

## PROYECTOS EN DESARROLLO 2018 CINTEMAC

### **1. Nombre del Proyecto: Estrategias para la evaluación de la aptitud de materiales de construcción con propuestas Sustentables**

**Código: aprobado ECINICO0002064TC**

Fecha de inicio y finalización: 01 enero 2018 al 31 diciembre 2021

**Director:** Dra. María Positieri

**Co-director:** Ing. Carlos Baronetto

Resumen Técnico: Este Proyecto está integrado por un equipo de profesionales, docentes investigadores, de la UTN de Córdoba y Rafaela, de la Universidad Nacional de Salta y de la Universidad Federal de Ceará (Brasil). El denominador común es analizar la posibilidad de empleo de residuos para elaborar materiales, elementos y componentes de la construcción. Como resultado de este Proyecto se espera proponer estrategias para evaluar el diseño, desarrollo y desempeño de materiales, elementos y componentes en los que se utilicen residuos u otros recursos no aprovechados, logrando una contribución ambiental. Un aspecto a destacar es la posibilidad de transferencia a empresas de la construcción, de premoldeado, de hormigón elaborado, para la ejecución de distintos tipos de elementos y componentes que incluyan diversos residuos.

### **2. Nombre del Proyecto: Hormigón armado: sustentabilidad de los materiales componentes y durabilidad ante fenómenos de corrosión de armaduras**

**Código: ECUTNCO0004715**

Fecha de inicio y finalización: 01 enero 2018 al 31 diciembre 2021

**Director:** Dra. Belén Raggiotti

Objetivos y breve descripción del Proyecto

En las estructuras de hormigón armado el proceso de degradación más frecuente es la despasivación y posterior corrosión de las barras de acero de la armadura. Ello puede producirse por dos procesos distintos: la carbonatación del hormigón de recubrimiento y/o la presencia de iones cloruro, ya sea por su incorporación durante la elaboración del hormigón o por penetración desde el medio exterior. (Giovambattista, 2001)

El proyecto propone estudiar la durabilidad considerando conceptos de carácter prestacional, analizando el desempeño del material durante su vida útil, buscando realizar un aporte a las limitaciones de los reglamentos actuales.

La propuesta considera también la posibilidad de incluir criterios de diseño de hormigones más sustentables que utilicen materiales con menor impacto ambiental, tal como el empleo de zeolita natural como reemplazo parcial de cemento. Así de este modo optimizar el uso de recursos adoptando nuevas soluciones que mejoren la vida útil y la relación con el ambiente. El aumento de la durabilidad del material se puede traducir en un aumento de la vida útil de las estructuras y repercute positivamente en la disminución de los materiales de demolición que pueden constituir importantes pasivos ambientales. Estos conocimientos aportan desde el sector de la ciencia y tecnología, alternativas para proponer recomendaciones de dosificación y de durabilidad de estructuras de hormigón armado. En este sentido desarrollar un avance en el conocimiento de los materiales disponibles, ya implica un importante aporte en el campo de la industria de la construcción.

## PROYECTOS EN DESARROLLO 2018 CINTEMAC

La durabilidad del hormigón está vinculada con la capacidad de transporte de soluciones a través de la red de capilares, y para reducirla puede recurrirse a los materiales puzolánicos adicionados a las mezclas de hormigón con cemento Pórtland ya que reaccionan con la portlandita formando nuevos silicatos de calcio hidratados, disminuyen la porosidad y aumentan la durabilidad de las estructuras de hormigón. Entonces, la incorporación de estas adiciones es una medida preventiva para disminuir la porosidad. (Raggiotti, Positieri & Oshiro, 2013). Evidentemente, aquellos hormigones con poco recubrimiento, permeables o porosos, son más propensos a la oxidación de las armaduras. La estructura rugosa y porosa de la zeolita, así como su gran área superficial, crean una estructura de la pasta de las mezclas con zeolita que contienen formas y vacíos más complejos que la mezcla referencia causados por el crecimiento de la estructura cristalina en todas las direcciones (Yilmaz, Uçar, Öteyaka & Uz, 2007). En definitiva con este proyecto se busca evaluar el comportamiento de hormigones con zeolita natural frente a indicadores de durabilidad ante fenómenos de corrosión de armaduras debido a la posibilidad de que la zeolita logre una microestructura de la pasta de cemento más compacta y menos porosa y por ende menos propensa a la oxidación de las armaduras.

