E+2	1.11E+1
Non renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	3.88E+3	2.84E+2
Non renewable primary energy as material utilization	[MJ]	0.0E+0	0.0E+0
Total use of non renewable primary energy resources	[MJ]	3.88E+3	2.84E+2
Use of secondary material	[kg]	0.0E+0	0.0E+0
Use of renewable secondary fuels	[MJ]	0.0E+0	0.0E+0
Use of non renewable secondary fuels	[MJ]	0.0E+0	0.0E+0
Use of net fresh water	[m^3]	8.29E-1	1.23E-2

RESULTS OF THE LCA – OUTPUT FLOWS AND WASTE CATEGORIES: 1 ton tiles and slabs from natural stone			
Parameter	**Unit**	**A1 - A3**	**A4**
Hazardous waste disposed	[kg]	8.44E-2	0.0E+0
Non hazardous waste disposed	[kg]	5.23E+2	3.68E-2
Radioactive waste disposed	[kg]	1.96E-1	3.95E-4
Components for re-use	[kg]	0.0E+0	0.0E+0
Materials for recycling	[kg]	0.0E+0	0.0E+0
Materials for energy recovery	[kg]	0.0E+0	0.0E+0
Exported electrical energy	[MJ]	0.0E+0	0.0E+0
Exported thermal energy	[MJ]	0.0E+0	0.0E+0

Fuente: IBU - Institut Bauen und Umwelt e.V.

3. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Una superficie con adoquines es una zona de carga estable que transfiere las cargas individualmente.

El pavimento de piedra está formado por una serie de capas previas a la colocación de los adoquines. Y una de estas capas es un lecho de arena sobre el que descansará el adoquín. Este lecho de arena tiene varias funciones importantes. La primera de ellas es la de soportar y transferir el peso. Esta capa también mitigará las posibles diferencias entre los distintos grosores de los adoquines.

Además de las características descritas anteriormente, el lecho de arena también tiene una función de drenaje. Para esta función, los granos de arena deben tener un tamaño de entre 2 y 6 milímetros. Este sustrato también tiene una influencia considerable en la operatividad del

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

pavimento, concretamente en el tamaño de las diferentes deformaciones que se producen en el pavimento.

El grosor inicial de este lecho de arena debe ser de entre 3 y 5 centímetros. Lo ideal es que nunca sea inferior a 2 centímetros. Se ha comprobado que las arenas de grano angular tienen mejor rendimiento que las de grano redondo.

La arena que compone esta base debe ser una arena limpia y debidamente lavada. Puede ser arena natural o sintética, pero en ambos casos no debe haber más de un 3 % de arcilla. También deben evitarse las sales nocivas y otras materias extrañas.
De este modo, esta capa se mantendrá estable y se evitará la absorción de agua. La arena debe estar completamente seca cuando se extienda para formar esta capa.

Hay que tener en cuenta que nunca se deben añadir otros elementos como cemento, mortero o cal, ya que esto puede hacer que el sistema de sellado falle. Tampoco se recomienda el uso de arenas calizas por su excesivo contenido en polvo, en cuyo caso la superficie del pavimento puede deslucirse.

Aunque se recomienda la constitución de este sustrato sólo con arena, en determinadas circunstancias puede ser aconsejable añadir algún otro elemento que ayude a compactar la base y refuerce la capacidad de sellado. En las zonas donde exista una fuerte pendiente superior al 9 % y donde sean frecuentes las lluvias intensas, es preferible que este lecho arenoso sea reforzado.

La importancia de este lecho de arena va a influir en numerosos aspectos relacionados con la pavimentación, tanto en sus componentes funcionales como estéticos. Entre otros aspectos, determina la uniformidad de la superficie de pavimentación, tanto longitudinal como transversalmente. Esta regularidad tiene un impacto directo en el confort de los usuarios.

También influye en la rápida evacuación del agua en la superficie del pavimento, por lo que, cuando se pavimenta con adoquines, el lecho de arena juega un papel muy importante en el rendimiento del pavimento.

