

GESTION Y VALORIZACION DE AGREGADOS RECICLADOS DE HORMIGON EN OBRAS VIALES

MANAGEMENT AND VALUATION OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATES IN ROAD WORKS

M. E. Sosa¹, C. J. Zega¹

¹ LEMIT, CONICET, 52 e/121 y 122, 1900 La Plata, Argentina

RESUMEN

En Argentina, la utilización del agregado grueso reciclado para la elaboración de hormigón estructural está contemplada en un pliego de especificaciones técnicas de Vialidad Nacional y en la Norma IRAM 1531. En el ámbito de la Dirección de Vialidad de Buenos Aires, la utilización está permitida en hormigón pobre. Así mismo, el uso del AR tanto fino como grueso se encuentra contemplado en el Proyecto de Reglamento CIRSOC 200-2023, actualmente en discusión pública. A pesar de ello, existe escasa documentación sobre la forma en que estos residuos deben gestionarse, como así también sobre las especificaciones técnicas de obras en los que estos agregados se hayan utilizado. En este trabajo se resenta un relevamiento de la situación actual respecto al uso de residuos de hormigón en obras viales, abordando el estudio sobre las licitaciones realizadas durante el último año. Del análisis realizado surge que no es claro el destino final de los residuos generados, a la vez que hay una sub-valorización de las propiedades del material recuperado en aquellos casos que contemplan su utilización.

Palabras clave: residuo de hormigón, agregado reciclado, gestión, especificación técnica

ABSTRACT

In Argentina, the use of recycled coarse aggregate for the production of structural concrete is contemplated in a technical specifications sheet of the National Highway Administration and in the Standard IRAM 1531. Within the scope of the Buenos Aires Highway Directorate, the use is allowed in poor concrete. Likewise, the use of both fine and coarse RA is contemplated in the CIRSOC Draft Regulation 200-2023, currently under public discussion. Despite this, there is little documentation on the way in which this waste should be managed, as well as on the technical specifications of road works in which these aggregates have been used. This work presents a survey of the current situation regarding the use of concrete waste in road works, addressing the study of the tenders carried out during the last year. From the analysis carried out surge that the final destination of the waste generated is not clear, while there is an undervaluation of the properties of the recovered material in those cases that contemplate its use.

Keywords: concrete waste, recycled aggregate, management, technical specification

1.- INTRODUCCIÓN

La magnitud de la degradación del ambiente y la crisis climática asociada constituyen desde hace algunos años uno de los temas más urgente en la agenda mundial [1]. La búsqueda de estrategias que permitan reducir la huella ambiental en todas las actividades humanas resulta una necesidad urgente e ineludible para sostener la viabilidad de la vida humana en el planeta en los años venideros [2].

La industria de la construcción es una de las más contaminantes a nivel global, representando alrededor del 28% del total del CO₂ emitido [3]. En Argentina, el sector de la construcción es el tercero en emisiones de CO₂ [4]. Una de las estrategias ineludibles para reducir la huella ambiental del sector de la construcción es la disminución y utilización de los residuos de construcción y demolición (RCD) generados [2,5]. Esta práctica genera un doble beneficio ambiental, disminuye los volúmenes de residuos depositados en vertederos y la demanda de materias primas naturales a las cuales reemplazan.

Desde hace varios años, la explotación de agregados naturales supera ampliamente las cantidades aceptables para las cuales puede alcanzarse la sostenibilidad [8-11]. A nivel mundial, aproximadamente 48,3 billones de toneladas de arena y roca fueron utilizadas en el sector de la construcción ya en el año 2015 [6], de las cuales un 30% (aprox. 14,3 billones) se utilizaron en la elaboración de hormigón [7]. Asimismo, la extracción indiscriminada de las arenas de río se ha exacerbado en los últimos años causando una reacción en cascada, potenciando los efectos de tsunamis e interviniendo negativamente en la pesca y los cultivos, al mismo tiempo que ha llevado a la salinización del agua [9-12].

La disminución de los RCD también resulta necesaria. Estimaciones de diversos países reflejan que entre el 25 y el 67% del total de los residuos sólidos generados corresponden a RCD [13-16].

Si bien los RCD son en general considerados inertes, diversos estudios han informado acerca de emisiones gaseosas y contaminación potencial del agua subterránea por lixiviado en vertederos [17-19].

