

The Eglinton LRT: How to Make a Big Impact with a Smaller Carbon Footprint

by Stacia Van Zetten and Jolene McLaughlin

The Eglinton Crosstown Light Rail Transit (ECLRT) is part of Metrolinx's regional transportation plan, The Big Move, and is one of the first large-scale transit projects for the Toronto, ON, Canada area. ECLRT will provide fast, dependable, and comfortable transit along Eglinton Avenue, helping to reduce congestion while integrating transit services.

Since January 2014, a joint venture (JV) known as Crosslinx Transit Solutions Constructors (CTSC) and comprised of EllisDon Corporation, Aecon Group Inc., ACS – Dragados, and SNC Lavalin Group Inc., is responsible for the project design and construction. Upon completion, ECLRT will connect east and west Toronto with 25 stations along a dedicated route, helping users cross the city 60% faster than by bus or car.

The completed project will contribute to reducing significant greenhouse gas (GHG) emissions by taking cars off the road and lessen the need for diesel buses. In addition, the project provided opportunities for further GHG emissions reductions during the construction process.

The project required over 500,000 m³ (654,000 yd³) of concrete (the equivalent of about 200 Olympic-size swimming pools) across the 25 stations and stops, tracks, signals, communications system, as well as a maintenance and storage facility. Concrete, with the constituent component cement being responsible for 8% of the world's GHG emissions,¹ has a significant carbon footprint. Therefore, reducing the emissions from the project's concrete provides a significant reduction potential in GHG emissions.

CTSC invested in valuable research to identify optimization opportunities in the concrete mixtures to maximize long-term durability of the massive placements while reducing carbon emissions. The use of a high-volume supplementary cementitious material (HVSCM) combined with state-of-the-art concrete sensor technology (EXACT Technology) helped the team meet the objectives for resilience and reduced emissions.

Increasing the Amount of Allowable SCM

The ECLRT project's concrete specifications included stringent requirements for maximum temperature and maximum temperature differentials to minimize thermal cracking of structural elements. CTSC enlisted EllisDon's Construction Sciences team to review the specifications and provide a thermal control plan for the project. A key mandate of the plan was to increase the amount of allowable supplementary cementitious materials (SCMs), which would reduce the heat released during the hydration process by reducing the portland cement content. The JV team invested in comprehensive testing to evaluate the SCM, in this case slag cement, at replacement levels ranging from 10 to 80% to understand the durability and performance impacts of decreasing the cement content. Results from the study, in combination with data from Europe and other jurisdictions, showed that the SCM at a 70% replacement value was optimal. Figure 1 shows the effects of various replacement levels on the heat of hydration and overall temperature rise through the curing process.²

The significant amount of mass concrete employed on ECLRT required careful consideration to manage the heat generated during the curing process. Codes and standards specify mass concrete elements as anything at least 1 m (3.3 ft) thick or elements subject to significant thermal stress, such as the finished walls and slabs at many of the stations, as shown in Fig. 2. All mass concrete mixtures generally have some percentage of SCMs to aid in heat reduction during the curing process. Until recently, this was often limited to less than 50% of SCMs; it is typical for specifications on projects similar to ECLRT to still carry this limit. However, because of the sheer volume of the mass elements for ECLRT, the SCM increase was critical to manage the internal heat gained during hydration and curing. Collaboration among CTSC, concrete suppliers, and Metrolinx was required to enable the use of an increased volume of SCM at what is considered high volumes.

