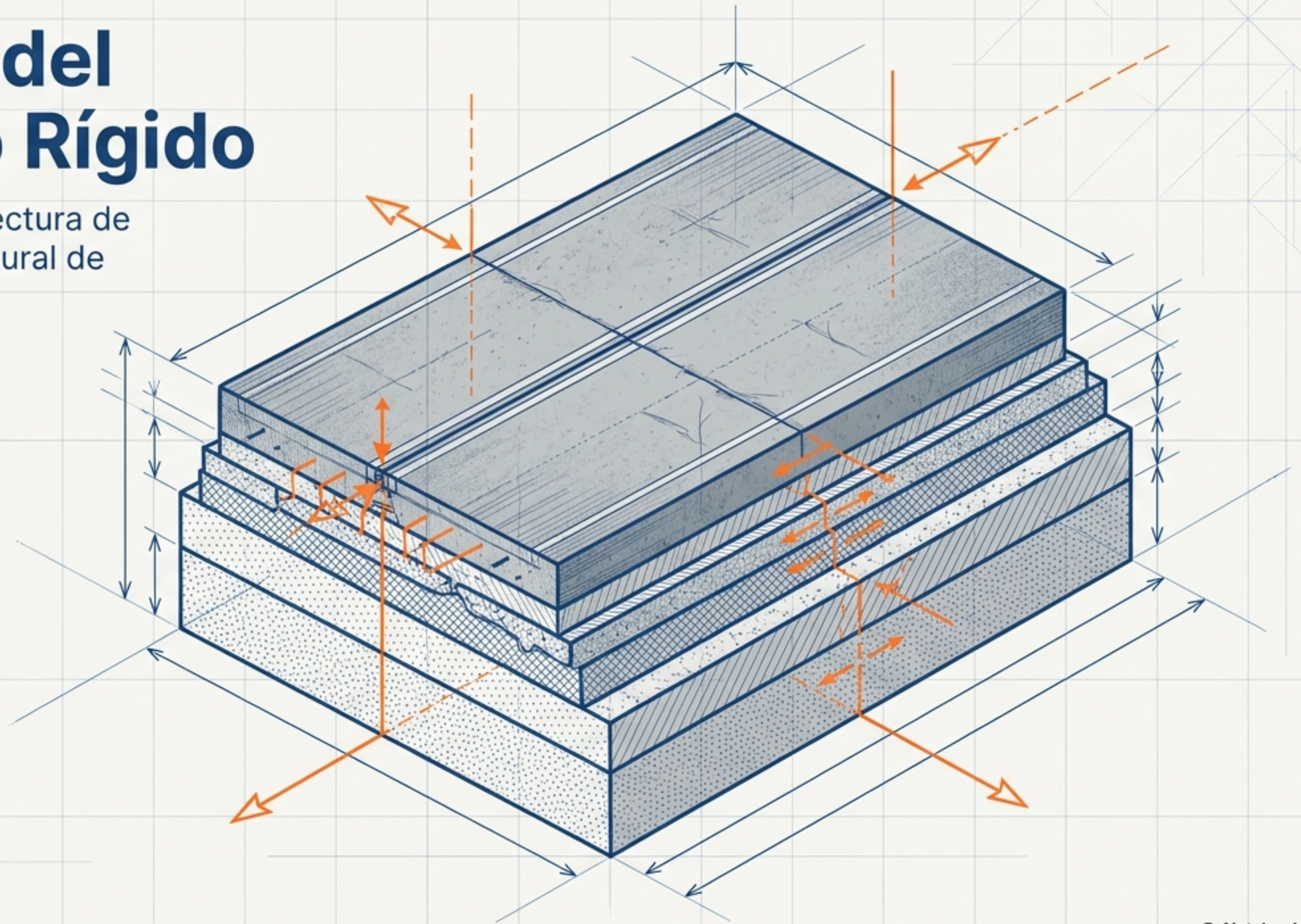
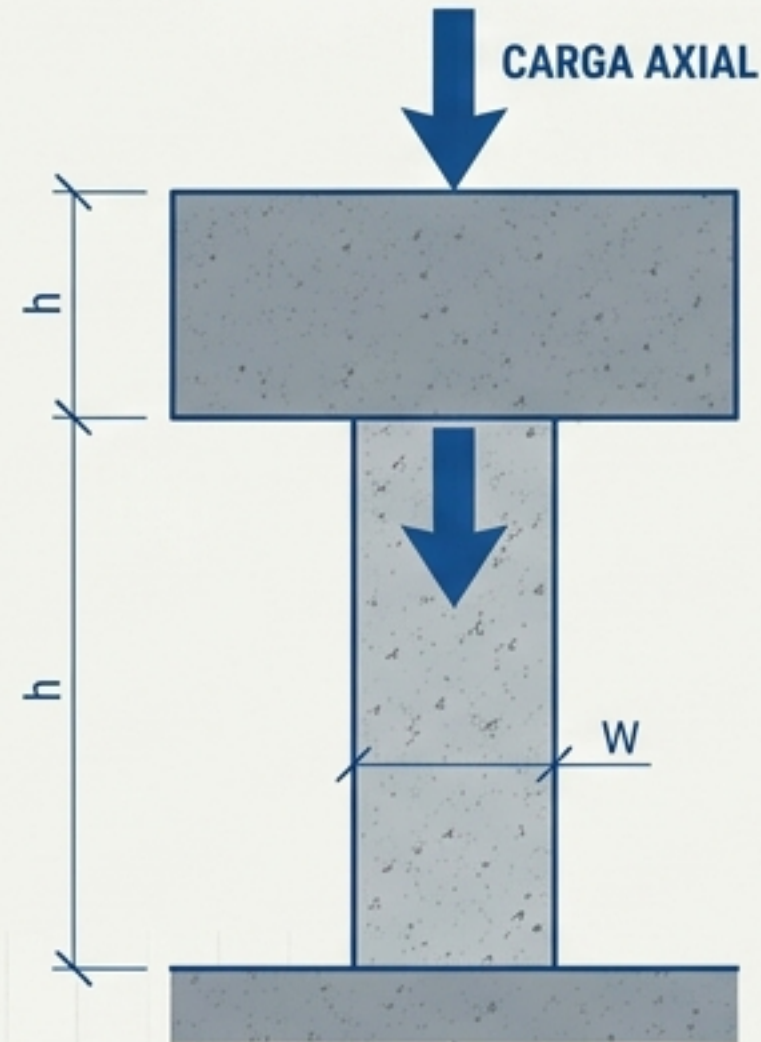


