



Serie Internacional

PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

De la evaluación a la prevención

Módulo II

1. Evaluación de patologías en estructuras en ambientes marinos (edificios, puentes y muelles)



Foto: Archivo Noticreto Edición 169 (año 2022)

Conferencista:

Pablo Felipe Estrada
Concretos PFE
Colombia

Nota legal:

- Las informaciones y conceptos expresados en esta conferencia tienen el propósito de divulgar e informar de manera general sobre los temas relacionados con el concreto, NO son asesoría para una obra en particular.
- PROCEMCO NO es ni pretende ser asesor de proyectos específicos. Cualquier duda con relación a una obra determinada debe ser consultada por el interesado con los respectivos diseñadores e interventores de la misma.
- El uso que se haga de la información y conceptos aquí expresados no implica responsabilidad alguna para PROCEMCO ni para el conferencista; debe ser utilizada por personas idóneas bajo su responsabilidad y criterio.
- Esta información no sustituye las funciones y obligaciones de las personas contractualmente responsables de la concepción, ejecución y vigilancia de los respectivos proyectos.
- PROCEMCO no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los patrocinadores y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios ofrecidos deben ser atendidos por cada anunciante.



DISFRUTEMOS DE ESTOS PAISAJES...

Con el deleite de estos paisajes, damos inicio a lo que esta belleza implica para las estructuras de concreto reforzado en estos ambientes...





OBJETIVO DE LA CHARLA

Evaluar las patologías presentes en una estructura sometida a ambientes marinos, es una disciplina que requiere del estudio de la información documental (contratos de diseño, planos, especificaciones, necesidades del proyecto, entre otras), información de la construcción (bitácoras, planos as built, fotos y videos de seguimiento), la planeación y ejecución de un adecuado plan de trabajo de campo (ensayos y muestras para laboratorio) según las patologías observadas en el recorrido preliminar y la estimación de su vida residual, de tal forma que se pueda construir una foto del estado actual de la estructura, que identifique las causas de estas lesiones y recomendar a futuro como evitarlas.











Organizan:





Apoyan:






CONTENIDO GENERAL DE LA CHARLA

1. Conociendo las necesidades del cliente
2. El diseño bajo las normas adecuadas para cumplir necesidades
3. Las buenas prácticas constructivas
4. La expectativa de vida humana comparada con la vida de las estructuras.
5. El plan de trabajo de campo con ensayos y toma de muestras
6. Análisis de información, evaluación, conclusiones y recomendaciones.



Pacasmayo



CEMENTO
YURA

Organizan:



Apoyan:





1- Conociendo las necesidades del cliente

- Definir el uso de la estructura a diseñar
- Conocer necesidades actuales y proyectar las futuras
- Clasificar las posibles amenazas que tendrá la estructura
- Calificar el grado de satisfacción del cliente considerando el cumplimiento de todas sus necesidades.
- La vida útil que espera el cliente obtener de su estructura
- Conocer lo que el cliente está dispuesto a invertir en el proyecto para cumplir con todas sus necesidades.
- Priorizar los cumplimientos si hay limitaciones en la inversión.



Organizan:



Apoyan:





2- El diseño bajo las normas adecuadas ...

- Las normas técnicas evolucionan durante la vida útil de una estructura.
- Siempre se tendrá una normativa que cumplir y aplicar en un proyecto, incluso hay casos de normas similares a primera vista, que no son comparables al evaluar la durabilidad de la estructura.
- Previsiones o factores de seguridad a tomar según lo esperado para el futuro de la estructura.
- El cambio climático nos reta a construir matrices de riesgo para los proyecto en ambiente marino, mas detalladas y precisas.