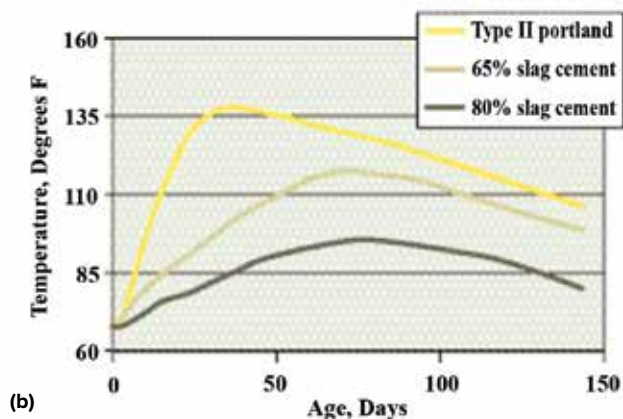
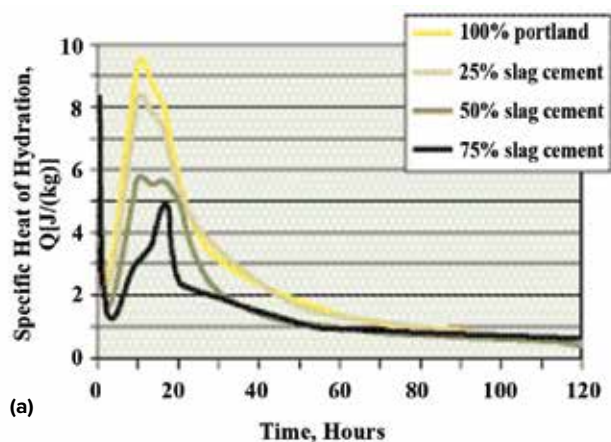


Fig. 1: Effect of slag cement on mass concrete: (a) heat of hydration; and (b) temperature rise²



Fig. 2: Multiple mass concrete placements at Eglinton LRT Station

The main project sponsor and overall owner of the project is Metrolinx; however, Infrastructure Ontario (IO) and the Toronto Transit Commission (TTC) are significant stakeholders in the project. As major public agencies, these organizations must consider the public safety and future maintenance of the project assets in their evaluation of any proposed innovations. An increase of the allowable SCM percentage in the design is only possible if it will not compromise the integrity of the project requirements as stipulated in the specifications. To support this, CTSC invested in further research, evaluating the impacts of various SCMs at a wide range of volumes to verify the impacts of changing the mixture designs. Ultimately, by working with the concrete suppliers, subcontractors, and the various stakeholders, CTSC confirmed that 70% replacement using slag cement was the optimal level to ensure the project would achieve its durability and performance requirements. After thorough investigation and verification of the performance of the HVSCM mixtures, all stakeholders agreed to increase the SCM use in most of the mass concrete elements.

Monitoring and Match Curing

Throughout the process, CTSC has used EXACT Technology (Fig. 3) to monitor the mass concrete placements, ensuring that the placements remain within the specified



Fig. 3: Temperature monitoring equipment was installed shortly before concrete placement

limits for maximum temperature and maximum temperature differential. Project teams were able to access critical data online on a 24/7 basis to make educated decisions for thermal control (for example, adding or removing thermal blankets or providing supplementary heat to the placed concrete as it cures) resulting in the most efficient element turnover.

EXACT's temperature sensors are also used to monitor in-place strength using maturity calculations as well as by communicating with remote curing boxes with strength test cylinders. In the latter application, the system allows the cylinders to experience the same temperatures as those resulting from the heat of hydration of the mass concrete placements. As a result, project teams can observe and monitor the higher concrete temperatures at early ages and rely confidently on highly representative strengths to advance critical activities, such as removing formwork or loading the elements. This offers contractors more control over the curing/

strengthening timelines resulting in optimal material use while achieving performance requirements without the added costs from having to apply additional heat during curing.

Benefits of Using HVSCM

SCMs are commonly used in concrete mixtures for everything from foundation walls to bridge decks. Mixtures with cement replacement levels exceeding 40% are considered HVSCM. Employing HVSCM not only results in more durable concrete that is less susceptible to temperature-driven compromise during hydration, but it is also significantly better for the environment because it greatly reduces concrete GHG emission intensity.

As with all materials, the GHG emissions intensity of any concrete mixture depends on the emissions intensity of each constituent. Emissions estimates presented in this article for the HVSCM mixtures used at ECLRT as compared to lower SCM replacement mixtures are based on current best practices and industry average emissions rates for concrete components as published in the Canadian Ready Mixed Concrete Association’s (CRMCA’s) environment product declaration (EPD) report.³ Figure 4 shows the impact to GHG emissions, specifically global warming potential (GWP), measured as carbon dioxide equivalents (CO₂e) when portland cement is replaced with SCMs.

