

# **UNIDAD EDUCATIVA SIMON BOLIVAR. CLASIFICACION AMBIENTAL Y LA INFLUENCIA SOBRE SUS FALLAS**

## **EDUCATIONAL UNIT SIMON BOLIVAR. ENVIRONMENTAL CLASSIFICATION AND THE INFLUENCE ON THEIR FAILURES**

**María Alice Olavarrieta<sup>1</sup>, Oscar Tovar<sup>2</sup>, Dinora Salcedo<sup>3</sup>**

*Recibido 31/05/2017: Aprobado: 03/07/2017*

### **RESUMEN**

En el Pre-escolar de la Unidad Educativa Simón Bolívar, del municipio Juan José Mora del Estado Carabobo, Venezuela, se realizó el levantamiento de sintomatología de fallas por Corrosión y la Clasificación ambiental por la norma Concreto: Durabilidad NTF 4015-12. Las fallas en elementos estructurales y no estructurales se estudiaron a partir de información obtenida mediante la inspección visual y entrevistas con el personal docente. Para facilitar el estudio se sub-dividió en dos módulos, y se apreció un sistema estructural apoticado de concreto armado, diseñados y construidos en varios períodos, que dependían de las necesidades y los auspicios de otros organismos públicos (1959 y 1991). El ambiente se clasificó como tipo M4, ya que las fallas identificadas y sus causas más probables dependían mayormente del ambiente marino, más que del ambiente industrial.

**Palabras clave:** *Sintomatología de fallas, concreto armado, corrosión, clasificación ambiental.*

---

<sup>1</sup>María Alice Olavarrieta Docente Investigadora en la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Venezuela. Ingeniero Civil. Correo: mariaalice@ucla.edu.ve

<sup>2</sup>Oscar Tovar. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Venezuela. Ingeniero Civil. Correo: oatandrade@hotmail.com

<sup>3</sup>Dinora Salcedo. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Venezuela. Ingeniero Civil. Correo: dinorasp@yahoo.es

### ABSTRACT

In the Pre-school of the Simón Bolívar Educational Unit, of the Juan José Mora municipality of the Carabobo State, Venezuela, the Corrosion failure symptom and the Environmental Classification were analyzed according to the Concrete norm: Durability NTF 4015-12. Faults in structural and non-structural elements were studied based on information obtained through visual inspection and interviews with teaching staff. To facilitate the study, it was sub-divided into two modules, and a structural system of reinforced concrete was observed, designed and constructed in various periods, which depended on the needs and sponsorship of other public entities (1959 and 1991). The environment was classified as M4 type, since the identified faults and their most probable causes depended mostly on the marine environment, rather than on the industrial environment.

**Keywords:** *Symptomatology of faults reinforced concrete, corrosion, environmental classification.*

### 1. INTRODUCCIÓN

En el Decanato de Ingeniería Civil (DIC) de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), se está desarrollando una serie de trabajos concernientes a una línea de investigación que se enfoca en el estudio de edificaciones escolares ubicadas en zonas costeras de los Estados Carabobo y Falcón, Venezuela, con la finalidad de caracterizar las principales fallas por corrosión. Para ello se está aplicando la Norma Concreto: Durabilidad NTF 4015-2012 [1] para Iberoamérica, lo cual permite clasificar la agresividad del ambiente, pudiéndose confrontar la realidad del problema con el comportamiento a futuro considerando la aplicación de la normativa.

Algunas se efectuaron a través de ensayos de laboratorio que simulan ciertas condiciones de trabajo de un elemento estructural, otras fueron de caracterización mediante inspección visual preliminar y/o detallada de las estructuras expuestas al ambiente agresivo [2]. La información es recabada del análisis de las estructuras escolares que se encuentren funcionando y expuestas al ambiente marino, especialmente las ubicadas en el eje Morón – Tucacas – Chichiriviche, siendo de suma importancia por razones económicas, técnicas y sociales, ya que de su seguridad dependen la vida de los estudiantes, obreros, profesores y el público en general de la comunidad que hace vida en esos espacios.

Por otra parte, considerando los costos de mantenimiento de una estructura, como la de corrección o reparación de daños generados por corrosión, se consideró necesario investigar sobre cuáles son los tipos de fallas más comunes con la finalidad de prevenir el fenómeno desde etapas tempranas del proyecto. De esta manera, se intenta garantizar que las construcciones no requieran ser intervenidas para una reparación o una rehabilitación. Para ello se hace uso de las recomendaciones de la normativa nacional para nuevos proyectos con lo cual se espera garantizar la vida útil de diseño; utilizando el conjunto de recomendaciones

que minimicen el daño que se produce frecuentemente en el concreto armado expuesto en ambientes agresivos [3].

Específicamente en el caso de este artículo, se llevó a cabo el estudio en una institución educativa ubicada en un sitio estratégico de la carretera nacional Morón- Coro, con incidencia de la brisa marina de la costa y de las emanaciones de gases industriales de la Petroquímica de Morón. Los resultados pretenden ser un apoyo para los proyectistas y constructores que trabajan en estos ambientes agresivos, para que diseñen con criterios que no sean netamente por resistencia mecánica sino que también sean tomados en consideración los aspectos constructivos y durables, los cuales son de gran importancia ya que de ellos depende la vida útil de las mismas y por ende la seguridad de las personas que allí habitan, laboran y estudian [4].

Cabe resaltar que, la Norma Concreto: Durabilidad NTF 4015-2012 [1] para Iberoamérica tiene como objeto establecer los requisitos que debe tener el concreto como material de construcción para alcanzar durabilidad, frente a las condiciones de exposición al medio ambiente. Además de presentar indicaciones a seguir durante la construcción de la obra, a fin de garantizar que la misma sea satisfactoria durante el tiempo de vida útil pre-establecido de acuerdo al ambiente de exposición.

## 2. DESARROLLO

La corrosión es una reacción electroquímica destructiva del acero de refuerzo, desarrollada en edificaciones que, debido a su ubicación, están expuestas a los efectos de ambientes marinos. Anteriormente, el efecto corrosivo no se consideraba al momento del diseño de las estructuras ya que no se contaba con una norma específica, por éste motivo, nace la necesidad de indagar sobre los problemas causados por ésta en las estructuras hoy en día [4].

Por ejemplo, Pérez [5] realizó indagaciones sobre la vida útil de estructuras de hormigón armado afectadas por corrosión, especificando los pasos para conocer el nivel real de su influencia, aportando inclusive métodos con la finalidad estimar la vida útil de dicha estructura a manera de estudiar si es o no viable económicamente la reparación y/o corrección de los daños causados. Aguirre [6], trabajó haciendo énfasis en los fenómenos que afectan la durabilidad del hormigón generando la corrosión del acero de refuerzo, incluyó los métodos de prevención y control que se han utilizado como base a la Norma Europea EN 206 [7]; a fin de mitigar el problema en particular relacionado con las técnicas electroquímicas de prevención y rehabilitación.

Realizó una comparación entre los valores recomendados por la Norma Europea EN 206 para la composición del diseño de mezcla, con los de la Norma Técnica Fondonorma Concreto: Durabilidad NTF 4015-12 [1], encontrando similitudes, siendo esta última más rigurosa y contando con mayor variedad en la gama de clases de exposición. Por ejemplo, para elementos expuestos a ambientes marinos sin contacto directo, la EN 206 recomienda una relación agua/cemento máxima  $(a/c) = 0,50$  y un recubrimiento mínimo de 3,50 cm mientras que la NTF 4015-12 recomienda relación  $a/c = 0,45$  y  $r = 5,00$  cm.

En Venezuela [8] se realizó una evaluación patológica de viviendas ubicadas en las zonas Barcelona, Lechería, Puerto La Cruz y Guanta del Estado Anzoátegui. El diagnóstico comprendía la inspección y descripción de los daños, y aplicación de ensayos en cada estructura en estudio teniendo como resultado que el ambiente climatológico en la zona se caracteriza por un alto índice de agresividad. Las pruebas utilizadas para demostrar la presencia de  $CO_2$  en el concreto, indicó carbonatación avanzada en el elemento tomado como muestra, señalando que, por desconocimiento de las normas de construcción en ambientes climatológicos agresivos, se presentaron los daños estructurales en las viviendas estudiadas.

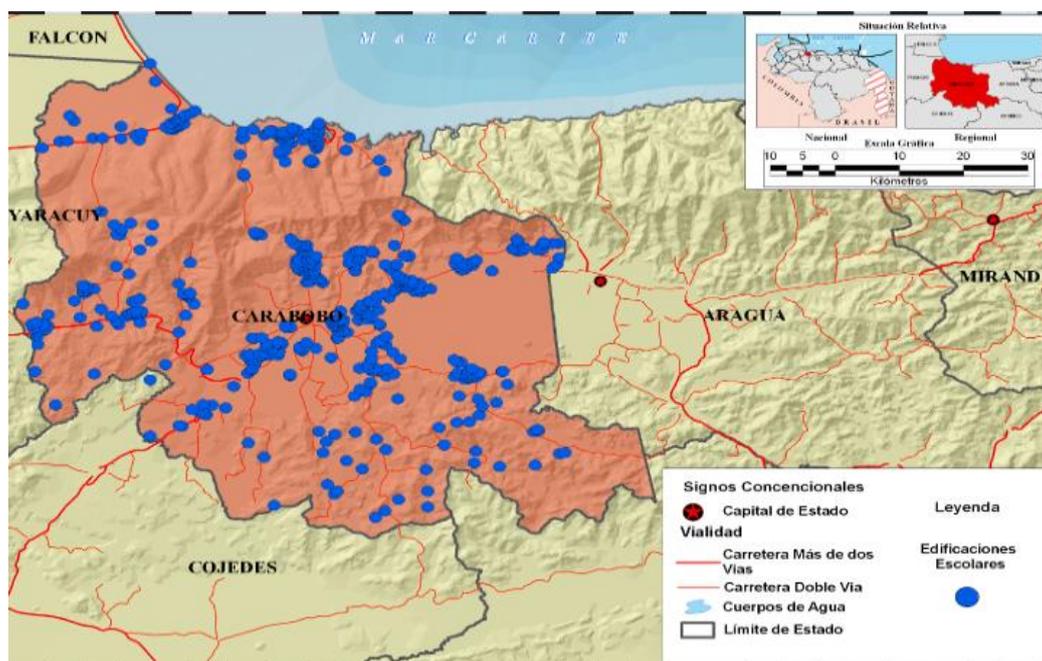
De igual forma, en el estado Falcón, se estudió la influencia de la agresividad del ambiente marino en edificaciones de concreto armado, al igual que la incidencia de la falla de San Sebastián; falla activa que traspasa la zona costera del estado, surgiendo la inquietud acerca de las condiciones de edificaciones educativas en estas zonas, destacando su condición de dualidad de uso en situaciones de emergencia [9]. Se decide, entonces, realizar la caracterización de este tipo de edificaciones, la clasificación del ambiente según lo establecido por la Norma Técnica Fondonorma Concreto Durabilidad para Iberoamérica (4015:2012) [1].

Siguiendo con los estudios realizados en dicho estado, Acero [10] caracterizó las principales fallas, caracterizó el ambiente donde se encuentran ubicadas y determinó la vulnerabilidad sísmica de dos edificaciones educativas de concreto armado, expuestas al ambiente marino, como lo son la Escuela Bolivariana Agua Salobre y el Liceo Prospero Agustín Ocando.

### 3. METODOLOGÍA

El estudio se orientó hacia edificaciones escolares construidas en concreto armado, expuestas atmosféricamente al mismo ambiente marino dentro del área de influencia de las investigaciones de durabilidad del DIC. Según el inventario elaborado por FEDE-IMME y FUNVISIS [11] para la estimación de la vulnerabilidad sísmica se tiene de la Figura 1 un total

de 547 edificaciones escolares en el Estado Carabobo, sin embargo, las que se encuentran ubicadas en la costa y en el Municipio Juan José Mora (Morón) específicamente más cercano al DIC, su número representa aproximadamente el 1%, por tanto se estima que las edificaciones escolares sean 5. Se elige como muestra la Unidad Educativa Simón Bolívar ubicada en la Carretera Nacional Morón- Coro, tiene al norte el Mar Caribe y al este la Petroquímica de Morón, lo que la hace más vulnerable ambientalmente. Por otro lado, su selección se condicionó también a: la capacidad técnica del equipo de trabajo para realizar la inspección, y la aceptación y permisos de la unidad educativa para permitir el acceso a la edificación.



**Figura 1.** Distribución espacial de muestra de edificios escolares en el Edo. Carabobo. Fuente: Proyecto IMME, FUNVISIS, FEDE, FONACIT N° 2005000188. 2.005[10]

Para hacer el levantamiento de sintomatología de fallas por corrosión, se adaptaron tres planillas a partir de lo establecido en el Manual DURAR Troconis, 1999 [12]; orientada a conseguir éstos datos. La información que se esperaba obtener por cada instrumento o ficha era:

### Ficha de Descripción y Antecedentes de la Estructura

Información disponible referente a:

- Nombre de la estructura: Para identificar la institución en estudio.
- Sistema Estructural: Referido al sistema de construcción utilizado en la edificación.
- Uso: Referido a la utilización que tiene la edificación, en éste caso, edificación escolar
- Tipo de Estructura: Edificación, puente, muro de contención, muelle, etc.

- Edad: contada a partir del año en el cual fue otorgado el permiso de habitabilidad
- Ubicación: Lugar dónde se encuentra la edificación. (Ciudad y Estado del país).
- Ambiente: el tipo de atmósfera predominante, permite caracterizar la agresividad del mismo.
- Sub-Denominación de Estructura: Permite identificar cada módulo o estructura que integra la institución, en caso de existir más de uno.
- Fecha de Inspección.
- Área de la edificación: El área representada por la planta de la edificación.
- Número de Pisos: En caso de existir.

### **Ficha de Levantamiento de Sintomatología de Falla**

En esta etapa se compilan todos los datos recolectados a través de la inspección visual, con la siguiente información:

- El Código de la planilla.
- Título del Proyecto.
- Ubicación del elemento estudiado según los ejes alfanuméricos establecidos.
- Levantó: Identificación de la persona que realizó la inspección.
- Elemento / Accesorio: referido al elemento estructural o accesorio (puerta, rejilla, ventana) donde se encuentre el síntoma.
- El Croquis de Planta de la estructura donde se debe señalar la ubicación del elemento que contiene la falla.
- La Descripción de la Falla acotando las observaciones de los signos encontrados en la estructura.
- La Fotografía correspondiente al daño que existe en el elemento en estudio.
- La Hipótesis referida a la probable causa que originó la falla.

### **Ficha de Resumen de Fallas**

El levantamiento de Sintomatología culmina con un “Cuadro Resumen de Fallas” en el cual se mencionan nuevamente los datos de descripción de la estructura estudiada, en conjunto con todos los daños hallados durante la fase de inspección visual en los elementos con sus respectivas características, y un croquis planimétrico donde se señala la ubicación de las fallas:

- Elemento: Viga, columna, junta, tramo de pared. (Accesorio: ventanas, puertas).
- Ubicación: Del elemento según ejes de referencia asumidos.
- Tipo de Falla: Daño existente en el elemento.
- Magnitud: Referido a la forma de cuantificar el daño.
- Observaciones: Detalles que se considere necesario mencionar en el resumen.

El croquis contiene una leyenda en el cual los tipos de fallas han sido identificados con color, a manera de localizar con mayor facilidad el síntoma y su ubicación en la estructura. Además de brindar un estimado de la extensión del mismo (ver Tabla 1)

**Tabla 1.** Esquema de colores adoptado de acuerdo al tipo de fallas

Tipo de falla	Colores
Grietas o Fisuras	Azul
Manchas de Humedad Negruzcas	Marrón
Moho	Verde
Desprendimiento del Concreto (o friso)	Rojo
Parqueo de Reparación	Gris
Sangrado en Acero de Refuerzo	Naranja
Sangrado en Accesorios (Rejillas, puertas metálicas o similares)	Dorado
Erosión o Intemperismo	Morado

Para el levantamiento de la información se estableció como patrón de referencia la ubicación de los ejes, con la finalidad de darle el mismo sentido a todos los elementos estructurales estudiados de cada una de las edificaciones:

En el caso de necesitar ubicar la falla dentro del elemento estructural, se define lo siguiente:

- En una columna, se estima que la altura se distribuye en 3 sectores, siendo éstos: el tercio superior (1/3): la zona más alta, el tercio medio o central (2/3): la zona intermedia y finalmente el tercio inferior (3/3): la parte más baja.
- Para las vigas el punto de referencia desde el cual se toma la medición, se determina a partir de los ejes alfanuméricos anteriormente mencionados.

#### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La Unidad Educativa “Simón Bolívar” se encuentra ubicada al lado de la Urbanización La Playa, frente al Complejo Petroquímico Pequiven en el Km. 08 de la Carretera Nacional Morón – Coro, Morón, Municipio Juan José Mora del estado Carabobo. Construida en el año 1959 por el Instituto Venezolano de Petroquímica (IVP) como instituto educativo para uso exclusivo de los trabajadores de dicho instituto, quienes a su vez habitaban en la urbanización. En el año 1991 Pequiven construyó nuevos módulos en los espacios disponibles. Actualmente la Unidad recibe 1200 estudiantes que van desde infantes a nivel de Pre Escolar, hasta jóvenes de educación media y diversificada.

Se encuentra constituida por 13 módulos, de los cuales 2 son para uso del Pre Escolar, y sobre los cuales se realizó el presente trabajo, 9 para educación básica, 1 para la cantina, 1 para la biblioteca, y 1 espacio para Sala de Estudio. En la Figura 2 se muestra una imagen satelital de

la ubicación de la unidad educativa y los módulos estudiados.



**Figura 2.** Imagen Satelital de U. E. Simón Bolívar. Fuente: Google Maps 2017.

De la entrevista con las autoridades de la Unidad educativa se obtuvo lo siguiente:

- Se desconoce información acerca del diseño de mezcla, las propiedades de los materiales de construcción o la procedencia de los mismos pues no cuentan con memoria descriptiva.
- Los módulos poseen distintas fechas de construcción, siendo los más jóvenes el Pre Escolar, la biblioteca y los módulos 5 y 6 que datan del año 1991. El resto de los módulos fueron puestos en funcionamiento en 1959 por el IVP.
- La institución recibió trabajos de mantenimiento durante el período escolar 2013/2014; éstos consistieron principalmente en realizar parcheo de reparación con morteros o lechadas, sobre elementos que presentaban fisuras o grietas y desprendimiento de concreto que posiblemente tendrían acero expuesto, y se revistieron las paredes con pintura especialmente en las superficies con manchas de humedad sin limpiarlas previamente.
- El proyecto inicial no era de remodelación sino demolición y construcción de una nueva unidad educativa, con módulos fabricados con material PVC (utilizando el Sistema Constructivo PETROCASAS).

Para referir los resultados levantados, se mostrará la ficha de descripción y antecedentes del Pre Escolar "A" en la Figura 3, seguida de una planilla de levantamiento de sintomatología de falla del Pre Escolar "A" en la Figura 4. Luego se presenta la planilla de resumen de fallas del Pre Escolar "A" en la Figura 5.

### **Ficha de Descripción y Antecedentes del Pre Escolar “A” y Pre Escolar “B”:**

- Nombre de la Estructura: U. E. “Simón Bolívar”.
- Sistema Estructural: Aporticado de concreto armado.
- Uso: edificación escolar.
- Tipo de Estructura: Edificación tipo vivienda.
- Edad: 25 años (1.991 al presente).
- Ubicación: Morón Edo. Carabobo.
- Ambiente: Marino.
- Sub-Denominación de Estructura: Pre Escolar A.
- Fecha de Inspección: 25/06/2015
- Área de construcción Pre Escolar “A”: 311,11 m<sup>2</sup>.
- Área de construcción Pre Escolar “B”: 95,86 m<sup>2</sup>.
- Número de Pisos: 1 (Planta baja).

### **Ficha de Levantamiento de Sintomatología de Falla Pre Escolar “A”:**

Los tipos de daños presentes en el Módulo A del Pre Escolar fueron entre otros:

- Grietas: Roturas superficiales en el concreto mayores a 0,1 mm de espesor.
- Grieta a 45°: Rotura superficial en el concreto mayor a 0,1 mm de espesor, por la inclinación se presume que su causa fue asentamiento diferencial de la estructura.
- Manchas de humedad color negruzco: Indicios de que existió escurrimiento constante que dejó hongos (moho verde), actualmente secos.
- Moho: manchas de humedad color verduzco consecuencia del escurrimiento por desague de manguera del aire acondicionado.
- Sangrado: manchas de color marrón rojizo causadas por corrosión (sobre rejillas

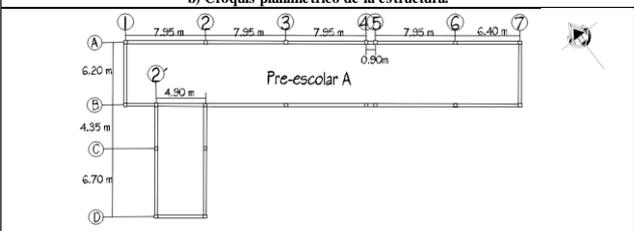
	UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL LISANDRO ALVARADO DECANATO DE INGENIERIA CIVIL	
<b>FICHA DE DESCRIPCION Y ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA</b>		
Nombre de la Estructura: <u>U. E. SIMÓN BOLÍVAR</u>		
Sistema Estructural: <u>APORTICADO DE CONCRETO ARMADO</u> Uso: <u>ESCOLAR</u>		
Tipo de Estructura: <u>EDIFICACIÓN TIPO VIVIENDA</u> Edad: <u>25 AÑOS</u>		
Ubicación: <u>MORÓN EDO. CARABOBO</u> Ambiente: <u>MARINO</u>		
Sub-Denominación de la Estructura: <u>PREESCOLAR - A</u> Fecha de inspección: <u>25/06/2015</u>		
Área de la edificación: <u>294,78 m<sup>2</sup></u> Num. De pisos: <u>1 (P/B)</u>		
<b>a) Identificación de la estructura.</b>		
		
<b>b) Croquis planimetrico de la estructura.</b>		
		

Figura 3. Ficha de Descripción y Antecedentes Pre Escolar A. Fuente: los autores

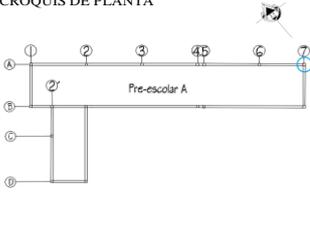
	UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL LISANDRO ALVARADO DECANATO DE INGENIERIA CIVIL	
<b>LEVANTAMIENTO DE SINTOMATOLOGÍA DE FALLAS</b>		
CÓDIGO: <u>PEA-001-TOT-DIC/UCLA-2017</u>		
TÍTULO DEL PROYECTO: <u>LEV. DE SNT. DE FALLA POR COR. Y CLAS. DE DIR. DE LA U. E. SIMÓN B. UB. EN MORÓN E. C.</u>		
LEVANTO: <u>OSCAR TOVAR</u> FECHA: <u>25/06/2015</u>		
ELEMENTO / ACCESORIO: <u>COLUMNA A - 7</u>		
UBICACIÓN: <u>A-7 CARA POSTERIOR.</u>		
CROQUIS DE PLANTA 	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA: Grieta longitudinal L= 70 cm, e= 1,5 mm. Grieta transversal de L= 10 cm, e= 1,1 mm. Grieta transversal a 45° de L= 17 cm y e= 1,1 mm. Todas ubicadas en Tercio Superior	
	HIPÓTESIS DE FALLA: Presion radial generada por recrecido de la sección del acero por corrosión de la armadura. Sobrecarga externa aplicada (Esfuerzos por Flexión).	
LEVANTÓ: OSCAR TOVAR	REVISÓ: ING. MARÍA A. O. / ING. DINORA S.	APROBÓ: ING. MARÍA A. O. / ING. DINORA S.

Figura 4. Planilla de levantamiento de fallas. Pre Escolar A. Fuente: los autores

En el croquis de la Figura 5 se aprecia una leyenda en el cual cada tipo de falla ha sido identificado con un color, a manera de localizar con mayor facilidad el daño y su ubicación en la estructura, además de brindar un estimado de la extensión del mismo. Los elementos sin falla aparente pudieran haber tenido síntomas por corrosión antes del momento de la inspección, sin embargo, el mantenimiento con pintura es frecuente y podría ocultar esos daños. En la Figura 6 se aprecian imágenes de fallas observadas en la inspección visual.

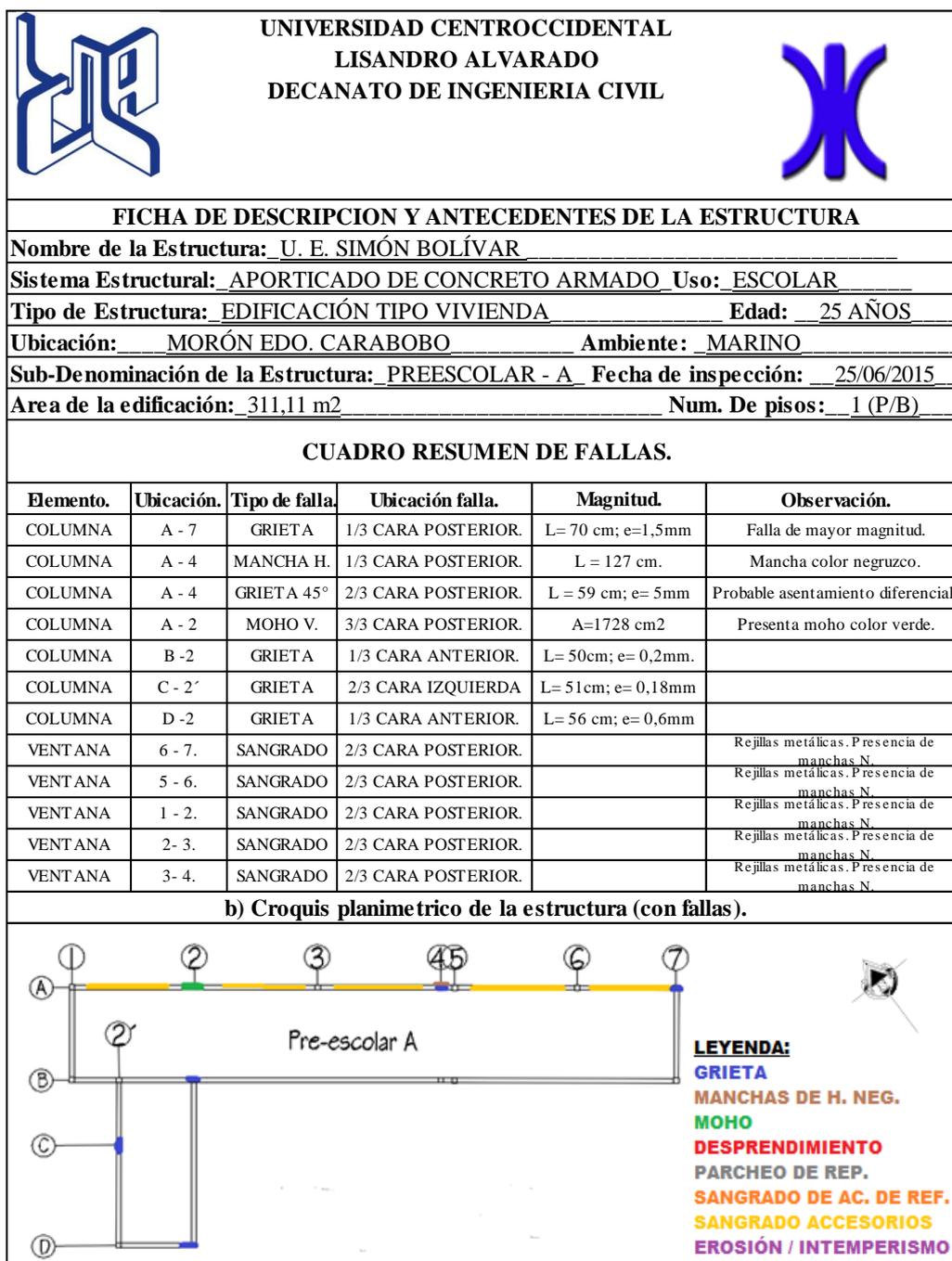


Figura 5. Ficha de Resumen de Fallas Pre Escolar A. Fuente los autores.



**Figura 6.** Fallas observadas en el Pre Escolar “A”. a) Mancha y grieta inclinada a 45, b) Sangrado de la rejilla metálica, c) Mancha verduzca en la columna. Fuente: los autores

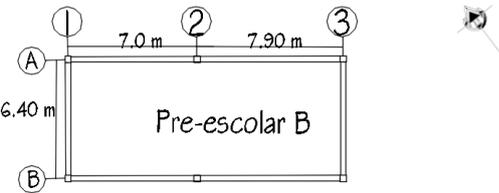
**Ficha de Levantamiento de Sintomatología de Falla Pre Escolar “B”:**

Los tipos de daños presentes en el Módulo B del Pre Escolar fueron entre otros:

- Grietas: Roturas superficiales en el concreto mayores a 0,1 mm de espesor.
- Desprendimiento: Fragmentos de concreto, separados de la masa.
- Sangrado: manchas de color marrón rojizo causadas por corrosión (sobre rejillas metálicas).

Artículo de Investigación

 <p>UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL LISANDRO ALVARADO DECANATO DE INGENIERIA CIVIL</p> 
<b>FICHA DE DESCRIPCION Y ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA</b>
Nombre de la Estructura: <u>U. E. SIMÓN BOLÍVAR</u>
Sistema Estructural: <u>APORTICADO DE CONCRETO ARMADO</u> Uso: <u>ESCOLAR</u>
Tipo de Estructura: <u>EDIFICACIÓN TIPO VIVIENDA</u> Edad: <u>25 AÑOS</u>
Ubicación: <u>MORÓN EDO. CARABOBO</u> Ambiente: <u>MARINO</u>
Sub-Denominación de la Estructura: <u>PREESCOLAR - B</u> Fecha de inspección: <u>25/06/2015</u>
Área de la edificación: <u>95.86 m<sup>2</sup></u> Num. De pisos: <u>1 (P/B)</u>
<b>a) Identificación de la estructura.</b>

<b>b) Croquis planimétrico de la estructura.</b>


**Figura 7.** Ficha de Descripción y Antecedentes Pre Escolar B. Fuente: los autores

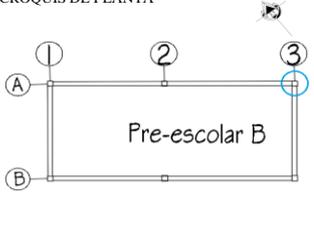
 <b>UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL LISANDRO ALVARADO DECANATO DE INGENIERIA CIVIL</b> 		
<b>LEVANTAMIENTO DE SINTOMATOLOGÍA DE FALLAS</b>		
CÓDIGO: PEB-001-TOT-DIC/UCLA-2017		
TÍTULO DEL PROYECTO: LEV. DE SNT. DE FALLA POR COR. Y CLAS. DE DIR. DE LA U.E. SIMÓN B. UB. EN MORÓN E.C.		
LEVANTO: OSCAR TOVAR	FECHA: 25/06/2015	
ELEMENTO / ACCESORIO: COLUMNA A - 3		
UBICACIÓN: A - 3 CARA IZQUIERDA.		
CROQUIS DE PLANTA 	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA: Grieta de L= 50 cm en tercio superior, espesor de 2 mm., Grieta transversal a 45° de 28 cm de longitud y 3 mm de espesor . Grieta L= 43 cm en tercio central y 3 mm de espesor con desprendimiento de concreto al final de la grieta.	
	HIPÓTESIS DE FALLA: Presión radial generada por recrecido de la sección del acero por corrosión de la armadura. Sobrecarga externa aplicada (Esfuerzo por Flexión y/o Torsión). Posible asentamiento diferencial de la estructura. La lechada del parche colocado sobre éste elemento, podría haber acelerado el proceso de corrosión ya existente creando celdas diferenciales de oxígeno.	
LEVANTÓ: OSCAR TOVAR	REVISÓ: ING. MARÍA A. O. / ING. DINORA S.	APROBÓ: ING. MARÍA A. O. / ING. DINORA S.

Figura 8. Planilla de levantamiento de fallas. Pre Escolar B. Fuente: los autores

Al igual que el modulo anterior se presenta para el Pre Escolar “B” la Figura 7 con la información y antecedentes, la Figura 8 que contiene un levantamiento de falla típico, en la Figura 9 se aprecian imágenes de fallas observadas, y en la Figura 10 el resumen de fallas.



Figura 9. Fallas observadas en el Pre Escolar “B”. a) Desprendimiento del concreto en el apoyo, b) Grieta Longitudinal en viga, c) Desprendimiento del parche en la parte superior de la ventana.

Fuente: los autores



paredes y/o vigas y sangrado de acero de refuerzo y accesorios metálicos que, a pesar de repetirse considerablemente, no logran apreciarse en la totalidad de los casos ya que se encuentran revestidos por pintura o parcheos colocados durante el mantenimiento que recibió la U. E.

- Los daños más críticos se manifiestan en mayor medida en las zonas de los módulos que están en contacto frontal con el viento, medio transportador de cloruros provenientes del mar.
- El levantamiento habría sido más detallado si hubiese podido realizarse antes del mantenimiento que recibió la institución.
- Existen asentamientos diferenciales de los módulos en las zonas que llevan dirección a la costa.
- Se presume que puede existir elevación de nivel freático en la época de mareas altas que afectaría a la institución.
- La capacidad portante del suelo podría no ser la adecuada para soportar la edificación o en todo caso, el tipo de cimentación usada no es la correcta; el Pre Escolar A que es el más próximo a la costa sería el más afectado de ser cierta ésta hipótesis.

En cuanto a la clasificación del ambiente según la norma, que muestra las diferentes clases de exposición relacionadas directamente con la corrosión del refuerzo y con la degradación del concreto, respectivamente se realizó la comparación de la U. E. Simón Bolívar obteniendo las siguientes coincidencias:

- **La Descripción:** Elementos exteriores de estructuras en las proximidades de la línea de costa, evaluado de 5,00 a 500,00 m.
- **Clase:** Marina
- **Subclase:** En zona aérea con distancias de 5,00 a 500,00 m a la línea de costa
- **Tipo de Proceso:** Corrosión por cloruros
- **Designación:** M4

La clasificación para las condiciones del ambiente donde está situada la U. E. Simón Bolívar corresponde con una designación M4, por ser de exposición marina, ubicada en zona aérea con distancias a la línea de la costa de 5,00 a 500,00 m (ésta se ubica a 60,00 m de la cerca perimetral de la Institución.), cuyo efecto principal es la corrosión por cloruros.

La institución está siendo sometida al efecto de 3 tipos de ambientes agresivos:

- **Marino:** La costa se encuentra a 60,00 m de distancia de la cerca perimetral
- **Rural / Urbano:** Se ubica adyacente a la Carretera Nacional Morón – Coro
- **Ataque Químico:** La planta PEQUIVEN está del otro lado de la Carretera Nacional

La Norma contempla en caso de que el tipo de ambiente incluya dos o más clases específicas de exposición, se debe seleccionar el criterio más exigente. En éste caso, el ambiente marino es el que más influencia ejerce sobre la institución debido a los resultados obtenidos en el levantamiento de fallas, cuyos síntomas apuntan hacia la degradación del acero por ataque de cloruros y no del concreto por ataque químico. Para esas clases de exposición a la cual se somete el concreto, se deben cumplir las recomendaciones establecidas en dicha norma, donde los valores límites de la designación M4 recomendados para la composición y propiedades del nuevo diseño de concreto son los siguientes:

- La relación agua / cemento máxima  $a/c = 0,45$
- El contenido mínimo de cemento es  $= 380,00 \text{ kg/m}^3$
- El recubrimiento mínimo es  $= 50,00 \text{ mm}$

## 5. CONCLUSIONES

Las grietas y/o fisuras, longitudinales en columnas, son el tipo de daño que más constantemente se presenta y los elementos estructurales afectados con más frecuencia son columnas.

Existen otros daños como desprendimiento de friso en columnas, manchas de humedad en paredes y/o vigas y sangrado en columnas y accesorios metálicos que, a pesar de repetirse considerablemente, no logran apreciarse en su totalidad ya que se encuentran revestidos por pintura o parcheos colocados durante el mantenimiento que recibió la U. E.

Se clasificó y caracterizó a la U. E. Simón Bolívar según las Clases de exposición relacionadas con sus condiciones ambientales a través de la Norma Técnica Fondonorma Concreto: Durabilidad NTF 4015-12 [1]; llegando a la conclusión de que la U. E. Simón Bolívar corresponde una designación M4, estando frente a una clase de exposición marina. El Ambiente Marino es el que más influencia ejerce sobre la institución.

Hay coincidencia entre el ambiente agresivo que rodea a la edificación del Pre-escolar con respecto a las fallas apreciadas en la inspección, lo que hace cada vez más necesaria la

implementación de la normativa para proyectos nuevos que permitan extender la durabilidad de las edificaciones aportando calidad y optimizando los materiales de construcción necesarios para reparaciones.

## 6. RECONOCIMIENTO

Al CDCHT por prestar apoyo en la realización del proyecto CDCHT Código N° 002-IC-2013 “Caracterización de edificaciones de concreto armado expuestos en ambientes marinos según lo establecido por la propuesta de Norma Técnica Fondonorma, Concreto Durabilidad para Iberoamérica”.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Norma Técnica Fondonorma NTF 4015-2012 Concreto Durabilidad, 2012
- [2] Olavarrieta María, Giménez Alejandro, Dikdan María, Bolognini Humberto, Rodríguez Ángel, Parra Miguel. Proyecto CDCHT Código N° 002-IC-2013 “Caracterización de edificaciones de concreto armado expuestos en ambientes marinos según lo establecido por la propuesta de Norma Técnica Fondonorma, Concreto Durabilidad para Iberoamérica”. 2013.
- [3] Arrieta L, Dikdan M, Malave R, Anzola E, Olavarrieta M, Bolgnini H, Avon D, Corominas D. Un Enfoque integral... Prevención de Daños y Rehabilitación de Estructuras de Concreto Armado. Venezuela Primera Edición, 2013
- [4] Fernández Cánovas M, Patología y Terapéutica del Hormigón Armado. Tercera Edición Madrid España. 1994.
- [5] Pérez, Leticia. “Vida útil residual de estructuras de hormigón armado afectadas por corrosión”. Trabajo de Final de Maestría. Publicado. Universidad Politécnica de Madrid España. 2010.
- [6] Aguirre, M., Mejía R. “Durabilidad del hormigón armado expuesto a condiciones agresivas”. Materiales de Construcción. Vol. 63, 309, p. 7-38, 2013. ISSN: 0465-2746 e ISSN: 1988-3226.
- [7] EN 206-1 “Hormigón - Parte 1: Especificación, comportamiento, fabricación y conformidad”. CEN, 2000
- [8] Escalante, S. “Durabilidad del concreto armado en viviendas de zonas costeras por acción del medio ambiente en la Conurbación Barcelona, Lechería, Puerto la Cruz y Guanta del Estado Anzoátegui”. Trabajo Especial de Grado. Publicado. Universidad De Oriente, 2013
- [9] Chong José, Ramones Karelia y Olavarrieta María, “Caracterización de Estructuras Escolares de concreto armado expuestas en ambientes marinos, según lo establecido por la propuesta de Norma Fondonorma, Concreto Durabilidad para Iberoamérica”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Ingeniería Civil, 2016.
- [10] Acero Ana, Reinoza Luis y Olavarrieta María. “Levantamiento de las principales fallas en edificaciones escolares de concreto armado del estado falcón y su caracterización según la norma 4015:2012 “concreto durabilidad”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Ingeniería Civil, 2016.
- [11] López, O. Coronel G., Pereira R., Azuaje Y., Báez S. (2008) “Reducción del riesgo sísmico en edificaciones escolares de Venezuela, Inventario de Edificios Escolares de

Venezuela” Proyecto IMME, FUNVISIS, FEDE. FONACIT N° 2005000188.

- [12] Troconis Oladis, Romero Aleida, Andrade Carmen, Helene Paulo y Díaz Isabel, DURAR. Red Temática XV.B. Durabilidad de la Armadura. “Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado”. CYTED ISBN 980-296-541-3. Subprograma XV. Corrosión: Impacto Ambiental sobre Materiales. Maracaibo. Venezuela, 1997.