

TÜV Nord Bauqualität GmbH & Co. KG
Berlin • Dessau • Hamburg • Hannover



TÜV Nord Bauqualität GmbH • Robert-Bosch-Str. 62 • 06847 Dessau

Dictamen

“Programa de Investigación con Ashford Formula”

Nº. TÜV / M 01 / 1247

Objeto: Losa de hormigón

Cliente: ASHFORD FORMULA
Vertrieb Deutschland
NORSA S.R.L.
Schmiedeberger Straße 55
04849 Bad Düben

Índice

1	OBJETIVO	2
2	GENERALIDADES Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	2
3	RESULTADOS	3
3.1	Calidad del Hormigón	3
3.2	Capacidad de Bloqueo	3
3.3	Resistencia a la Abrasión	4
3.4	Impermeabilidad	5
3.5	Resistencia al Congelado y a las Sales de Deshielo	6
3.6	Adherencia/Coeficiente del rozamiento de deslizamiento	7
3.7	Investigación con Microscopio Electrónico	8
4	RESUMEN	10

ANEXO: PROTOCOLOS DE LAS PRUEBAS DE LA SERIE DE INVESTIGACIONES

1 OBJETIVO

LA distribuidora ASHFORD FORMULA Vertrieb Deutschland NORSA S.R.L. distribuye y utiliza Ashford Formula para el área de suelos industriales y superficies de uso general de hormigón. Fuimos contratados por parte de la NORSA GmbH para realizar una serie de pruebas con el fin de investigar como se ven influidas las características de una superficie de hormigón al ser sometido a un tratamiento con Ashford Formula.

La realización del programa de investigación se desarrolló conforme a los criterios acordados en cooperación con el cliente. Concretamente se decidió la comprobación de los siguientes puntos:

- Determinación de la Capacidad de Bloqueo
- Determinación de la Resistencia a la Abrasión
- Determinación de la Impermeabilidad al Agua
- Determinación de la Resistencia a la Congelación y a Sales de Deshielo
- Determinación del coeficiente del Rozamiento de Deslizamiento
- Investigación con el Microscopio de Electrones

2 GENERALIDADES Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El programa de investigación se inició el 30.08.01 con la fabricación de una losa de hormigón (medidas de la placa aprox. 1 m x 1 m x 0,20 m) en el terreno exterior de la TÜV Nord Bauqualität GmbH & Co. KG. El hormigón fue suministrado con un vehículo mezclador y después de haberlo introducido en el molde para la losa se utilizó una máquina vibradora de hormigón para aumentar su concentración. Como siguiente paso se aplicó Ashford Formula sobre la mitad de la placa conforme a las prescripciones del fabricante.



Imagen 1: placa, a la izquierda sin AF, a la derecha con AF aplicado

Durante el tiempo de reposo la placa quedo destapada. La extracción de pruebas de la parte tratada con AF (excepto para investigar la impermeabilidad) se realizó al alcanzar una "edad" de 90 días. Para determinar la calidad del hormigón utilizado se fabricaron pruebas adicionales.

3 Resultados

3.1 Calidad del Hormigón

La losa para nuestra investigación fue fabricada con hormigón transportado. El talón de entrega se encuentra adjunto. El hormigón usado tiene la siguiente composición:

cemento	320 kg/m ³ , CEM I 42,5 R
áridos	1.900 kg/m ³ , arena+arena gruesa, granulación máxima 16 mm
agua	160 kg/m ³
agua/cemento/-valor	0,50
aditivos	BV: 0,4 % v. Z.

Para comprobar la calidad del hormigón se investigaron la resistencia de compresión, la resistencia a la flexión y tracción y por último, la impermeabilidad conforme a la norma DIN 1048, parte 5: "Procedimiento de Ensayo, probetas adicionales de hormigón". Para ello se fabricaron nuevamente probetas adicionales. Los protocolos que reflejan los resultados individuales de las pruebas se encuentran dentro del anexo. El cuadro siguiente es un pequeño resumen de los resultados anteriormente mencionados.