By using 70% SCM (slag cement), CTSC was able to eliminate nearly 130,000 tonnes (143,300 ton) of CO₂e as compared to using a mixture with cement only. While all mass concrete mixtures have some percentage of SCM to aid in temperature control, the impact of increasing the volume of SCM is still significant. For context, the emissions reductions realized here are roughly the same magnitude as taking more than 28,000 passenger vehicles off the road for a year.

Environmental Savings with HVSCM

As Canada looks to meet aggressive emissions reduction targets, finding ways to reduce emissions in the concrete we use to build our cities and support systems is critical. The industry is investing in process improvements, including new technologies, to drive toward a zero-emission material. In the

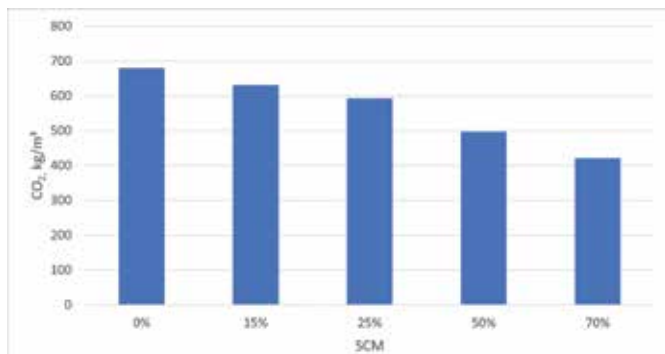


Fig. 4: Reductions in CO₂ emissions for various SCM contents in concrete mixtures. Calculated values are based on ZGF LCA Tool and the CRMCA industry average EPD (Note: 1 kg/m³ = 0.06 lb/ft³)

meantime, using HVSCMs and accurate monitoring tools can help realize meaningful incremental reductions.

Procurement authorities at all levels of government should focus on performance-based specifications that outline durability, structural integrity, and GWP limits while encouraging innovation. This will encourage market adoption of tools that will ensure adherence to performance requirements while reducing GHG emissions.

Over the coming decade, the U.S. and Canadian governments are poised to commit nearly three-quarters of a trillion dollars on large infrastructure projects comparable to the scope and magnitude of ECLRT. If these projects employ HVSCM, the resulting environmental benefits will be staggering—estimated carbon savings roughly the same amount as taking about 1.7 million passenger vehicles off the road for an entire year! HVSCM adoption across major infrastructure projects globally will deliver more robust infrastructure to the world at a fraction of the environmental cost while also improving the performance characteristics.

References

1. Lehne, J., and Preston, F., “Making Concrete Change: Innovation in Low-Carbon Cement and Concrete,” The Royal Institute of International Affairs, Chatham House, London, United Kingdom, June 2018, 122 pp., www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete.
2. “Reducing Thermal Stress in Mass Concrete,” Slag Cement Association, Farmington Hills, MI, 2013, 2 pp.
3. “CRMCA Member Industry-Wide EPD for Canadian Ready-Mixed Concrete,” Canadian Ready Mixed Concrete Association, Mississauga, ON, Canada, Jan. 6, 2017, 24 pp.

Selected for reader interest by the editors.



Stacia Van Zetten is the Chief Strategy Officer and Co-Founder of EXACT Technology. She is a structural engineer and has over 10 years of experience with a focus on concrete materials and construction. She serves on several committees of ACI, the International Concrete Repair Institute, and the Canadian Standards Association



Jolene McLaughlin has spent more than 12 years driving sustainability initiatives across various segments of the built environment. In her role as Director, Corporate Sustainability for EllisDon Corporation, she works to build partnerships across the industry that support carbon emissions reductions throughout the value chain, from the

materials used to onsite processes.