Ingeniería del Pavimento Rígido

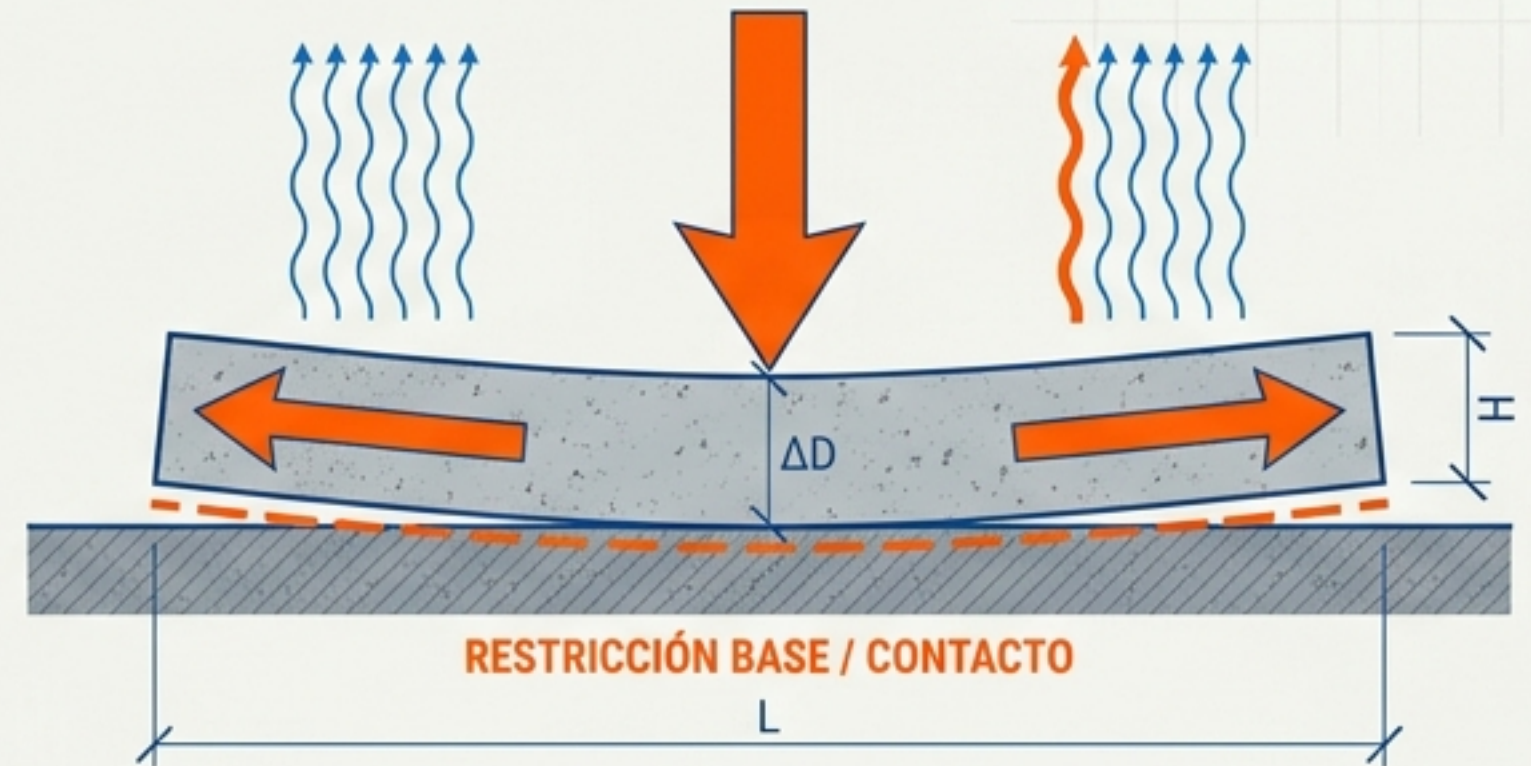
Diseño de mezcla, arquitectura de capas y mecánica estructural de carreteras de hormigón.



El desafío estructural: Compresión frente a flexotracción



Edificación estándar. El hormigón trabaja principalmente a compresión. Entorno estable.



Pavimentación viaria. Tensión crítica: Flexotracción. Restricción térmica inferior por contacto con la base + evaporación extrema en la cara superior.

Las fisuras aparecen siempre que la resistencia a tracción es superada o por concentración de tensiones. El hormigón viario requiere estándares de homogeneidad superiores al de edificación convencional.

Parámetros críticos de dosificación



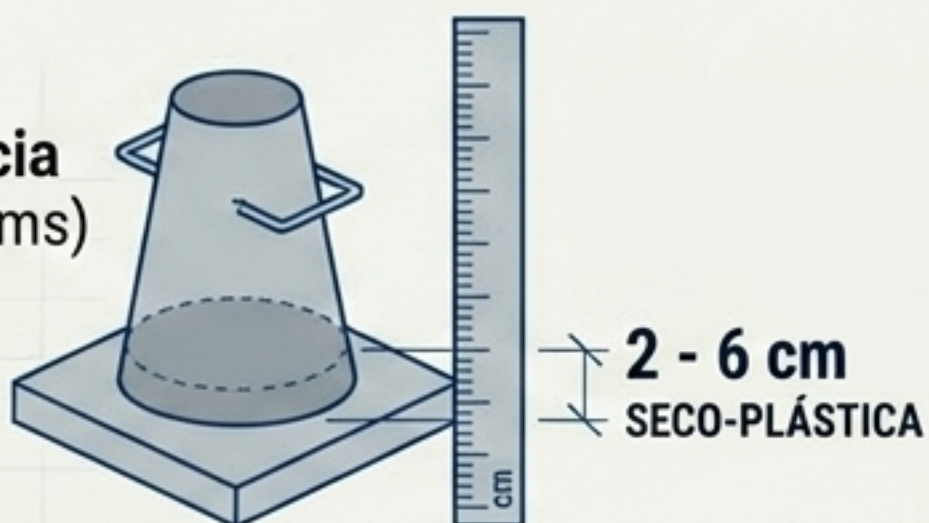
Relación Agua/Cemento

Límite máximo normativo de **0,46** para garantizar **durabilidad**. Evitar relaciones inferiores a 0,40.



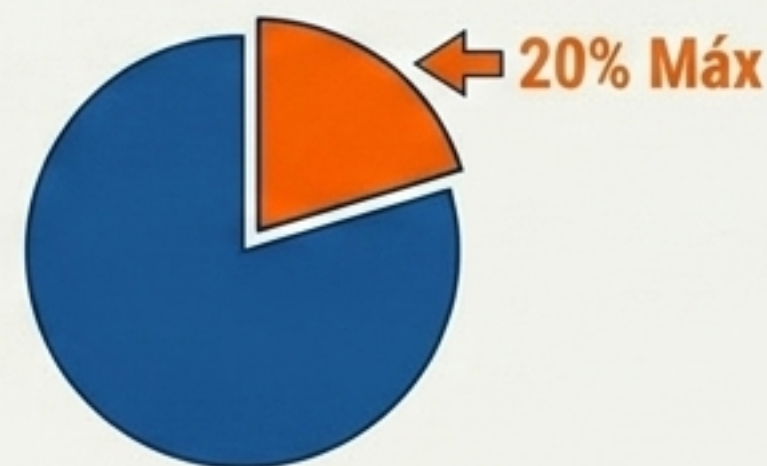
Mínimo absoluto de **300 kg/m³**. En pavimentos bicapa, la capa superior exige **450 kg/m³**.

Consistencia
(Cono de Abrams)



Asentamiento de **2 a 6 cm** (seco-plástica), indispensable para puesta en obra mecanizada.

Límite de Adiciones



Máximo **20%** del volumen del cemento. **Precaución extrema** con velocidades de fraguado lentas en climas fríos.

