

Diagnóstico patológico en el hospital pediátrico Mártires de las Tunas

Pathological diagnosis at the Mártires de las Tunas pediatric hospital

Ing. Rosabell BORRERO DOMÍNGUEZ*

Dr. C. Yisel LARRÚAPARDO**

Ing. Yohan GONZÁLEZ CUBA*

* Empresa INVESCONS, ENIA, Camagüey

e-mail: rosabell@eniacmg.cu

yohan@eniacmg.cu

** Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”

e-mail: yisel.larrua@reduc.edu.cu

Recibido: 29 junio 2021

Aceptado: 28 agosto 2021

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo realizar un diagnóstico patológico en el hospital pediátrico Mártires de las Tunas a partir del diseño y validación de una metodología con enfoque de proceso, de manera que permita la propuesta de acciones constructivas para la corrección de las patologías desde su origen. La metodología empleada se diseñó a partir de las metodologías desarrolladas por Chávez *et al.* (2012) y Tejera y Álvarez (2013). Se validó la metodología diseñada mediante su aplicación en el segundo bloque del hospital mencionado, donde se detectaron las principales patologías, las causas que la originaron y se propusieron soluciones constructivas pertinentes. Los resultados obtenidos constituyen una herramienta eficaz para la realización de diagnósticos patológicos en la Unidad de Investigaciones para la Construcción, Camagüey.

Palabras clave: Sistema Constructivo Girón, diagnóstico patológico, lesiones

ABSTRAC

The objective of the work was to carry out a pathological diagnosis in the Mártires de las Tunas pediatric hospital based on the design and validation of a methodology with a process approach, so as to allow the proposal of constructive actions for the correction of pathologies from their origin. The methodology used was designed based on the methodologies of Chávez *et al.* (2012) and Tejera and Álvarez (2013). The designed methodology was validated through its application in the second block of the aforementioned hospital, where the main pathologies were detected, the causes that originated them and pertinent constructive solutions were proposed. The results obtained constitute an effective tool for conducting pathological diagnoses at the Construction Research Unit, Camagüey. Key words: Girón Constructive System, pathological diagnosis, lesions.

Keywords: Girón Constructive System, pathological diagnosis, lesions

INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y social de los países no se concibe sin el fomento de las condiciones infraestructurales que propendan al progreso. Es por eso que el nivel de daño que han manifestado algunas construcciones en todo el mundo, tales como monumentos, edificios o estructuras de diversos tipos, ha obligado a la inversión de cuantiosos recursos para su arreglo. A la vez, ha provocado un gran avance en el conocimiento de los diversos mecanismos de daño, mediante el diseño de procedimientos y metodologías debidamente fundamentadas para el tratamiento y recuperación de obras (García Crespo, 2014).

Para realizar cualquier trabajo de acción constructiva en una edificación se necesita de un proyecto bien elaborado sobre la base de un diagnóstico patológico o diagnóstico técnico que pueden definirse según Sureda (2018) como: “conjunto de actividades de revisión, pruebas y ensayos que se realizan sobre la edificación para conocer las características de su estado patológico, esclarecer sus causas probables y decidir las acciones correctivas a ejecutar para llevarla a la normalidad”.

En Cuba, como parte de las obras sociales emprendidas a partir del triunfo de la Revolución, se inició la construcción de hospitales con sistemas constructivos prefabricados. Tal es el caso del hospital pediátrico Mártires de Las Tunas, con Sistema Constructivo Girón, inaugurado en junio de 1980, en la provincia de Las Tunas.

En el segundo bloque de esta obra, desde 1991, quedó una estructura inconclusa (Fig. 1) debido a las afectaciones económicas que sufrió el país durante el Período Especial. A inicios del 2019, el gobierno de la provincia decidió priorizar esta importante obra social para su rehabilitación y ampliación (González Ávila, 2019).



Fig. 1 Segundo bloque del hospital pediátrico Mártires de las Tunas

Fuente: Foto tomada por el autor. Marzo 16 del 2020

Debido al abandono sufrido por la obra durante casi tres décadas, presenta deterioro que genera incertidumbre en la toma de decisiones constructivas. La exposición del edificio a condiciones ambientales límite (ciclones) ha provocado su degradación por lo que se sospecha de una insuficiencia estructural.

