

Mitos y realidades de las especificaciones de agregados para hormigones



▲ Agregados gruesos rodados de diferentes tamaños y procedencias

▲ Agregados gruesos triturados de diferentes tamaños y procedencias

MS. ING. MAXIMILIANO SEGERER

Control y Desarrollo de Hormigones
www.cdormigones.com.ar

1. El agregado como material indispensable dentro del hormigón

Los agregados finos y gruesos son uno de los materiales constituyentes de cualquier tipo de hormigón. Sin embargo, no tiene que perderse de vista que sus estudios y ensayos apuntan únicamente a que éstos tengan un adecuado desempeño dentro del hormigón o bien que no vayan en detrimento de sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido. El agregado no debe ser juzgado o analizado como un material de construcción aislado, porque no lo es. Debe ser evaluado en función de las propiedades de los hormigones de los que forma parte importante, en el cual influirá fuertemente en sus propiedades ya que ocupa cerca de 2/3 de su volumen. Sus tres funciones principales son:

- Suministrar un material económico de relleno e inerte

- Localizar y reducir los movimientos por contracción derivados de la pasta de cemento
- Mejorar la resistencia al desgaste y abrasión

Cada proveedor de hormigón elaborado es responsable de conseguir las mejores fuentes de agregados, para que su hormigón producido cumpla con las propiedades de resistencia, durabilidad, trabajabilidad, uniformidad, economía y amistosidad con el ambiente, siempre demandadas por el cliente. El balance que debe realizar no sólo parte desde el punto de vista estrictamente técnico, sino también económico, ambiental y de disponibilidad. Por ejemplo, en ciertas regiones se exigen arenas lavadas y para su proceso se emplea agua potable o de riego, que claramente tiene más valor agregado para consumo humano o para agricultura respectivamente, más aún en zonas donde el agua es un recurso valioso, escaso y estratégico. Al especificar agregados lavados en ciertas zonas, debe considerarse que a veces no hay agua disponible o que no es

indispensable para lograr un hormigón de calidad.

Los grandes y crecientes consumos de hormigón y cantidades de agregado asociadas han ocasionado que las fuentes históricas próximas de agregados vayan agotándose o bien degradando su calidad desde el punto de vista técnico. La escasez e inconvenientes aparejados con la logística de los agregados es un problema que en los últimos cinco años se va agravando y el futuro no es alentador en esta temática. Sin embargo, todos debemos coincidir en que necesitamos producir hormigón de calidad para generar obras y empleos. Es reconocido que existe una tendencia creciente a nivel mundial de emplear otras fuentes de agregados no convencionales, como agregados artificiales, bien sea de subproductos industriales y fundamentalmente de restos de demolición de estructuras de hormigón. Estas tendencias provienen de Europa y ya se están estableciendo en plantas del Gran Buenos Aires con buenos resultados. El usuario del hormigón elaborado no debería especificar propiedades de los agregados, con excepción del tamaño máximo, ya que el cliente controla el »

hormigón en estado fresco y endurecido; es decir, el material compuesto que está comprando. Si tiene el derecho de solicitar que el proveedor de hormigón le demuestre mediante ensayos y experiencias que sus agregados cumplirán su función adecuadamente dentro del hormigón, sin restarle valor o propiedades a corto y largo plazo. Nunca debe perderse de vista que al estudiar las características de los agregados, la única finalidad buscada es que el agregado se comporte adecuadamente dentro del hormigón y que cumpla sus funciones principales de manera adecuada. Es decir, es mucho más relevante el estudio de los hormigones en el medio en el cual estarán expuestos (planteo holístico) que el control de las propiedades de los agregados individualmente. De nada sirven diferentes fracciones de agregado que cumplan "perfectamente" con todos los requisitos establecidos por norma y reglamentos, si no se comprueba un comportamiento satisfactorio dentro del hormigón o bien si éstos no son económicos o son ambientalmente cuestionables. Ejemplos de estos impactos ambientales pueden ser la explotación de zonas con riesgos de desertificación, consumo de combustible y sobrecarga de rutas por transportar mayores distancias los agregados, mayor consumo de energía o combustibles para cierta explotación, entre otros.

2. Especificaciones por performance aplicables a los agregados

Una especificación prescriptiva es aquella que incluye cláusulas para métodos de construcción y composición de la mezcla de hormigón, la cual más que definir requisitos de performance fundamentalmente aplica "recetas estáticas", citando como un clásico ejemplo las curvas granulométricas límites. En cambio, una especificación por performance es un conjunto de instrucciones que condicionan los requerimientos funcionales del hormigón endurecido dependiendo de la aplicación y en el ambiente en el cual se encontrará. Las instrucciones deben ser claras, alcanzables y mensurables. Estas especificaciones proveen flexibilidad al contratista y productor para proveer una mezcla que llegue a los criterios de performance en el modo que ellos elijan con el mejor manejo de los recursos posible. Además, se tiene que trabajar para desarrollar mezclas



▲ Arenas para hormigones de diferentes provincias



con una correcta aptitud para ser colocadas y terminadas, como por ejemplo fluidez y tiempo de fraguado, asegurando que los requerimientos de performance del hormigón endurecido no se vean comprometidos. En el ámbito científico y técnico a nivel local y mundial, se coincide que progresivamente se irán desplazando las disposiciones prescriptivas por las especificaciones basadas por performance, que realmente tienen en cuenta las necesidades de las estructuras y el resultado esperado, independientemente de la dosificación de la mezcla o características individuales de los materiales. En muchos reglamentos de vanguardia se incluyen estos conceptos y el Reglamento CIRSOC 201:05 no es ajeno a ello, incorporando ciertos conceptos hace más de 10 años. En varios casos no es posible económicamente obtener agregados que cumplan con todas las disposiciones reglamentarias o de pliegos de especificaciones, pero ciertos reglamentos, como

el norteamericano y el argentino, admiten ciertas desviaciones en las propiedades de los agregados; siempre y cuando no perjudiquen al hormigón ni en estado fresco ni en estado endurecido. Los reglamentos y recomendaciones no son ajenos al hecho de que muchas veces no es posible obtener agregados que cumplan con los requisitos granulométricos, con el espíritu de pensar al agregado dentro del hormigón. Por ejemplo, zonas límites granulométricas fueron ideadas hace casi un siglo en Estados Unidos y de allí se fueron copiando y copiando estas especificaciones, entendiéndose claramente que no todos los agregados pueden ser iguales en todo el mundo y con el paso de las décadas. La industria del hormigón es muy dinámica. En este hecho se basan las especificaciones por performance por sobre las especificaciones clásicas prescriptivas. Esto quiere significar que si el agregado se aparta de estos requisitos, pero se obtienen buenas propiedades en



el hormigón fresco y hormigón endurecido, es perfectamente válido y viable emplear este agregado desde el punto de vista técnico. En ciertos casos, se pueden obtener aún mejores resultados, con agregados que no cumplan ajustadamente con las granulometrías impuestas por Pliegos y Reglamentos. Esto viene dado en que las propiedades del hormigón fresco y endurecido pueden ser muy similares para ambos tipos de agregados, pero agregados que cumplan estrictamente con los requisitos de Pliegos pueden ser antieconómicos o cuestionables desde el punto de vista ambiental en ciertas regiones, por lo que no se cumplimentarían dos de las propiedades que debe reunir todo hormigón para que sea considerado un "buen hormigón": economía y compatibilidad con el ambiente. El Artículo 3.22.4. del CIRSOC 201-05 establece: "Cuando los materiales disponibles no cumplan con las condiciones establecidas en este Reglamento, el Director de Obra podrá autorizar su utilización siempre que estudios completos de laboratorio, confirmados con el análisis del comportamiento de obras en servicio durante períodos de tiempo similares a los de la vida en servicio prevista para la obra en ejecución, demuestren que pueden obtenerse hormigones de calidad adecuada para satisfacer los requisitos en el estado fresco y de resistencia, estabilidad volumétrica y durabilidad del hormigón y de las armaduras". El Reglamento deja la puerta abierta a agregados que escapen algunos de los requerimientos, siempre y cuando el comportamiento dentro del hormigón sea confirmado por ensayos de laboratorio y observaciones de obra. Indirectamente está mencionando que las especificaciones de durabilidad, como sales, temática de RAS o resistencia al desgaste, entre otros, con

efectos difícilmente previsibles a corto plazo, sean respetados y que otras variables de impacto temprano en el comportamiento del hormigón fresco y endurecido puedan ser reconsideradas.

Esto no es una interpretación imparcial del Reglamento, ya que de tener que cumplir estrictamente, por ejemplo, con los requisitos granulométricos y curvas límites, las arenas de más de 2/3 del territorio nacional no se podrían usar y sí se usan con muy buenos resultados desde hace varias décadas, lo cual no puede negarse y debe reconocerse.

3. Ejemplos de aplicación

Porcentaje de arena de trituración.

En ciertas regiones, como en Provincia y Gran Buenos Aires y otras ciudades como Comodoro Rivadavia, suelen usarse arenas de trituración que el Reglamento recomienda limitar al 30%. Se cuenta con numerosas experiencias locales en las que porcentajes mayores al 40% o 50% pueden brindar excelentes resultados, aun en altas prestaciones como hormigones autocompactantes o para habilitación temprana. En Europa existen ejemplos de obras realizadas sólo con arena de trituración, lo cual aparentemente en Argentina estaría "prohibido" y no es así.

Arenas fuera de curvas granulométricas. Quizás es el caso más frecuente y una "lucha constante" con inspecciones de reparaciones públicas. En las provincias del oeste del país, las arenas se presentan como naturalmente gruesas (por debajo de la Curva A) con módulos de finura de 3,1 a 3,6, y en algunos casos como Neuquén, con granulometrías discontinuas (con muy poco material entre el tamiz #30 y #8). En estas regiones se elaboran hormigones de alta calidad, sin dudas. En otras áreas, como el Centro y Norte

de Santa Fe o la Mesopotamia, las arenas se presentan como finas (entre las Curvas B y C) y, análogamente con lo nombrado para otras arenas, entra en juego el diseño del hormigón y la habilidad del proveedor; más que la arena se escape un poco en diferentes tamices.

Porcentaje de polvo de agregados.

El Reglamento CIRSOC 201 limita el contenido de finos pasante tamiz #200 a 5% para agregados finos y 1% para agregados gruesos. En muchas arenas no se suele cumplir y algunas de ellas contienen porcentajes de pasa #200 superiores al 10% y éstos no son nocivos. Un ejemplo son las arenas de trituración o polvo 0/6, el cual aporta finos muy útiles para la cohesividad de las mezclas que escasean en arenas de río lavadas naturalmente. No todos los finos son indeseables. En algunos casos, trabajar con arenas lavadas con material pasante tamiz #50 menor al 15% suele traer mezclas ásperas, hormigones algo segregables y desgaste en equipos de bombeo, por ejemplo, en contrapartida de arenas con granulometrías más continuas y mayores porcentajes. El efecto secundario es aumento de la demanda de agua, contenido de cemento y sus impactos ambientales.

Agregados rodados. Existe la creencia de que los agregados rodados no son de la misma calidad que los triturados o que con éstos no se logran buenas resistencias. En Malargüe, se cuenta con experiencias de una Antena Aeroespacial donde se emplearon hormigones H-70 u hormigones resistentes a la flexión en la reciente remodelación del aeropuerto Francisco Gabrielli. En esos casos, se trabajó con agregados rodados convencionales. Sin embargo, en Buenos Aires, por ejemplo, está "casi vedado" su ingreso o bien se emplea para hormigones pobres o fines no estructurales el agregado grueso proveniente de Entre »

Ríos. Son barreras que deben ir desapareciendo sobre la base de experiencias.

Agregados gruesos y curvas límites. Muchas veces no existe un ajuste a las curvas límites de agregado grueso individual o del agregado total según IRAM 1627; sin embargo, se obtienen muy buenos hormigones. Otro ejemplo es que en muchas ocasiones se especifica para pavimentos el uso de TMN de 2", que no están casi disponibles en ninguna provincia, y la experiencia ha demostrado que no sólo desde el punto debilita las resistencias a flexión, sino que trae complicaciones con terminadoras u otras técnicas constructivas. La tendencia es trabajar con agregados de 1" a 1" y, en muchas regiones, la fracción denominada 6/30 o bien 10/30 (1-3 para provincias del Norte) combinada con

6/20 no encuadra con las curvas límites de 1" ni de 1", existiendo un TMN de 1". Para este TMN intermedio, no existen curvas en IRAM y es sumamente empleado, con excelentes desempeños para hormigones descargados por canaleta.