En Argentina, la gestión y valorización de los RCD se encuentra específicamente mencionada en los Objetivos de Desarrollo Sustentable 2030 (ODS 2030). A pesar de ello pocos avances se han desarrollado en la materia. Desde el punto de vista legal los RCD son considerados por ley (N° 24051/91 y N° 25916/04) como residuos no especiales, siendo cada municipio el encargado de regular su gestión. No obstante, pocos municipios poseen algún tipo de regulación referente a los RCD, y en los escasos casos que poseen se indican sitios en los que está prohibido verter el residuo. La falta de una gestión regulada conlleva a la proliferación de vertederos clandestinos e impide una cuantificación fehaciente de los volúmenes generados [20]. Al respecto, las únicas estadísticas integrales disponibles sobre la generación de RCD provienen del Observatorio Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU). En su último informe de gestión se indica que sólo el 3% del total de residuos sólidos generados corresponde a RCD. Este número contrasta fuertemente con lo indicado a nivel global (entre 25 y 67%) y invisibiliza la magnitud de la problemática.

Los RCD que presentan una mayor potencialidad técnica, medioambiental y económica para su recuperación y utilización son los provenientes de hormigones de desecho. Luego de un proceso de trituración y separación por tamaños se obtienen los denominados comúnmente agregados reciclados (AR) (Fig. 1), los cuales son mayormente utilizados en reemplazo del agregado natural en bases y sub-bases de caminos y, en menor medida, para la elaboración de hormigones.

A nivel mundial la viabilidad técnica del uso de agregado grueso reciclado (AGR) en el ámbito vial es indiscutida [21-24]. Numerosos estudios tanto

de laboratorio [25-27] como de campo [21,28-29] han concluido que sub bases ligadas y no ligadas y bases elaboradas tanto con reemplazo parcial como total del agregado grueso natural por AGR han mostrado un desempeño similar al obtenido al utilizar agregado natural y/o han cumplido con lo establecido en las especificaciones técnicas. Respecto al uso en hormigones para capas de rodadura, los resultados de los estudios indican que la inclusión de AGR conlleva a un menor desempeño de los hormigones reciclados en comparación con el hormigón convencional [30]. En Argentina el uso de los AR para la elaboración de hormigones se encuentra contemplado en la Norma IRAM 1531 (Agregado grueso para hormigón de cemento), en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón con Aporte de Hormigón Reciclado de Vialidad Nacional (VN) [31] y en el Pliego Único de Especificaciones Técnicas Generales (PUETG) de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (DVBA) [32]. En los dos primeros casos se permite el uso del agregado grueso reciclado (AGR) en la elaboración de hormigón estructural, en tanto que en el PUETG se contempla el empleo de dicha fracción para la elaboración de hormigón no estructural para bases de caminos. El uso del agregado fino reciclado (AFR) no se encuentra contemplado en ninguna de las normativas vigentes. No obstante, se encuentra en tratamiento su inclusión en la Norma IRAM 1512 (Agregado fino para hormigón de cemento). Así mismo, el Proyecto de Reglamento CIRSOC 200-

2023, actualmente en discusión pública, prevé el empleo de hasta un 30% de AR en la elaboración de hormigón, independientemente de la fracción considerada (AGR o AFR), aunque no de manera conjunta.

Pese a ello, en Argentina existe poca a nula documentación que contemple la regulación, gestión, procesamiento y utilización de los ARs. La carencia de dicha documentación no sólo imposibilita dimensionar la magnitud de los volúmenes generados de estos residuos, sino que además incrementa la cantidad de material que es enviado a vertederos (al carecer de guías para su utilización) o es depositado de manera ilegal. En particular, la gestión de RCD desde el sector público es prácticamente nula, y en aquellos municipios que disponen de alguna ordenanza la misma remite a la prohibición de verter dichos residuos en sitios determinados.

La falta de regulación, normativa y especificaciones de uso es una de las principales barreras para la valorización de los RCD [33]. La implementación de leyes, normativas y guías de especificaciones de uso han incrementado significativamente la utilización de RCD en la Unión Europea.

En este trabajo se presenta un análisis de la situación actual respecto de la gestión y valorización de RCD proveniente de la trituración de hormigones en base a pliegos de especificaciones de VN y DVBA.

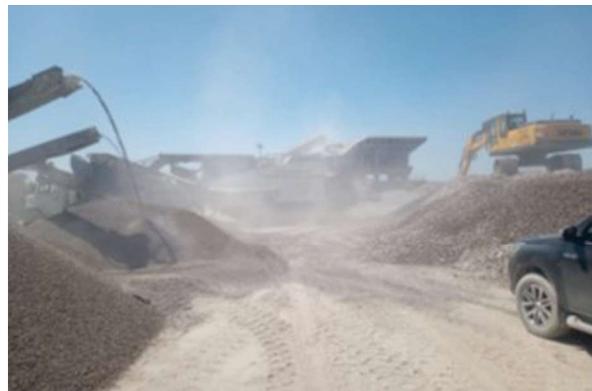


Figura 1. Planta de generación de ARs.