### **3. Nombre del Proyecto: La gestión de calidad como herramienta para una producción limpia y socialmente responsable en la industria de la construcción**

Código de Proyecto:TOUTNCO0004837

Fecha de inicio y finalización: : 01 enero 2018 al 31 diciembre 2020

**Director:** Ing. Claudia Beltramone

**Codirector:** Ing. Cristian Di Gioia

El concepto de Producción Limpia está relacionado con el desarrollo sostenible y la Ecoeficiencia; la Producción Limpia surge desde la ingeniería de la Calidad como producto de los procesos de Mejoramiento Continuo, del Aseguramiento de la Calidad y de la Gestión de la Calidad.

Es sin dudas una estrategia de gestión que permite incrementar la eficiencia y la productividad de las empresas y reducir costos, al tiempo que minimiza los riesgos para la población humana y el medio ambiente.

En la Industria de la Construcción existe poca cultura de este enfoque es más se necesita transitar un camino de aspectos básicos de gestión que comiencen con el Aseguramiento de la Calidad de los procesos para garantizar la satisfacción de los clientes y permitan la rentabilidad necesaria para el sostenimiento de la misma.

En la actualidad la nueva versión de la norma ISO 9001:2015 asegura un enfoque más amplio en la consideración de las necesidades y expectativas a satisfacer como resultado de las actividades de cualquier organización. Es así que se plantea el concepto de "partes interesadas" donde las organizaciones "deben determinar las partes interesadas que son pertinentes al SGC y considerar los requisitos de estos para el SGC" aquí es donde las consideraciones en torno a una Gestión Socialmente Responsable se convierte en un requisito de la Gestión del Sistema de la Calidad.

La investigación está orientada al estudio de la problemática del sector de la industria de la construcción, específicamente a empresas elaboradoras de Hormigón, que necesitan trabajar en la gestión de sus empresas desde aspectos netamente operativos de revisión de los procesos para consolidar sus estrategias. Y que mediante el uso adecuado de herramientas de la Gestión de la Calidad puedan, además de lograr la satisfacción de sus clientes, encontrar las diversas posibilidades de mejoramiento de "todos" sus

## PROYECTOS EN DESARROLLO 2018 CINTEMAC

procesos y la optimización en el uso de los recursos, en los cuales los recursos naturales son los predominantes.

#### **4. Nombre del Proyecto: Aplicación de morteros sustentables con adición de fibras para ser usados en prestaciones especiales, reparaciones, refuerzo estructural o ambientes severos.**