Con estos antecedentes, le fue solicitada a la Unidad de Investigaciones para la Construcción (UIC), Camagüey, perteneciente a la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA), una investigación acerca del estado técnico constructivo de la

estructura de la obra. Sin embargo, no se cuenta con una metodología que establezca las etapas que se deben seguir para realizar un diagnóstico patológico. La presente investigación tiene como objetivo realizar un diagnóstico patológico a partir del diseño y validación de una metodología.

DESARROLLO

La presente investigación responde a la tarea técnica solicitada por el hospital pediátrico Mártires de Las Tunas, a la Unidad de Investigaciones para la Construcción (UIC), Camagüey, de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) pertenecientes al Ministerio de la Construcción de Cuba.

Para el diseño de la metodología de diagnóstico patológico estructural en esta investigación, se analizaron varias metodologías propuestas en investigaciones científicas precedentes. Se tuvo en cuenta como indicadores para la selección de las mismas, que fueran validadas en el contexto cubano y aplicadas en obras de hormigón armado.

- Procedimiento para el diagnóstico patológico de edificaciones patrimoniales de alta complejidad a través de técnicas computacionales (Chávez Hernández, 2005).
- Conservación de Edificaciones (Tejera & Álvarez, 2013)
- Evaluación, Diagnóstico estructural y propuesta de intervención edificio de vivienda Prado y Santa Elena (Delgado Espinosa, 2014).
- Evaluación de eco-eficiencia en la cadena productiva de un edificio Gran Panel IV Modificado, en el Reparto Van Troi II de Caibarién (García Crespo, 2014).
- Valoración técnica del deterioro de las edificaciones en la zona costera de Santa Fe (Domínguez Gutiérrez & González Pajaro, 2015).
- Procedimiento para la implementación de la evaluación técnica de edificaciones mediante el empleo de tecnologías BIM (Sureda, 2018).

Teniendo en cuenta lo analizado en la investigación se siguió la metodología para el diagnóstico patológico estructural aportada por Chávez *et al.* (2012) y Tejera y Álvarez (2013). Estas metodologías fueron adaptadas a las condiciones de trabajo de la UIC de Camagüey, al reconocer el papel determinante del proceso de gestión de información requerida para fundamentar la evaluación técnica y toma de decisiones.

La metodología aplicada establece cuatro etapas de trabajo, cada una cuenta con una serie de pasos metodológicos estructurados, donde los datos obtenidos enriquecerán el siguiente paso para encontrar las posibles soluciones para cada lesión de la obra (Fig. 2).