Normativa sobre utilización de AR en Argentina

La Norma IRAM 1531 establece los requisitos y métodos de ensayos con que debe evaluarse el agregado grueso y los respectivos límites que debe cumplir para ser utilizado en la elaboración de hormigón. En el cuerpo de la norma se define al agregado grueso reciclado (AGR) como un agregado obtenido a partir de la trituración de hormigones compuesto por agregado natural y mortero en proporción no menor al 95%. Este agregado puede ser utilizado en un porcentaje máximo de 20% en la elaboración de hormigón, en conjunto con agregado grueso natural (en porcentaje no menor al 80%), siempre que el conjunto de agregados cumpla con los requisitos impuestos en la norma. Por consiguiente, el único requisito que se le impone al AGR en sí mismo es su composición.

En el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón con Aporte de Hormigón Reciclado [31] también se contempla el uso de AGR para la elaboración de hormigón. El porcentaje permitido de AGR es 20%, pudiendo incrementarse hasta en un 5% con autorización del inspector de Obra. Contrariamente a lo que establece la Norma IRAM 1531, en este

caso es el AGR en su totalidad el que debe cumplir con los límites establecidos en la citada norma. Adicionalmente, el pliego limita otras propiedades del AGR en función del tránsito previsto, como puede observarse en la Tabla 1.

Por otra parte, en la Figura 2 se presentan valores de desgaste “Los Ángeles” tomados de la literatura, para AGR y su correspondiente AGN de referencia. Es de notar que en algunos casos se reportaron incrementos mayores al 222% con respecto al desgaste del AGN, aunque también se observan datos en los que el desgaste del AGR es incluso menor que el del AGN de referencia. A pesar de ello, estas situaciones no son contempladas en los pliegos mencionados.

De acuerdo a la clasificación de tránsito indicada en Tabla 1, y con base en los valores reportados en la literatura (Fig.2), la mayoría de los AGRs no podrían utilizarse en pavimentos de tránsito T1.

El uso del desgaste “Los Angeles” como limitante para la utilización del AGR es común en otras especificaciones. En la Tabla 2 se presentan los valores máximos de dicho parámetro admitido en diferentes países para la construcción de bases o sub bases de pavimentos.

Tabla 1. Requisitos al AGR en función del tipo de tránsito, según el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón con Aporte de Hormigón Reciclado de Vialidad Nacional.

Ensayo	Norma IRAM	Exigencia			
		T1	T2	T3	T4
Contenido de carbonato de calcio en forma de conchillas marinas	1649	≤ 2%			
Índice de lajas	1687-1	≤ 25%	≤ 25%	≤ 30%	≤ 30%
Coefficiente de desgaste “Los Ángeles”	1532	≤ 25%	≤ 30%	≤ 35%	≤ 40%
Coefficiente de pulimento acelerado	1543	≥ 40%			
Polvo adherido	1883	≤ 1%			
Material fino que pasa tamiz IRAM 75µm	1540	≤ 1,5%			
Micro Deval	1762	≤ 20%			

Tabla 2. Desgaste máximo del AGR para bases y sub bases de camino en diferentes países.

País	Desgaste máximo admitido del AGR (%)	
	Base	Sub base
Australia	30	45
Finlandia	28	---
Portugal	40	45
Dinamarca	35	40
Francia	35	45

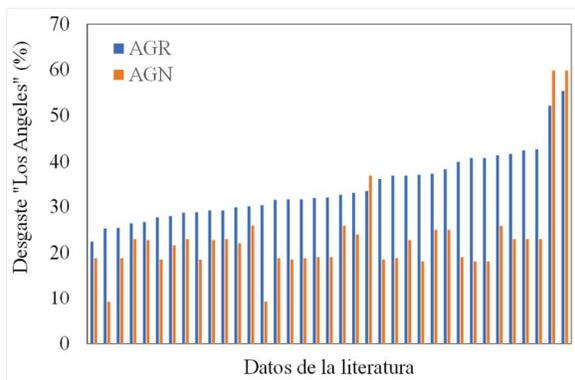


Figura 2. Desgaste “Los Angeles” de AGRs y AGNs recopilados de la literatura.