4. PROCESO CONSTRUCTIVO

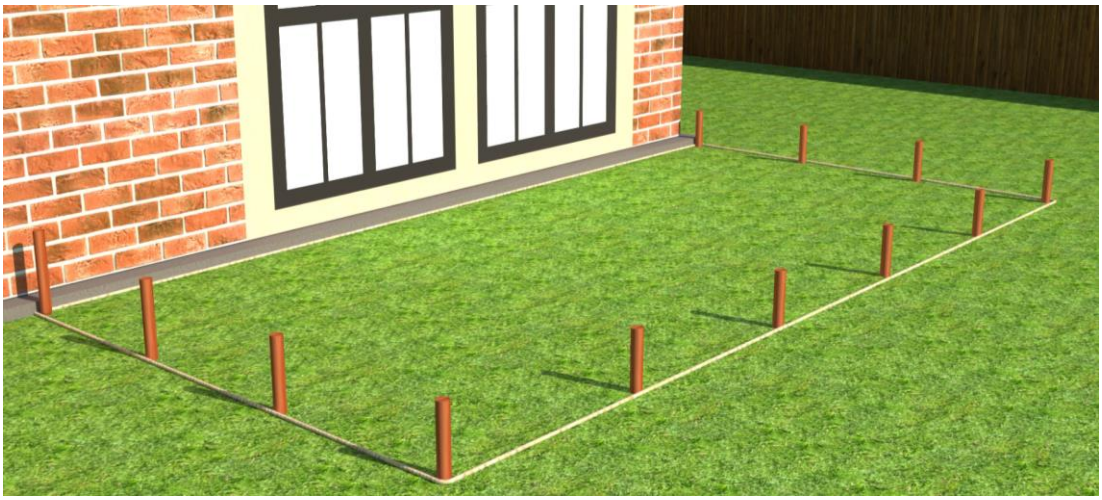
4.1. Replantear la zona a cubrir con el nuevo pavimento

Las superficies construidas con adoquines de piedra generalmente necesitan ser delimitadas con un borde estable para evitar desplazamientos horizontales. Es aconsejable especificar las distancias en función de la anchura del producto para agilizar el trabajo.

Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.2. Delimitación de la zona con cuerda y estacas

Delimita la zona con cuerdas y estacas para dibujar el contorno y utiliza triángulos para hacer esquinas limpias.



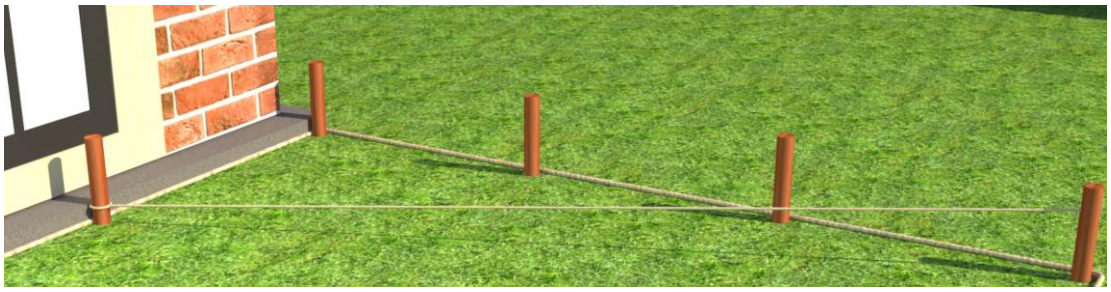
Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.3. Triangular las esquinas y dar la inclinación adecuada a los hilos

Para evitar que el agua se acumule en el adoquín, éste debe estar ligeramente por encima de la superficie del suelo circundante en todos los puntos. Al medir la pendiente, comience por el punto más alto.

