

# Evaluación de estructuras de concreto por corrosión

Fecha de recepción: 21/07/08

Fecha de aceptación: 05/09/08

Gustavo Rojas Moya<sup>1</sup>

## Palabras clave

Red Durar, durabilidad, corrosión, armaduras, acero, concreto.

## Key words

Red Durar, Durability, Corrosion, Elements, Steel, Concrete.

## Resumen

En este artículo se presenta un programa para computadora llamado EECC (Evaluación de Estructuras de Concreto por Corrosión), que implementa el método simplificado para la evaluación de la corrosión en las armaduras de los elementos de concreto reforzado.

Básicamente, el método simplificado se basa en la valoración de dos parámetros: la agresividad ambiental a la que está sometido el elemento de concreto reforzado y el nivel de daños actuales que presenta el elemento estructural. El primer aspecto representa los daños actuales de la estructura y el segundo parámetro es representativo de la sensibilidad del

elemento estructural a la corrosión. Estos dos aspectos se cuantifican por medio de dos índices: el índice de corrosión y el índice estructural. Con ellos se obtiene un índice de daño estructural que define entonces el grado de daño y la urgencia de la intervención. El índice de corrosión (IC) se basa en indicadores de daño ponderados en niveles del 1 al 4 y también en la graduación de la agresividad ambiental en términos de ambientes de exposición. El índice estructural (IE) es un factor empírico que valora la sensibilidad del elemento a la corrosión y el efecto de la corrosión de las armaduras en su capacidad portante. Su estimación se basa en la valoración de los detalles del armado del elemento, el grado de hiperasticidad de la estructura y el nivel de sollicitación del elemento respecto a su capacidad resistente.

Nace el proyecto a raíz de mi participación en las Jornadas Iberoamericanas sobre predicción de la vida útil de las estructuras de concreto, celebradas en Santa Cruz, Bolivia, en junio del 2006, las cuales fueron patrocinadas por la Agencia Española de Cooperación Internacional. Debe quedar claro que el programa es una

1. Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: [grojas@itcr.ac.cr](mailto:grojas@itcr.ac.cr).



implementación de una metodología que no es propiedad del autor y que los créditos más bien corresponden a los integrantes de la Red Iberoamericana DURAR.

## Abstract

The purpose of the present paper is to illustrate an abstract setting for the EECC (Evaluación de Estructuras de Concreto por Corrosión) computer software. EECC algorithms are based on the Standard Simplified Method which evaluates and characterizes corrosion in reinforced concrete elements.

Essentially, the Standard Simplified Method takes two main aspects into account; the environmental stress which the element is exposed to and the current level of damage exhibited by the element itself. The first aspect represents the actual level of damage in the element and the second one represents the element's sensibility towards corrosion. At the same time, these two aspects are evaluated by means of two indexes; the corrosion index (IC) and the structural index (SI). A failure index is then derived, which then establishes the degree of the damage and the hurry for corrective actions. The corrosion index (IC), based on the damage indicators, is scored from level 1 to level 4, whereas the environmental stress is scored on the category of exposed environment. On the other hand, the structural index (SI) is an experimental factor that quantifies the element's sensibility towards corrosion regarding resistance capacity. Its quantification is at the same time, based on the assembling details of the element itself, the structure's redundancy and the level of the demand regarding capacity resistance.

EECC was initially conceived by the author during Iberoamerican Congress "Estimation of the reinforced concrete

structures life cycle" Santa Cruz, Bolivia, June, 2006. This congress was subsidized by the Spain International Cooperation Agency. It is important to clarify that EECC is based on a methodology which theorems were developed by DURAR (Red Iberoamerica DURAR) rather than by the author of this paper.

## Introducción

En nuestro país, es el Código Sísmico (2002) el que establece los requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de estructuras sismo-resistentes. Entre sus suposiciones generales están que "los materiales estructurales cumplen con todos los requerimientos previamente especificados" y que "la estructura recibe un mantenimiento adecuado durante toda su vida útil".<sup>2</sup> En términos generales, las estructuras se diseñan para una vida útil de 50 años. El buen acatamiento de la normativa mencionada permite garantizar la seguridad y funcionalidad de la estructura ante la ocurrencia de un sismo durante su vida útil. Entonces, se debe garantizar que durante su vida útil, la estructura conserve los requisitos de diseño sobre seguridad, funcionalidad y estética. Para ello, hay que garantizar que los materiales, componentes y otros, pueden comportarse adecuadamente durante ese período, sin acarrear un costo inesperado de mantenimiento. En la actualidad, ha tomado mucha importancia lo que se conoce como diseño por durabilidad, el cual precisamente trata de definir las acciones pertinentes para garantizar la vida útil de la estructura y en relación con los aspectos de tipo ambiental solamente, se tiene que tomar en cuenta los siguientes factores: agresividad del ambiente, espesor de recubrimiento, resistencia a la penetración del agente agresivo y un límite inaceptable de deterioro.

2. Tomado del CSCR-2002, Capítulo I, Sección 1.4. Suposiciones generales.

La agresividad ambiental generalmente está definida o clasificada en los códigos. Ésta principalmente se divide en función del contenido de humedad y de los contaminantes atmosféricos. El segundo aspecto no sólo debe quedar definido con base en consideraciones estructurales o la resistencia al fuego, sino que además debe considerar la resistencia del concreto reforzado a la penetración del agente agresivo. Un límite de deterioro es difícil de definir, dado que entre otras cosas, va a depender de aspectos económicos e incluso sociales, y del tipo de elemento estructural. En algunos casos, la despasivación del acero puede definir ese límite mientras que en otros casos, podría ser el desprendimiento del recubrimiento o deterioros aparentes muy llamativos que no afectan la seguridad significativamente.

### **Corrosión del acero de refuerzo en el concreto**

La corrosión del acero de refuerzo consiste en la oxidación destructiva del acero debido al medio que lo rodea. Las consecuencias de la acción destructiva de la oxidación se presentan como una disminución de la sección de la varilla, fisuramiento en el concreto e incluso laminación del concreto, debido a las presiones que ejerce el óxido expansivo y a la disminución o desaparición de la adherencia entre el refuerzo y el concreto. Se puede presentar una serie de factores que permite el desencadenamiento de la oxidación, la cual se exponen a continuación de manera resumida.

*Dosificación del concreto.* El concreto debe ser sólido, homogéneo, compacto, resistente y poco poroso. Entre los aspectos que se deben garantizar para lograr las condiciones anteriores están: la manera de proporcionar los agregados y su calidad, de tal manera que se asegure el menor volumen de vacíos; la influencia del agua en la consistencia del concreto fresco, la influencia de la relación agua-cemento,

el grado de hidratación del cemento y la incorporación de aditivos en el cemento.

*Compacidad y homogeneidad.* Es quizás lo más importante en cuanto a resistencia del concreto a la penetración de los agentes agresivos externos. Es inversamente proporcional a la porosidad, por lo que entre más alta sea la compacidad, mayor protección tendrá la armadura a la carbonatación y al ataque de los cloruros, que son los agentes más agresivos. La compacidad es función de la cantidad y calidad de los materiales y de su proporción. Aún así, cumpliendo con lo anterior, el transporte, la colocación y el mal mezclado afectan grandemente la homogeneidad del concreto.

*Espesor del recubrimiento.* La protección que le brinde el concreto a la armadura dependerá del grado de impermeabilización que éste le proporcione, por lo que el espesor del recubrimiento es muy importante.

*Existencia de fisuras.* Éstas constituyen un camino rápido para la llegada de los agentes agresivos a la armadura, por lo que su control es sumamente importante. En general, se limitan a las aberturas de entre 0,1 mm y 0,4 mm.

Otros factores que influyen directamente y que aquí solamente en listo, sin que sean menos importantes, son: humedad ambiental, efecto del oxígeno, efecto de la temperatura, estado superficial del acero, los esfuerzos de tensión en el acero, las corrientes de interferencia, el contacto galvánico entre dos metales, iones despasivantes, cloruros, sulfatos, carbonatación y lixiviación. Se insta al lector a revisar la literatura especializada para ahondar sobre estos otros factores.

### **Evaluación por corrosión**

Se distingue dos procedimientos para realizar la evaluación de una estructura de concreto por corrosión, los cuales son: el método simplificado y el método detallado. Ambos métodos no son excluyentes entre sí, sino que más bien se interrelacionan.

El uso de uno u otro dependerá en gran medida de factores tales como el objetivo e importancia de la evaluación, la magnitud del trabajo en cuanto al número de elementos por estudiar, los datos disponibles, los resultados anteriores y sobretodo, del costo. En este trabajo sólo se considera el método simplificado, por cuanto se pretende mostrar una herramienta en la cual se ha implementado este método.

### Evaluación simplificada

El objetivo principal del método simplificado, en adelante MS, es el de definir un estado de la estructura y

brindar una sugerencia de los tiempos de intervención. En este sentido, la aplicación del método simplificado permite obtener un diagnóstico de un elemento dado o estructura y decidir si se debe intervenir de manera inmediata o en un período razonable. El MS permite además decidir si se debe proseguir con un análisis más detallado.

Básicamente, el método simplificado se basa en la medición de dos parámetros: la agresividad ambiental a la que está sometido el elemento de concreto reforzado y el nivel de daños actuales que presenta el elemento estructural. El primer elemento representa

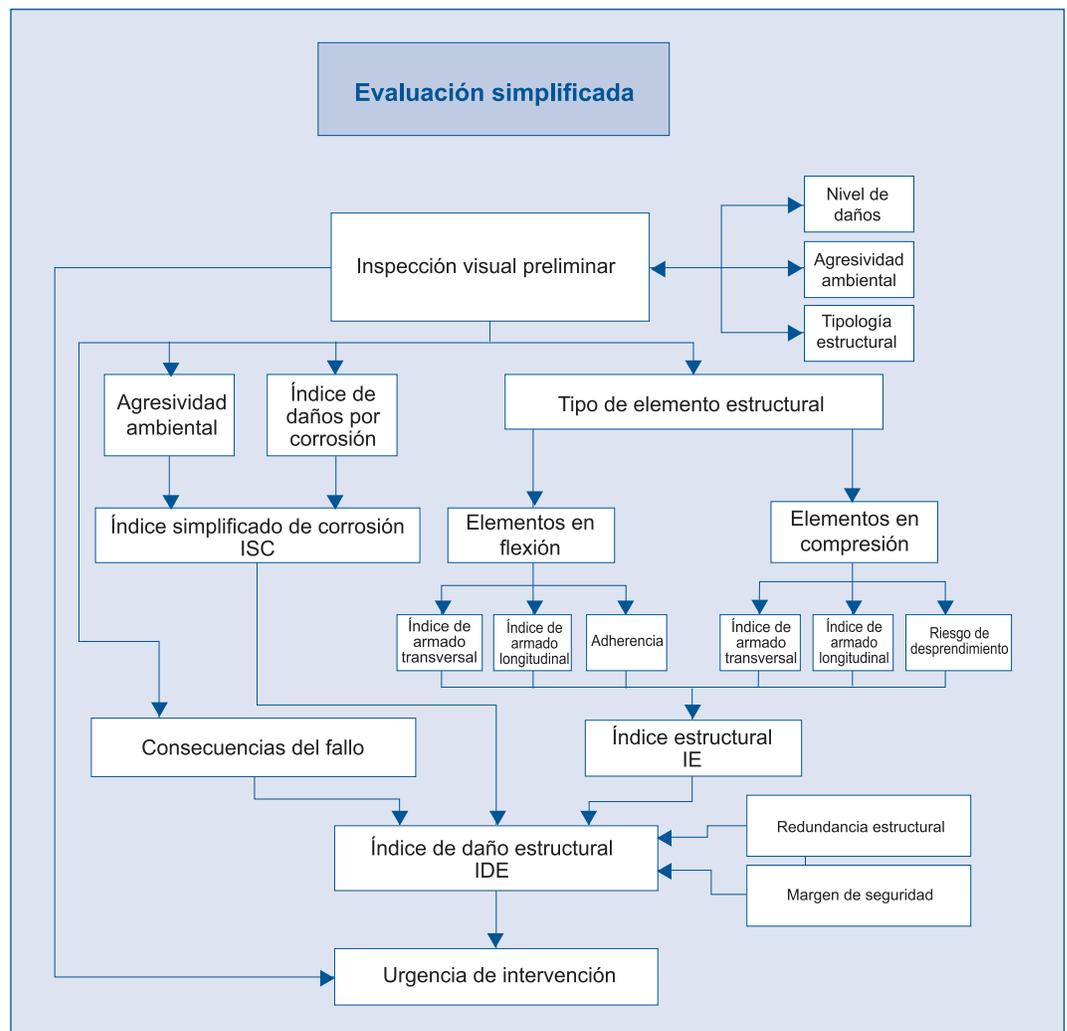


Figura 1. Evaluación simplificada tomada del Manual Durar.

los daños actuales de la estructura y el segundo parámetro es representativo de la sensibilidad del elemento estructural a la corrosión. Los dos aspectos anteriores se cuantifican por medio de dos índices: el índice de corrosión y el índice estructural. Con ellos se obtiene un índice de daño estructural que define entonces el grado de daño y la urgencia de la intervención. El índice de corrosión (IC) se basa en indicadores de daño ponderados en niveles del 1 al 4 y también en la graduación de la agresividad ambiental en términos de ambientes de exposición. El índice estructural (IE) es un factor semi empírico que valora la sensibilidad del elemento a la corrosión y el efecto de la corrosión de las armaduras en su capacidad portante. Su estimación se basa en la valoración de los detalles del armado del elemento, el grado de hiperasticidad de la estructura, el nivel de sollicitación del elemento respecto a su capacidad portante.

En la figura anterior, se delinea el método simplificado mostrando básicamente los pasos por seguir. Se inicia con una inspección visual mediante la cual se trata de inferir el nivel de daños, la agresividad ambiental y la tipología estructural. Luego se estima el índice de corrosión y un índice de agresividad ambiental y se ponderan para obtener el índice de daño por corrosión. En otro paso, se determina el tipo de elemento, ya sea un elemento tipo viga o una columna, y se estiman los índices de armado transversal y estructural. Finalmente, el índice de daño por corrosión y el índice estructural se combinan para obtener el índice de daño estructural, que permite definir un nivel de daños y finalmente, un período de intervención.

### **Programa EECC**

**EECC** es un programa que permite llevar a cabo el diagnóstico preliminar de una estructura de concreto reforzado, cuyo refuerzo esté afectado por la corrosión y utiliza el método simplificado

esquemático en la figura 1, el cual se basa en la estimación de indicadores de dos tipos: un índice simplificado de corrosión y un índice estructural. Estos dos índices se combinan para determinar el índice de daño estructural, el cual permitirá tomar decisiones acerca de la gravedad del daño que ha sufrido la estructura, con el propósito de pasar a una rehabilitación, en el mejor de los casos, o realizar estudios más detallados.

El programa consta de un menú principal y de una barra de herramientas. Aunque presenta algunas opciones convencionales, en el presente artículo se describe las opciones que se debe seguir para llevar a cabo la evaluación simplificada. Básicamente, consta de una serie de formularios o diálogos que permite al usuario ir definiendo los diferentes índices que hay que estimar. Para ello, el usuario puede hacer uso del menú principal, de la barra de herramientas o en forma más directa, de la ventana izquierda en la ventana principal de la aplicación, tal como se observa en la figura 2.

### **Índice de corrosión**

El índice de daños por corrosión o IDC se estima con base en 6 indicadores que son: profundidad de carbonatación, nivel de cloruros, fisuración por corrosión en el recubrimiento, resistividad del hormigón, intensidad de corrosión y pérdida de sección. Se supone que el usuario ha realizado una inspección visual preliminar o ha realizado las pruebas necesarias para la determinación de estos parámetros. Cada factor de estos se pondera de 1 a 4. Con estos 6 factores se obtiene la media aritmética que define el índice de corrosión (Figura 3).

### **Agresividad ambiental**

El índice de agresividad ambiental se estima de acuerdo con las condiciones de exposición de cada elemento, obtenidas en primera instancia a partir de una inspección visual. A cada elemento se le asigna una

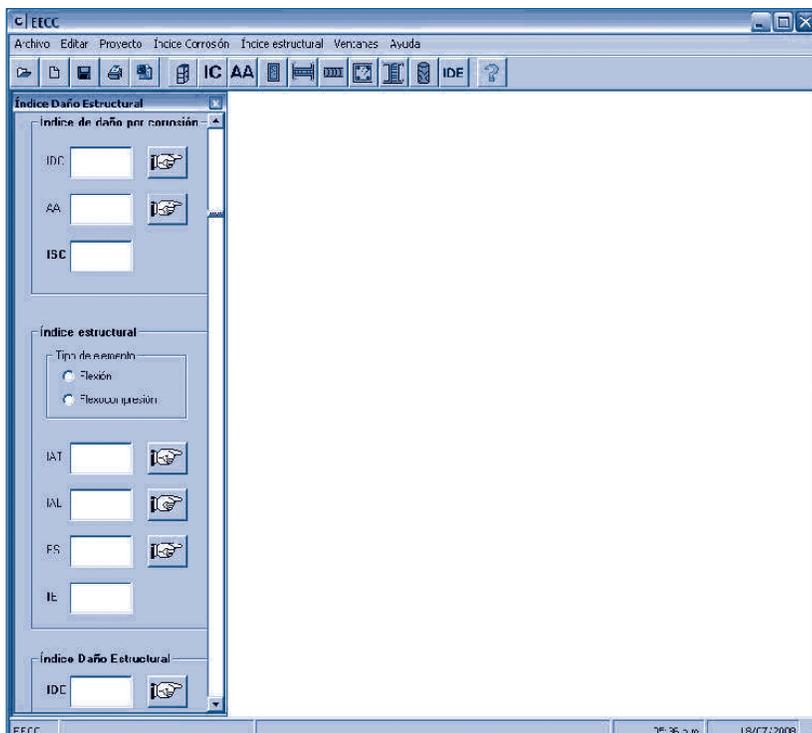


Figura 2. Ventana principal del programa ECCC.

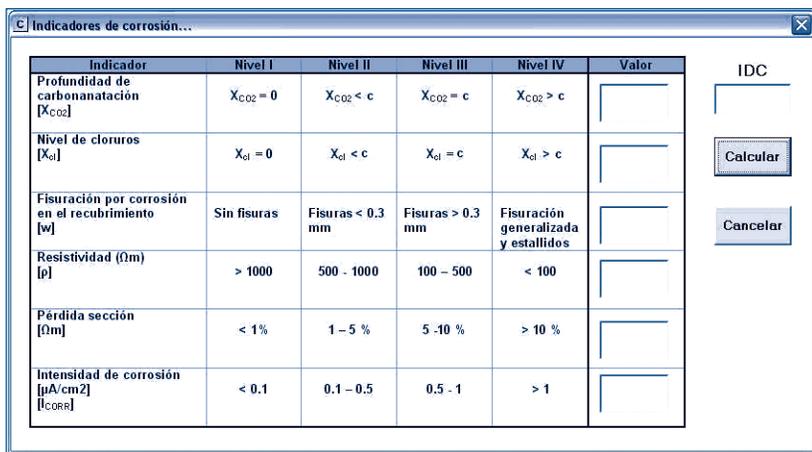


Figura 3. Ventana para estimar el índice de corrosión (IDC).

Cuadro 1.

Clase	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Peso	0	1	1	2	3	2	3	4	2	3	4

clase de exposición, con la ayuda de la ventana que se muestra en la figura 4.

En el formulario anterior, para definir la agresividad ambiental existen cuatro categorías:

1. Sin riesgo de corrosión, que se designa como X0.
2. Corrosión inducida por carbonatación, designada como XC.
3. Corrosión inducida por cloruros de origen distinto del marino, designada como XD.
4. Corrosión inducida por cloruros de origen marino, designada como XS.

Cada uno de estos grupos, salvo el primero, se divide en tres o cuatro subgrupos, dependiendo del grado de humedad. Cada subgrupo tiene asignado un peso según el Cuadro 1, el cual define el índice de agresividad ambiental.

### Índice simplificado de corrosión

El índice simplificado de corrosión o **ISC** se estima como un promedio del índice de corrosión (IDC) y del índice de agresividad ambiental (AA), como sigue:

$$ISC = ( AA + IDC ) / 2$$

Una vez obtenidos los índices IDC y AA, se estima el índice simplificado de corrosión o **ISC**, el cual a la vez permite asociar ese índice con un nivel de corrosión, tal como se muestra en el cuadro siguiente:

Nivel de corrosión	Valor de ISC
Corrosión despreciable	0-1
Corrosión baja	1-2
Corrosión media	2-3
Corrosión alta	3-4

### Índice Estructural

El tipo de sección, la cuantía del refuerzo, el tipo y el nivel de esfuerzos, son los

Designación	Descripción del ambiente	Ejemplos
<b>1. – Sin riesgo de corrosión.</b>		
X0	Para hormigones en masa, todos los ambientes excepto donde hay acciones de deshielo, abrasión o ataques químicos	Hormigón en interiores de edificio con niveles de humedad muy bajos.
<b>2. – Corrosión inducida por carbonatación.</b>		
Cuando el hormigón armado está expuesto a ambientes húmedos, la exposición debe ser clasificada de las siguiente forma: <i>Nota:</i> las condiciones de humedad a considerar en el recubrimiento de hormigón, en algunos casos, pueden ser las mismas que las del ambiente circundante. En estos casos la clasificación de dicho ambiente debe ser la adecuada. Esta observación no es válida en el caso de existir una barrera entre el hormigón y el ambiente.		
XC1	Seco o permanentemente húmedo	Hormigón armado en el interior de edificios con humedad relativa baja. Hormigón permanentemente sumergido.
XC2	Húmedo, raramente seco	Superficies de hormigón sometidas a contacto con el agua durante largos períodos. Cimentaciones.
XC3	Humedad moderada	Hormigón armado en el interior de edificios con humedad relativa moderada. Hormigón en exteriores protegidos de la lluvia.
XC4	Ciclos húmedos y secos	Superficies de hormigón en contacto con agua, no incluidas en la clase XC2.
<b>3. – Corrosión inducida por cloruros de origen distinto del marino.</b>		
XD1	Moderadamente húmedo	Superficies de hormigón expuestas a los cloruros contenidos en aire.
XD2	Húmedo raramente seco	Piscinas. Hormigón expuesto a la acción de aguas industriales que contienen cloruros.
XD3	Ciclos húmedos y secos	Partes de puentes expuestos a salpicaduras que contienen cloruros.
<b>4. – Corrosión inducida por cloruros de origen marino.</b>		
XS1	Exposición a la acción de la sal contenida en el aire pero no en contacto con el agua de mar.	Estructuras cerca del mar o en la costa.
XS2	Permanentemente sumergidas	Parte de estructuras marítima.
XS3	Zonas expuestas a la acción de la marea o salpicaduras.	Parte de estructuras marítimas.

IAA

Clase

Peso

**Aceptar**

**Cancelar**

Figura 4. Estimación del índice de agresividad ambiental.

$\Phi_t$	Cercos			Sin cercos
	$s_s \leq 0.5d$	$s_s > d$	$s_s > 0.5d$	
$> 8 \text{ mm}$	1	1	2	1
$\leq 8 \text{ mm}$	2	2	3	

IAT

**Aceptar**

**Cancelar**

Figura 5. Índice de armado transversal para elementos en flexión.

Índice de Armado Transversal	Diámetro principal del armado (mm)			
	$\Phi \geq 20$		$\Phi < 20$	
	Alta cuantía	Baja cuantía	Alta cuantía	Baja cuantía
1	I	II	II	III
2	II	III	III	IV
3	III	IV	IV	IV

IAL

**Aceptar**

**Cancelar**

Figura 6. Índice de armado longitudinal para elementos en flexión.

factores más importantes en la corrosión de la armadura. El índice estructural, denominado IE, trata de cuantificar todos estos factores para calificar la sensibilidad del elemento a la corrosión. En primera instancia, se agrupa los elementos sometidos a flexión (vigas) y aquellos elementos sometidos a flexocompresión (columnas).

### Elementos sometidos a flexión

En primera instancia, se estima el índice de armado transversal (IAT), el cual trata de tomar en cuenta el diámetro del refuerzo y la distancia entre los aros o estribos. Estos dos factores se usan para definir el IAT, según la figura 5.

Una vez estimado el índice de armado transversal, se define el índice estructural con ayuda de la tabla que se presenta en la la figura 6. En esta tabla habrá que decidir si se tiene una cuantía de acero alta o baja. Para ello se puede usar los límites de 1.0% para una cuantía baja y los mayores al 1,5%, para cuantías altas. En caso de tener valores intermedios, se deben clasificar según el criterio del evaluador. Entrando en la tabla con el valor del índice de armado transversal y el diámetro del refuerzo principal, se obtiene, con una ponderación del I al IV, el índice estructural, que también he llamado índice de armado longitudinal.

### Índice estructural simplificado para elementos en flexión

En caso de no contar con la información necesaria para el uso de las dos tablas anteriores, se puede usar una versión simplificada de ellas para estimar el índice estructural, según la figura 7, donde en función del espaciamiento de los aros (valor cualitativo) y del tipo de viga, se obtiene el IE.

### Elementos sometidos a flexocompresión

Los pasos para determinar el índice estructural en columnas o pilares, son los

Elementos en flexión - Evaluación Simplificada ...

Armado Transversal	Vigas planas ( h < b )		Vigas de canto y viguetas	
	Sección de apoyo	Sección de vano	Sección de apoyo	Sección de vano
Sin cercos	---	---	I	II
Alta densidad de cercos	II	III	III	IV
Baja densidad de cercos	III	IV	IV	IV

Indice simplificado

Figura 7. Índice estructural simplificado para elementos en flexión.

Flexocompresión - Índice de armado transversal ...

$\Phi_t$	$\lambda = \text{espaciado de cercos} / \Phi \text{ armadura principal}$		IAL <input type="text"/>
	$\lambda \leq 10$	$10 < \lambda$	
> 8	1	2	<input type="button" value="Aceptar"/>
$\leq 8$	2	3	<input type="button" value="Cancelar"/>

Figura 8. Índice de armado longitudinal para elementos en flexocompresión.

Flexocompresión - Índice armado longitudinal ...

Índice de armado transversal	D = Índice de desprendimiento				IAT <input type="text"/>
	D >= 0.75		D < 0.75		
	Espaciado		Espaciado		
	> 5 $\Phi$	< 5 $\Phi$	> 5 $\Phi$	< 5 $\Phi$	
1	I	I	II	III	<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>
2	II	II	III	IV	
3	III	IV	IV	IV	

Figura 9. Índice estructural para elementos en flexocompresión.

mismos para los elementos en flexión. Primero se determina el índice de armado transversal y luego se usa éste para determinar el índice estructural, tomando en cuenta los mismos factores de diámetro del refuerzo y espaciamiento. En cierta medida, este caso trata de considerar el riesgo de pandeo del refuerzo de la columna. Se usa las figuras 8 y 9 en orden consecutivo para determinar el índice estructural.

Al igual que en el caso de los elementos en flexión, este índice depende del índice de armado transversal, por lo que el usuario deberá estimarlo previamente. En la tabla, primero se debe decidir con base en un parámetro  $\eta$  que se conoce como índice de desprendimiento (relación entre la sección completa del elemento y su núcleo) y luego conforme al espaciado del refuerzo transversal, donde  $\Phi$  es el diámetro del refuerzo principal.

De igual manera que en el caso de los elementos en flexión, se cuenta con una tabla que permite de manera simplificada, obtener el índice estructural para los elementos en flexocompresión, según la información solicitada en la figura 10 de la ventana del programa.

### Índice de daño estructural

El índice de daño estructural (IDE) se estima con base en el índice simplificado de corrosión (ISC) y el índice estructural (IE). En primera instancia, se debe decidir sobre las consecuencias del fallo, ya sean leves o importantes. Se considera que son leves si no son serias o son pequeñas, e importantes si se puede presentar riesgo a la vida o daños importantes en la estructura.

Con la estimación previa del índice de corrosión y del índice estructural, se estima el índice de daño estructural (IDE), el cual se evalúa con las letras D, M, S y MS, cuyo significado es el siguiente:

D	Despreciable
M	Medio
S	Severo
MS	Muy severo

Flexocompresión - Evaluación Simplificada ...

Armadura transversal	Dimensión mínima del pilar				Índice simplificado
	a > 400 mm		a ≤ 400 mm		
	Baja cuantía longitudinal	Alta cuantía longitudinal	Baja cuantía longitudinal	Alta cuantía longitudinal	
Alta densidad cercos	I	II	III	IV	
Baja densidad cercos	II	III	IV	IV	

Figura 10. Índice estructural simplificado para elementos en flexocompresión.

Estimación del Índice de Daño Estructural

Consecuencias del fallo:

Leve  
 Importante

Índices:

Índice de corrosión:

Índice estructural:

Evaluar IDE:

Figura 11. Índice de daño estructural.

Estimación del Índice de Daño Estructural

Consecuencias del fallo:

Leve  
 Importante

Índices:

Índice de corrosión:

Índice estructural:

Evaluar IDE:

Valor IC	Índice estructural							
	I		II		III		IV	
	Consecuencias del fallo							
	Leves	Import	Leves	Import	Leves	Import	Leves	Import
0 - 1	D	D	D	D	D	M	M	M
1 - 2	M	M	M	M	M	S	M	S
2 - 3	M	S	M	S	S	MS	S	MS
3 - 4	S	MS	S	MS	S	MS	MS	MS

Figura 12. Tabla para escoger el índice de daño estructural.

En la ventana de la figura 12 y con el botón **Tabla**, se puede estimar el índice de daño estructural, entrando en la tabla de la columna izquierda con el valor del índice de corrosión y en las columnas

hacia la derecha, seleccionando el índice estructural.

Finalmente, el método simplificado llega a proponer la urgencia de intervención por medio del índice de daño estructural, según los criterios del siguiente cuadro:

IDE	Urgencia de intervención
Despreciable	> 10 años
Medio	5 - 10 años
Severo	2 - 5 años
Muy severo	0 - 2 años

El tipo de intervención depende del valor obtenido en la tabla anterior. Por ejemplo, para estructuras cuya estimación del índice de daño estructural sea medio o despreciable, se recomienda realizar una inspección al pasar un período de 5 años. Para estructuras calificadas con daño severo, se recomienda realizar una evaluación detallada dentro del plazo indicado y para aquellas estructuras que resultan calificadas con daño muy severo, se recomienda su reparación inmediata, para lo cual posiblemente se requiera primero una evaluación más detallada.

### Comentarios finales

En el presente artículo se ha descrito un programa para computadora que implementa el método simplificado para evaluar la corrosión en las armaduras de elementos de concreto. Se describió las partes más importantes del programa, en cuanto a los pasos por seguir para estimar el índice de daño estructural y la urgencia de intervención. En realidad, el programa consta de algunas opciones más, como las de imprimir, guardar en un archivo de texto la información, una ayuda o manual de usuario y otras más que, si bien complementan la aplicación, no conforman

la parte medular del programa, por lo cual se ha omitido aquí su presentación. El lector interesado debe comunicarse con el autor a la dirección grojas@itcr.ac.cr, para hacerle llegar una copia.

Debe quedar claro que el programa implementa una metodología que no es propiedad del autor, sino que ha sido desarrollada en el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), bajo la red temática Durar, cuyo tema principal es la durabilidad de la armadura. Ese grupo es liderado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (ICCET) de España, por la PhD. Carmen Andrade y su grupo de trabajo, y se puede contactar en la página <http://www.ietcc.csic.es>. Precisamente, una copia del programa se le ha hecho llegar a la Sra. Andrade para su conocimiento y evaluación. También la metodología presentada y en general, la temática de la corrosión de las armaduras, ha sido presentada en el Manual Contecvet de Evaluación de Estructuras Afectadas por Corrosión de la Armadura, como parte de un proyecto coordinado en el ámbito europeo por la British Cement Association.

El tema de la durabilidad de las estructuras ha tomado actualmente un gran auge, debido a diferentes factores y quizás la mayor motivación para ello sea la necesidad de garantizar la vida útil de las estructuras y también debido al alto costo de reparación e incluso, de reposición. Es por ello que se empieza a tener conciencia de incluir en los diseños de las estructuras, criterios de durabilidad. Pero no solamente es importante considerar los criterios de durabilidad en los nuevos diseños, sino también el mantenimiento de las estructuras

existentes, aspecto quizás un poco olvidado en nuestro país. También aquí hay que mencionar los trabajos de reestructuración a edificaciones existentes, que en muchos casos pueden resultar más ventajosos que la propia demolición de una estructura vieja. Es así como la evaluación del estado de la edificación toma importancia, por lo que las metodologías como la implementada en el presente trabajo resultan de gran utilidad a la hora de tomar decisiones.

El método implementado en el programa, aunque es un método preliminar de evaluación, permite a un costo bajo, desarrollar de manera simple la evaluación de una estructura y tomar decisiones respecto a si se debe proseguir con un estudio más detallado y oneroso, y sobre cuándo se debe intervenir la edificación. De ahí la importancia de la metodología. La motivación para realizar este proyecto es precisamente colaborar con la divulgación de este importante tema.

## Bibliografía

1. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. *Código Sísmico de Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2002.
2. Del Valle Moreno, Angélica; *El Fenómeno de la Corrosión en Estructuras de Concreto Armado*. México, Publicación Técnica No 182, 1997.
3. Geocisa, CONTECVET. *Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura*, Madrid, España, 2002.
4. Red Iberoamerica XV.B, DURAR. *Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado*, Comité editorial: Trocónis, Gladis, Andrade, Carmen; et\_al, España, 2000.
5. Torres Acosta, Andrés. *Diseño de estructuras de concreto con criterios de durabilidad*. México, Publicación Técnica No. 181, 1997.