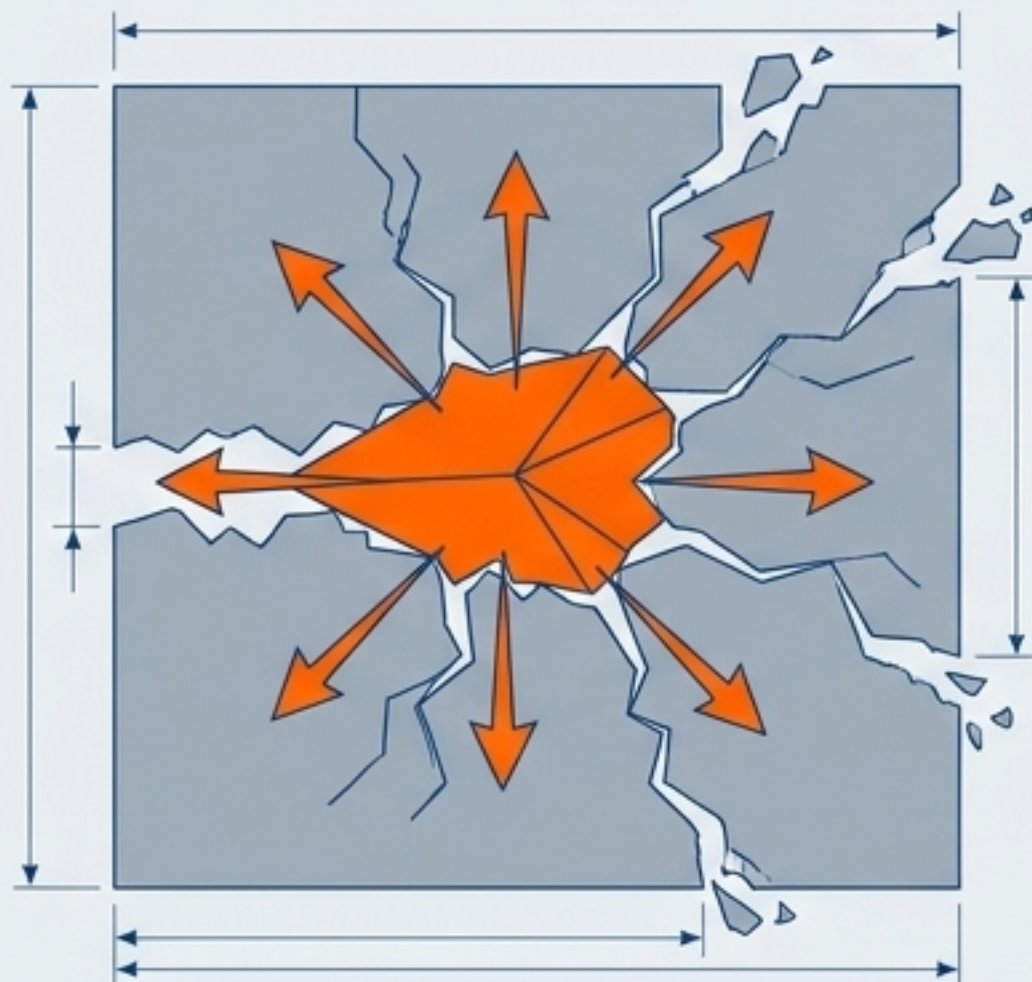
Clasificación de resistencias: La familia HF

Nomenclatura (Norma PG-3)	Resistencia a Flexotracción (a 28 días) [Métrica Principal]	Equivalencia aproximada a Compresión
HF-3,5	3,5 MPa	~25 MPa
HF-4,0	4,0 MPa	~30 MPa
HF-4,5	4,5 MPa	~35 MPa

Cemento recomendado: Clase 32,5N. Para apertura rápida al tráfico, se admiten clases 42,5R o 52,5R.

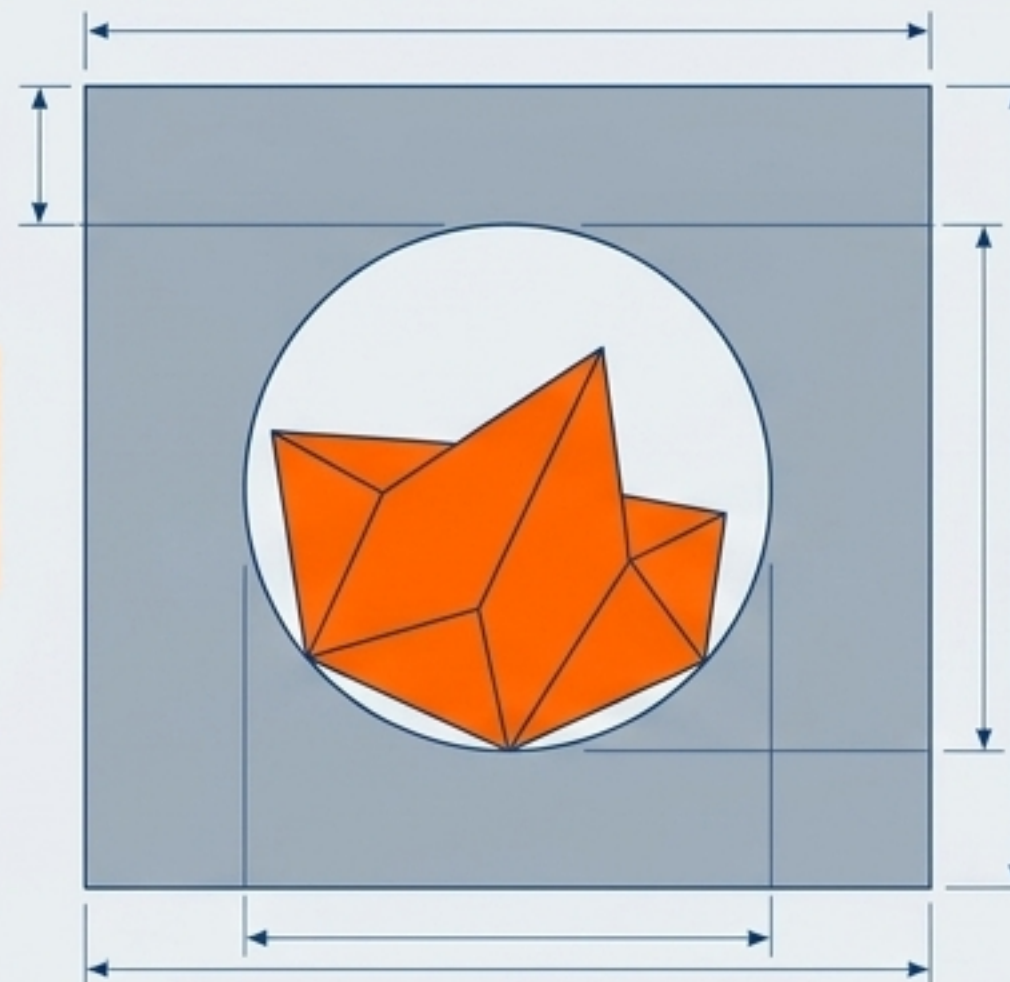
Defensa climática: Aditivos y cámaras de expansión

Sin aditivo



Sin protección. El agua congelada aumenta de volumen y provoca desconchamientos.

Con inclusor de aire



Aditivos inclusores de aire. Generan microporos que actúan como cámaras de expansión internas, absorbiendo el aumento de volumen del hielo.

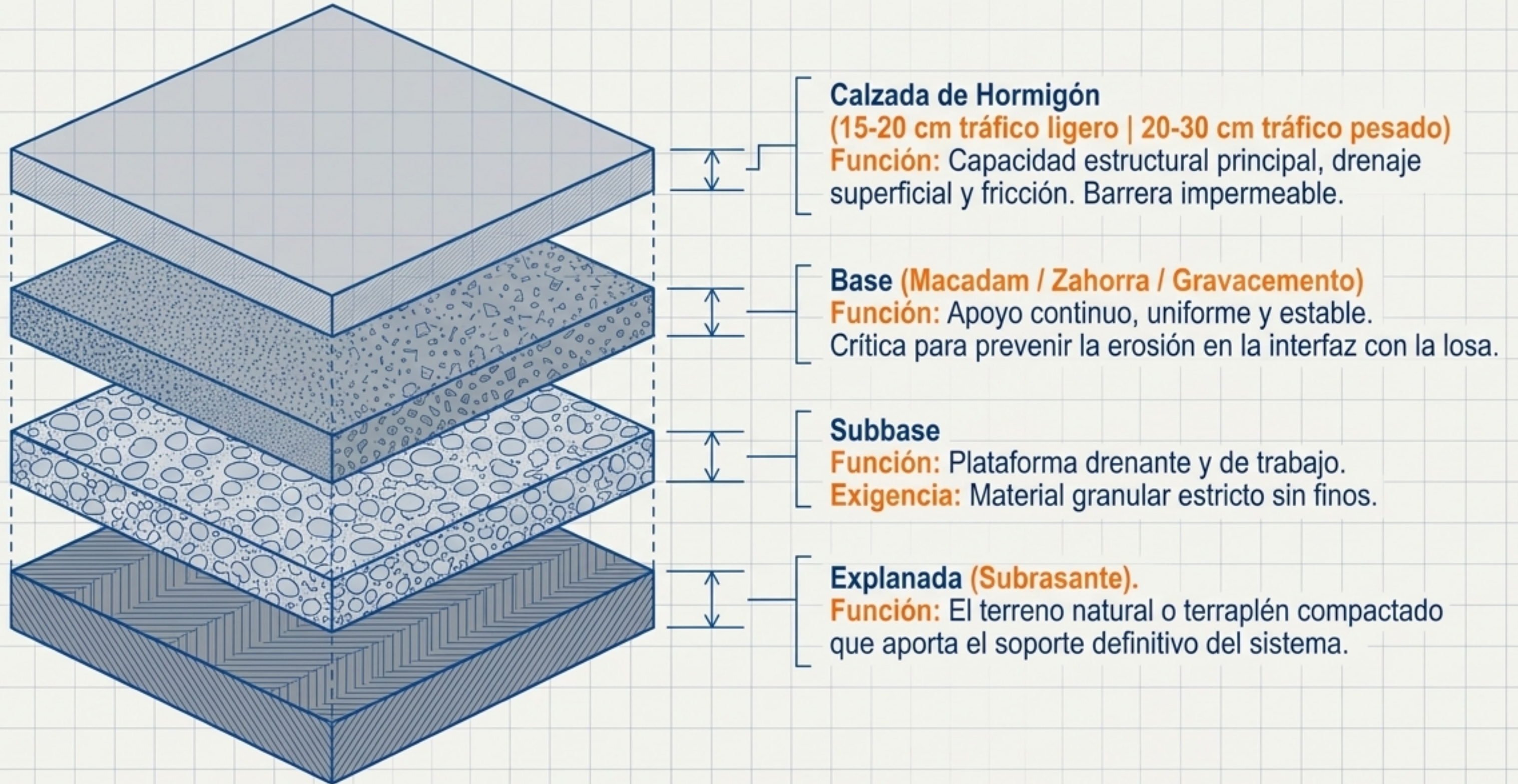
Proporción exigida de aire ocluido:
Mínimo 4,5% / Máximo 6,0%
(en volumen).

Bonus funcional: Los aireantes mejoran la tixotropía, evitando el colapso de los bordes al usar encofrados deslizantes.

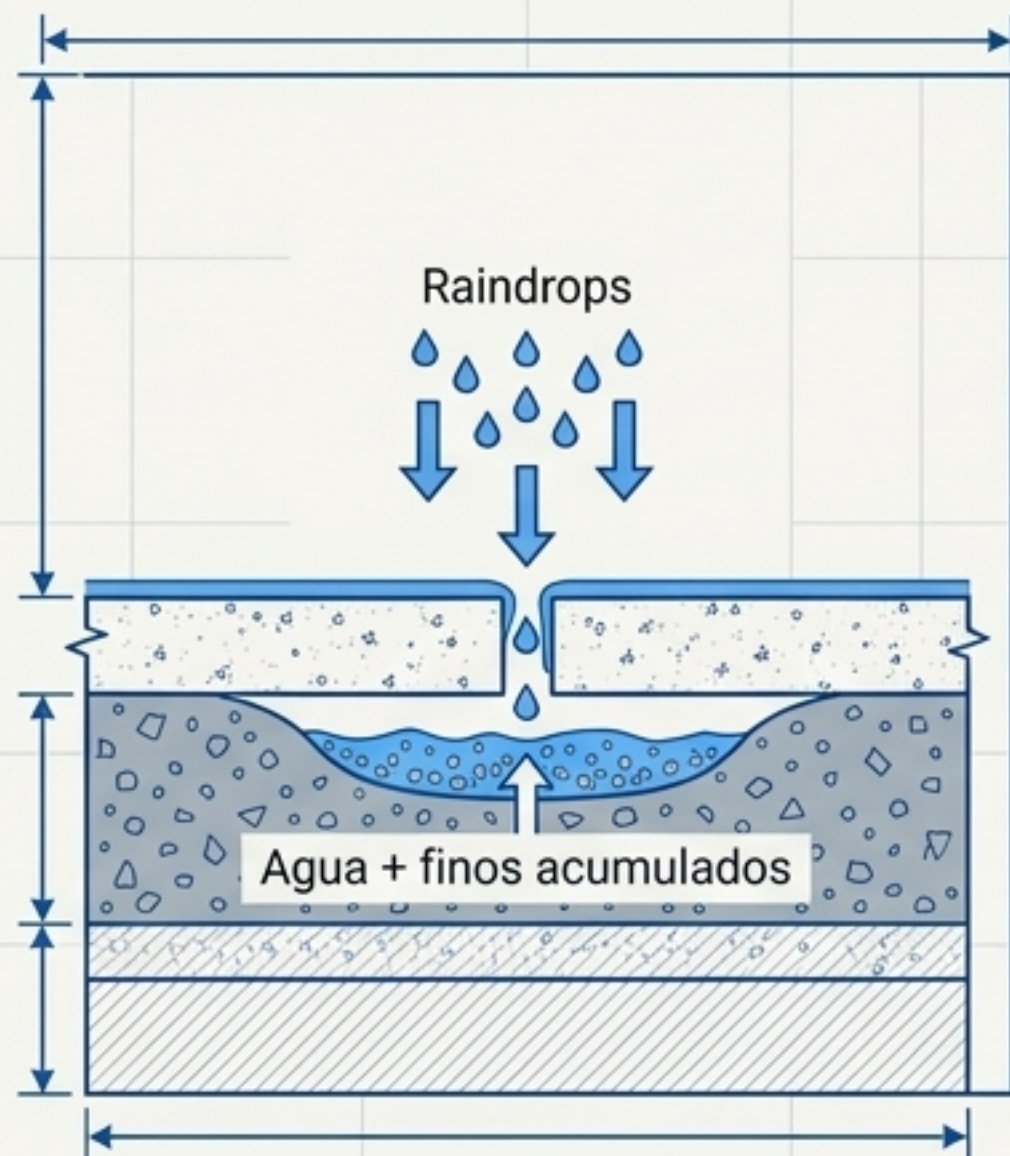
Matriz diagnóstica de texturas y exigencias del árido