De acuerdo a Tunc y Alyamac [34], el ensayo de desgaste no puede vincularse directamente a la resistencia a compresión de los hormigones elaborados, ya que la relación a/c y la mineralogía del AGN utilizado ejercen una mayor influencia sobre la misma. De igual modo, en las normas que regulan el uso del AGR en la elaboración de hormigones no se utiliza la resistencia al desgaste “Los Ángeles” como indicador de la calidad del AGR, sino que lo hacen a partir de la absorción de agua (HB 155, JIS A 5021/23, EN 1097, DIN 4226-100, EHE 08-2000, etc.).

Análisis de PET de obras viales con residuos de hormigón

Del análisis de los Pliegos de Especificaciones Técnicas Particulares (PETP) de obras en

licitación o licitadas de Vialidad Nacional del año en curso (disponibles en www.argentina.gob.ar), se observó que ninguno de ellos refiere al Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón con Aporte de Hormigón Reciclado. En su lugar, en los ítems relacionados a la demolición de pavimento, se alude al cumplimiento de lo establecido en el Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales - MEGA II [35], en el cual se establece que:

- *El contratista deberá identificar y cumplir con los requerimientos de la legislación ambiental nacional, provincial o municipal correspondiente a la zona de ejecución de obra.*

- *El contratista queda obligado a retirar de la zona del camino todos los materiales provenientes de las demoliciones, procediendo siempre de acuerdo con las órdenes que al efecto disponga la supervisión.*

- *El contratista (...) en lo posible empleará el material para rellenar yacimientos temporarios, o en la construcción de terraplenes si fuera apto para ese uso. Siempre se deberá recubrir con una capa de suelo.*

- *El contratista deberá acordar con el supervisor los lugares de depósito de los materiales de demolición fuera de la zona del camino cumpliendo con todas las disposiciones contractuales, nacionales, provinciales o municipales vigentes sobre el particular. Se deberá seleccionar una*

localización que no perjudique a terceros, sus actividades y los componentes de los ecosistemas aledaños y no modifique sustancialmente las condiciones del medio receptor.

De acuerdo a dicho manual, salvo que la supervisión de obra disponga lo contrario, el único destino posible para los AGR sería el relleno de yacimientos o la construcción de terraplenes. Tal situación no resulta sorprendente por cuanto el Pliego de Especificaciones Ambientales data del año 2007 [35], mientras que el pliego que contempla el uso de material reciclado es del año 2017.

En el ámbito de la provincia de Buenos Aires, el PUETG permite específicamente el empleo de AGR para la elaboración de hormigón pobre para base de caminos. Para tal fin, en el Capítulo 3 Sección 6 de dicho pliego (Sub bases y Bases, Construcción de bases de hormigón pobre) se establece que el único requisito impuesto al AGR es el tamaño máximo nominal (menor a 1/3 del espesor de la losa a construir).

22

En cuanto al uso del AGR para estabilizados granulares, el PUETG de DVBA establece para tal fin el uso exclusivo de agregado pétreo virgen. No obstante, en los PETP de licitaciones públicas pueden encontrarse diversos casos en los que tal uso es permitido. A modo de ejemplo se citan las diferentes variantes en que el uso del AGR es allí considerado, tanto para su generación como para su valorización.

Demolición, trituración y retiro del material

Hasta el año en curso se contemplaban diferentes formas de abordar la demolición. En algunos casos se establecían que la demolición de losas debía realizarse "mediante percusión con herramientas mecánicas livianas, operando desde el centro hacia los bordes". Respecto al material se establecía que: "Quedarán en propiedad de la Dirección, los elementos materiales provenientes de las remociones, las que deberán ser retirados a

exclusiva cuenta del contratista y colocados donde lo indique la inspección, hasta una distancia máxima de 10 Km. Su transitoria permanencia no deberá obstaculizar los trabajos de la obra ni ocasionar daños o molestias a terceros."

Otros pliegos, por su parte, disponían que:

"Se procederá a la demolición y posterior trituración de la totalidad de las losas que componen el pavimento existente. El material, producto de la demolición y trituración, será utilizado como parte integrante del estabilizado granulométrico que compone la base del nuevo pavimento a ejecutar. El hormigón producto de la demolición, deberá ser triturado y será utilizado por el Contratista como parte componente del ítem "Estabilizado granulométrico", en el tamaño máximo que exija la correspondiente especificación técnica particular del mencionado ítem."

A partir del año 2023 se observa una homogeneización respecto a los textos en los PETP de obra cuando se contempla la demolición de losas de pavimentos de hormigón. En tal sentido, se establecen los mismos equipos para la demolición que en versiones anteriores, en tanto que se observan cambios en los textos del procedimiento de trituración, tal como se indica a continuación:

"El hormigón producto de la demolición, deberá ser triturado con un tamaño máx. de 2" y podrá ser utilizado por el Contratista como parte componente de otro ítem o ser entregado y transportado hasta una distancia de 20 Km a Dependencias de la Repartición o Entes que ella disponga, en el tamaño máx. indicado. El equipo a utilizar en dicha demolición podrá ser martillo neumático por compresor o martillo de percusión adicionado a mini-retroexcavadora o retroexcavadora. La rotura in situ del pavimento se realizará con uno o ambos tipos de equipos, a criterio de la Inspección, quedando prohibido el empleo del pílón de impacto".