Organizan:



Apoyan:





3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

- Detallar los sistemas constructivos
- Diseño y manejo de la formaleta
- La figuración del acero de refuerzo y su instalación
- La protección del acero de refuerzo ante la corrosión
- El diseño del concreto y su relación agua/material cementante
- El sistema de fundida y de compactación del concreto
- El desencofrado en tiempo oportuno
- El curado del concreto con agua y agentes de curado





4- La expectativa de vida humana vs vida útil de las

- Cada país tiene sus expectativas de vida de la población...lo mismo ocurre con las estructuras sometidas a ambientes marinos.
- Cuando una persona supera su expectativa de vida...hay que aprender de lo que se está haciendo bien; igual ocurre cuando una estructura supera su vida útil de diseño.
- Si alguien muere antes de lo esperado se investiga la causa ..igual ocurre en las estructuras con vidas útiles inferiores a las de diseño.





5- El plan de trabajo de campo con ensayos y muestras

- Seleccionar de la manera mas práctica, aleatoria y con sentido común, los sectores donde se harán las pruebas de campo y la toma de muestras para ensayos de laboratorio.
- Definir claramente los códigos para la identificación de las pruebas de campo y las muestras que se enviarán a laboratorio para ensayos
- Establecer en lo posible unidades de trabajo o Puntos Patológicos para obtener la mayor información posible y correlacionable en un sector específico de la estructura.
- Evitar la improvisación en la ejecución de un plan de trabajo.. ¿se sentiría seguro si un piloto de avión no volara con un plan de vuelo?





6- Análisis de información, evaluación, conclusiones y

- La documentación recibida de diseños, planos, procesos constructivos, planos de construcción, fotos, bitácoras de obra, actas de obra e informes de interventoría y de la supervisión de obra.
- Analizar los resultados de los ensayos de campo y muestras de laboratorio en comparación con la documentación recibida y obtener un estimado de la fidelidad porcentual cumplida de la obra con respecto al diseño.
- Analizar la asertividad del diseño en comparación con las normas vigentes cuando se creó el proyecto.
- Revisar los procesos constructivos y controles durante la ejecución



Organizan:



Apoyan:





PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
De la evaluación a la prevención



DESARROLLO DE LOS 6 TEMAS...



Pacasmayo



CEMENTO
YURA

Organizan:



Apoyan:





1- Conociendo las necesidades del cliente

- El uso que tendrá la estructura
- Plan de expansión de la misma (si aplica)
- Conocer la matriz de riesgo del proyecto y las medidas adoptadas para su mitigación
- La vida útil ideal del proyecto y los recursos requeridos
- Confrontar con presupuesto y ver porcentaje de cumplimiento
- Definir las prioridades del diseño con el presupuesto de inversión inicial y definir un plan periódico de mantenimiento.

CEMENTO
ALION
© M&E corone

UNACEM

Holcim

cementos PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

EUCLID CHEMICAL TOXEMENT

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCEMCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

IBCE
INSTITUTO VENEZOLANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

Apoyan:





1- Conociendo las necesidades del cliente

Lo que posiblemente ocurre cuando las necesidades no son claramente conocidas o no se consideran al momento de diseñar un proyecto sometido a ambiente marino:

- Se cambia el uso inicial, aumentando las cargas de servicio
- Se amplían las áreas de proyecto (en edificios, puentes y muelles) sin considerar la reingeniería del desempeño del diseño inicial sin realizar los ajustes necesarios para mejorar su desempeño.
- Los mantenimientos periódicos estimados inicialmente, aumentan en frecuencia e intensidad, aumentando los costos de servicio y reduciendo la vida residual de la estructura.

CEMENTO
ALION
CORONA

UNACEM

Holcim

CEMENTOS
PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCEMCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

IBCE
INSTITUTO IBEROAMERICANO DE CEMENTO Y CONCRETO

Apoyan:





1- Conociendo las necesidades del cliente

Un poco de historia sobre las patologías en estructuras antiguas:

[https:// www.patologiasconstruccion.net/2014/01/colapsos-estructurales-históricos-parte-4-ano-1847/](https://www.patologiasconstruccion.net/2014/01/colapsos-estructurales-históricos-parte-4-ano-1847/)

Fuente de la información tomada para este caso.