Cuadro 1: Calidad del hormigón de la placa

critério	Madurez de las Probetas	Resultado
Resistencia de Compresión	7 d	28 N/mm²
	28 d	38 N/mm²
R. a flexión y tracción	28 d	4,9 N/mm²
Infiltración de Agua	28 d	24 mm

3.2 Capacidad de Bloqueo

Para determinar la capacidad de bloqueo al haber aplicado Ashford Formula (AF), es decir para investigar una posible reducción de separación / condensación de agua del hormigón joven resp. fresco comprobamos el coeficiente de bloqueo / impermeabilidad de acuerdo con las instrucciones para las pruebas de las Condiciones Técnicas de Suministro para Agentes Líquidos destinados al Tratamiento de Hormigón contra Influencias Atmosféricas (TL NBM-StB). Distinto a dicha norma se utilizaron para ese fin probetas de 14 cm x 16 cm x 4 cm de dimensión.

Como agentes para uso posterior (BNM en alemán) se entienden agentes líquidos, que se aplican de manera homogénea sobre una superficie de hormigón con el objetivo de formar una capa fina que impide en gran parte la segregación de agua del hormigón. Por lo tanto, AF no es un BNM según la definición que proponen las anteriormente mencionadas Condiciones Técnicas de Suministro, dado que AF no genera una capa sobre la superficie del hormigón sino que reacciona con elementos ubicados cerca de la superficie del mismísimo hormigón, generando de ese modo una compactación y solidificación de la textura del hormigón.

El certificado de pruebas se encuentra adjunto. **El coeficiente de impermeabilidad/bloque, determinado conforme a la TL NBM –StB es de 26,1 %.** En el siguiente cuadro se puede apreciar la segregación promedio por un lado de hormigón tratado por otro lado de hormigón no tratado, después de 1, 3 y 7 días.

cuadro 2: segregación de agua de hormigón joven

madurez	Segregación / condensación en grs.	
	con AF	sin AF
1 d	19,2	27,5
3 d	24,2	33,1
7 d	30,5	38,6

En comparación la segregación de hormigón tratado con AF es un 30% inferior a la segregación producida por el hormigón sin AF. Después de 3 días esa mejora arroja un 27 %, después de 7 días alcanza un 21 %.

3.3 Resistencia a la Abrasión

Para determinar la posible influencia de AF en cuanto a la resistencia a la abrasión se extrajeron 3 testigos de sondeo (perforados) del hormigón tratado. Tanto la preparación de las probetas como la realización de las pruebas en si se realizaron conforme al reglamento según DIN 52 108 „ Ensayo de Desgaste con Muela Abrasiva según Böhme“. Las actas de ensayos se encuentran dentro del anexo.

El ensayo con muela abrasiva intenta determinar el comportamiento del hormigón bajo un esfuerzo abrasivo, frente a movimientos de rodadura y/ o choques/ golpes. Entre otros, este tipo de pruebas también es válido para investigar la resistencia a la abrasión de pavimento/ solado. Los valores límite/ marginales y clasificaciones correspondientes para comprobar el impacto de los criterios anteriormente mencionados están establecidos en DIN 18 560 „Solados en el Sector de Construcción“, Sección 1, cuadro 8 y Sección 7, cuadro 6.

El siguiente cuadro resume los resultados del ensayo para hallar la influencia de AF referente a la resistencia a la abrasión de hormigón, después de 4, 8, 12 y 16 días respectivamente.

cuadro 3: pérdida de grosor / pérdida de volumen

Períodos de prueba	Pérdida de grosor en mm	Pérdida de volumen en cm ³ / 50 cm ³
	Hormigón tratado con AF	
4	0,3	1,74
8	0,7	3,70
12	1,1	5,66
16	1,5	7,55

Un hormigón estándar, perteneciente a la clase de calidad B 25 presenta un coeficiente de abrasión de aproximadamente 15 cm³/50cm², mientras que dicho coeficiente arroja a 12 cm³/50 cm² para un hormigón estándar de clase B 35.