Valorización del residuo

Como se mencionó anteriormente, en el PUETG solo se contempla el uso de AGR en la elaboración de bases de hormigón pobre. Sin embargo, en los PETP del 2023 no se permite el uso de AGR en la elaboración de hormigón pobre, ya que expresamente se establece que son de aplicación los métodos constructivos, materiales, controles y tolerancias contempladas en el PUETG, Capítulo IV - Sección 8 (Pavimentos, construcción de calzadas de hormigón de cemento portland). En dicho apartado se establece que:

"El agregado grueso estará constituido por roca triturada (piedra partida), quedando prohibido el uso de canto rodado natural o triturado"

"Todos los materiales componentes del hormigón, en el momento de su ingreso a la hormigonera, deberán cumplir las exigencias y condiciones que se establecen en el CIRSOC 201 (Versión 2005), salvo indicación en contrario en estas especificaciones o documentos del proyecto"

Puesto que la versión 2005 del mencionado reglamento no contempla el uso de ARs, la práctica de utilización de los mismos está tácitamente desalentada aun cuando en el Capítulo 3 Sección 6 del PUETG se habilita el uso de ARs para hormigón no estructural.

Entre los posibles usos contemplados en los PETP para los AGR, de manera específica en dos de ellos se contempla y admite el uso de AGR en otros ítems como material de aporte para el estabilizado granular. Las especificaciones en ambos PETP son homogéneas y establecen los requisitos que deben cumplir el agregado reciclado, la dosificación tentativa de la mezcla y los requisitos a cumplir por la misma.

Respecto de los requisitos de los agregados, se establece que deben estar libres de sustancias extrañas y evitarse su segregación, el tamaño de partículas debe estar comprendido entre 6 y 30 mm, y poseer un desgaste "Los Ángeles"

inferior a 50 %.

En relación a la dosificación sugerida, ambos pliegos establecen incorporar como mínimo un 60% de AGR. La mezcla debe cumplir con la granulometría indicada en los pliegos, un valor soporte California Método Dinámico Simplificado (Norma de VN-E6-84) de la fracción menor a 19 mm previo a la incorporación del ligante superior al 80% y un hinchamiento volumétrico inferior al 0,5%. La resistencia a compresión de la mezcla a 7 días debe ser superior a 35 kg/cm² y no superar los 50 kg/cm².

Respecto al equipamiento a utilizar para la trituración, los PETP establecen que:

"La Planta Trituradora de hormigón, podrá ser ambuloperante o fija en Obrador y con capacidad suficiente para triturar hormigón de pavimento a un Tamaño máximo de 37,5 mm dentro de las previsiones del plan de trabajos propuesto, sin interrupción del rimo de las tareas".

Asimismo, se establece también el método constructivo a emplear para la realización de la base de estabilizado granular con el aporte de agregado reciclado.

En la página de la DVBA se encuentran (a julio del 2023) los PETP de 42 licitaciones. De entre ellas, 12 incluyen entre sus ítems la demolición de losas de pavimentos de hormigón, tal como se observa en la Tabla 3. Sin embargo, sólo dos de los PETP contemplan la reutilización del AGR como material de aporte para la base de estabilizado granular. Sobre la base de la superficie de losas de pavimento de hormigón a demoler en las obras contempladas en dichos pliegos, los residuos de hormigón generados superan las 135 mil toneladas, de las cuales casi 33 mil toneladas de material serían recuperadas y reutilizadas. Como consecuencia, se obtiene un remanente de residuos de hormigón de alrededor de 102 mil toneladas, cuya disposición final es incierta.

Si bien se ha intentado en reiteradas ocasiones

Tabla 3. Pliegos que incluyen demolición de pavimento de hormigón.