Código de Proyecto: TOUTNCO0004837

Fecha de inicio y finalización: 01 enero 2020 al 31 diciembre 2022

Director: Ing. Carina Andrada

Codirector: Ing. Carlos Baronetto

Resumen Técnico: Las tendencias mundiales de diseño y construcción apuntan a edificaciones sustentables en sus materiales y procesos, de alta durabilidad o fácil reparación y eficientes en cuanto a consumos energéticos y de agua. En 1987 se realizó el Informe Brundtland, dentro de la acción de Naciones Unidas, y que la definió como la capacidad de satisfacer necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. En los últimos años se ha tomado conciencia de las problemáticas ambientales que se presentan y surge a partir de eso la arquitectura sustentable, también nombrada como arquitectura verde, eco-arquitectura y arquitectura ambientalmente consciente, que es un modo de concebir el diseño arquitectónico de manera sostenible, buscando optimizar recursos naturales y sistemas de la edificación, de manera de minimizar el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes. Dentro de los principios de la arquitectura sostenible se incluye la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, primando los de bajo contenido energético frente a los de alto contenido energético. La construcción es una actividad económica que, progresivamente, exige mejores soluciones de diseño, eficiencia y calidad de las edificaciones e infraestructuras. Asimismo, el área de la industria de la construcción presenta una alta demanda de energía, materiales, mano de obra y tecnologías. Las actividades relacionadas con la construcción tienen un alto impacto en el medioambiente y en el desarrollo de las sociedades, tanto por el acto de construir, como por el uso posterior de lo que se ha construido. También es importante considerar que la extensión de la vida útil de las construcciones constituye un ahorro en materiales y energía. Con estas premisas se presenta esta investigación, atendiendo a crear materiales de buenas prestaciones y de bajo consumo energético, para lo cual se utiliza algún residuo, que por un lado permite solucionar la temática de la disposición final y por otro, es un producto que reemplaza o complementa los tradicionales, evitando extraer recursos naturales y/o proceso con alto consumo energético en su manufactura. Los morteros son mezclas de uno o más aglomerantes inorgánicos, áridos, agua y a veces adiciones y/o aditivos. Dentro de estas adiciones y considerando investigaciones anteriores que se han desarrollado en nuestro centro de investigación morteros de asiento de mampostería y revoques y se han usado nuevos materiales como agregados o adiciones, como cenizas de cáscara de maní y girasol, residuos de las industrias aceiteras de la provincia de Córdoba; caucho molido, resultante de neumáticos y correas fuera de uso; residuos de obra, como reutilización de materiales en desuso; residuos de cantera; como así también incluir adiciones con características puzolánicas, que permita disminuir el uso del cemento en la pasta de cemento. La línea investigativa desde el CINTEMAC en morteros ha sido lograr morteros con materiales reciclados o sustentables para ser usados como morteros de asiento o revoques. Al lograr resultados ventajosos en el uso de nuevos materiales se apunta en este nuevo proyecto a obtener morteros sustentables para ser aplicados

## **PROYECTOS EN DESARROLLO 2018 CINTEMAC**

en mayores prestaciones, como ser reparación de estructuras, refuerzo estructural, impermeabilizaciones o en ambientes severos. Como un plus a lo anterior y tratando de lograr un material de alta resistencia a la tracción que permita cumplir con las exigencias de las reparaciones, se plantea incluir fibras. Las fibras pueden proporcionar una adecuada resistencia mecánica a los esfuerzos internos de la mezcla. Al encontrarse homogéneamente distribuidas dentro de un mortero, constuyen una micro-armadura que, por un lado, se muestra extremadamente eficaz para contrastar el muy conocido fenómeno de la fisuración por retracción y, por otro, confiere a la mezcla una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia misma de las fibras. Las mezclas cementicias con fibras son de un uso más adecuado en secciones muy delgadas, donde la correcta colocación de la armadura convencional sería extremadamente difícil, ya que el factor de eficiencia de esta depende de la longitud de la fibra y de la longitud crítica embebida. Existen diferentes tipos de fibras para el hormigón en función de la materia prima por la cual están producidas: Metálicas: aceros de carbono y ligados, celulosa, carbón; y Sintéticas: nylon, polipropileno y polietileno. Como la premisa fundamental es utilizar materiales reciclados, la investigación apunta a utilizar fibras de materiales en desuso, es decir, virutas de hierro, fibras a partir de envases PET, fibras a partir de bandejas de polietileno expandido, fibras de vidrio, entre otras. Para llevar a cabo esta investigación, se diseñarán mezclas con las diferentes adiciones y fibras anteriormente nombradas, se evaluarán sus dosificaciones y se realizarán morteros de prueba para su ensayo en estado fresco y endurecido. La investigación se realizará en laboratorio, fabricando probetas de diversos tamaños para determinar las principales propiedades físicas y mecánicas. La elaboración de estas probetas permitirá comparar las prestaciones de los diferentes morteros, variando la proporción de adición y en diferentes porcentajes, comparándolo con la utilización de fibras de diferente material y forma. Una vez obtenido los resultados, se verificará que sus características cumplan con lo establecido en las normativas vigentes y a partir de esto, su aplicabilidad, y beneficio técnico, económico y ambiental de su uso en la industria de la construcción.