Evaluando los valores obtenidos midiendo la pérdida de volumen del hormigón tratado con AF éste se tiene que clasificar como un hormigón estándar, clase 9 de acuerdo con DIN 18 560 Sección 1, cuadro 8, dónde se ven regulados los requerimientos postulados para la prueba de calidad.

En DIN 18 560 cuadro 6 están fijados los requerimientos para solados/ pavimento de sustancias endurecidas que se deben ver cumplidos al comprobar la calidad del solado/ pavimento incorporado. Para un solado de la clase de resistencia ZE 65 A (solado/ pavimento con sustancia endurecedora, clase A según DIN 1100, -> teoría de la resistencia de materiales) los valores marginales para la pérdida de volumen se sitúan en 8 cm³/ 50cm² cómo posible valor máximo y 7 cm³/50 cm² para el valor promedio. En base a esas indicaciones se puede apreciar el impacto positivo de AF que reflejan los valores medidos (vea cuadro 3).

3.4 Impermeabilidad

Tanto la extracción de probetas como su preparación y consecuente ensayo se realizaron conforme a los requerimientos técnicos de la DIN 1048 Sección 1 2 y 5. El protocolo con los resultados individuales se encuentra dentro de los documentos adjuntos. Para investigar el criterio de impermeabilidad sobre hormigón tratado con AF se utilizaron 3 testigos de sondeo (perforados) de 150 mm Ø.

Para ello las pruebas se cubrieron durante 3 días con agua, bajo una presión de 5 bar. La profundidad de penetración indicada se entiende como profundidad máxima que alcanzó el agua durante ese período. La profundidad alcanzada sirve a la vez como punto de referencia para determinar la densidad del hormigón. DIN 1045 exige una penetración

promedia máxima de **50 mm** para un hormigón impermeable y con resistencia alta contra ligeros ataques químicos. Este valor de referencia se sitúa en **30 mm** para un hormigón con alta resistencia contra fuertes impactos químicos.

La profundidad de penetración medida en las probetas de 7 mm deja constancia de la alta impermeabilidad del AF hormigón.

3.5 Resistencia al Congelado y a las Sales de Deshielo

Para investigar la capacidad de resistir al congelado y a las sales de deshielo se extrajeron 5 testigos de sondeo (perforados) de 150 mm Ø de la parte de hormigón tratada con AF. Las pruebas se procesaron de acuerdo con CDF- Test -Instrucciones para las Pruebas en una cámara climática con refrigeración por circulación de aire enfriado. Se adjunta el protocolo con los resultados individuales respecto al deterioro a la intemperie.

En DIN 1045 „Hormigón y Hormigón Armado, Dimensionamiento y Forma de Construcción“ se establecieron una serie de requerimientos en cuanto a la composición de un hormigón para lograr una resistencia alta a agentes anticongelantes y agentes actuando contra el deshielo. Dicha resistencia se consigue según DIN añadiendo aireantes.

En el cuadro adjunto se pueden apreciar los resultados del ensayo para el hormigón tratado con AF en función del número de cambios congelación – deshielo

cuadro 4: Eflorescencia

Nº de cambios heladas - deshielo	Eflorescencia en g/m ²
	Hormigón tratado con AF
4	43,8
8	75,9
16	129,4
32	177,3

En adaptación a las Condiciones Básicas para Pruebas establecidas por Prof. Setzer/Essen se utiliza el siguiente criterio de recepción.:

- **Eflorescencia promedia después de 28 cambios heladas - deshielo 1500 g/m²**

Para el hormigón tratado con AF medimos después de 32 cambios una eflorescencia promedia de 177,3 g/m². Por lo tanto no es necesario añadir ningún tipo de aireante a un hormigón tratado con AF para obtener la resistencia deseada a congelación y a sales de deshielo.

La siguiente imagen muestra la superficie del hormigón después de las pruebas anteriormente detalladas. La parte tratada con AF se encuentra al lado izquierdo y se caracteriza visualmente por un menor efecto de deterioro.