Pliego	Hormigón a demoler (m ²)	Hormigón demolido* (tn)	Contempla reutilización del AGR	Material potencialmente recuperado** (tn)
202102031623100	8310,87	4205	No	--
202306081349180	57141	28913	Si	14644
202303081410480	270	137	No	---
202208111425040	52361	26495	Si	18187
202303231540000	5280	2672	No	---
202306081349180	14500	7337	No	---
202306081350240	32600	16496	No	---
202306211152110	39000	19734	No	---
202306211152520	20000	10120	No	---
202306261411190	20400	10322	No	---
202306261415330	2829	1431	No	---
202306301150570	23900	12093	No	---
Total	268281	135750	No	32.831

obtener información sobre el destino del material remanente, tanto a través de la autoridad competente como de las empresas adjudicatarias de las obras, hasta el momento de la publicación de este trabajo no se ha tenido éxito al respecto. Un ejemplo de ello lo constituye la obra de repavimentación de la Ruta Provincial N°6. En este caso, a pesar de no encontrarse contemplado en el PETP de la licitación de la obra, se tiene conocimiento que el pavimento de hormigón demolido (Fig. 3), fue triturado y utilizado como AGR para material de aporte en la base granular. Así como en este caso, es posible que en otras obras viales se produzca una situación similar, que al desconocerse hace imposible tomar conocimiento de las condiciones de empleo del material recuperado, así como de su posterior desempeño en servicio. Por tal motivo, resulta necesario que las experiencias de obra realizadas en la valorización del material se registren y divulguen a fin de incrementar los conocimientos del desempeño del material y poder propiciar así su reutilización.

Un ejemplo de ello lo constituye la obra de repavimentación de la pista de aterrizaje 13-31 del Aeroparque Jorge Newbery realizada en el año 2011. El material allí recuperado, unas 28.800 toneladas de hormigón fueron trituradas y reutilizadas como agregado en la elaboración de hormigón (Fig. 4). Tal práctica representó un ahorro de 218 tn de CO₂ solo al considerar las emisiones que representaría transportar la misma cantidad de agregados naturales desde la fuente de producción (Olavarría) hasta la zona de uso (CABA). Así mismo, al utilizar ARs en la fórmula de más despacho de la hormigonera se logró un ahorro de aproximadamente 5,8% en el costo del hormigón [36]. Resulta evidente que la utilización de residuos no solo representa beneficios ambientales, sino que también conlleva menores costos asociados a la reducción de las distancias de transporte.



Figura 3. Desecho de pavimento de hormigón en Ruta Provincial N° 6.



Figura 4. Generación de AR procedente de la demolición de pista de aterrizaje en Aeroparque Jorge Newbery. (Adaptado de [36]).

Una consideración interesante que surge del estudio de los PETP analizados es que a pesar que la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires posee un Pliego de Especificaciones Técnicas Ambientales Generales (PETAG), los PETP citan en las especificaciones complementarias referentes al impacto ambiental al Manual Operativo del Programa Caminos Provinciales, Volumen 3, del año 1995. En el mismo, en la temática relativa al manejo de escombros se establece que:

"Se deberá seleccionar una localización adecuada y rellenar con capas horizontales que no se elevarán por encima de la cota del terreno

circundante. Se deberá asegurar un drenaje adecuado y se impedirá la erosión de los suelos allí acumulados. Los materiales gruesos deberán recubrirse con suelos finos que permitan formar superficies razonablemente parejas. Los taludes laterales no deberán ser menos inclinados que 3:2 (H-V) y se deberán recubrir de suelos orgánicos, pastos u otra vegetación natural de la zona"

En referencia al reciclado de materiales, en dicho manual operativo se puede encontrar sólo aspectos relativos a plantas asfálticas, estableciéndose que: "Reciclado de materiales. El reciclado de

pavimentos es ventajoso ya que esa práctica evita la mayor extracción de agregados y su transporte" Si bien esta misma observación resulta válida para pavimentos de hormigón, no se encuentra explícitamente referenciado en el manual.

CONSIDERACIONES FINALES

La valorización de RCD está específicamente contemplada en los ODS 2030, tanto a nivel nacional como a nivel provincial. Sin embargo, es evidente la falta de abordaje de la problemática en el ámbito público. En particular, en las direcciones de Vialidad Nación y Provincia, a pesar de ser una práctica contemplada en los pliegos de especificaciones técnicas generales, existe una falta de correlación con lo establecido en los PETP de las obras licitadas y/o en licitación tanto en el año en curso como en años anteriores.

En el caso de Vialidad Nacional no se encuentran licitaciones en las que se contemple la utilización del material triturado de pavimentos de hormigón, o bien se indique con claridad el destino de los mismos. Simplemente se alude a que se dispondrá donde indique la supervisión o bien, si es posible, se utilizará el material para el relleno de yacimientos temporarios o en la construcción de terraplenes, recubriéndose en todos los casos con una capa de suelo. Tal situación representa la sub valoración del material recuperado, por cuanto son concluyentes los estudios que indican que el mismo se puede utilizar como reemplazo del agregado natural tanto para la generación de sub bases granulares como para la elaboración de hormigón.