- Año de 1847.
- Estructura: Puente ferroviario Dee – Sobre el río Dee
- Localización: Chester (Inglaterra)
- Causa probable del colapso: Fatiga del metal
- Diseño/construcción: Robert Stephenson (1803-1859)
Su padre fue llamado el “Padre de los Ferrocarriles”



Organizan:



Apoyan:





1- Conociendo las necesidades del cliente

Detalles de este colapso histórico:

- Luz de puente: 76,2 m (era un reto para la época)
- Tenía exposición a corrientes producidas por embates de la marea.
- Se diseñó con dos vigas apoyadas en dos pilas intermedias para no usar arcos en mampostería, por los riesgos con las corrientes del río.
- Vigas en hierro fundido reforzado con hierro forjado.
- Durante su primer uso, los pintores observaron al paso del ferrocarril, que las vigas se flectaban excesivamente.

CEMENTO
ALION
© M&E corona

UNACEM

Holcim

CEMENTOS
PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCENCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

IBCE
INSTITUTO VENEZOLANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

Apoyan:





1- Conociendo las necesidades del cliente

Detalles de este colapso histórico 2:

- Se reemplazó la viga defectuosa al ser informado del hecho al diseñador/constructor.
- En la revisión, se encontró que las vigas de madera que formaban el tablero estaban expuestas a chispas...se incluyó una capa de balasto de 5 pulgadas para su protección, con un peso adicional de 18 toneladas en cada uno de los tramos del puente.
- El día del colapso al pasar un tren, una de las vigas falló, los vagones cayeron al vacío y fallecieron 5 personal y otros resultaron heridos.
- Se nombra entonces al ingeniero y capitán J.L.A. Simmons la investigación del siniestro.

CEMENTO
ALION
CORONA

UNACEM

Holcim

CEMENTOS
PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

EUCLID CHEMICAL TOXEMENT

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCEMCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO

IBCE
INSTITUTO IBEROAMERICANO DE CEMENTO Y CONCRETO

Apoyan:





1- Conociendo las necesidades del cliente

Detalles de este colapso histórico 3:

- Inicialmente decide hacer pruebas de resistencia en las vigas
- Revisa los relatos de los testigos del siniestro y le queda claro que fue una falla estructural.
- Finalmente con la ayuda de otro ingeniero, James Walker (1781-1862) se publica el informe pericial, donde se reúnen los testimonios, las observaciones de campo y las pruebas de carga con verificación de las flechas de 6,0 m en el centro de las vigas con una carga de 24 toneladas por viga.

Los invitamos a consultar el caso y revisar las conclusiones de la época, donde se evidencia la denominada “Fatiga de materiales”.



Organizan:



Apoyan:





2- El diseño bajo las normas adecuadas ...

- Según las prioridades del cliente, se determina dentro del rango normativo vigente los parámetros de diseño.
- El diseñador debe establecer los procedimientos constructivos del proyecto y los controles mínimos a realizar durante la ejecución de la obra.
- Considerar los eventos que pueden presentarse para la estructura durante la vida útil de diseño y revisar su impacto en el proyecto.
- Revisar micro clima local, rangos de temperaturas y períodos estacionales, si los hay.





2- El diseño bajo las normas adecuadas ...

- No todo son normas para diseño...debemos complementarlas con la reingeniería y la experiencia del diseñador, donde “experiencia” significa:

Saber al menos 2000 maneras de como no se hacen las cosas...

- La aplicación de la experiencia del diseñador y el conocimiento del medio donde se diseñará la estructura expuesta al ambiente marino, puede marcar la diferencia entre un proyecto exitoso y un gran fracaso.

CEMENTO
ALION
EMSA corona

UNACEM

Holcim

cementos
PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCENCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

ICCC
INSTITUTO INTERAMERICANO DE CONCRETO

Apoyan:





3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

- Elaboración de la formaleta y sus sistemas de atraque, que garanticen la geometría del elemento y los recubrimientos del acero de refuerzo (incluso de ductos en elementos pre esforzados).
- Seleccionar los agentes desmoldantes certificados para no deteriorar la piel del concreto: el recubrimiento del acero
- Figuración certificada del acero de refuerzo, con su recubrimiento protector para evitar la corrosión: la protección redundante se traduce en mínimos reclamos de post venta.
- Los concretos en ambientes marinos, requieren diseños por durabilidad, controlando relación A/C, tamaño máximo del agregado, aditivos según clima, adiciones según uso y la inclusión de un inhibidor de corrosión en los diseños de mezcla.