Imagen 2: superficie después de las pruebas de resistencia a congelación y a sales de deshielo

3.6 Adherencia/Coeficiente del rozamiento de deslizamiento

Como ya mencionado anteriormente, la aplicación de AF causa una alteración química en las partes cerca de la superficie del hormigón. Con el paso del tiempo la superficie del hormigón adquiere un aspecto visual de mayor alisamiento/ homogeneidad. Dependiendo de las condiciones de funcionamiento/ de uso para suelos industriales un criterio importante suele ser entre otros la adherencia /el efecto anti-resbalamiento. Dado que no existe una evaluación técnica única respecto al riesgo de resbalamiento se crearon campos de valoración, es decir grupos que se diferencian por mayor o menor exigencias tecnológicas del hormigón frente al riesgo de resbalamiento. El grupo R 9 responde a las menores y el grupo R 13 a las mayores exigencias.

Dentro de la investigación comparativa se recurrió al coeficiente del rozamiento de deslizamiento para comprobar la adherencia del hormigón bajo la tesis que el tratamiento con AF no influye de ninguna manera la adherencia en comparación con una superficie no tratada.

El ensayo se realizó conforme a los requerimientos de DIN 51131 tanto con hormigón tratado con AF como con hormigón no tratado, primero en estado seco y luego en estado húmedo. Los resultados individuales de cada pruebas se pueden observar en el protocolo correspondiente (vea anexos). En el cuadro siguiente se puede apreciar un resumen comparativo de los resultados obtenidos.

cuadro 5: Coeficiente del Rozamiento de Deslizamiento

coeficiente del rozamiento de deslizamiento μ			
Hormigón tratado con AF		Hormigón no tratado	
Seco	húmedo	seco	húmedo
0,63	0,77	0,74	0,83

Durante los ensayos de comparación sobre prototipos clasificados como adherentes se midieron para la categoría R 9 $\mu = 0,52$ y R 10 $\mu = 0,78$ (sin antideslizantes). Cuán mayor es el coeficiente μ , mejor la capacidad de adherencia de la superficie investigada. Superficies con un coeficiente $> 0,45$ se pueden calificar seguras respecto al riesgo de deslizamiento.

De acuerdo a las expectativas se hallaron coeficientes ligeramente menores sobre la superficie tratada con AF, destacando que la superficie mojada muestra mejores coeficientes en comparación con los prototipos secos. Tanto el hormigón AF como el hormigón no tratado se pueden calificar como adherente.

3.7 Investigación con Microscopio Electrónico

Para enfatizar cómo la aplicación de AF sobre hormigón joven influye la estructura del mismo se realizaron una serie de análisis comparativos entre hormigón con AF y hormigón sin AF con un microscopio electrónico reticulado. Para ello se analizaron superficies de rotura.

El videoprint del hormigón tratado con AF (imágenes 4-6) demuestra una estructura densa y cerrada mientras el hormigón no tratado sigue presentando poros abiertos y huecos (imagen 3).

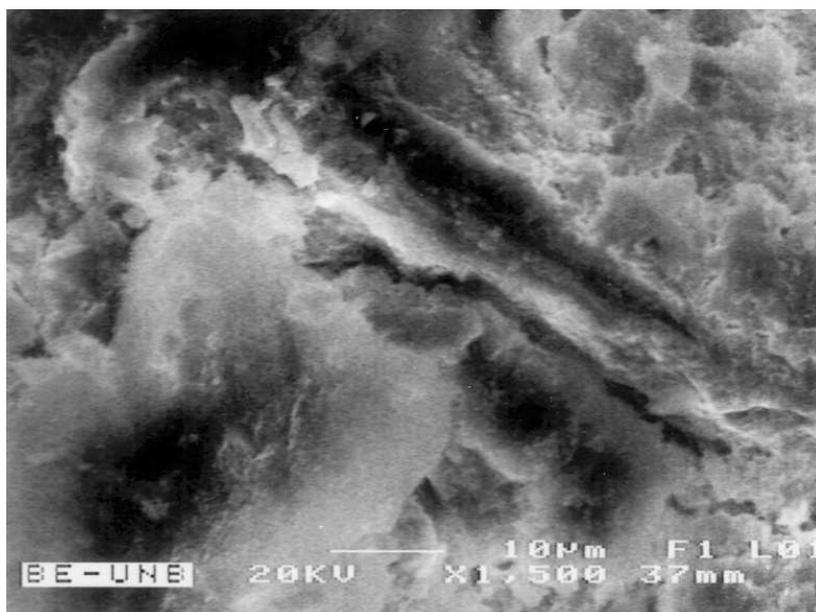


Imagen 3: hormigón sin AF, estructura de poros abiertos

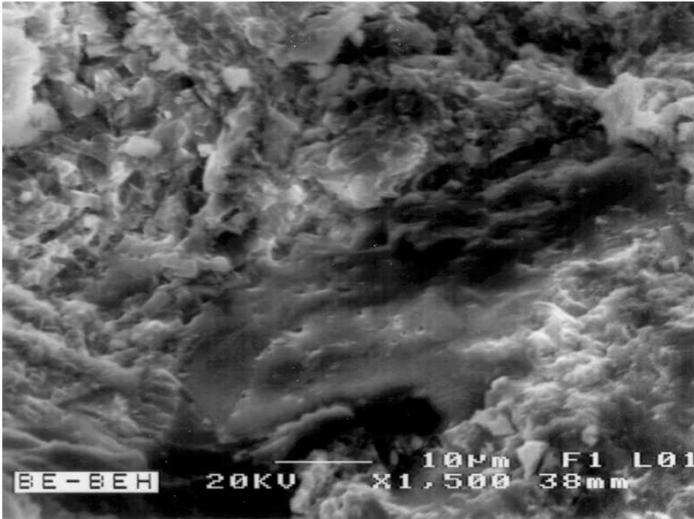


Imagen 4: hormigón con AF, estructura densa con poros cerrados

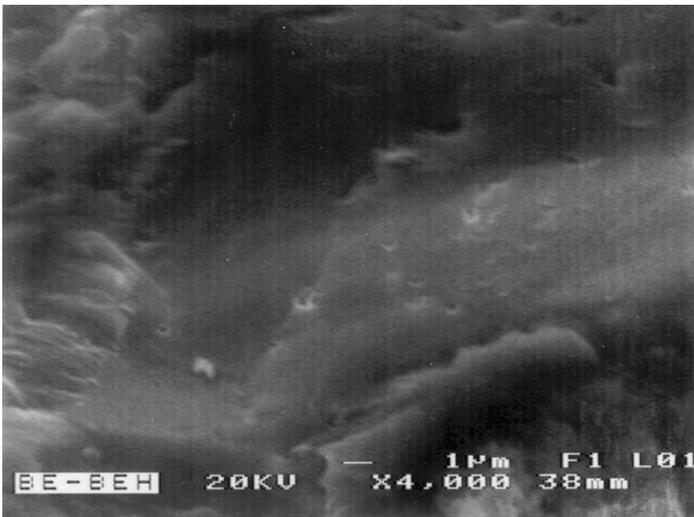