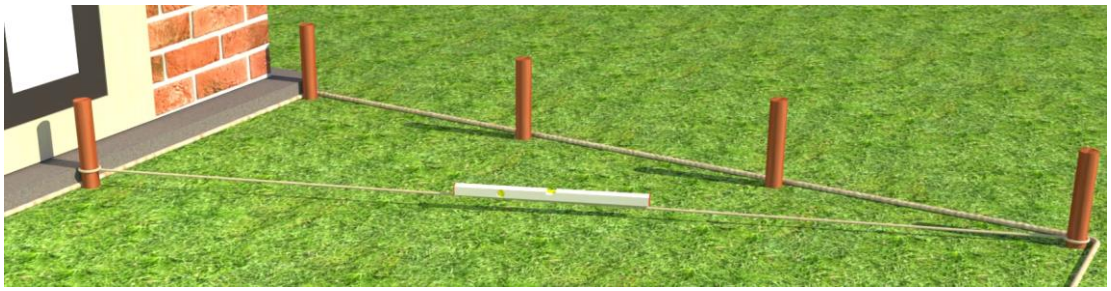
Coloque una estaca en el punto más alto y marque la altura correcta donde el adoquín se encuentra con la puerta o la estructura. Ate una cuerda alrededor de la estaca a esa altura. Coloque una estaca en el límite exterior del croquis. Este será el punto más bajo. Ate una línea de nivel a la cuerda y luego ate el extremo suelto de la cuerda alrededor de la estaca colocada en el límite exterior a la altura en que la línea de nivel indica que toda la cuerda está nivelada.

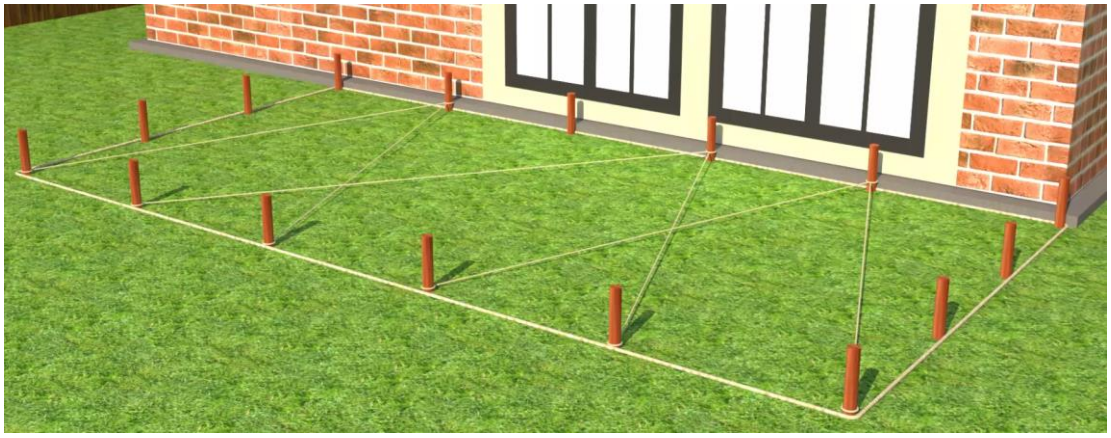
Ate líneas transversales a lo largo del proyecto para marcar la profundidad correcta.



Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)





Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.4 Excavar la zona de instalación a una altura de 15-30 cm por debajo del suelo

La zona a pavimentar debe limpiarse, desbrozarse y excavarse o rellenarse hasta el nivel adecuado necesario para conseguir los espesores, pendientes y niveles requeridos por el proyecto, asegurando que las desviaciones sean mínimas.

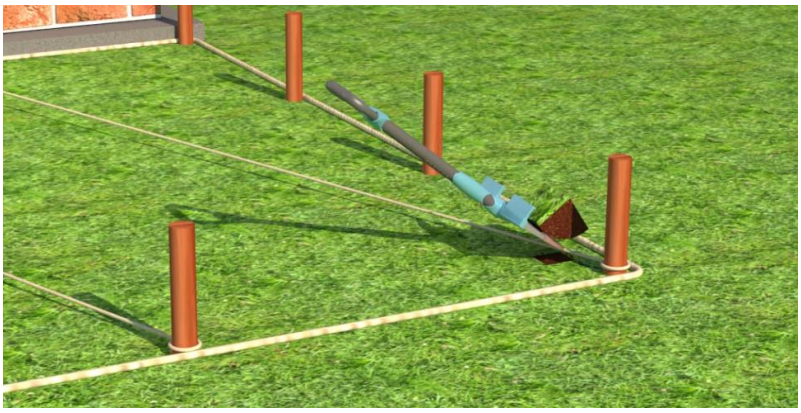
Se debe conocer la resistencia del suelo, el nivel freático y la nivelación de la superficie preparada para la correcta construcción del pavimento.

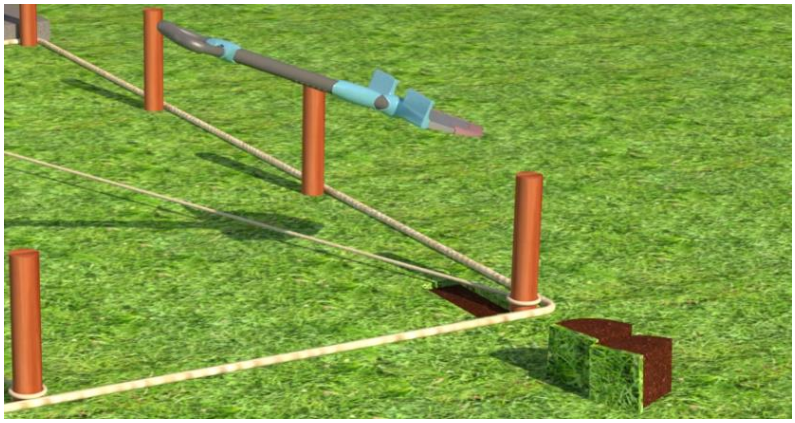
La suma de la profundidad de la base, la arena y los adoquines es la profundidad de la excavación que debe realizarse en la zona. Asegúrese de excavar entre 15 y 30 cm más allá de los límites del proyecto para tener espacio suficiente para instalar los bordes de contención.

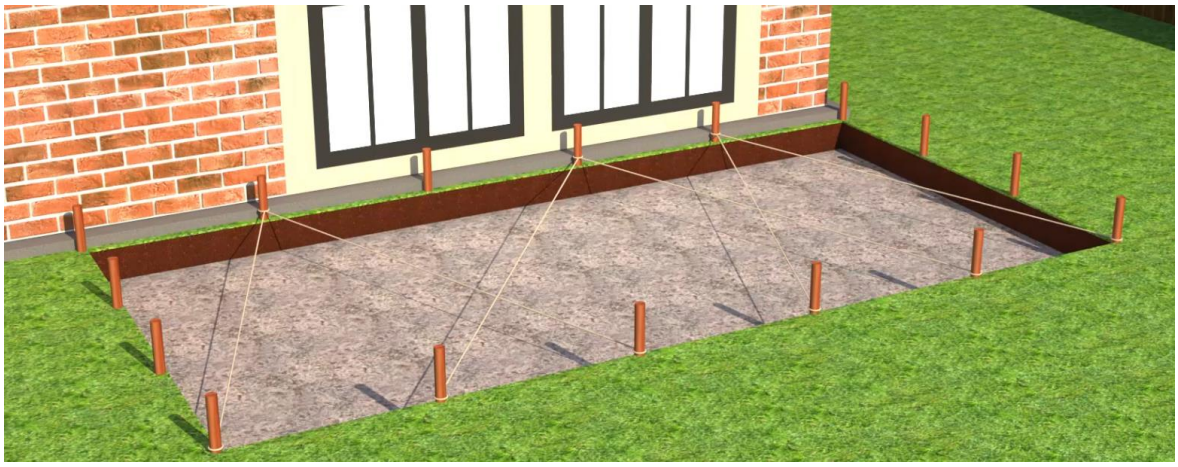
Además, procure nivelar y alisar el terreno donde irá el borde de adoquinado.
Mida la profundidad de la excavación a partir de la cuerda utilizada para medir la pendiente, no desde la superficie del suelo.

Una vez alcanzada la profundidad requerida, humedezca el suelo.

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)





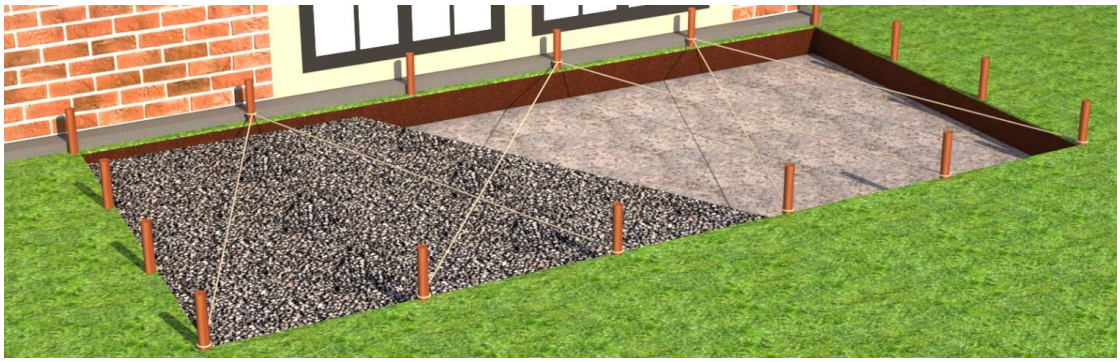


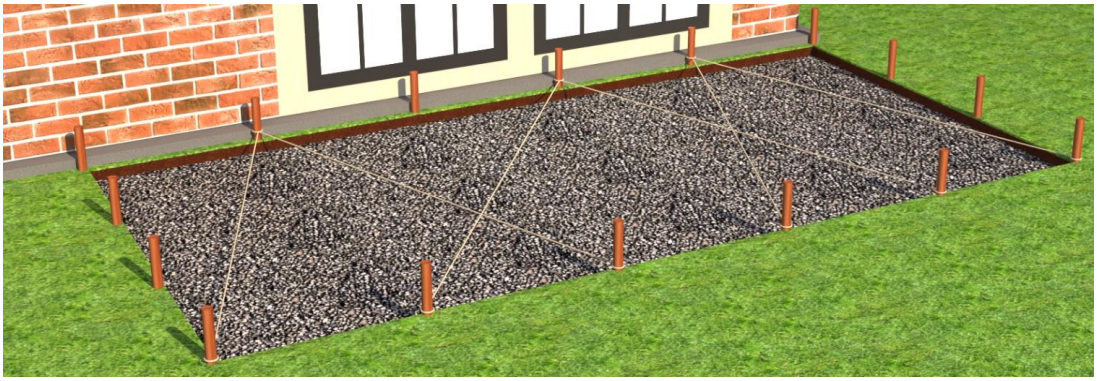
Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.5. Extender la capa base

Las dos propiedades más importantes que debe tener el material de la base son que se mantenga firme cuando se compacte (para que sirva de base a los adoquines) y que tenga un drenaje adecuado. Una integridad estructural y un drenaje débil pueden arruinar por completo el proyecto.

Colocación de la base con no más de 15 cm de material de base al mismo tiempo en toda la zona excavada, que luego se compacta con un apisonador.





Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.6. Compactación con el compactador de placa metálica

Es muy importante que la base esté bien compactada. Repita el proceso hasta que la base tenga la profundidad correcta. Esta es la última oportunidad para ajustar correctamente la altura del proyecto terminado, así como el momento de asegurarse de que no hay huecos ni baches.
El material de la base debe ser colocado más allá de los límites previstos para los adoquines, dando más estabilidad al conjunto.

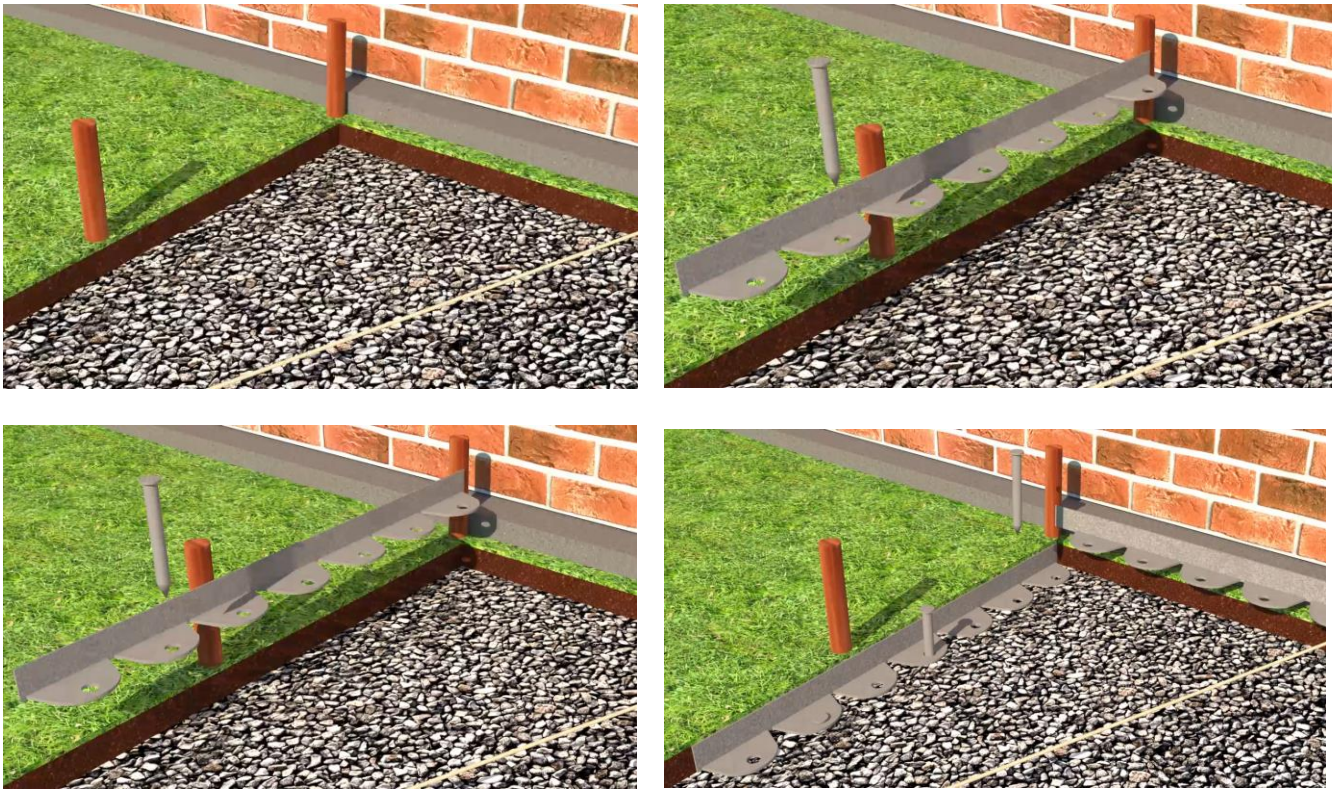
Proceda colocando el material de base y compacte cada 5 cm hasta alcanzar una profundidad de unos 7,5 cm de la altura final deseada.

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

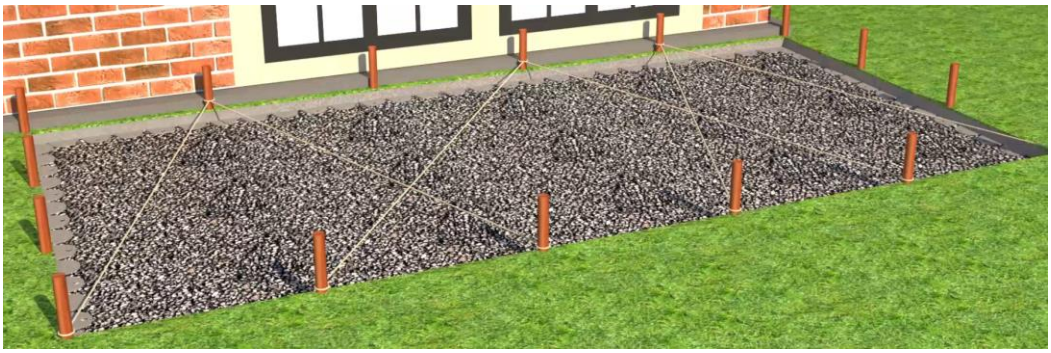
Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.7. Instalar los bordes de contención para mantener el diseño del proyecto

Instalación de muros de contención. Los bordes ayudan a mantener y prolongar la vida del diseño. La ubicación de estos bordes, normalmente de plástico, aluminio o acero, alrededor del perímetro del proyecto, debe fijarse al suelo con estacas de 30 cm. Si el diseño tiene una forma irregular, será necesario recortar los bordes para que se ajusten a los bordes del diseño.



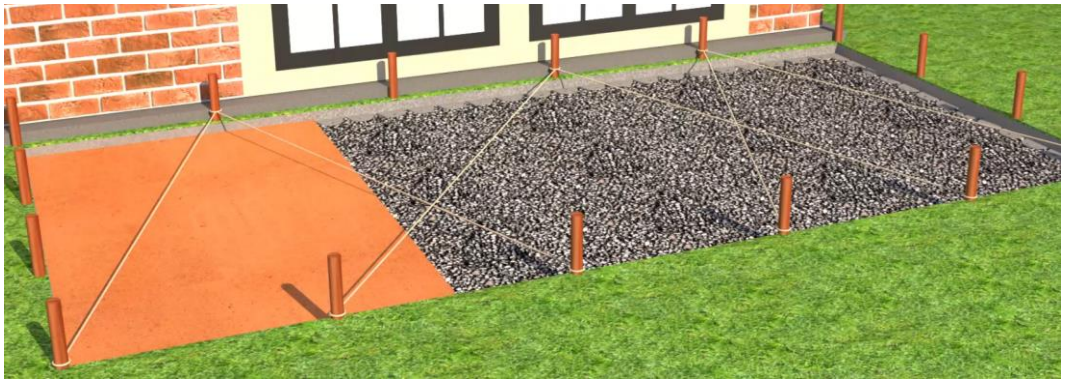
Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

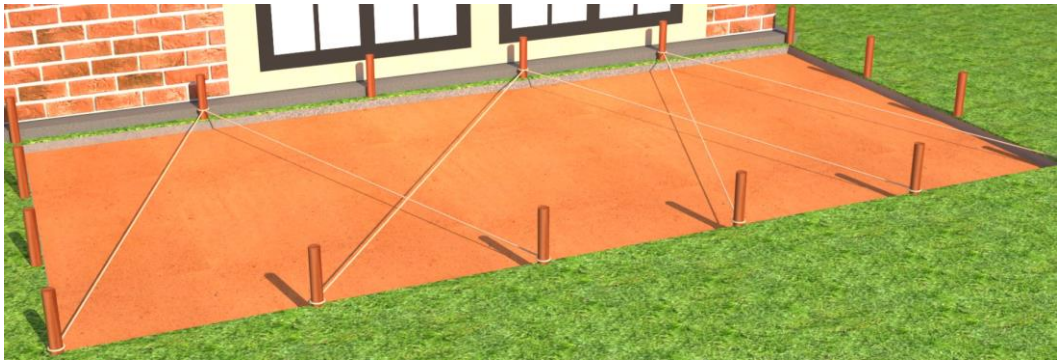


Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.8. Colocación de capa de arena

Colocación de la capa de arena. La arena es el material que mantiene los adoquines en su sitio. Utilice arena gruesa, extendiéndola suavemente hasta una profundidad uniforme de al menos 3 cm pero no más de 5 cm.





Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.9. Coloque los adoquines primero en el lado recto más largo y en ángulo recto

Coloque primero los adoquines en el lado recto más largo. Coloque primero los adoquines en una esquina con ángulo recto, preferiblemente una que se apoye en otra estructura, y continúe colocando los adoquines en el lado recto más largo.