CEMENTO
ALION
© M&C corona

UNACEM

Holcim

CEMENTOS
PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

**EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT**

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCENCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO

IBCE
INSTITUTO VENEZOLANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

Apoyan:





3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

- Definir los sistemas de transporte y fundida del concreto (vertimiento directo desde el mixer, uso de pluma grúa, sistemas de bombeo por tubería, entre otros).
- Definir los equipos y procedimientos de compactación del concreto, vitales para garantizar su densificación y evitar segregación de la mezcla. Contemplar ensayos para verificar permeabilidad del concreto fundido y curado.
- Determinar los tiempos de retiro de formaleta y desencofrado para evitar lesiones en el concreto a edades tempranas.





3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

- El curado.....tan olvidado y deficientemente ejecutado la mayoría de las veces....
- Hacerlo inicialmente con agua aspersada hasta saturar el elemento, luego aplicar los agentes curadores en manos cruzadas y hacer seguimiento a las temperaturas del concreto, para evitar las fisuras tempranas de retracción...por ellas, se facilitará el ingreso de agentes agresores al concreto y la acero.
- Un concreto debidamente hidratado, desarrollará su mejor resistencia y tendrá una baja permeabilidad al lograr que la mayor cantidad de cemento reaccione con el agua incluida.



Organizan:



Apoyan:





3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

Un ejemplo de **como no se debe hacer el curado** (“la letra con sangre entra” ...como decían el siglo pasado...):



El agua utilizada para curado del concreto, no es eficiente cuando se aplica en chorro, dado que se busca es su aspersion para que fácilmente y en forma eficiente, llegue a los poros del concreto y lo mantenga saturado en forma continua al menos por 3 días consecutivos.

Los beneficios de esta practica favorecen en forma directa la durabilidad del concreto, al reducir porosidad e hidratar la mayor cantidad de cemento contenido en la mezcla.



Organizan:



Apoyan:



3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

Algunos ejemplos de las afectaciones que producen las malas prácticas constructivas y como corregirlos.

- Recubrimientos < a lo especificado y excéntricos entre caras opuestas del elemento.



Distanciadores en plástico reciclado para vigas (izquierda) y columnas y pantallas (derecha).



CEMENTO ALION
UNACEM
Holcim
cementos PROGRESO
3^{er} Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO
Del 4 al 6 de julio de 2022



Organizan:



Apoyan:





3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

- Protección del acero con recubrimientos para evitar corrosión:



Los productos para el recubrimiento del acero de refuerzo, son muy efectivos para evitar especialmente la corrosión por cloruros, que suele aparecer como puntos de corrosión en el acero de refuerzo



Organizan:

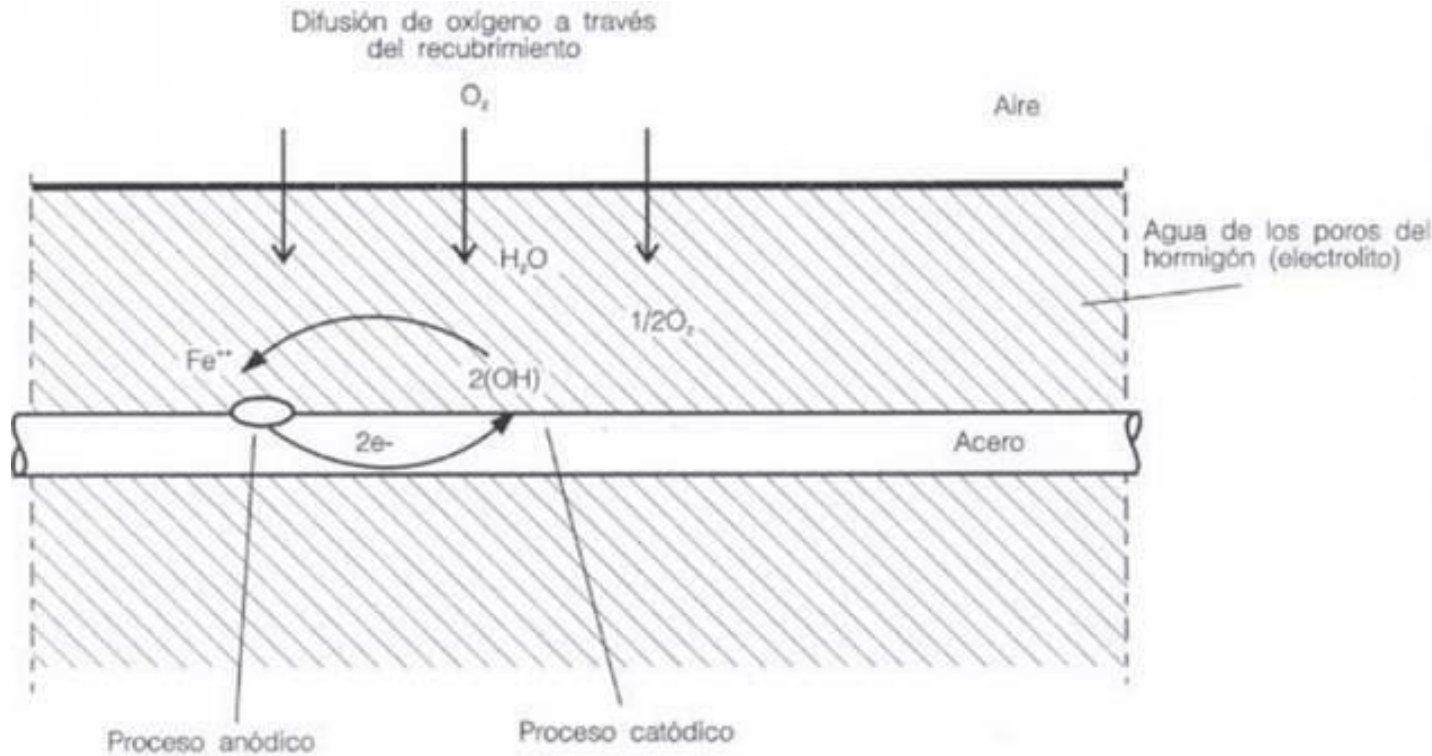


Apoyan:



3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

Recordando el proceso de corrosión del acero en el concreto:



El ánodo es de carga positiva y atrae a los iones de carga negativa; el cátodo es de carga negativa y atrae a los iones de carga positiva.

El proceso de corrosión del refuerzo es una reacción electroquímica que produce un óxido de hierro, que tiene un volumen mayor en 3 a 4 veces al acero inicial, expansión que genera tensión en el concreto.

CEMENTO ALION
© MISA corona

UNACEM

Holcim

cementos PROGRESO

3º Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías
Del 4 al 6 de julio de 2022 | Hotel Mariscal Carreras | Panamá, Panamá
www.cong.org.gt | www.fortigun20ip.org

Organizan:

Apoyan:

3- La importancia de las buenas prácticas constructivas

Recordando los tipos de corrosión del acero en ambiente marino:



La corrosión presenta dos formas de origen según las condiciones del concreto en su exposición al ambiente marino: la generalizada cuando se presenta carbonatación severa del concreto y la localizada o de picadura, ocasionada por el ataque de cloruros.



Organizan:



Apoyan:





4- La expectativa de vida humana vs vida útil de las

- Si los humanos estamos diseñados para vivir 120 años, por qué solo llegamos a 85 años en promedio y generalmente cargados de enfermedades?
- La vida de diseño, la vida útil y la vida residual en las estructuras de concreto reforzado se deben armonizar para cumplir con los objetivos del proyecto.
- La patología de la construcción, en su mayoría forense, evalúa las patologías de las obras donde en la mayoría de los casos, la durabilidad se sacrifica desde un comienzo del proyecto, por argumentos de tiempo y costos.





