

MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN: OPTIMIZACIÓN DE MEZCLAS DE HORMIGON PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES Y ADOQUINES

J.Agnello⁽¹⁾, A.Benítez⁽¹⁾, L.Fernández Luco⁽¹⁾

⁽¹⁾ Unidad Técnica Tecnología del Hormigón.Construcciones

⁽¹⁾ Laboratorio de Materiales y Estructuras. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires (UBA)

jagnello@inti.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La importancia de analizar el perfil sostenible de la construcción se debe al consumo de grandes cantidades de materias primas involucradas. El presente trabajo se encuentra enfocado en la elaboración de elementos premoldeados con hormigones vibro-comprimidos, como bloques y adoquines.

En la actualidad los volúmenes de materiales involucrados pueden alcanzar producciones anuales de bloques de hormigón, de 192 millones de unidades^[1]. Para ello se necesita una producción de hormigón vibro-comprimido de 1.324.800 m³ anual, La misma puede alcanzarse utilizando 268.800 toneladas de cemento y 1.059.840 m³ de agregados.

Por lo tanto el desafío del presente desarrollo consiste en lograr mejorar una mezcla ya optimizada en un proceso industrial, proponiendo el empleo de materiales alternativos, residuos de la industria del agregado, y la disminución del consumo de cemento.

OBJETIVO

*Mejorar una mezcla ya optimizada en un proceso industrial, empleando materiales alternativos, como los residuos de la industria del agregado

*Disminuir el consumo de cemento.

*Mejorar el perfil sostenible de la industria de la construcción

DESCRIPCIÓN

El modelo físico de los fenómenos de interferencia fue analizado por Powers^[2], mediante el análisis del comportamiento de distintos esqueletos granulares logrados con agregados de idénticas características, pero combinados en distintas proporciones. Mediante el estudio de dicho comportamiento se describieron 2 efectos, uno llamado efecto de aflojamiento y otro efecto pared.

El fenómeno de aflojamiento consiste en observar, si el agregado fino al mezclarlo con el grueso, se acomoda entre los vacíos que éste deja o si separa a los mismos. Por lo tanto cuando el tamaño de los finos es menor que dichos vacíos, no aflojará el esqueleto, pero si su tamaño es mayor, entonces el efecto que

produce es un efecto de aflojamiento de manera que los agregados gruesos son separados. Ver Fig. 1.

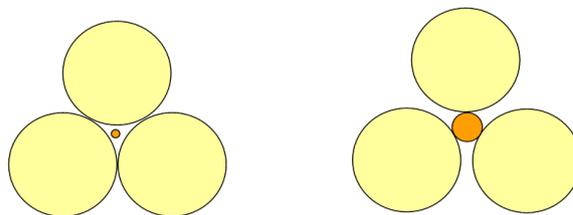


Figura 1: Efecto de aflojamiento.

El efecto pared consiste en que los agregados gruesos impiden que los finos puedan arreglarse de la forma más compacta, debido a que funcionan como paredes, evitando el libre arreglo espacial de los agregados finos. Ver Fig 2a y 2b.

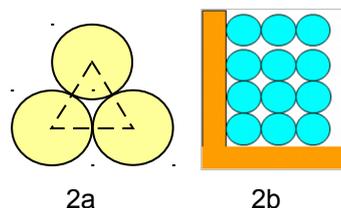


Figura 2: Arreglo de máxima compacidad (2a) versus Efecto Pared (2b)

Para la validación de los fenómenos de interferencia donde los agregados no responden a formas esféricas, es suficiente comparar la compacidad de los distintos esqueletos granulares mediante la medida del Peso Unitario Volumétrico (PUV). Fig 3.

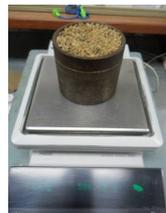


Figura 3: Determinación del Peso Unitario Volumétrico

Actualmente en el proceso productivo se efectúa el diseño de la mezcla mediante el uso de curvas granulométricas límite (máximas y mínimas) indicadas por el fabricante del equipo elaborador de bloques y adoquines de hormigón. Ver Fig. 4.

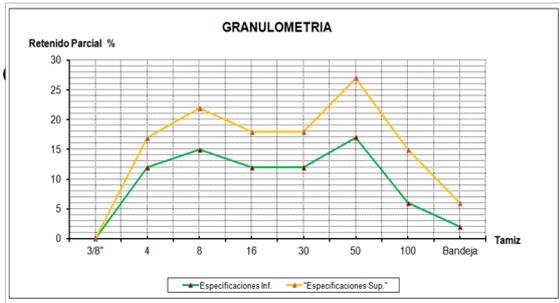


Figura 4: Curvas granulométricas límites

Mediante la utilización del modelo físico de los fenómenos de interferencia, extendemos el dominio a distintos tamaños, con mejoras en la densificación del esqueleto granular, y la conformación de mezclas trimodales.

Las diferentes propuestas logradas de la utilización del modelo físico se comparan con los resultados obtenidos del empleo de la dosificación de referencia, aplicada actualmente por la empresa en el proceso productivo para la elaboración de bloques de hormigón. Esta comparación se realiza mediante la utilización de indicadores de sostenibilidad, que a continuación se detallan:

- Uso de residuos (kg de agregado utilizados sin residuo (Filler)/m³ de hormigón),
- Costo Unitario para la Especificación de resistencia (\$/MPa)
- Consumo de Unitario Cemento para la Especificación de resistencia (kg de cemento/MPa)

RESULTADOS

Con los esqueletos granulares obtenidos de la utilización del modelo físico, fueron elaborados hormigones vibro-comprimidos, moldeando probetas prismáticas que permitieron determinar la resistencia a la compresión, costo y textura superficial, parámetros utilizados para la comparación de cada una de las mezclas. Ver Fig. 5.



Figura 5: Moldeo y ensayo de resistencia a la compresión.

En las tablas 1 y 2 se pueden observar los resultados obtenidos para cada uno de los

indicadores de sostenibilidad de las cinco mezclas consideradas aptas desde el punto de vista de la evaluación visual de la textura.

Tabla 1: Resultados Indicadores de Sostenibilidad

Identificación	[kg de agregado sin residuo (filler) / m ³ de hormigón]	[\$ /MPa]	[kg de cemento/MPa]
G + AM + F + Aditivo (0,95%)	1632,6	19,8	11,0
G + AM + F + Aditivo (0,20%)	1581,3	18,2	13,1
G + AM + AT	1816,4	23,2	17,7
G + AM + F	1537,8	20,6	16,2
G + AM	1816,9	26,6	20,4

Tabla 2: Resultados Indicadores de Sostenibilidad expresados en % respecto de la mezcla referencia

Identificación	[kg de agregado sin residuo (filler) / m ³ de hormigón] (*)	[\$ /MPa] (*)	[kg de cemento/MPa] (*)
G + AM + F + Aditivo (0,95%)	90	85	62
G + AM + F + Aditivo (0,20%)	87	79	74
G + AM + AT	100	100	100
G + AM + F	85	89	91
G + AM	100	115	115

(*) Los resultados indicados se encuentran expresados en % respecto de la propuesta de Planta.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos con los ensayos y materiales empleados en el presente trabajo, se puede concluir que:

- Es posible utilizar residuos provenientes de la trituración de agregados como relleno o "Filler", si se ajustan las fracciones granulométricas para maximizar la compacidad granular.
- Se puede disminuir el consumo de cemento de estas mezclas, sin perjuicio de sus propiedades físico-mecánicas. Se reduce así la emisión de Gas de Efecto Invernadero, el consumo de combustibles fósiles y el empleo de recursos no renovables
- Al reemplazar parcialmente el uso de agregados naturales por fracciones residuales, se preservan también recursos no renovables, así como necesidades de transporte.
- Es factible alcanzar un estándar de calidad superior a la mezcla industrial de referencia.
- La mezcla optimizada demostró ser más económica, con menor impacto ambiental permitiendo la valoración de recursos locales, que favorecen el desarrollo social en el entorno del emprendimiento productivo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Datos de la Industria Argentina del Premoldeado vibrocomprimido de hormigón. Fuente AABH Asociación Argentina del Bloque de Hormigón, fecha (20-feb-2013).
- [2] Powers, T.C. Some analytical aspects of fresh concrete. Cement, Lime and Gravel. Feb/March 1966, pp 29-36 and 67-73. (1966).