Imagen 5: hormigón con AF, estructura densa y cerrada

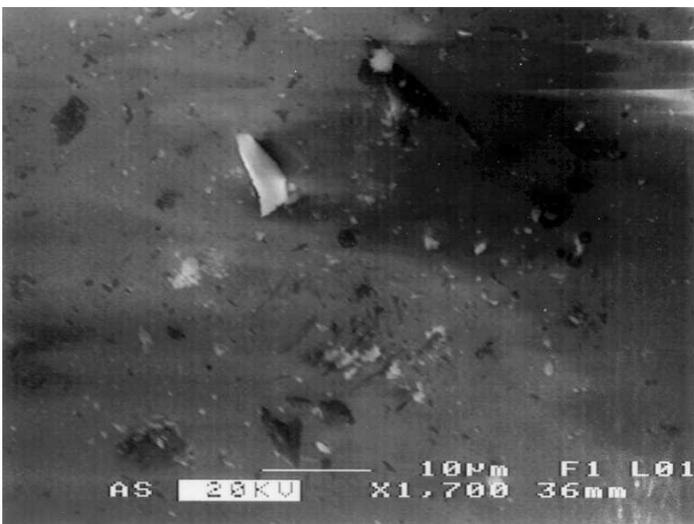
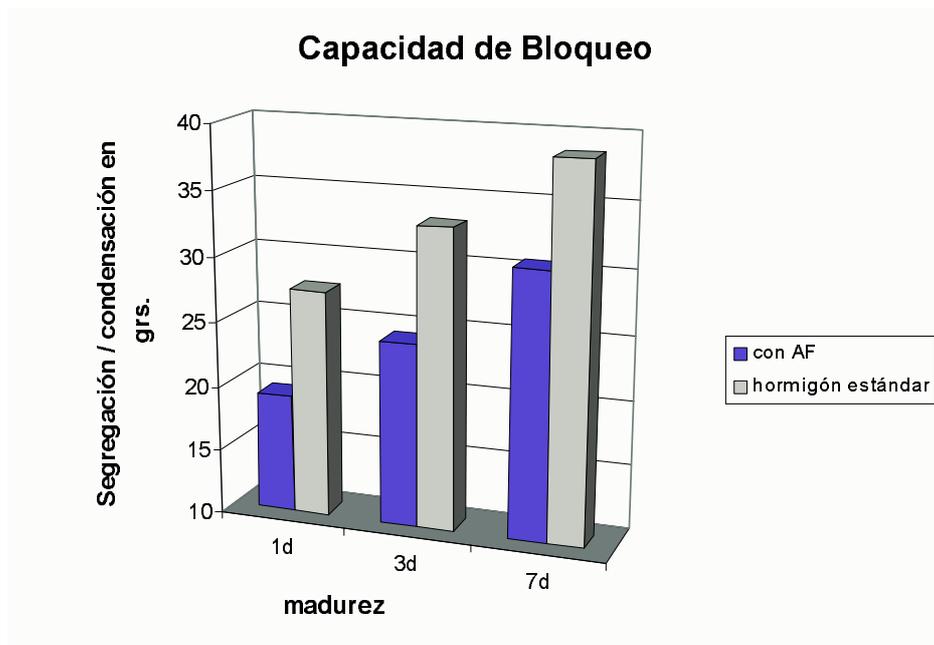


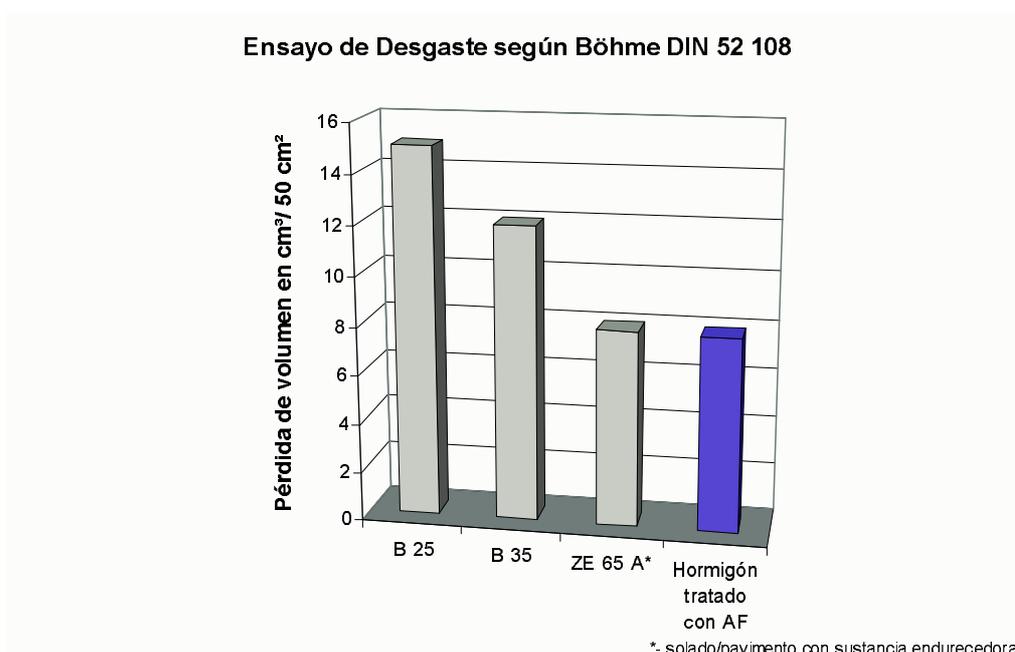
Imagen 6: hormigón con AF, estructura densa y cerrada