### **5. Nombre del Proyecto: ANÁLISIS REOLOGICO DE ASFALTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS A EFECTOS DE PREDECIR SU DESEMPEÑO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS**

Código del Proyecto: ECIFNCO0005288

Fecha de inicio y Finalización: Enero de 2019 a Diciembre de 2021

Director: Ing. Adrian Segura

Codirector: Ing. Oscar Raúl Rebollo

Resumen Técnico: Las mezclas asfálticas constituyen el principal componente de los pavimentos flexibles. Sin embargo, el creciente incremento de volumen del tránsito y de la magnitud de las cargas transportadas, la necesidad de optimizar las inversiones, provoca que, en algunos casos, las propiedades de los asfaltos convencionales resulten insuficientes y han conducido a la prematura destrucción de los pavimentos. Esto genera, por ejemplo, el ahuellamiento que es una forma de deterioro superficial asociado con las condiciones de carga y climáticas a las que está sometido un pavimento en servicio. A altas temperaturas de servicio puede que el ligante llegue a reblandecerse, facilitando la deformación de la mezcla (ahuellamiento). El riesgo de aparición de estas deformaciones es aún mayor en pavimentos sometidos a la circulación de vehículos pesados. De manera generalizada y sin tener en cuenta otros factores que pueden influir, se puede disminuir la probabilidad de aparición de estas deformaciones aumentando la rigidez del ligante mediante el empleo de un asfalto más duro. Por otro lado, a bajas temperaturas

## PROYECTOS EN DESARROLLO 2018 CINTEMAC

de servicios, el ligante se vuelve relativamente rígido y va perdiendo poder de resistir las tensiones, volviéndose frágil y siendo susceptible de fisuraciones. El grado de susceptibilidad a la fisuración está relacionado con la dureza del asfalto y su capacidad para absorber las sollicitaciones inducidas por el tránsito. Disminuyendo la dureza del asfalto, se minimiza el riesgo de falla por fragilidad. Entonces, debido a lo dicho precedentemente a la hora de buscar comportamientos globales satisfactorios de la mezclas bituminosas, la elección del asfalto adecuado para cada tipo de mezclas se vuelve un compromiso entre ambos extremos; ahuellamiento a altas temperaturas y fisuramiento por fragilidad térmica a bajas temperaturas. La adición de polímeros a los cementos asfálticos se ha establecido como la única tecnología que puede conciliar estos dos aspectos en ambos extremos de temperatura. Es decir, la incorporación de los polímeros reduce las significativas variaciones en las propiedades viscoelásticas de los asfaltos frente a los cambios de temperatura y sollicitaciones. Existen dos tipos de adiciones poliméricas, según sea su origen: adición de polímeros vírgenes o de polímeros reciclados. Los modificadores vírgenes típicos son entre otros: estireno butadieno estireno (SBS), etileno acetato vinilo (EVA). En cuanto a los reciclados, el caucho que se puede utilizar como adición en asfaltos, para la elaboración de mezclas asfálticas, proviene del desecho de los neumáticos de vehículos que componen el parque automotor, NFU (neumáticos fuera de uso). Los asfaltos modificados con polímeros son materiales que en la actualidad se emplean ampliamente en la pavimentación debido a que se ha demostrado que permiten modificar el grado de desempeño (PG) de los asfaltos convencionales, pudiendo de esta forma generar mezclas asfálticas de mejor performance, optimizando el comportamiento frente a cargas pesadas, elevadas temperaturas, fatiga y resistencia al envejecimiento. Sin embargo la acción de los polímeros debe ser correctamente evaluada, ya que bajo determinados estados de sollicitación y condiciones de temperatura, la dispersión del polímero puede tornarse inestable, y la estructura asfalto polímero puede llegar a romperse o a degradarse en el tiempo. Por otro lado, las cualidades funcionales del camino residen fundamentalmente en su superficie. La textura superficial del pavimento como la macro y microtextura adecuadas, son muy significativas a la hora de brindar el máximo umbral de adherencia entre neumático y calzada con pavimento mojado. El objeto principal es provocar una disminución en las distancias de frenado y disminuir el nivel de ruido dentro y fuera del vehículo. En la actualidad, se utilizan mezclas particulares con función de rodadura y por tanto formada por mezclas especializadas a su función, como son la adherencia neumático-calzada, proyecciones de agua (spray), desgaste de neumáticos, ruido, etc. Algunas de estas mezclas son los microconcretos discontinuos en caliente, brindando adecuadas características de textura. Para que ellos posean una performance adecuada en el tiempo deberá contar con la incorporación de ligantes asfálticos modificados. La estructura del esqueleto mineral discontinuo solo será estable en el tiempo cuando el mastic asfáltico permita desarrollar fuerzas de adherencia y cohesión que no se debiliten con las variaciones de temperatura y de frecuencia e intensidad de la carga. Debido a lo expresado, la valoración del comportamiento reológico de los ligantes asfálticos convencionales y modificados, se considera un aspecto importante para predecir las respuestas de estos en las mezclas asfálticas. La reología se define como la ciencia que estudia la respuesta de deformación y flujo de los materiales sometidos a cargas con condiciones determinadas. Los ligantes asfálticos, por su composición particular, tienen respuestas distintas ante esfuerzos, temperatura y velocidad de aplicación de la carga. Además los cambios inminentes en su estructura molecular ante fenómenos de oxidación, temperatura y endurecimiento por almacenamiento isotérmico, merecen atención el momento de interpretar resultados de ensayos. Los materiales sometidos a una condición de carga pueden tener

## PROYECTOS EN DESARROLLO 2018 CINTEMAC

comportamientos diferentes de acuerdo a su estructura y nivel de esfuerzo. Un material tendrá un comportamiento elástico si evidencia deformación unitaria inmediata luego de aplicar la carga, se mantiene fija durante el tiempo de aplicación y desaparece al remover la carga. Otro tipo de comportamiento es el plástico, donde luego de retirada la carga se observará una deformación unitaria permanente. Los materiales viscoelásticos combinan un comportamiento elástico, con un comportamiento viscoso caracterizado por incrementos de deformación con el tiempo de aplicación de carga y de modo similar una recuperación demorada de la deformación. Uno de los ensayos más apropiados para determinar las propiedades reológicas es el de carga oscilatoria. En el sistema SUPERPAVE los aportes del ligante asfáltico al control de la deformación permanente y fisuramiento por fatiga, se obtienen en el ensayo de carga oscilatoria con el equipo Reómetro de Cizallamiento Dinámico (DSR). La clasificación del desempeño de los ligantes obtenidos a partir de valorar su respuesta reológica, permitirá determinar y comparar el comportamiento de los asfaltos modificados respecto de los convencionales. Es decir, valorar el comportamiento de los asfaltos modificados bajo un estado de carga posibilitará inferir la respuesta de la mezcla elaborada con ellos. En particular se señala que el efecto buscado es, en el diseño de mezclas asfálticas, conocer con anterioridad la reología del asfalto con el que se elaboraran. Es decir, que a partir de analizar la reología de asfaltos con la inclusión de modificadores (polímeros vírgenes o reciclados NFU), poder determinar si las mezclas asfálticas densas presentarán una reducción en las deformaciones plásticas permanentes, capacidad de soportar alto tránsito lento con temperaturas elevadas y resistencia a la fatiga. Asimismo, en mezclas especiales y su desempeño en las características de superficie como también otras usadas como antifisuras. Al realizar estas determinaciones tanto en mezclas con asfaltos modificados como sin modificar, permitirá evaluar y comparar la influencia de los polímeros analizados.