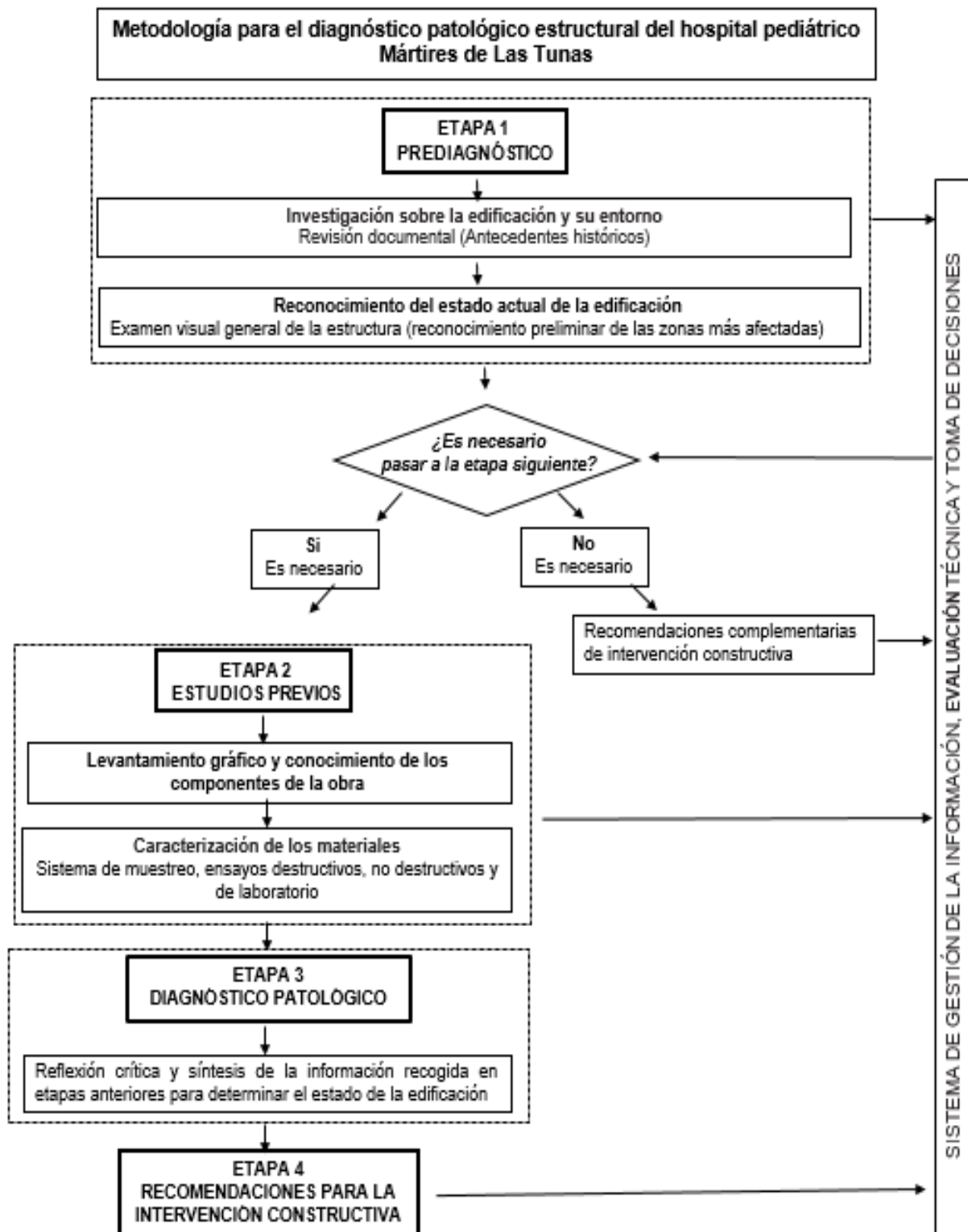


Fig. 2 Metodología para el diagnóstico patológico del hospital pediátrico Mártires de Las Tunas
Fuente:(Elaboración propia). Abril 3 del 2020

La primera etapa fue el prediagnóstico, en ella se realizó una investigación sobre la edificación y su entorno según la NC 207-1 (Oficina Nacional de Normalización, 2019) y un reconocimiento del estado actual de la edificación mediante un levantamiento patológico preliminar.

Para el levantamiento se realizaron mediciones de las lesiones con la utilización de cinta métricas y pie de rey y por medio de la fotografía. La información fue entregada al sistema de gestión de la información técnica y toma de decisiones de la empresa UIC donde se acordó continuar hacia la otra etapa de estudios previos.

En la segunda etapa se realizó un levantamiento gráfico e identificación de los componentes de la obra donde se representaron las lesiones de la losa por cada nivel y cada pórtico de la edificación en planos elaborados utilizando el software Civil 3D (2018).

Se caracterizaron los materiales de la estructura para determinar sus propiedades físico-mecánicas reales mediante ensayos destructivos, no destructivos y de laboratorio. Las muestras o testigos a evaluar en los distintos ensayos responden al sistema de muestreo previamente establecido acorde a los objetivos de esta investigación, según lo planteado por Trocónis (1997).

Se determinó la resistencia a la compresión del hormigón mediante la rotura de testigos (Fig. 3). Para este ensayo, se extrajeron 5 testigos en el primer nivel de la edificación, 3 en el segundo e igual número en el tercero, usando una extractora de testigos convencional marca HILTI DD200 (Fig. 4).