El Eglinton LRT: Cómo hacer un gran impacto con una huella de carbono más pequeña

por *Stacia Van Zetten y Jolene McLaughlin*

El Eglinton Crosstown Light Rail Transit (ECLRT) es parte del plan de transporte regional de Metrolinx, (The Big Move), y es uno de los primeros proyectos de tránsito a gran escala para el área de Toronto y Canadá. ECLRT proporcionará tránsito rápido, confiable y cómodo a lo largo de la Avenida Eglinton, ayudando a reducir la congestión mientras se integran servicios de tránsito.

Desde enero de 2014, un consorcio de empresas (CE) conocido como Crosslinx Transit Solutions Constructors (CTSC) y compuesta por EllisDon Corporation, Aecon Group Inc., ACS-Dragados, y SNC Lavalin Group Inc., es responsable del diseño y construcción del proyecto. Una vez finalizado, ECLRT conectará el este y el oeste de Toronto con 25 estaciones a lo largo de una ruta primordial, lo que ayudará a los usuarios a cruzar la ciudad un 60% más rápido que en autobús o automóvil.

El proyecto completo contribuirá a reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al sacar automóviles fuera de carretera y disminuir la necesidad de autobuses diésel. Además, el proyecto brindó oportunidades para más reducciones de emisiones de GEI durante el proceso de construcción.

El proyecto requirió más de 500,000 m³ (654,000 yd³) de concreto (el equivalente

a unas 200 piscinas olímpicas) a través de 25 estaciones y paradas, vías, señales, sistemas de comunicaciones, así como una instalación de mantenimiento y almacenamiento. El Concreto, con cemento como componente constituyente, siendo responsable del 8% de las emisiones de GEI del mundo,¹ tiene una huella de carbono significativa. Por lo tanto, reduciendo las emisiones del concreto del proyecto, proporciona una reducción potencial significativa en las emisiones de GEI.

CTSC invirtió en una valiosa investigación para identificar oportunidades de optimización en mezclas de concreto, para maximizar la durabilidad a largo plazo de colocaciones masivas mientras se reducen las emisiones de carbono. El uso de un material cementante suplementario de alto volumen (HVSCM) combinado con el estado del arte en tecnología de sensores para concreto (EXACT Technology) ayudó al equipo a cumplir los objetivos de resiliencia y reducción de emisiones.

Aumento de la cantidad de MCS permitida

Las especificaciones del concreto del proyecto ECLRT incluyeron requisitos estrictos para la temperatura máxima y diferenciales máximos de temperatura para minimizar el agrietamiento térmico de los elementos estructurales. CTSC contrató al equipo de EllisDon's Constructions Sciences para revisar las especificaciones

y proporcionar un plan de control térmico para el proyecto. Un mandato clave del plan fue aumentar la cantidad de materiales cementantes suplementarios permitidos (MCS), lo que reduciría el calor liberado durante el proceso de hidratación al reducir el contenido de cemento portland. El equipo CE invirtió en pruebas integrales para evaluar el MCS, en este caso cemento de escoria, a niveles de reemplazo que van del 10% al 80% para comprender los impactos en durabilidad y rendimiento de la disminución de contenido de cemento. Los resultados del estudio, en combinación con los datos de Europa y otras jurisdicciones, mostraron que el MCS con un valor de reemplazo de 70% fue óptimo. La figura 1 muestra los efectos de varios niveles de reemplazo en el calor de hidratación y el aumento general de la temperatura a través del proceso de curado.²

La cantidad significativa de concreto masivo empleada en ECLRT requirió una cuidadosa consideración para el manejo del calor generado durante el proceso de curado. Los códigos y estándares especifican elementos de concreto masivo como todos aquellos de al menos 1 m (3.3 pies) de espesor, o elementos sujetos a esfuerzos térmicos significativos, como las paredes y losas completadas en muchas de las estaciones del proyecto, como se muestra en la Fig. 2. Todas las mezclas de concreto masivo generalmente tienen cierto porcentaje de MCS para contribuir en la reducción de calor durante el proceso de curado. Hasta hace poco, esto se limitaba a menudo a menos de 50% de MCS; es típico que especificaciones de proyectos similares a ECLRT sigan manteniendo este límite. Sin embargo, debido al gran volumen de masa de ECLRT, el aumento de MCS fue crítico para manejar el calor interno durante la hidratación y el curado. La colaboración entre CTSC, los proveedores de concreto, y Metrolink fue necesaria para permitir el uso de un mayor volumen de MCS en lo que es considerado altos volúmenes.

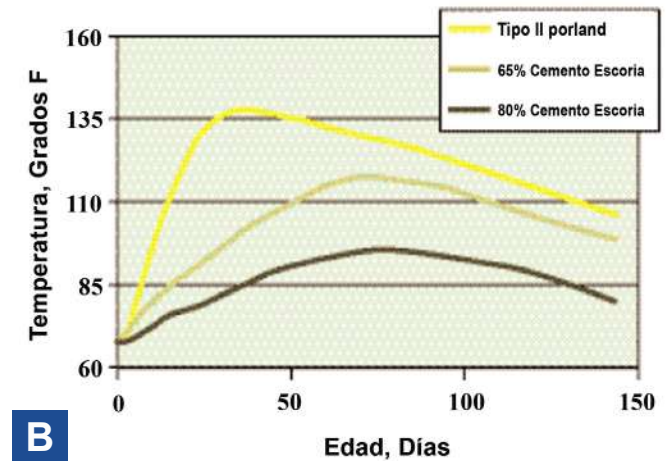
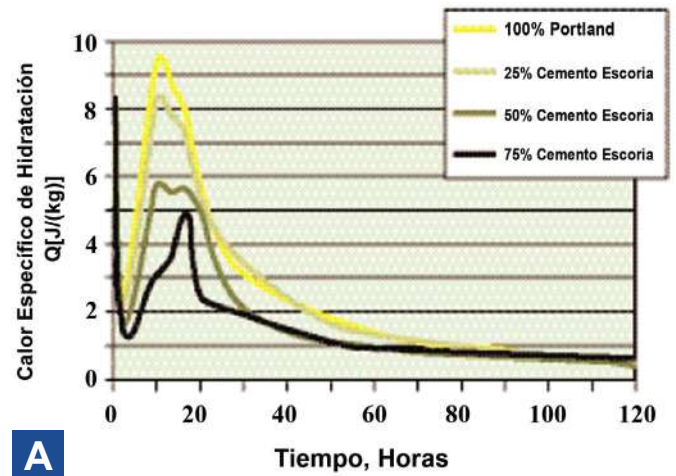


Figura. 1: Efecto del cemento de escoria en concretos masivos: (a) calor de hidratación; y (b) aumento de temperatura²



Figura. 2: Múltiples colocaciones de concreto masivo en la estación Eglinton LRT

El principal patrocinador y propietario general del proyecto es Metrolinx; sin embargo, Infrastructure Ontario (IO) y Toronto Transit Commission (TTC) son partes interesadas importantes en el proyecto. Como principales organismos públicos, estas organizaciones deben considerar en su evaluación de toda innovación propuesta la seguridad pública y el mantenimiento futuro de los activos del proyecto. Un aumento del porcentaje permitido de MCS en el diseño es únicamente

posible si no compromete la integridad de los requisitos del proyecto según lo establecido en las especificaciones. Para apoyar esto, CTSC invirtió en nuevas investigaciones, evaluando los impactos de varios MCS en un amplio rango de volúmenes para verificar los impactos de cambiar los diseños de la mezcla. Últimamente, al trabajar con los proveedores de concreto, los subcontratistas y las diversas partes interesadas, CTSC confirmó que el 70% de reemplazo con cemento de escoria fue el nivel óptimo para garantizar que el proyecto alcanzaría sus requisitos de durabilidad y desempeño. Después de una exhaustiva investigación y verificación del desempeño de las mezclas HVSCM, todas las partes interesadas acordaron aumentar el uso de MCS en la mayoría de los elementos de concreto masivo.

Monitoreo y emparejamiento de curado

A lo largo del proceso, CTSC ha utilizado EXACT Technology (Fig. 3) para monitorear las colocaciones de concreto masivo, asegurando que las colocaciones permanezcan dentro de los límites especificados para máximas temperaturas



Figura. 3: El equipo de monitoreo de temperatura se instaló poco antes de la colocación del concreto

y diferenciales máximos de temperatura. Los equipos del proyecto pudieron acceder en línea a datos críticos 24/7 para tomar decisiones educadas para el control térmico (por ejemplo, agregar o remover mantas térmicas o proporcionar calor adicional al concreto colocado a medida que se desarrolla el curado), lo que resultó en una rotación más eficiente de elementos.

Los sensores de temperatura de EXACT también se utilizan para monitorear la resistencia in situ mediante cálculos de madurez, así como, comunicándose con cajas de curado remoto con cilindros de prueba de resistencia. En esta última aplicación, el sistema permite que los cilindros experimenten las mismas temperaturas que las resultantes del calor de hidratación de las colocaciones de concreto masivo. Como resultado, los equipos del proyecto pueden observar y monitorear las temperaturas más altas del concreto en edades tempranas y confiar en resistencias altamente representativas para avanzar en las actividades críticas, tales como el retiro de encofrados o cargar los elementos. Esto ofrece a los contratistas más control sobre los plazos de curado/ganancia de resistencia dando como resultado un uso óptimo del material, al mismo tiempo logrando requerimientos de desempeño sin costos adicionales de aplicar calor adicional durante el curado.

Beneficios de usar HVSCM

Los MCS se utilizan comúnmente en mezclas de concreto para todo, desde muros de cimentaciones hasta tableros de puentes. Las mezclas con niveles de reemplazo de cemento superiores al 40% se consideran HVSCM. El empleo de HVSCM no sólo resulta en concretos más duraderos que son menos susceptibles a la demanda provocada por la temperatura durante la hidratación, sino que también es significativamente mejor para el medio ambiente, porque reduce en gran medida la intensidad de emisión de GEI del concreto.

Como con todos los materiales, la intensidad de las emisiones de GEI de cualquier mezcla de concreto depende de la intensidad de emisiones de cada componente. Las estimaciones de emisiones presentadas en este artículo para las mezclas de HVSCM utilizadas en ECLRT en comparación con mezclas de reemplazo de menor MCS se basan en las mejores prácticas actuales y a tasas de emisiones promedio de la industria para componentes de concreto, según lo publicado en el reporte de la declaración del producto ambiental (DPA) de Canadain Ready Mixed Concrete Association (CRMCA)³. La figura 4 muestra el impacto en las emisiones de GEI, específicamente el potencial de calentamiento global (PCA), medido como equivalentes de dióxido de carbono (CO₂e) cuando el cemento portland se reemplaza con MCS.

Al usar 70% de MCS (cemento escoria), CTSC fue capaz de eliminar casi 130,000 toneladas (143,300 toneladas) de CO₂e comparado con el uso de una mezcla con cemento solamente. Si bien todas las mezclas de concreto masivo tienen algún porcentaje de MCS para ayudar en el control de la temperatura, el impacto de aumentar el volumen de MCS sigue siendo significativo. A modo de contexto, las reducciones de emisiones realizadas aquí son aproximadamente de la misma magnitud al hecho de retirar más de 28,000 vehículos de pasajeros de la carretera durante un año.

Ahorros ambientales con HVSCM

A medida que Canadá busca cumplir con los objetivos agresivos de reducción de emisiones, encontrar formas de reducir las emisiones en el concreto que usamos para construir nuestras ciudades y sistemas de apoyo, es crítico. La industria está invirtiendo en mejoras de los procesos, incluyendo nuevas tecnologías, para avanzar hacia un material de cero emisiones.

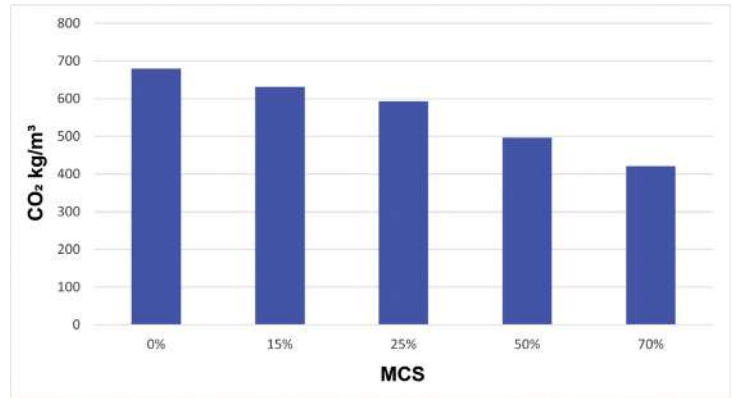


Figura 4: Reducción de las emisiones de CO₂ para diversos contenidos de MCS en mezclas de concreto. Los valores calculados se basan en la herramienta ZGF LCA y la EPD media de la industria CRMCA (Nota: 1kg/m³ = 0,06 lb/ft³)

Mientras tanto, el uso de HVSCM y herramientas de monitoreo precisas puede ayudar a lograr reducciones incrementales significativas.

Las autoridades encargadas de las adquisiciones en todos los niveles de gobierno deberían enfocarse en especificaciones basadas en desempeño, que describan durabilidad, integridad estructural y límites de PCA, mientras que fomentan la innovación. Esto alentará al mercado a la adopción de herramientas que aseguran adhesión a requisitos de desempeño mientras se reducen las emisiones de GEI.

Durante la próxima década, los gobiernos de EE. UU y Canadá están preparados para comprometer casi tres cuartos de trillón de dólares en grandes proyectos de infraestructura comparables al alcance y magnitud de ECLRT. Si esos proyectos emplean HVSCM, los beneficios ambientales resultantes serán asombrosos: los ahorros de carbono estimados equivalen aproximadamente a la cantidad de 1,7 millones de vehículos de pasajeros fuera de carretera por un año. La adopción de HVSCM a través de los principales proyectos de infraestructura a nivel mundial proporcionará al mundo una infraestructura más robusta a una fracción del costo ambiental, mientras que también se mejoran las características de desempeño.

Referencias

1. Lehne, J. y Preston, F., "Hacer cambios concretos: innovación en Cemento y Concrete bajo en Carbono", The Royal Institute of International Affairs, Chatham House, Londres, Reino Unido, junio de 2018, 122 págs., www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete.

2. "Reducción del esfuerzo térmico de concreto masivo", Slag Cement Association, Farmington Hills, MI, 2013, 2 pp.

3. "CRMCA Member Industry-Wide EDP for Canadian Ready-Mixed Concrete", Canadian Ready Mixed Concrete Association, Mississauga, ON, Canadá, 6 de enero de 2017, 24 pp.



Jolene McLaughlin, ha pasado más de 12 años impulsando iniciativas de sostenibilidad en varios segmentos del entorno construido. En su papel como Directora de Corporate Sustainability para EllisDon Corporation, trabaja para construir asociaciones en toda la industria que apoyen la reducción de las emisiones de carbono a lo largo de la cadena de valor, desde los materiales utilizados hasta procesos en sitio.



Stacia Van Zetten, Es Directora de Estrategia Oficial y Co-Fundadora de EXACT Technology. Es ingeniera estructural y tiene más de 10 años de experiencia con un enfoque en materiales de concreto y construcción. Ella sirve en varios comités del ACI, International Concrete Repair Institute, y Canadian Standards Association.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Capítulo Estudiantil de Costa Rica

*Título: El Eglinton LRT:
Cómo hacer un gran
impacto con una huella de
carbono más pequeña*



*Traductor:
Justin Mora Salazar*



*Revisor Técnico:
Prof. Ing. Luis Alejandro
Carvajal*