Vialidad Provincia de Buenos Aires contempla en su PUETG el uso de la fracción gruesa del material triturado de pavimento de hormigón para la elaboración de hormigón pobre. Sin embargo, de las licitaciones analizadas surge que en ningún caso en los PETP se habilita el material para tal fin, y solo en algunos casos se contempla la utilización como material de aporte para estabilizado granular. Si bien esto representa un avance respecto a

la valorización del material recuperado, del análisis de las licitaciones contemplando solo el hormigón de desecho proveniente de la trituración del pavimento (no se contempla el hormigón proveniente de la demolición de cordones cunetas ni de obras de arte), se generan aproximadamente 135 mil toneladas de material, de los cuales se estaría en condiciones de utilizar aproximadamente 33 mil toneladas. El material restante tiene destino incierto, y considerando que se indica que el mismo se dispondrá donde lo indique la repartición, se desconoce el destino final de los mismos o si fue utilizado por el contratista en otro ítem, sin más precisiones al respecto y sin que ello conste en documentación pública accesible.

En el mismo sentido, cabe mencionar que ambas vialidades poseen pliego de especificaciones generales ambientales (en Vialidad Provincia data del año 1995 en tanto que en Vialidad Nacional la última actualización fue en el año 2007), a pesar de lo cual los PETP hacen referencia a manuales previos a la confección del pliego. No obstante, tanto si se considera el pliego como los manuales precedentes, es notoria la falta de abordaje de las cuestiones relativas a la gestión de residuos en obra, la disposición final y/o utilización, indicadores, medidas de mitigación, etc. Los pliegos en que se abordan dichas temáticas son antiguos y no contemplan los avances hechos en materia ambiental y mucho menos las estrategias planteadas en torno a los ODS 2030. Una adecuación urgente de los mismos parece más que pertinente teniendo en cuenta la magnitud de la crisis ambiental que transitamos.

Por último, remarcar la importancia de que existan registros de la utilización o destino final del material recuperado de las losas de pavimento y otros elementos de hormigón, y que los mismos sean de acceso público, hecho que permitirá dimensionar los volúmenes de material generado y recuperado, a la vez de tener un mayor conocimiento del desempeño de bases y sub bases construidas a partir del empleo del material recuperado.

REFERENCIAS

- [1] A/RES/76/300. El derecho humano a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible. Resolución Asamblea General Naciones Unidas.
- [2] IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- [3] Buildings GSR Full Report. (2022). Global Status Report for Buildings and Construction. Environment Programme. Naciones Unidas.
- [4] Crippa, M. et al., Guizzardi, D., Muntean, M. (2020). Fossil CO2 emissions of all world countries – 2020 Report. JRC121460, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 244 pp. <https://doi.org/10.2760/56420>.
- [5] COM/2014/0445. (2014). Resource Efficiency Opportunities in the Building Sector. Communication from the commission to the European Parliament.
- [6] Yehia, S., Helal, K., Abusharkh, A., et al. (2015). Strength and Durability Evaluation of Recycled Aggregate Concrete. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. 9, 219-239. <https://doi.org/10.1007/s40069-015-0100-0>
- [7] Global Cement and Concrete Association (2022). Our concrete future. <https://gccassociation.org/concretefuture/our-concrete-future/>
- [8] Sutherland, W.J., Butchart, S.H.M., Connor, B., et al (2017). A 2018 Horizon Scan of Emerging Issues for Global Conservation and Biological Diversity. *Trends in Ecology & Evolution*. 33 (1), 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.11.006>.
- [9] Torres, A., Brandt, J., Lear, K., et al. (2017). A looming tragedy of the sand commons. *Science* 357, 970–971. DOI:10.1126/science.aao0503
- [10] Best, J. (2018). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, 12 (1), 7-21. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0262-x>
- [11] Filho, W.L., Hunt, J., Lingos, A., et al (2021). The Unsustainable Use of Sand: Reporting on a Global Problem. *Sustainability*, 13 (6), 3356.
- [12] Bendixen, M., Hackney, C., Iversen, L.L. (2019). Time is running out for sand. *Nature*. 29-31. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02042-4>
- [13] Sáez PV, Merino M, del R, Porrás-Amores C. (2011) Managing construction and demolition (C&D) waste – a European perspective. In: International conference on petroleum and sustainable development, IPCBEE, Dubai, UAE, 27–31.

- [14] Akhtar, A., Sarmah, A.K. (2018). Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.085>
- [15] Gálvez-Martos, J.L., Istrate, L.R. (2020). Construction and demolition waste management. *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling*, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 51-68. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819055-5.00004-8>
- [16] Chen, K., Wang, J., Yu, B. et al. (2021). Critical evaluation of construction and demolition waste and associated environmental impacts: A scientometric analysis. *Journal of Cleaner Production*. 125071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125071>
- [17] Vitale, P., Arena, N., Di Gregorio, F., Arena, U. (2017). Life cycle assessment of the end-of-life phase of a residential building. *Waste Management*. 60, 311-321. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.002>.
- [18] Akanbi, L.A., Oyedele, L.O., Akinade, et al. (2018). Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. *Resources Conservation and Recycling*, 175-186. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026>
- [19] Alsheyab, M. A. T. (2021). Recycling of construction and demolition waste and its impact on climate change and sustainable development. *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03217-1>
- [20] Altamira C., Sosa M.E., Zega C., Reciclaje de los residuos de la construcción y demolición en Argentina, *Ciencia y Tecnología de los Materiales*, LEMIT, N° 8, (2018) 21-30.
- [21] Arm, M. (2001). Self-Cementing properties of crushed demolished concrete in unbound layers: Results from triaxial and field test. *Waste Management*. 21, 235-239.
- [22] Poon, C.S., Chan, D. (2006). Feasible use of recycled concrete aggregates and crushed clay brick as unbound road sub-base, *Constr. Build. Mater.* 20(8), 578–585.
- [23] Leite, F.d. C., Motta, R.d.S., Vasconcelos, K.L., Bernucci, L. (2011). Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements, *Construct. Build. Mater.* 25(6), 2972–2979.
- [24] Arulrajah, A., Piratheepan, J., Disfani, M.M., Bo, M.W. (2013). Geotechnical and geoenvironmental properties of recycled construction and demolition materials in pavement subbase applications, *J. Mater. Civ. Eng.* 25(8), 1077–1088.
- [25] Bestgen, J.O., Hatipoglu, M., Cetin, B., Aydilek, A.H., (2016). Mechanical and Environmental Suitability of Recycled Concrete Aggregate as a Highway Base Material. *Journal of Materials in Civil Engineering* 28, 04016067. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001564](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001564)
- [26] Ardalan, N., Wilson, D.J., Larkin, T.J., (2020). Analyzing the Application of Different Sources of Recycled Concrete Aggregate for Road Construction. *Transportation Research Record* 2674, 300–308.

- [27] Cabrera, M., López-Alonso, M., Garach, L., Alegre, J., Ordoñez, J., Agrela, F., (2021). Feasible Use of Recycled Concrete Aggregates with Alumina Waste in Road Construction. *Materials* 2021,14(6), 1466. <https://doi.org/10.3390/MA14061466>
- [28] Edil, T.B. (2017). A Review of Recycled Aggregates (RAP and RCA) as Unbound Base Course Material for Sustainable Highway Construction, in: *Congrès International de GéotechniqueOuvrages–Structures*. Springer, 3–14. 10.1007/978-981-10-6713-6_1.
- [29] Engelsen, C.J., van der Sloot, H.A., Petkovic, G. (2017). Long-term leaching from recycled concrete aggregates applied as sub-base material in road construction. *Science of The Total Environment* 588, 94–101. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.02.052>
- [30] Cutell, G.D., Snyder, M.B., Vandenbossche, J.M., Wade, M.J. (1997). Performance of rigid pavements containing recycled aggregates. *Transportation Research Record*, 1574, 89-98. <https://doi.org/10.3141/1574-12>
- [31] Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Pavimentos de Hormigón con Aporte de Hormigón Reciclado de la Dirección de Vialidad Nacional (2017). Ministerio de Transporte, Vialidad Nacional.
- [32] PUETG 2019. Pliego Único de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires. Dirección de Vialidad.
- [33] EEA 2020. Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy. Report of European Environmental Agency. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges>
- [34] Tunc, E.T., Alyamac, K.E. (2020). Determination of the relationship between the Los Angeles abrasion values of aggregates and concrete strength using the Response Surface Methodology. *Construction and Building Materials*. 260, 119850. [aggrehttps://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119850](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119850)
- [35] MEGA II. (2007). Manual de gestión y evaluación ambiental de obras viales. Ministerio de Planificación Federal, Secretaria de Obras Públicas, Dirección Nacional de Vialidad.
- [36] Gerber, F.Q. (2018). Utilización de agregados reciclados a escala industrial: evolución y aprendizaje de 8 años en el hormigón elaborado. *Workshop Gestión y Valorización de Residuos de Construcción y Demolición*. LEMIT, La Plata, Argentina.