Fig. 3 Ensayo Rotura de los testigos
Fuente: Fotos tomadas por el autor. Abril 24 del 2020



Fig. 4 Extracción de los testigos de hormigón
Fuente: Fotos tomadas por el autor. Abril 24 del 2020

En el caso particular de este estudio, se seleccionaron las columnas como el elemento de la estructura, para la toma de muestras. Esta decisión estuvo condicionada por la especificación que establece la relación requerida entre altura (h) y diámetro (ϕ) o esbeltez de los testigos. En este sentido se obtuvo que en otros elementos de la estructura (losa, muros y vigas) no se cumplió la condición referida en Trocónis *et al.* (1997) y Porto (2005).

Para que este ensayo fuera representativo en toda la obra se debían extraer 60 testigos de hormigón, pero al ser un ensayo muy destructivo Porto (2005) plantea que se puede combinar con ensayos menos destructivos que permitan estimar los valores de resistencia a la compresión del hormigón. En este estudio se combinó con el ensayo de resistencia *in situ* mediante la Pistola Windsor, para el cual se realizaron 60 muestras y se seleccionaron 11 que coincidieran con las columnas donde se extrajeron los testigos. Los valores de cada ensayo obtenidos constituyen las variables utilizadas para el modelo de regresión lineal simple. El procesamiento de los datos se realizó con el software SAPHICTATGRS Centurion XVI, versión 16.2.04.

La ecuación obtenida en el modelo se insertó como función en una hoja de cálculo de Excel y con los valores de la resistencia *in situ* mediante la Pistola Windsor se estimaron los restantes valores de la resistencia a la compresión del hormigón. Con los datos obtenidos se clasificó en la resistencia a la compresión del hormigón según la NC 207-1: (Oficina Nacional de Normalización, 2019).

En el ensayo para la medición de la profundidad de carbonatación se empleó la fenolftaleína como indicador ácido-base, la cual se roció sobre las superficies de los testigos de hormigón tomados para los ensayos de resistencia. Esta sustancia se torna color violeta en medios muy alcalinos, por lo que el espesor de hormigón carbonatado es el que no se ha teñido de violeta (Porto Quintián, 2005).

El ensayo no destructivo de detección y distribución del acero se realizó midiendo en diferentes puntos de la superficie del hormigón la alteración del campo magnético generado por una sonda electromagnética, la cual permite ubicar el refuerzo con un grado de precisión fiable y ofrece valores aproximados del diámetro y la profundidad del recubrimiento, para ello se empleó el instrumento Rebarscope. La evaluación se realizó teniendo en cuenta la categoría de agresividad del medio. Los resultados del ensayo fueron verificados de acuerdo a la norma NC 207-1 (Oficina Nacional de Normalización, 2019).

La resistividad eléctrica es un ensayo no destructivo que permite conocer la capacidad que presenta el hormigón para proteger los aceros de refuerzo ante la corrosión. La zona de muestreo seleccionada para este ensayo correspondió con la elegida para el ensayo de Resistencia *in situ* anteriormente explicado.

Se le ejecutaron mediciones empleando el Medidor de Resistividad James Instruments RM-8000 OHMCORR. Se relacionaron los valores medios por niveles de las columnas en la edificación y se clasificó el riesgo a la corrosión según Trocónis *et al.* (1997).

Se realizó el ensayo de porosidad total del hormigón para evaluar la compacidad del hormigón, utilizando las probetas de ensayos anteriores. Los resultados de este ensayo se clasifican según la NC 120: 2014 de la (Oficina Nacional de Normalización, 2014) (2014) y (Trocónis y otros, 1997).

Se realizaron dos excavaciones de calicata en las zonas donde se encontraban los muros que presentaban grietas inclinadas de 45°. La profundidad de la excavación fue de 75 cm se realizaron, con el propósito de determinar el tipo de cimentación empleado, sus dimensiones y las características del suelo base de la estructura mediante la prueba de granulometría. Además, se clasificó el suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS). Se determinó la granulometría de los áridos gruesos y finos, por medios de tamices de aberturas cuadradas. Los resultados obtenidos se comprobaron con la NC 120: 2014 (Oficina Nacional de Normalización, 2014).

En esta etapa se verificaron los resultados obtenidos con el sistema de gestión de la información técnica y toma de decisiones de la empresa UIC. En la etapa de diagnóstico se hizo una reflexión crítica a partir de la síntesis e interpretación de la información recopilada en etapas anteriores para determinar el estado de la edificación. En la última etapa se propusieron recomendaciones para la intervención constructiva de cada lesión de la obra. Terminada esta metodología se le entregaron todos los resultados a el sistema de gestión de la información técnica y toma de decisiones de la empresa UIC.

Resultados

El hospital pediátrico Mártires de Las Tunas fue ubicado en un medio de categoría baja, según los tipos generales de exposición relativos a la corrosión de las armaduras de la NC 207-1 (Oficina Nacional de Normalización, 2019).

Este edificio está constituido por elementos prefabricados de hormigón armado y pretensado. Compuesto esencialmente por una estructura de esqueleto con entrepisos formados por losas de sección doble T, son de 6 m de largo y 1,5 m de ancho. El edificio consta de tres niveles con 3,30 m de puntal cada uno, presenta una red modular en planta de 6x6 m (distancia entre columnas) y las vigas y columnas tienen secciones únicas de 30x40 cm.

El levantamiento patológico preliminar se detectaron lesiones como el desprendimiento del hormigón y corrosión del acero en losa (a) y columna (b), manchas en las paredes (c), grietas inclinadas a 45° en muros (d), crecimiento y propagación de vegetación herbácea embebida en el hormigón estructural (e) y erosión en la solución de impermeabilizante (f) como se muestra a continuación en la Figura 5.

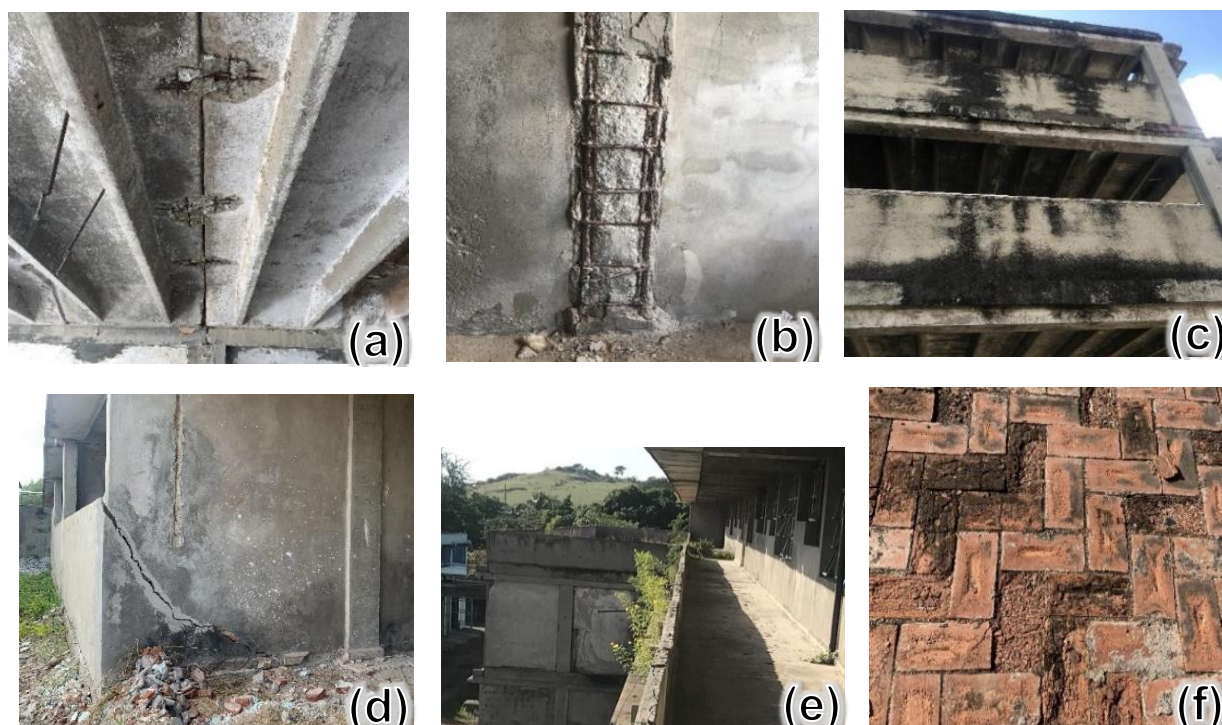


Fig. 5 Imágenes de las lesiones en la estructura
Fuente: Fotos tomadas por autor. Marzo 16 del 2020

Concluida la primera etapa y fundamentada la necesidad de continuar el diagnóstico patológico estructural en la edificación, se continuó a la etapa de estudios previos. La ubicación de las lesiones se muestra en el plano de la Fig. 6:

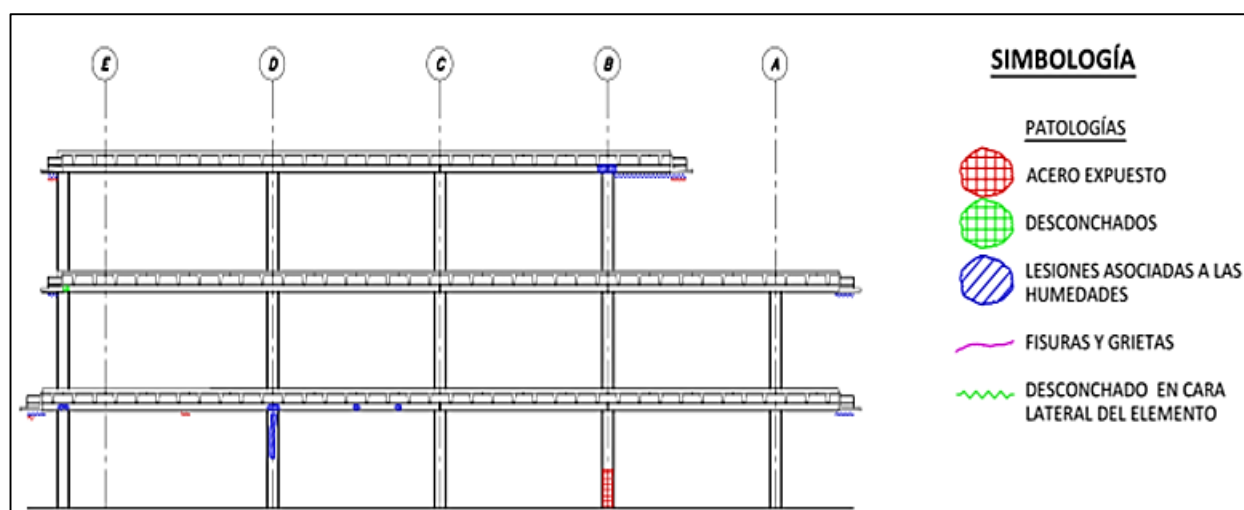


Fig. 6 Plano del levantamiento patológico de la obra objeto de estudio
Fuente: (Elaboración propia). Mayo 7 del 2020.

La Tabla #1, muestra los resultados del ensayo de la rotura de testigos y Pistola Windsor, que constituyen las variables utilizadas para el modelo de regresión lineal simple.

Tabla 1. Resultados de las variables utilizadas para el modelo de regresión lineal simple.

Muestra	Pistola Windsor (X)	Rotura de los testigos (Y)
1 ^{er} nivel	26.11MPa	12.72 MPa
1 ^{er} nivel	23.60 MPa	9.88 MPa
1 ^{er} nivel	21.53 MPa	9.4 MPa
1 ^{er} nivel	25.30 MPa	12.8 MPa
1 ^{er} nivel	26.11 MPa	12.9 MPa
2 ^{do} nivel	27.61 MPa	12.6 MPa
2 ^{do} nivel	24.23 MPa	11.6 MPa
2 ^{do} nivel	29.10 MPa	14.2 MPa
3 ^{er} nivel	20.25 MPa	8.6 MPa
3 ^{er} nivel	25.83 MPa	10.3 MPa
3 ^{er} nivel	26.68 MPa	12.9 MPa

Fuente: Elaboración propia. Mayo 2 del 2020.

