Tabla N°3
Requisitos cuando el productor y/o proveedor de premezclado no cuenta o no presenta estadísticas que demuestre la desviación estándar en producción

Resistencia especificada a la comprensión, MPa	Resistencia promedio requerida a la comprensión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1 f'c + 5,0$

Tabla N°4
Resistencias Requeridas $f'c$ en función del nivel de control del productor de concreto

Grado de Control	Ds en kg/cm^2	Resistencia característica especificada en planos $f'c$ en kg/cm^2						
		175	210	245	280	315	350	420
Excelente	25	209	244	279	314	349	384	454
Muy bueno	30	215	250	285	320	355	390	460
Bueno	35	222	257	292	327	362	397	467
Regular	40	229	264	299	334	369	404	474

cm^2 o el 10% del $f'c$, que es bastante conservador si se toma en cuenta que en las fórmulas de diseño se aplican factores de reducción al $f'c$ y se aplican factores de seguridad que incrementan las cargas teóricas calculadas.

Por otro lado, cuando el productor y/o proveedor de premezclado no cuenta o no presenta estadísticas que demuestre la desviación estándar en producción, que debe estar basada en no menos de 10 resultados abarcando un periodo no menor de 45 días, el acápite 5.3.2.2 establece que el $f'cr$ debe cumplir los siguientes requisitos:

Requisitos cuando el productor y/o proveedor de premezclado no cuenta o no presenta estadísticas que demuestre la desviación estándar en producción

¿POR QUÉ SE OBTIENEN RESULTADOS BAJOS DE RESISTENCIA SI SE SUPONE QUE LA RESISTENCIA REQUERIDA $f'CR$ PREVIENE ESTO?

La razón es que al ser el valor de $f'cr$ dependiente de la desviación estándar

Ss , es un parámetro dinámico que cambia en el tiempo en función de las fuentes de variabilidad y dispersión que hemos comentado en artículos previos.

Como consecuencia de esto el proveedor del concreto debe monitorear constantemente la resistencia cronológica promedio de los testigos de concreto y su desviación estándar en producción para verificar si está cumpliendo con el $f'cr$ especificado y hacer las correcciones en sus diseños de mezcla para que la expectativa de falla no supere el 10% antes comentado.

Uno de los problemas prácticos en este monitoreo y control reside en que el cemento representa del orden del 60% del costo del metro cúbico de concreto y gran parte del éxito económico del productor de premezclado depende de usar solo el contenido de cemento necesario para cumplir con el $f'cr$ mínimo que le exigen los códigos, por lo que en ocasiones trabaja con valores límite que no llegan

a absorber las fuentes de variabilidad en sus procesos.

Por otro lado, cuando el productor de concreto no realiza este control porque no tiene las herramientas estadísticas para esto o lo hace extemporáneamente, es muy probable que inadvertidamente incumpla con el valor mínimo de $f'cr$, por lo que empieza a actuar entonces la ley de probabilidades y se obtienen caídas en mayor cantidad de las aceptables, superando también los límites de 35 kg/cm^2 ó 0.10 $f'c$ considerados por las normas, lo que representa problemas para la obra.

Un caso típico de incremento de variabilidad y problemas potenciales se produce cuando se emplea el material de varias canteras simultáneamente sin reajustar los diseños, o se utilizan aditivos que no son muy efectivos en mantener la trabajabilidad, obligando a muchas regulaciones con agua; o cuando la producción se realiza en época de verano con incremento de temperatura de las mezclas, lo que si no se prevé y regula provoca secado y dificultades en el mezclado, transporte y colocación, afectando los resultados.

Con objeto de estimar de manera práctica referencial cual debería ser la resistencia requerida $f'cr$ que debería exigir un usuario de concreto premezclado en función del grado de control de su proveedor, hemos elaborado la Tabla N°4 para concretos con $f'c$ entre 175 kg/cm^2 y 420 kg/cm^2 .

Lo recomendable es que cada vez que los resultados de testigos de control en obra indiquen valores promedio inferiores a los esperados según esta tabla, es el momento de llamar a su proveedor y exigirle en cumplimiento de los códigos mediante el incremento inmediato del contenido de cemento para prevenir caídas de resistencia más allá de lo aceptable y problemas en la obra por dudas sobre la calidad del concreto en las estructuras.

En la próxima parte de este artículo abordaremos los criterios de aceptación del $f'c$, así como las herramientas para monitorear y evaluar los resultados de resistencia en comprensión, así como los pasos a dar para verificar el $f's$ o resistencia de la estructura en casos de incumplimiento. ■