4- La expectativa de vida humana vs vida útil de las

- Las patologías principales ocasionadas por la falta de cumplimiento en los parámetros de durabilidad, se pueden reducir e incluso evitar, si desde el proyecto de diseño se vincula al especialista en patología de la construcción, para ayudar a seleccionar los materiales, procesos constructivos y acciones preventivas redundantes, que permitan que la vida útil iguale o incluso supere la vida de diseño del proyecto.
- Las patologías principales por durabilidad son: las fisuras a edades tempranas, la heterogeneidad de los espesores del recubrimiento del acero, el uso de aceros sin recubrimientos de protección, deficiente calidad de los agregados y diseños de concreto que....



Organizan:



Apoyan:





4- La expectativa de vida humana vs vida útil de las

...solo tienen como parámetro de calidad cumplir con una resistencia a la compresión, sin tener en cuenta contenidos mínimos de cemento, relación agua/material cementante y la inclusión de aditivos inhibidores de corrosión, debiendo considerarse todo lo anterior como parte fundamental de los concretos usados para estructuras en ambientes marinos.

- El curado, el uso de gravillas con el tamaño máximo adecuado y el uso de desmoldantes certificados para la formaleta, hacen parte integral de un concreto de recubrimiento sano y resistente, que nos permita obtener estructuras con mayor durabilidad.



Organizan:



Apoyan:





4- La expectativa de vida humana vs vida útil de las

- Siguiendo el símil con la expectativa de vida del ser humano, la piel es el órgano mas pesado del cuerpo y tiene la tarea de protegernos del medio externo...así como cuidamos la piel con cremas humectantes y lociones solares, para estar saludables, sería un logro importante si de ahora en adelante tomamos conciencia de la importancia del concreto de recubrimiento en la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado sometidas a ambientes marinos.... y aplicamos las buenas prácticas de construcción, que si bien se conocen, no las ejecutamos a cabalidad.

La prevención en el diseño, ejecución y cuidado periódico de las estructuras de concreto, es mas seguro y económico que rehabilitarlas por lesiones debido a problemas de durabilidad.



Organizan:



Apoyan:





5- El plan de trabajo de campo con ensayos y muestras

Para una edificación:

- Recorrido inicial con toma de videos y fotos
- Seleccionar los puntos de toma de ensayos y muestras, de forma aleatoria y con facilidad de acceso en lo posible, en forma concertada con el cliente, especialmente si la estructura está en uso.
- Elaborar el plan de trabajo de campo y obtener la aprobación del cliente.



Organizan:



Apoyan:





5- El plan de trabajo de campo con ensayos y muestras

Los ensayos esperados para edificios en ambientes marinos son los siguientes:

- Marcación de los Puntos Patológicos para los ensayos y toma de muestras.
- Escaneo del acero de refuerzo, verificación de diámetros y recubrimientos.
- Levantamiento de las lesiones mas destacadas y su porcentaje de ocurrencia en la estructura en evaluación.
- Toma de espesores de recubrimiento del acero en al menos tres caras de un elemento, para ver su homogeneidad.

CEMENTO
ALION
© M&C corone

UNACEM

Holcim

CEMENTOS
PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

**EUCLID
CHEMICAL
TOXEMENT**

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCEMCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

IBCE
INSTITUTO IBEROAMERICANO DE CEMENTO Y CONCRETO

Apoyan:





5- El plan de trabajo de campo con ensayos y muestras

- Realizar apiques y regatas en el concreto de recubrimiento, para verificar frentes de carbonatación y elaborar las curvas de vida residual proyectadas a 100 años.
- Marcación y toma de lecturas de ultrasonido, para verificar homogeneidad del concreto y pérdidas de sanidad en los sectores con grietas, que no sean producto de procesos corrosivos en el acero.
- Toma de núcleos para realizar análisis petrográfico, ensayos de resistencia a la compresión y ensayos de permeabilidad.
- Revisión de micro clima y condiciones de brisa marina sobre los diversos costados de la edificación.