Objetivo	Requisito Mecánico
Textura de Árido Visto (Contacto directo rueda-árido)	Coefficiente de Pulimento Acelerado (CPA) $\geq 0,50$.
Gravilla Incrustada en hormigón fresco	Coefficiente de desgaste Los Ángeles ≤ 20. (Nota: Para árido grueso general, límite < 35).
Cepillado o Estriado (Mortero en contacto con el tráfico)	$> 35\%$ de arena silícea ($> 30\%$ en tráficos ligeros T2).
Limitación de Finos - PG-3	
<ul style="list-style-type: none">• Masa total de finos: $< 450 \text{ kg/m}^3$ ($+50 \text{ kg/m}^3$ permitido en capas superiores bicapa).• Capa Superior: Árido Grueso $< 0,5\%$ finos Árido Fino $< 10\%$ finos.• Capa Inferior: Árido Grueso $< 1,5\%$ finos Árido Fino $< 10\%$ finos.	

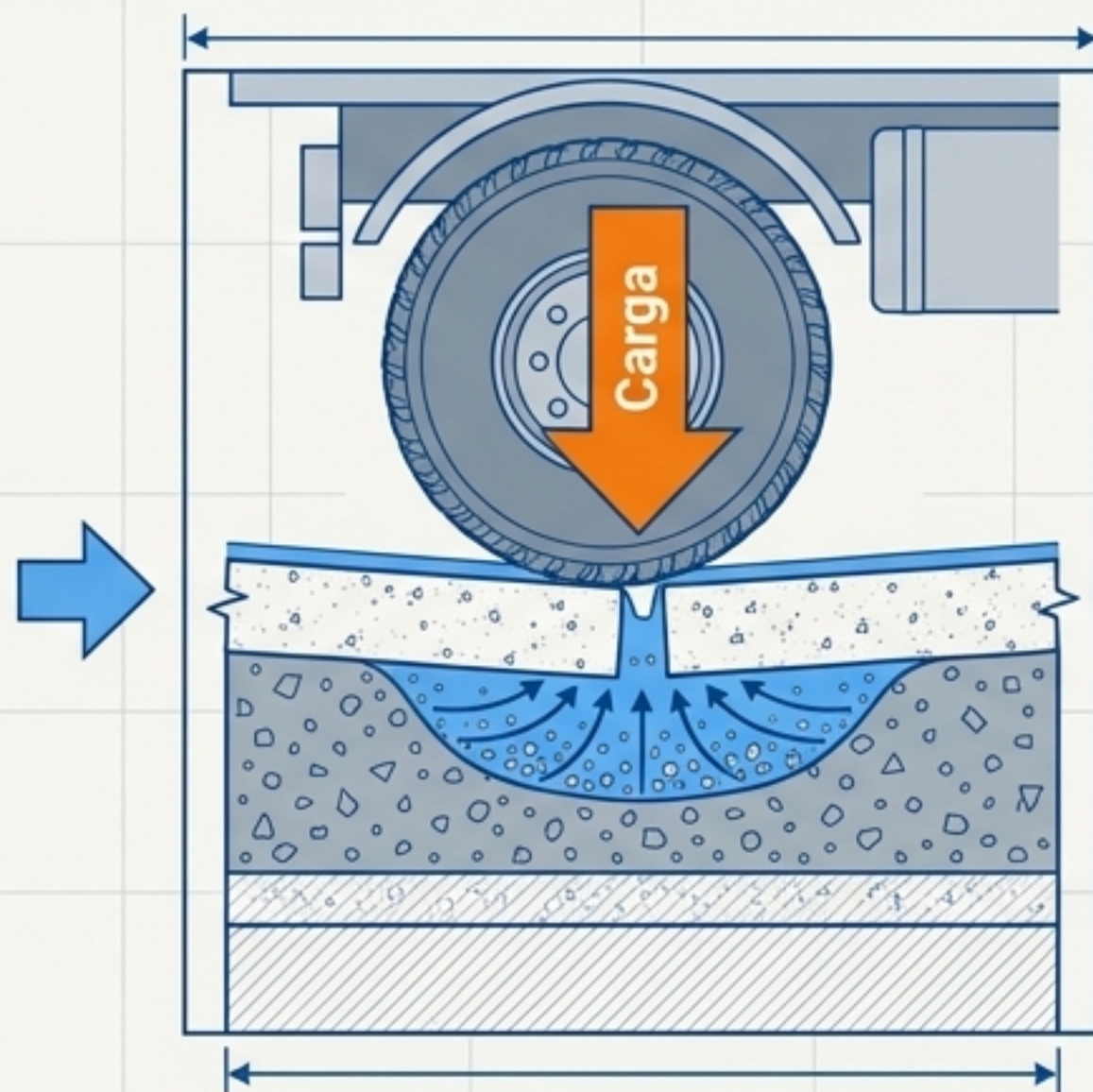
Arquitectura del firme: El sistema de transferencia



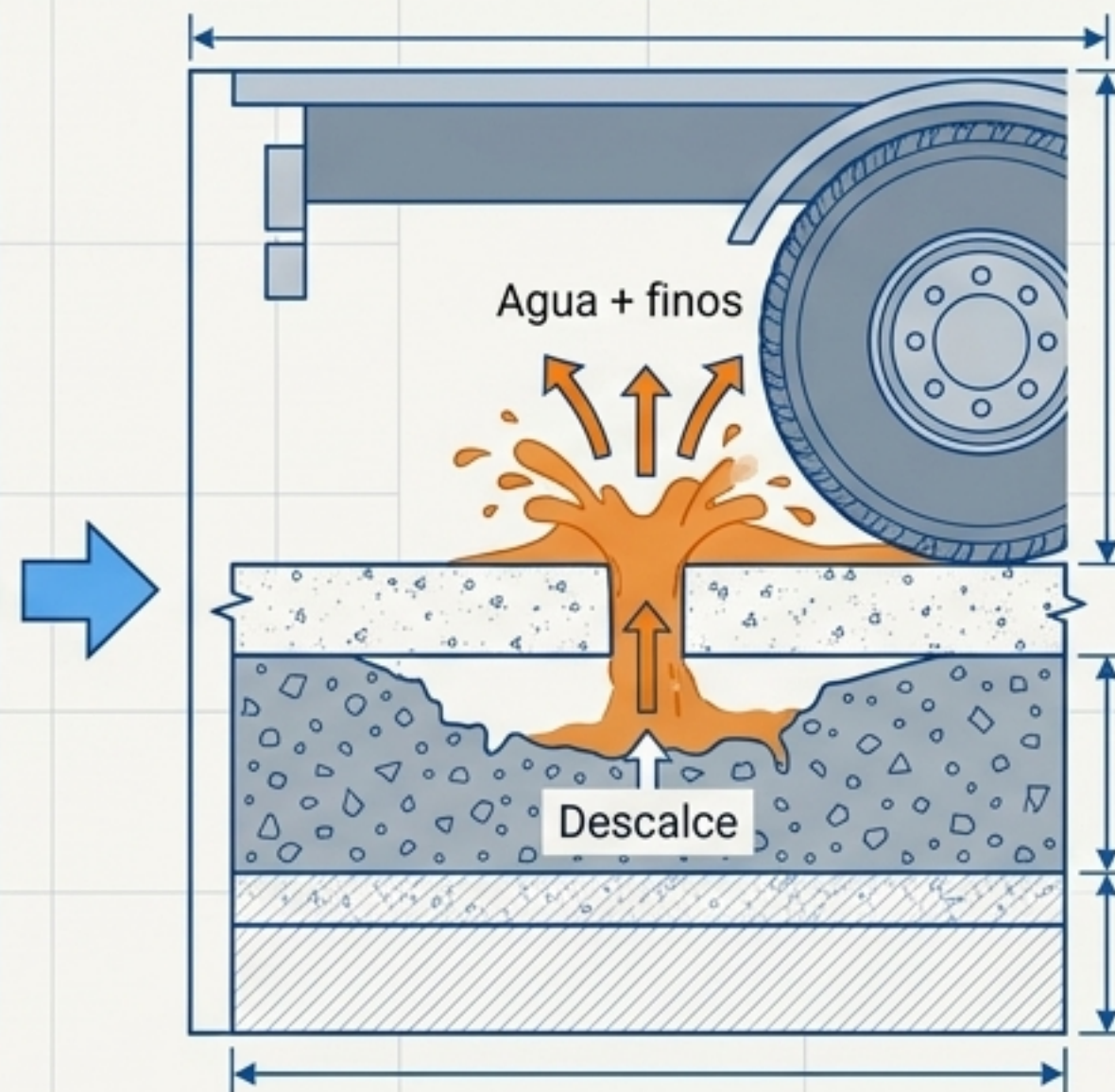
Patologías de la base: El bombeo de finos (Pumping)



Paso 1: Infiltración. El agua penetra y se acumula bajo la losa en una base con alta proporción de partículas finas.



Paso 2: Presión del tráfico pesada. El paso del vehículo presuriza la mezcla de agua y finos bajo la junta.

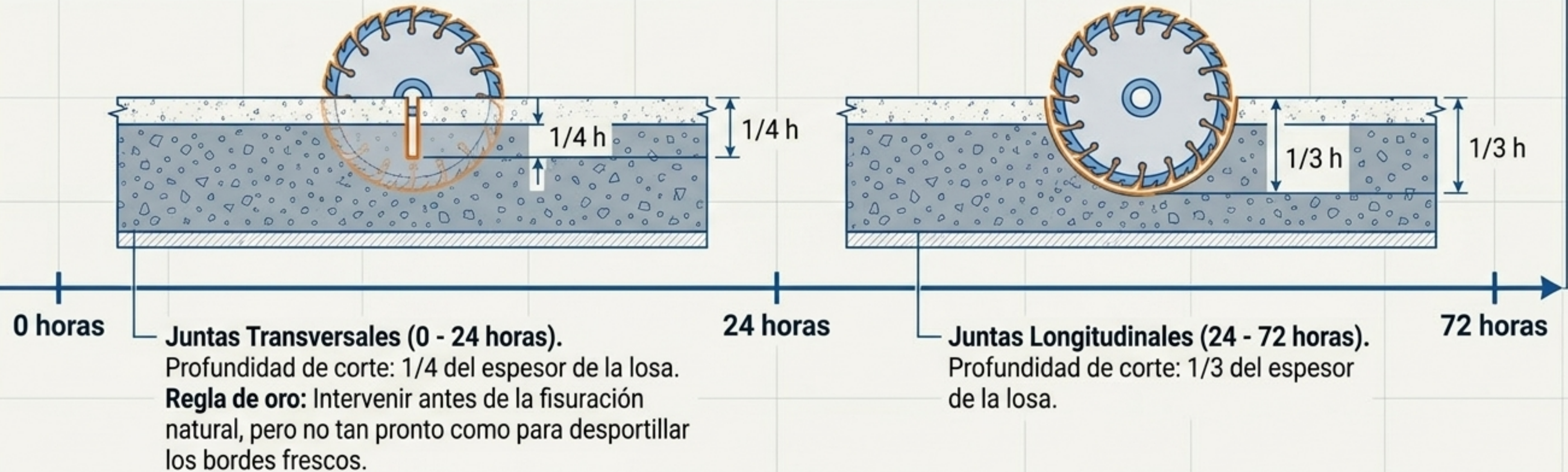


Paso 3: Expulsión y descalce. La mezcla es bombeada hacia el exterior, erosionando la base y dejando la losa sin apoyo estructural.

Solución Estructural: Para tráfico pesado, es imperativo sustituir bases granulares tradicionales por materiales tratados con conglomerantes (bases de gravacemento) para evitar la erosión.

Anatomía de la junta: Cronología del aserrado

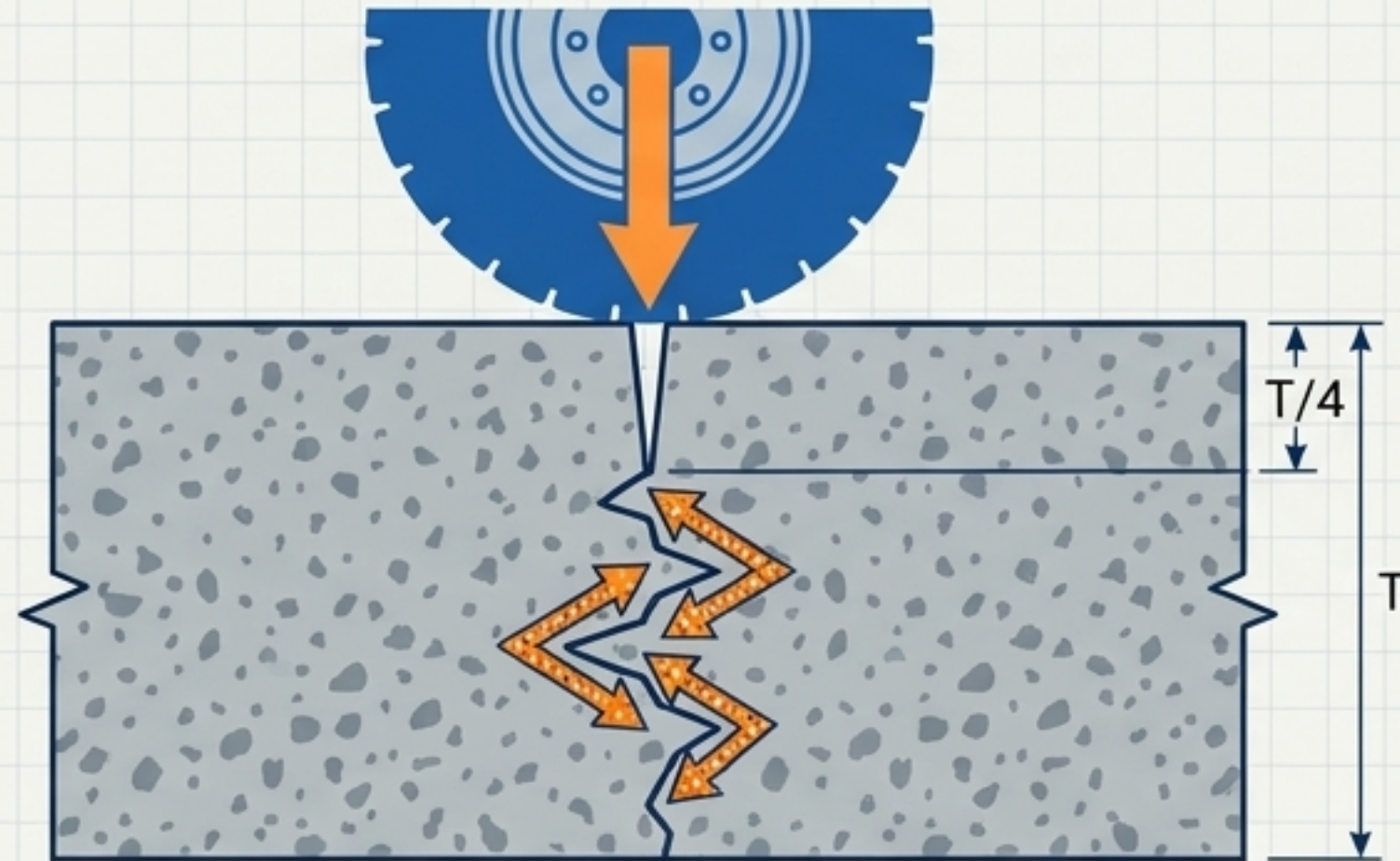
El serrado debilita artificialmente la sección para inducir y controlar la fisura antes de que el hormigón rompa de forma aleatoria por contracción.