Continúe trabajando de esta manera, manteniendo los adoquines en líneas rectas. Coloque los adoquines colocándolos en línea recta sobre la arena, sin inclinarlos sobre el suelo ni empujarlos a la fuerza sobre la arena.
Cada adoquín se desliza directamente contra el borde del adoquín adyacente, manteniendo los adoquines lo más juntos posible. Si hay espacios amplios entre los adoquines, se necesitará mucha más arena polimérica para rellenarlos.

Compruebe periódicamente que los adoquines están planos, utilizando una cuerda o un nivel para comprobar la rectitud de cada fila de adoquines.

Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.10. Recorte los adoquines para adaptarlos al contorno de la zona a pavimentar

Corte los adoquines según sus necesidades. Algunos adoquines tendrán que ser recortados para ajustarse a las esquinas. No intente curvar los adoquines para que encajen en los extremos. En su lugar, coloque tantos adoquines como pueda en una fila y luego recorte algunos para que se ajusten a los extremos. Utilice una sierra o una guillotina para obtener cortes uniformes y limpios..

Consortium members: Deutscher Naturwerkstein-Verband E.V (DNV), Asociatia Romania Green Building Council (RoGBC), Colegio Oficial de Arquitectos de la Región de Murcia (COAMU), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), Klesarska Skola Pucisca (KLESARSKA)

Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.11. Una vez colocados todos los adoquines, utilice el compactador de placas para apisonar los adoquines en la arena

Compacte los adoquines en la arena. Una vez colocados todos los adoquines según el diseño, utilice un compactador de placas para apisonar los adoquines en la arena. Utilice el compactador al menos tres veces para asegurarse de que se presionan firmemente en la arena.

Si hay algún espacio entre los adoquines, añada arena polimérica en las juntas hasta que estén medio llenas. Esto evitará que los adoquines cambien de posición cuando se compacte la losa. Si los adoquines están sueltos cuando se compacten, pueden quedar desiguales.

Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.12. Añadir arena en los espacios entre los adoquines

Coloque arena en los espacios entre los adoquines. Rellene las juntas entre los adoquines con arena gruesa como la utilizada anteriormente o con arena ligeramente más fina.

Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

4.13. Verter con una escoba para que todas las juntas queden completamente cubiertas

Viértala en los adoquines y empújela en las grietas con la ayuda de una escoba hasta que los huecos estén completamente llenos. La arena mantiene los adoquines en su sitio. Asegúrese de que la arena esté seca.
Utilice una escoba grande para un área grande, o una escoba pequeña para un área pequeña. Añada en diferentes direcciones.

Fuente: Website del Proyecto BIMstone.

5. RESUMEN. PASOS A SEGUIR EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Los procesos de construcción de la colocación de adoquines sobre lecho de arena:

1. Replantear la zona a cubrir con el nuevo pavimento.
2. Delimitación de la zona con una cuerda y estacas.
3. Hacer triángulos para hacer esquinas ordenadas y dar la inclinación adecuada a las cuerdas.
4. Excavar la zona de instalación hasta una altura de 15-30 cm por debajo del suelo.
5. Extienda la capa base (10-15 cm).
6. Compacte con el compactador de placa metálica.
7. Instalar los bordes de contención para mantener el diseño del proyecto.
8. Colocar una capa de arena de al menos 3 cm.
9. Coloque los adoquines primero en el lado recto más largo y en ángulo recto.
10. Recorte los adoquines para que se ajusten al contorno de la zona a pavimentar.
11. Una vez colocados todos los adoquines, utilice el compactador de placas para apisonar los adoquines en la arena (utilice una cubierta protectora para evitar rayar los adoquines).
12. Añada arena en los espacios entre los adoquines.
13. Vierta con una escoba para que todas las juntas queden completamente cubiertas

6. REFERENCIAS

1. Website del Proyecto BIMstone. www.bimstoneproject.eu/bimstone-products

2. Tiles and Slabs from natural stone. EUROROC - European & International Federation of Natural Stone Industries. IBU – Institut Bauen und Umwelt e.V.

3. Colocación de adoquines. https://es.wikihow.com/poner-adoquines

4. Video “09. Pavers on sand bed” del proyecto BIMstone. https://www.youtube.com/watch?v=buGFJTKXutM