Pacasmayo



Organizan:



Apoyan:





5- El plan de trabajo de campo con ensayos y muestras

- Toma de fotos y videos con el estado inicial de la edificación y del desarrollo del trabajo de campo



Organizan:



Apoyan:





5- El plan de trabajo de campo con ensayos y muestras

Para un puente:

- Todas las anteriores mencionadas para una edificación
- Revisar estado de barandas de protección y sus anclajes al tablero
- Revisar los drenajes para la evacuación del agua lluvia.
- Revisar estado de juntas y los materiales empleados en estas
- Revisar los neoprenos en los apoyos de la super estructura
- Revisar en las pilas de apoyo, los recubrimientos en todo su perímetro, para verificar su homogeneidad.
- Revisar el estado de las redes anexas al puente (de acueducto, voz y datos, líneas de energía, sistemas de alarma e iluminación).



Pacasmayo



Organizan:



Apoyan:





5- El plan de trabajo de campo con ensayos y muestras

Para un muelle:

- Todas las anteriores mencionadas para una edificación.
- Revisión del desgaste de pavimentos en la plataforma del muelle
- Revisar juntas de construcción entre las etapas de desarrollo de los muelles
- Revisar los sistemas de drenaje del agua lluvia en la plataforma del muelle.
- Identificar la cercanía de puntos de vertimiento de aguas servidas y su posible impacto en la estructura.
- Revisar las cabezas de los pilotes en la zona de fluctuación de marea por los procesos de mojado-secado del concreto.



Organizan:



Apoyan:





6- Análisis de información, evaluación, conclusiones y

- Seleccionar los parámetros mas relevantes del diseño del proyecto y establecer en un cuadro de análisis, su grado de cumplimiento y calificarlo en escala numérica.
- Calificar el grado de severidad de las lesiones y su frecuencia, por cada una de ellas. Establecer las posibles causas que las ocasionaron (cargas de servicio, lesiones por durabilidad).
- Clasificar los resultados de los ensayos de núcleos para resistencia, petrografía y permeabilidad; compararlos con las especificaciones del diseño.
- Revisar los parámetros para las buenas prácticas constructivas y establecer una calificación numérica de su cumplimiento.



Organizan:



Apoyan:





6- Análisis de información, evaluación, conclusiones y

- Verificar que el proyecto actualmente se esté usando para lo cual fue diseñado; establecer si los cambios de uso, en caso de presentarse, han derivado en modificaciones de la estructura.
- En caso de existir elementos estructurales prefabricados, verificar el cumplimiento de las especificaciones de construcción, su colocación en sitio en la edad recomendada y los procesos de curado del concreto en el patio de fabricación.
- Establecer las curvas de vida residual y verificar si están dentro de los parámetros de diseño de vida útil de la estructura.





6- Análisis de información, evaluación, conclusiones y

- Emitir las conclusiones del estado actual de la estructura y las causas mas probables que ocasionaron las patologías encontradas.
- Hacer las recomendaciones de las acciones correctivas para estas patologías.
- Recomendar las acciones que se deben tomar a futuro en proyectos similares para reducir y preferiblemente evitar las patologías originadas en el área de la durabilidad.

Recordemos que el ambiente marino es de alto impacto en las estructuras de concreto reforzado...no perdona las omisiones!!!



Organizan:



Apoyan:





Algunas fotos para reflexionar....



- No es casual que los procesos corrosivos inicien en el acero de los estribos y en el acero de la cara inferior de la viga.....
- Es clave la observación de la morfología de las patologías, su localización y repetitividad, para elaborar un adecuado plan de trabajo de campo, con los ensayos y pruebas de laboratorio necesarias,





Algunas fotos para reflexionar....



- En diseño de los muelles las cargas de las grúas con dinámicas y producen vibraciones a considerar.
- Los vehículos de carga sobre le muelle van desde los tracto camiones hasta los montacargas especiales para contenedores con dos ejes y 6 llantas.





Algunas fotos para reflexionar....

- Elementos de borde de muelle con pérdida del concreto de recubrimiento, acero en proceso de corrosión por avance de los frentes de carbonatación.





Algunas fotos para reflexionar....