Sello: Las juntas requieren perfiles preformados elastoméricos introducidos a presión para bloquear el paso del agua.

Mecanismos de transferencia de carga

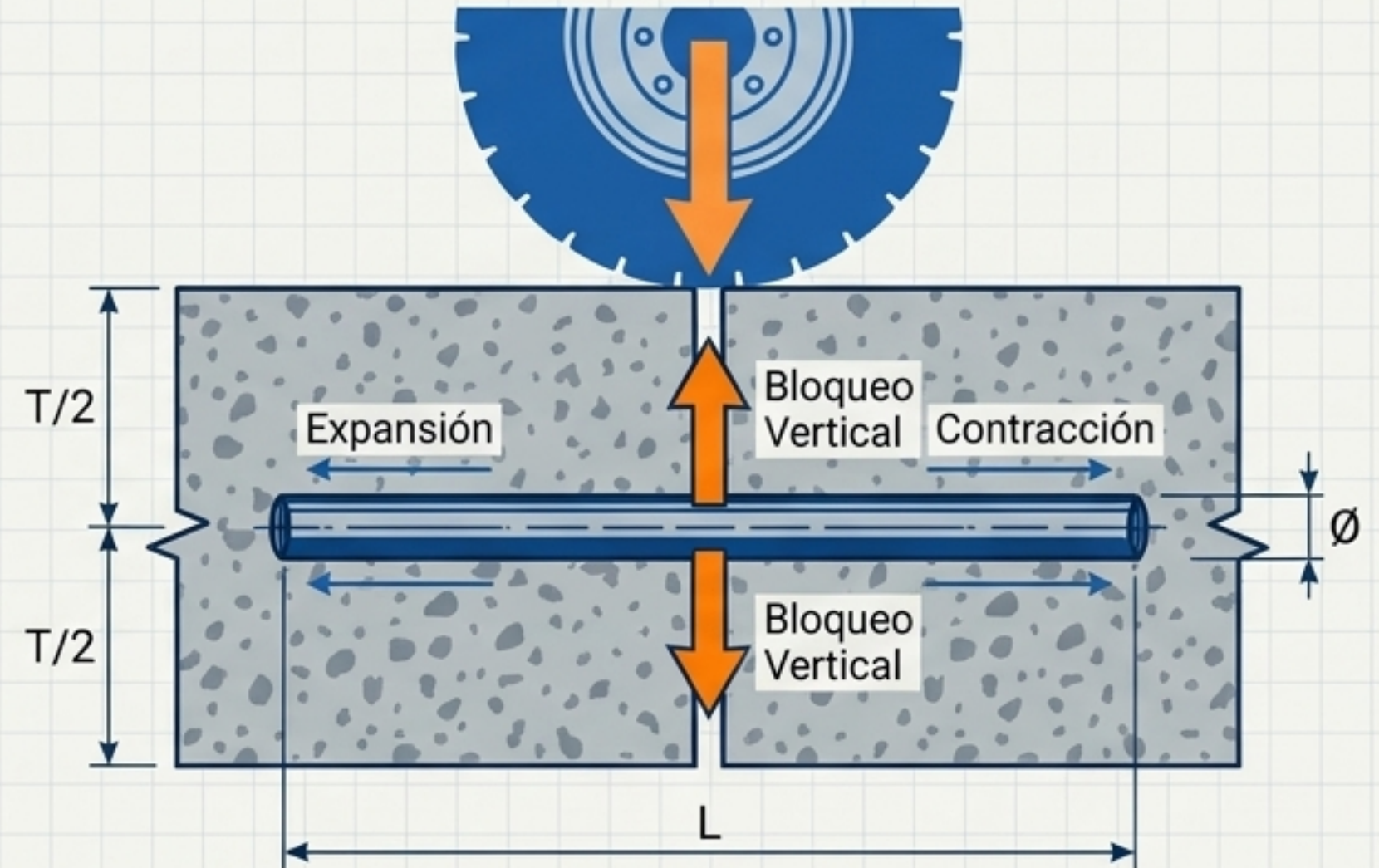
Trabazón



Trabazón de Áridos. Fricción mecánica natural.

Las caras rugosas de la fisura inducida bajo la junta se **entrelazan**, transfiriendo parcialmente la carga.

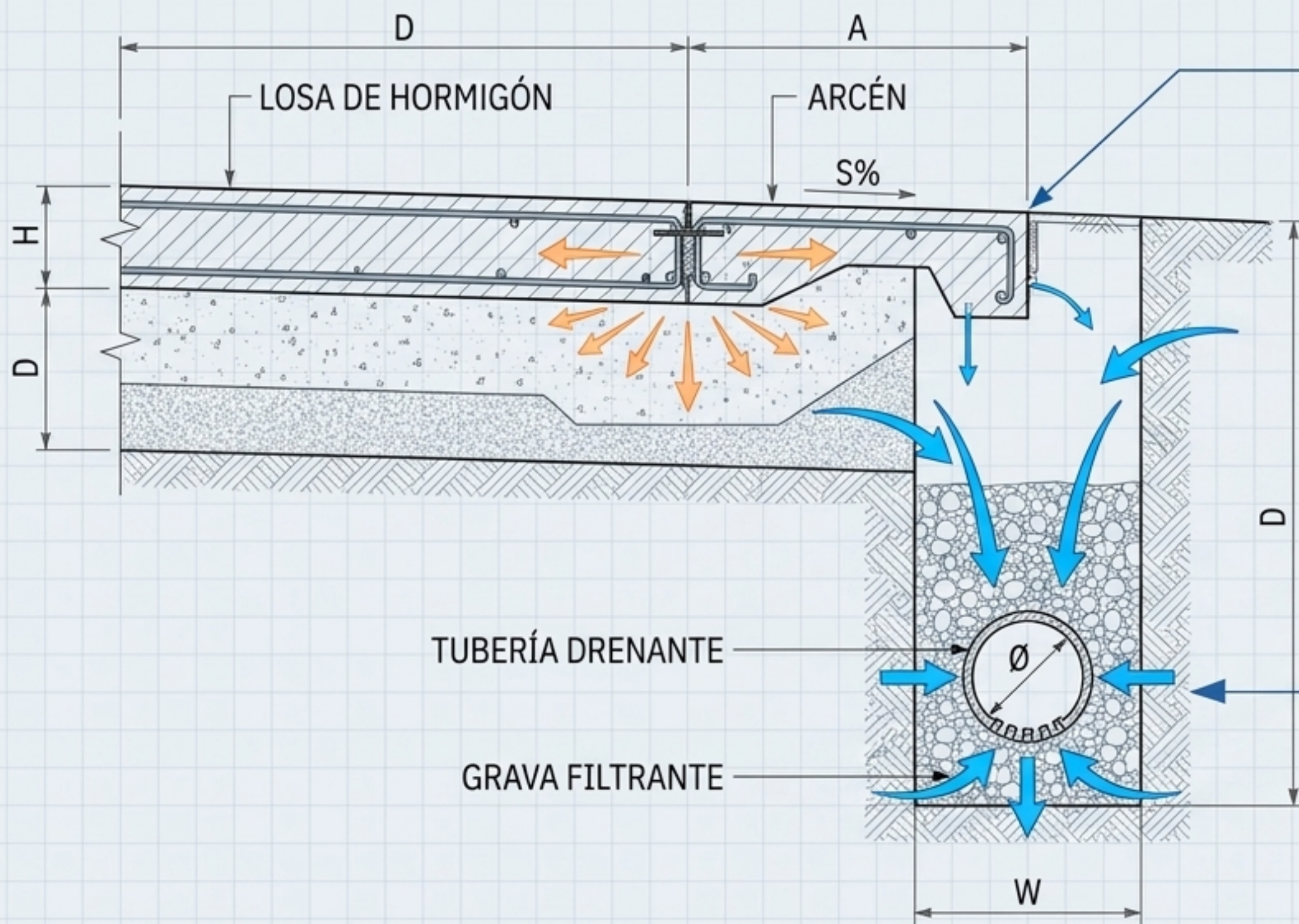
Pasadores



Pasadores (Dowels). Barras de acero lisas instaladas transversalmente.

Permiten el movimiento horizontal (dilatación térmica) mientras bloquean el movimiento vertical, eliminando el riesgo de escalonamiento y rotura de esquinas.

Defensas periféricas: Arcenes y subdrenaje



Arcenes de Hormigón:

La condición de soporte en el borde es vital. Un arcén pavimentado absorbe y transfiere tensiones de las cargas pesadas que circulan por el borde derecho, reduciendo deflexiones y blindando el sistema contra la infiltración lateral de agua.

Redes de Subdrenaje:

Zanjas colectoras con tuberías ranuradas instaladas en paralelo a la vía. Capturan y evacuan rápidamente el agua subterránea y la lluvia filtrada por juntas, evitando el colapso de la explanada y el bombeo de finos.

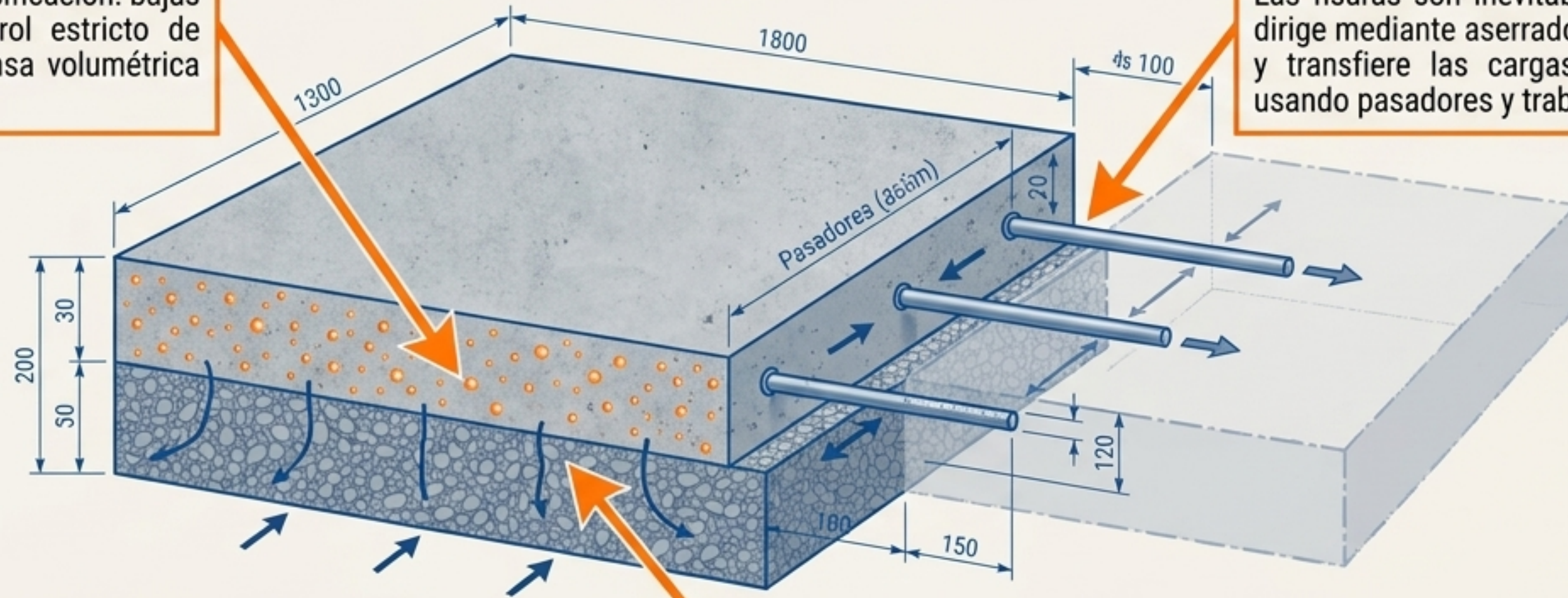
El ecosistema estructural: Síntesis del pavimento rígido

Resistencia Química y Mecánica

El éxito comienza en la dosificación: bajas relaciones de agua, control estricto de finos (Tabla PG-3) y defensa volumétrica mediante aire ocluido.

Control de Tensiones

Las fisuras son inevitables; el diseño las dirige mediante aserrado preciso temporal y transfiere las cargas horizontalmente usando pasadores y trabazón de áridos.



Integridad de la Base

La calzada solo sobrevive si la base evita la acumulación de agua y la erosión por bombeo (pumping) bajo tráfico pesado.

La durabilidad extrema del pavimento de hormigón no reside únicamente en la dureza del material, sino en la perfecta orquestación de sus capas estructurales y mecanismos de alivio de tensiones.