4 Resumen

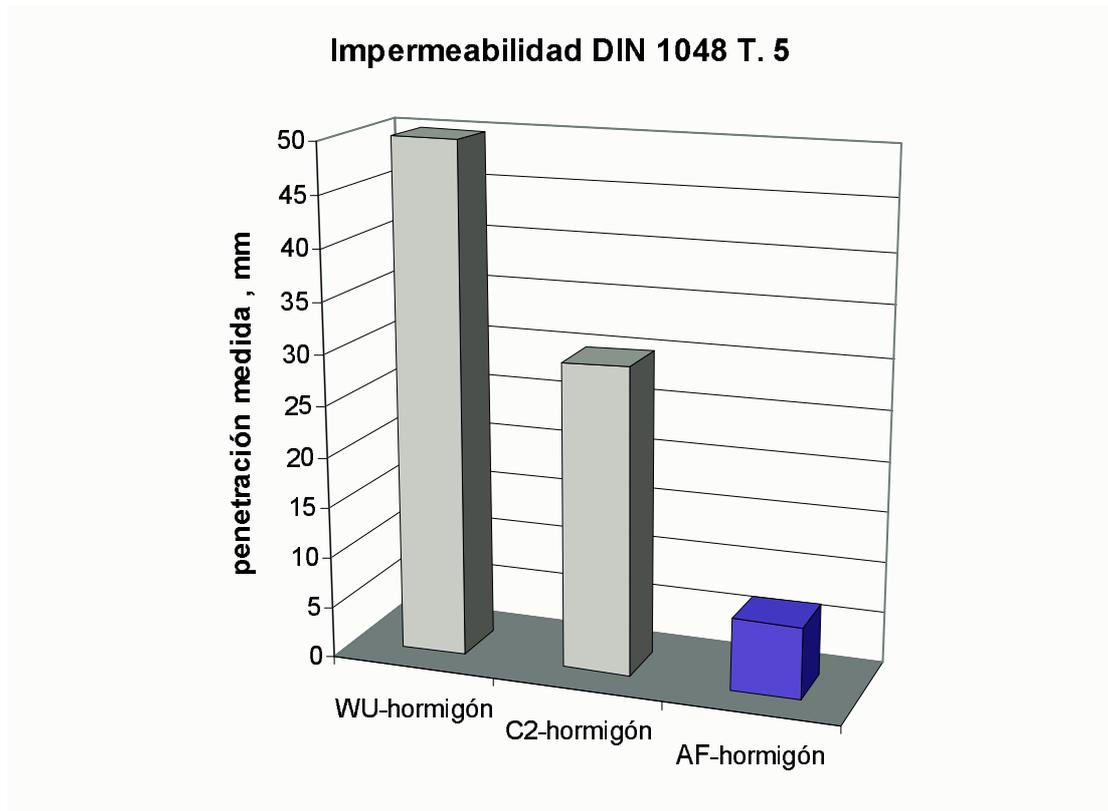
Para emitir una opinión acerca de los efectos de una aplicación de AF sobre superficies de hormigón se realizó una serie de pruebas comparativas por un lado sobre hormigón tratado con AF y por otro investigando los criterios inicialmente mencionados sobre pruebas de hormigón sin AF. Los resultados obtenidos se pueden resumir cómo se puede apreciar a continuación en forma de diagramas:



diagr. 1: Mejora del efecto de bloqueo por 30 % (a 1 día), por 27 % (después de 3 días) y por 21 % (después de 7 días)



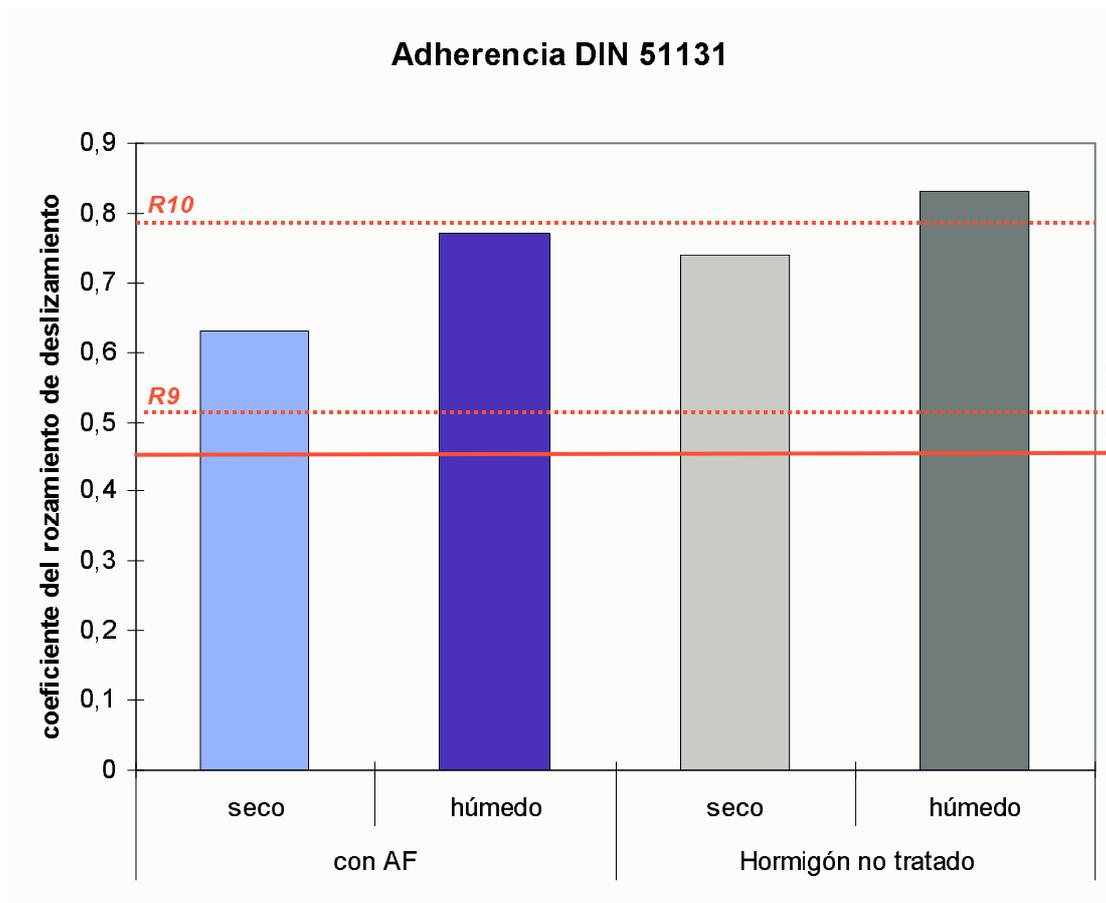
diagr. 2: Incremento de la resistencia a la abrasión



diagr. 3: Aumento de la Impermeabilidad



diagr. 4: Aumento de la Resistencia a la Congelación y a las Sales de Deshielo



diagr. 5: Adherencia

Dipl.-Ing. C. Heidenblut
Responsable Laboratorio

Dr.-Ing. A. Saratow
Perito

Dessau, 14 de Febrero del 2002