- Si el acero presenta una película pasivante desde la fábrica, será mejor la limpieza previa con cepillo manual o con grata y pulidora?
- Aceros sin recubrimiento de protección a la corrosión.



Serie Internacional 

PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
De la evaluación a la prevención



Algunas fotos para reflexionar....



3^{er} Congreso Iberoamericano de PREFABRICADOS DE CONCRETO
Infraestructura - Edificación - Puertos - Tuberías

Del 4 al 6 de Julio de 2022 | Hotel Mariscal Caceres Somoza | Santiago - Chile

Organizan:  

Apoyan:  

www.iccc.org.gt | www.fonlogur20ip.org





Algunas fotos para reflexionar....



- Aceros con recubrimientos irregulares por falta de uso de separadores para garantizar recubrimientos mínimos
- Recubrimientos porosos por falta de adecuado curado o uso de desmoldantes no certificados



Organizan:



Apoyan:





Algunas fotos para reflexionar....



- Canastas de refuerzo descentradas con recubrimientos diferenciales en las caras opuestas
- Corrosión inicial por la cara de menor recubrimiento.





Algunas fotos para reflexionar....



- Colapso de una parte de las Champlain Towers South de Miami, con probable inicio del colapso por corrosión de acero en columnas y vigas.
- Se presentaron combinaciones de eventos que llevaron al desastre, pero siempre hay uno primario que desencadena en graves consecuencias.



Organizan:



Apoyan:





Algunas fotos para reflexionar....



- Inicio del mecanismo de colapso de las Champlain Towers en columnas del sótano de parqueaderos, bajo la placa de soporte de la piscina.
- Al parecer, se presentaron problemas de diseño y posiblemente uso de materiales de baja calidad
- Duró este edificio de 13 pisos cerca de 40 años en pie, con estudio de patología con reporte de daños desde el año 2018 que no se atendieron de manera oportuna.



Organizan:



Apoyan:





Algunas fotos para reflexionar....

- Recubrimientos con resinas epoxi.
- Recubrimientos cementosos modificados con polímeros e inhibidor de corrosión.
- El acero protegido se debe figurar con los diámetros de curvatura que eviten el agrietamientos de la película en los ganchos a 90 grados.
- El acero protegido al quedar aislado del oxígeno, el agua y los cloruros, reduce sustancialmente el riesgo de sufrir corrosión.
- Si además incluimos aditivos inhibidores de corrosión en la mezcla, estos anulan las reacciones anódicas y catódicas en el acero de refuerzo, haciendo un sistema redundante que reduce drásticamente las reparaciones a futuro.





La importancia de ser preventivos....

Algunas reflexiones finales desde el punto de vista de patología:

1. Contar con un especialista en patología en los equipos de diseño de proyectos..... Es mejor prevenir que curar!!
2. Revisar en detalle los diseños, los procesos constructivos y tener buenas prácticas constructivas y de control de obra.
3. Los tres pilares: recubrimientos sanos y suficientes, aceros de refuerzo protegidos con recubrimientos y concretos diseñados por durabilidad, de baja permeabilidad, con relación agua/material cementante $<$ de 0,40 y con la inclusión de inhibidores de corrosión integrales.

CEMENTO
ALION
© MISA CORONA

UNACEM

Holcim

CEMENTOS
PROGRESO



Pacasmayo

CEMEX

**EUCLID
CHEMICAL
TOXEMENT**

CEMENTO
YURA

Organizan:

PROCEMCO
CAMARA COLOMBIANA DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

ASOCEM
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO

IBCE
INSTITUTO IBEROAMERICANO DE CEMENTO Y CONCRETO

Apoyan:





Créditos de las fotografías

Concretos pfe SAS
The New York Times
Buscador de Google
Tectonica articles





Gracias por su amable atención!!!

*Ing. Civil Pablo Felipe Estrada Duque
Esp. En Patología de la Construcción*

Concretos pfe SAS

Email: cpfe1995@gmail.com

Celular: +57 315 530 0118

Bogotá D.C. - Colombia



Organizan:



Apoyan:

