

Optimizing Concrete with Pozzolanic Reactivity

For over 25 years, the ACI Foundation has hosted forums to support the concrete industry's adoption of innovation. These events provide educational and networking opportunities, featuring presentations by researchers, ACI committee representatives, and developers of new technologies. This article highlights a presentation from the 2025 Concrete Innovation Forum, "Using Pozzolanic Reactivity to Optimize Concrete Mixtures for Performance, Cost, and Sustainability," developed by W. Jason Weiss, FACI, Edwards Distinguished Chair in Engineering, Oregon State University (OSU), and Burkan Isgor, FACI, Professor of Civil Engineering and Materials Science, OSU. Delivered by Weiss, this presentation focused on combining science-based tests with rigorous computational models to help design concrete mixtures for the future.

Shifting the Focus in Concrete with Lower Clinker

The presentation began with a message by Weiss: to achieve low-global warming potential (GWP) concrete mixtures, the industry must fundamentally examine many of its testing methods, focus on placement and curing practices, and update specifications. He illustrated that the largest contributor to concrete's GWP is cementitious materials. New and promising cement technologies are emerging; however, the industry remains reliant on systems that are fundamentally based on portland cement clinker and likely will for the coming decades. Moving to different industrial-scale solutions is a massive undertaking due to the required volume and the heavy investments already made in existing clinker-based infrastructure.

He argued that the industry's current focus on Environmental Product Declarations (EPDs), only accounting for A1-A3 GWP (from raw material supply to manufacturing), often overlooks the life-cycle performance. Weiss provided an example that a bridge designed to last 90 years instead of 22 years offers a profound sustainability benefit even if its initial GWP is the same or slightly higher as a conventional structure. Focusing only on the A1-A3 GWP values misses the bigger picture, as concrete durability is one of its greatest attributes.

Another key to sustainability is optimizing mixture designs. Weiss pointed out that many concrete mixtures are "over-cemented" for historical reasons, including the desire for a one-size-fits-all mixture design and a producer's risk

avoidance for low compressive strength. Removing minimum cement content requirements from specifications has been a critical step that many groups have been taking over the last two decades toward more efficient and sustainable concrete.

Understanding and Using SCMs Correctly

The core of the presentation focused on reducing clinker content by using alternative supplementary cementitious materials (SCMs), including calcined clays and natural pozzolans. Weiss emphasized that these are not new or unproven materials, as structures built with them 80 years ago still perform well.

To use SCMs effectively, he identified five key properties that must be understood:

- **Chemistry:** Knowing the exact chemical composition allows for predictable reactions;
- **Reactivity:** Quantifying how reactive an SCM is using the pozzolanic reactivity test (PRT) provides a scientific number to work with, moving beyond subjective indices;
- **Water Absorption:** Many SCMs are porous and absorb water. This absorption should not be counted in the water-cementitious materials ratio (w/cm), a common mistake that negatively impacts workability, and should be accounted for in many specifications;
- **Specific Gravity:** Replacing cement by mass instead of volume alters the mixture and can negatively affect workability. A volumetric replacement maintains a consistent liquid-to-solid ratio, resulting in a workable mixture; and
- **Particle Size Distribution:** Optimizing the mixture proportions to predict water demand and reducing the amount of paste needed.

Weiss demonstrated that the workability and performance of concrete with alternative SCMs become more predictable and consistent when these factors are correctly accounted for, more closely matching traditional cement systems.

He also noted that trial batches are essential to understanding how changes in cementitious components may impact the workability, finishability, and hardened properties of concrete.

A New Era of Computational Tools

Mathematical models have been used in cement and concrete sciences for over a century. A significant portion of

the discussion was dedicated to a computational tool developed at OSU over the last decade. This tool uses kinetic, thermodynamic, and pore partitioning modeling to predict concrete mixture performance with virtually any type of SCM. By inputting the chemistry and reactivity of the materials, the model can simulate the hydration products and predict properties such as strength, porosity, elastic modulus, and various durability indicators (for example, alkali-silica reaction [ASR], freezing-and-thawing resistance, and sulfate attack).

This computational approach allows for thousands of virtual trial batches to be run overnight, providing estimates of 90-day or even 365-day data almost instantly. This enables optimization, not just for performance, but also for cost, material availability, and carbon footprint. The tool can identify a “zone of feasible mixtures” that meet multiple criteria, providing engineers with an ideal starting point for physical trial batches.

Using the model, Weiss addressed a common misconception. While many believe SCMs reduce porosity, his simulations show that porosity often increases slightly. However, transport properties (like chloride resistance) improve dramatically. This is because SCMs refine the pore structure, creating a more complex and tortuous path that slows the ingress of harmful substances. This is a critical distinction between “pore refinement” and simple “porosity reduction.”

A Call for Coordinated Research and Better Standards

Weiss concluded with a vision for the future. He called for a more coordinated research effort to avoid redundant, state-by-state testing of the same materials. He stressed the need to update specifications to align with modern concrete mixtures. Using existing specifications for modern cements and concretes can be analogous to using a rotary phone manual to operate a modern smartphone.

Key areas requiring immediate attention include:

- **Fresh Properties:** Developing a better scientific understanding of workability, bleeding, and finishability for modern concrete mixtures;
- **Better Tests:** Providing contractors with improved tests to understand the material they are working with, and to better articulate their needs beyond simple slump measurements;
- **Databases for Modelers:** Creating shared databases so computational models can be validated against real-world systems; and
- **Contractor Feedback:** Incorporating feedback from the field to ensure lab tests and simulations accurately reflect on-site performance.

Weiss’s presentation was a call to action for the concrete industry to embrace science-based specifications, leverage modern computational power, and understand the materials being used to build a more durable and sustainable future.

2026 Concrete Innovation Forum

Save the date for August 18-20, 2026, to attend the 2026 Concrete Innovation Forum at the Hyatt Regency in Columbus, OH, USA. At this event, industry leaders, researchers, and innovators will share more advancements and practical solutions for the future of concrete. This is an opportunity to connect, learn, and be inspired. In the meantime, the ACI Foundation will provide more articles in subsequent issues of *CI* to highlight presentations and insights from the 2025 Concrete Innovation Forum.

Acknowledgments

This article was developed by ACI Foundation staff from a presentation given by W. Jason Weiss on August 13, 2025, at the 2025 Concrete Innovation Forum. ACI Foundation staff used Jasper.ai to help summarize the presentation, then carefully reviewed the summary to develop this article. The ACI Foundation claims full responsibility for the content of the article.

Oreo Cookie Test

Weiss encouraged an alternative to the slump test for determining the rheology of a concrete mixture, which has been used in cement sciences for several decades. “What is the proper way to eat an Oreo cookie? Everybody knows you don’t break it in half; you go for the crème filling. You apply a torsional force that will exceed the yield stress between the creamy filling and the shell. The same can be done for cement paste. You can put the paste between two serrated plates and start to twist them. The measured resistance to the twist is called yield stress. The resistance to the paste flowing is the viscosity. The first measurement tells us how hard it is to get the material flowing, and the second number indicates how hard the material is going to be to keep it flowing, like through a pipeline. Measuring the yield stress and viscosity provides a much clearer picture of a mixture’s fresh properties.”



Optimizando el Concreto con Reactividad Puzolánica

Durante más de 25 años, la Fundación ACI ha organizado foros para apoyar la aceptación de la innovación en la industria del concreto. Estos eventos brindan oportunidades educativas y de Networking y ofrecen presentaciones de investigadores, de representantes del comité de ACI y de desarrolladores de nuevas tecnologías. Este artículo destaca una presentación del 2025 Concrete Innovation Forum, “Uso de la Reactividad Puzolánica para Optimizar las Mezclas de Concreto con propósitos de Desempeño, Costo y Sustentabilidad”, desarrollado por W. Jason Weiss, FACI, Cátedra Distinguida Edwards en Ingeniería, Universidad Estatal de Oregon (OSU [por sus iniciales en inglés]) y Burkan Isgor, FCI, Catedrático de Ingeniería Civil y Ciencia de Materiales, OSU. Weiss hizo esta presentación que se centra en combinar pruebas basadas en ciencia con modelos de cómputo rigurosos para ayudar a diseñar mezclas de concreto para el futuro.

Cambiar el Enfoque en el Concreto con Menos Clinker

La presentación empezó con un mensaje de Weiss: para lograr mezclas de concreto con potencial de bajo calentamiento global (GWP [por sus iniciales en inglés]), la industria básicamente debe examinar muchos de sus métodos de prueba, centrarse en las prácticas de colocación y curado y actualizar sus especificaciones. Demostró que el mayor contribuyente del GWP del concreto son los materiales cementicios. Están surgiendo nuevas y prometedoras tecnologías de cemento; no obstante, la industria sigue dependiendo de sistemas que en esencia se fundamentan en Clinker de cemento portland y es probable que así lo sigan haciendo durante las próximas décadas. Pasar a soluciones diferentes a

escala industrial es una tarea monumental debido al volumen que se requiere y a las altas inversiones ya hechas en infraestructura existente basada en clinker.

Sostuvo que el enfoque actual de la industria en Declaraciones Ambientales de Producto (EPDs [por sus iniciales en inglés]), que sólo dan cuenta de GWP A1-A3 (desde el suministro de materia prima hasta la manufactura), a menudo pasan por alto el desempeño del ciclo de vida. Weiss dio un ejemplo respecto a un puente diseñado para durar 90 años en lugar de 22 años, lo cual ofrece un profundo beneficio de sustentabilidad aunque su GWP inicial sea igual o ligeramente más alto que el de una estructura convencional. Al enfocarse sólo en los valores GWP A1-A3 se pasa por alto la imagen más amplia, ya que la durabilidad del concreto es uno de sus mayores atributos.

Otra clave para la sustentabilidad es optimizar los diseños de mezclas. Weiss señaló que muchas mezclas de concreto están “sobre cementadas” por razones históricas, incluyendo el deseo de un diseño de mezcla que se adapte a todo y una prevención del riesgo del productor de tener menor resistencia a la compresión. Eliminar de las especificaciones los requerimientos de un contenido mínimo de cemento ha sido un paso crítico que muchos grupos han tomado en las últimas dos décadas para lograr un concreto más eficiente y sustentable.

Entender y Utilizar Correctamente los SCMs

La presentación se enfocó principalmente en reducir el contenido del clinker utilizando materiales cementicios suplementarios alternativos (SCMs [por sus iniciales en inglés]), incluyendo arcillas calcinadas y puzolanas naturales. Weiss enfatizó que éstos no son materiales nuevos ni no comprobados, ya que las estructuras construidas con ellos hace 80 años todavía funcionan bien.

Para utilizar con eficacia los SCMs, identificó cinco propiedades importantes que deben entenderse:

- Química: Conocer la composición química exacta posibilita las reacciones predecibles;
- Reactividad: Cuantificar qué tan reactivo es un SCM utilizando la prueba de reactividad puzolánica (PRT [por sus iniciales en inglés]) proporciona un número científico con el cual trabajar, pasando más allá de índices subjetivos;

- **Absorción de Agua:** Muchos SCMs son porosos y absorben agua. Esta absorción no debe contarse en la relación de agua-materiales cementicios (w/cm), siendo éste un error común que impacta de forma negativa la trabajabilidad y que debe explicarse en muchas especificaciones;
- **Gravedad Específica:** Reemplazar el cemento por masa en lugar de volumen altera la mezcla y puede afectar de manera negativa la trabajabilidad. Un reemplazo volumétrico conserva una relación consistente líquido a sólido, lo que da por resultado una mezcla trabajable; y
- **Distribución del Tamaño de la Partícula:** Optimizar las proporciones de la mezcla para predecir la demanda de agua y reducir la cantidad de pasta necesaria.

Weiss demostró que la trabajabilidad y comportamiento del concreto con SCMs alternativos se hace más predecible y consistente cuando estos factores se explican correctamente, lo que hace que coincidan más estrechamente con los sistemas de cemento tradicionales.

También destacó que los lotes de prueba son esenciales para entender la forma en que los cambios en los componentes cementicios pueden impactar la trabajabilidad, terminado y propiedades de endurecimiento del concreto.

Una Nueva Era en las Herramientas de Cómputo

Se han utilizado modelos matemáticos en las ciencias del cemento y concreto durante más de un siglo. Una parte significativa de la charla la dedicó a una herramienta de cómputo desarrollada en OSU en la última década. Esta herramienta utiliza modelado cinético, termodinámico y de partición de poros para predecir el desempeño de la mezcla de concreto con prácticamente cualquier tipo de SCM. Al introducir la química y reactividad de los materiales, el modelo puede simular los productos de hidratación y predecir propiedades tales como resistencia, porosidad, módulo elástico y diversos indicadores de durabilidad (por ejemplo, reacción álcali-sílice [ASR], resistencia al congelamiento y descongelamiento y ataque de sulfatos).

Este abordaje de cómputo permite que se corran pruebas de miles de lotes virtuales de la noche a la mañana, proporcionando cálculos de datos de 90 y de hasta 365 días casi de manera instantánea. Esto permite optimización, no sólo del desempeño, sino también del costo, disponibilidad del material y huella de carbono. La herramienta puede identificar una “zona de mezclas factibles” que cumple con múltiples criterios, lo que les brinda a los ingenieros un punto de inicio ideal para las pruebas lotes físicos.

Al utilizar el modelo, Weiss habló sobre un malentendido común. Si bien muchos creen que los SCMs reducen la porosidad, sus simulaciones muestran que a menudo la porosidad aumenta ligeramente. No obstante, las propiedades del transporte de sustancias dentro del concreto, (tales como resistencia a cloruros) mejoran de forma importante. Esto se debe a que los SCMs afinan la estructura de los poros, creando una trayectoria más compleja y tortuosa que desacelera el ingreso de sustancias dañinas. Esta es una distinción decisiva entre el “refinamiento del poro” y una simple “reducción de la porosidad”.

Un Llamado a la Investigación Coordinada y Mejores Normas

Weiss concluyó con una visión para el futuro. Hizo un llamado a un esfuerzo de investigación más coordinado para evitar pruebas redundantes, estado por estado de los mismos materiales. Enfatizó la necesidad de actualizar las especificaciones para que se alineen con mezclas de concreto modernas. El uso de especificaciones existentes para cementos y concretos modernos puede ser semejante a utilizar el manual de un teléfono de disco para operar un smartphone moderno.

Las áreas principales que requieren atención inmediata son:

- **Propiedades Nuevas:** Desarrollar un mejor entendimiento científico de la trabajabilidad, sangrado y factibilidad de terminado de mezclas de concreto modernas;
- **Mejores Pruebas:** Proporcionar a los contratistas mejores pruebas para que entiendan el material con el que estén trabajando y expongan mejor sus necesidades además de las simples mediciones de revenimiento;

- Bases de Datos para Modeladores: Crear bases de datos compartidas para poder validar los modelos de cómputo contra sistemas del mundo real; y
- Retroalimentación del Contratista: Incorporar retroalimentación de campo para garantizar que las pruebas de laboratorio y simulaciones reflejen con exactitud el desempeño in situ.

La presentación de Weiss fue un llamado a la acción para que la industria del concreto adopte especificaciones basadas en la ciencia, apalanque el poder del cómputo moderno y entienda los materiales que se están utilizando para construir un futuro más durable y sustentable.

2026 Concrete Innovation Forum

Reserve la fecha, 18-20 de agosto de 2026 para asistir al 2026 Concrete Innovation Forum en el Hyatt Regency en Columbus, OH, Estados Unidos de Norteamérica. En este evento, los líderes de la industria, investigadores e innovadores compartirán más avances y soluciones prácticas para el futuro del concreto. Esta es una oportunidad para conectar, aprender e inspirarse. Mientras tanto, la Fundación ACI brindará más artículos en números subsecuentes de *Concrete International* para poner de relieve las presentaciones y reflexiones del 2025 Concrete Innovation Forum.

Reconocimientos

El personal de la Fundación ACI redactó este artículo a partir de la presentación que hizo W. Jason Weiss el 13 de agosto de 2025, en el 2025 Concrete Innovation Forum. El personal de la Fundación ACI utilizó Jasper.ai que ayudó a resumir la presentación y posteriormente revisó con todo detalle el resumen para redactar este artículo. La Fundación ACI asume toda la responsabilidad del contenido del artículo.

Prueba de la Galleta Oreo

Weiss propuso una alternativa a la prueba de revenimiento para determinar la reología de una mezcla de concreto que se ha utilizado en las ciencias de cemento durante varias décadas. “¿Cuál es la forma correcta de comer una galleta Oreo?” Todos saben que no se parte a la mitad; sino que se busca el relleno cremoso. Se aplica una fuerza de torsión que excederá el esfuerzo de cedencia entre el relleno cremoso y la cubierta. Lo mismo se puede hacer con la pasta de cemento. Puede colocar la pasta entre dos placas dentadas y empieza a girarlas. A la resistencia medida al giro se le llama resistencia a la cedencia. La resistencia al flujo de la pasta es la viscosidad. La primera medición nos dice qué tan duro se pondrá el flujo del material y el segundo número indica qué tan duro se pondrá el material para que siga fluyendo, como si estuviera pasando a través de una tubería. Medir la resistencia a la cedencia y la viscosidad proporciona una imagen mucho más clara de las propiedades frescas de una mezcla”.



Título original en inglés:
**Optimizing Concrete with
Pozzolan Reactivity**

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo México
Centro y Sur**



Traductor:
**Lic. Ana P. Garcia
Medina**



Revisor Técnico:
**Dr. Esteban Astudillo
de la Vega**