Agregados reciclados. Las normas europeas definen agregados como "Material granular empleado en la construcción. Puede ser natural, artificial o reciclado". Esta definición abre las puertas y le da competitividad a agregados no convencionales que deben ser usados por un doble impacto positivo: reúso de restos de demolición de alto valor y evitar escombros o vertederos para obras de demolición de hormigón. Si bien grandes proporciones de agregados reciclados pueden influir

en alguna propiedad del hormigón, plantear objetivos de reemplazo parcial del 10 o 20% del agregado total sería sumamente útil, aunque no existan menciones de ellos en Normas IRAM o Reglamento CIRSOC 201.

Todos estos ejemplos se solucionan criteriosamente: si el hormigón presenta adecuadas propiedades en estado fresco (cohesividad, trabajabilidad, bajo riesgo de fisuración plástica) y endurecido (resistencia mecánicas, estabilidad volumétrica y durabilidad), poco importa que el agregado se ajuste o no a "recetas" estáticas, ya que atentan contra otras de las propiedades del hormigón: economía y amistosidad con el medio ambiente y sus recursos no renovables. «

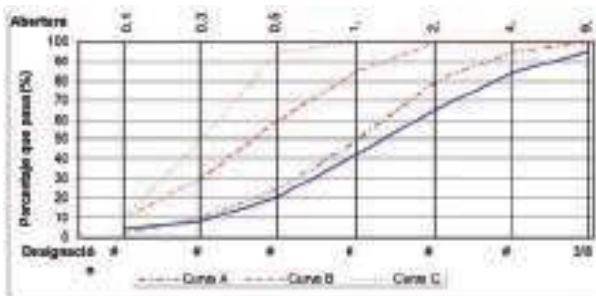
LA GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS... ¿ES EL ASPECTO MÁS RELEVANTE?

En más de la mitad de las provincias no se dispone de agregados que "entren" en Curvas y se obtienen hormigones de muy buena performance, lo cual también es avalado por la durabilidad de las obras.

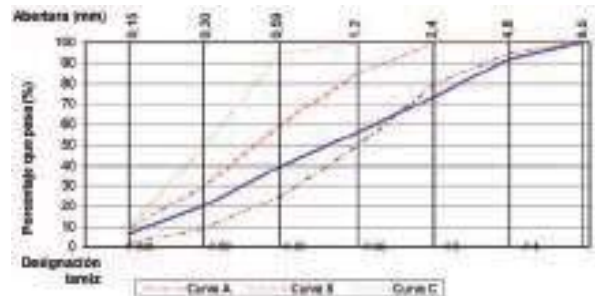
El Reglamento CIRSOC 201 permite y avala el empleo de agregados que no se ajusten estrictamente a lo recomendado (curvas límites, % polvo, etc.) en éste, siempre y cuando se demuestre con ensayos de laboratorio y experiencias de obra que se logra un

hormigón trabajable, resistente, durable y sin elevado riesgo de fisuración.

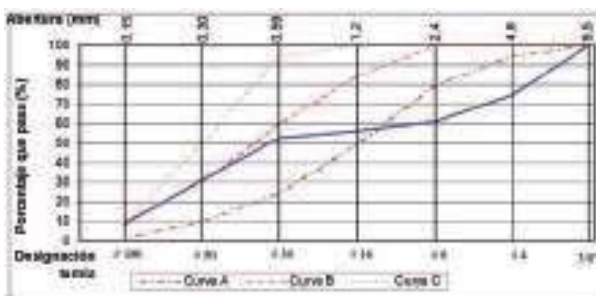
El agregado no es un material de construcción... es un constituyente de un material (hormigón). Debe "pensarse" dentro de éste y no individualmente. «



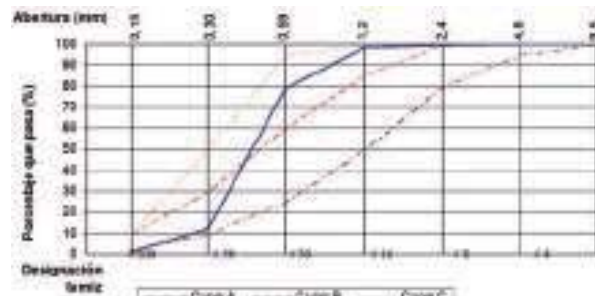
➤ Arena gruesa San Luis



➤ Arena Mendoza



➤ Arena Neuquén



➤ Arenado Grueso Buenos Aires