Los resultados obtenidos permitieron ajustar un modelo doble inverso ($Y = 1/(a + b/X)$) para describir la relación entre Resistencia a la compresión y Resistencia *in situ* (Pistola Windsor).

La ecuación del modelo ajustado se muestra en la Fig. 7. El estadístico R-cuadrada obtenido indica que el modelo ajustado explica el 83.1706% de la variabilidad en Resistencia a la compresión, este es un 2.5590 % mayor que el modelo lineal previamente seleccionado. El coeficiente de correlación es igual a 0.911979, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables. Puesto que el valor probabilidad (p) en la tabla ANOVA es menor que 0,05, se puede afirmar que existe una relación

estadísticamente significativa entre Resistencia a la compresión y Resistencia *in situ* con un nivel de confianza del 95.0%.

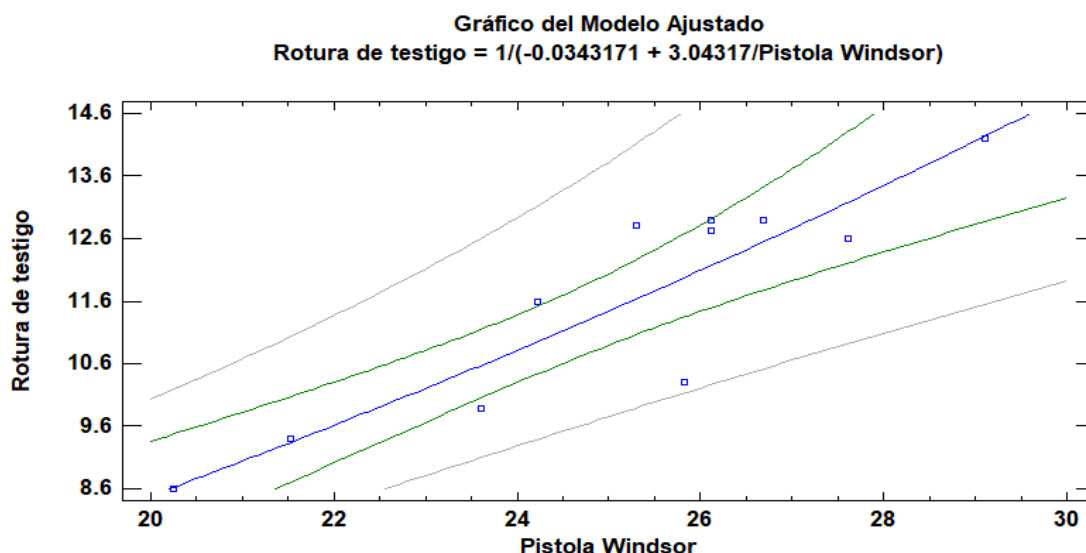


Fig. 7 Gráfico del modelo ajustado de la relación entre Rotura de testigos y la Pistola Windsor.
Fuente: Elaboración propia). Mayo 4 del 2020

A partir de estos ensayos se obtuvo que la resistencia promedio del hormigón es aproximadamente de 12,42 MPa por lo que no cumple con lo establecido en la NC 207-1 (Oficina Nacional de Normalización, 2019). Según Sollero y Bolorino (2016), la baja resistencia del hormigón puede estar causada debido a un error en la producción o por agregar demasiada agua al concreto en la obra debido a retrasos en el colado o a exigencias de concreto húmedo. El alto contenido de aire también puede ser una causa de la baja resistencia.

En el ensayo para determinar la profundidad de carbonatación (Fig. 8) los resultados obtenidos muestran que el hormigón tiene un promedio de 1.40 cm aproximadamente de carbonatación, por lo cual no llega a la armadura más externa en este caso los cercos, ya que todos los recubrimientos de los elementos estructurales tienen 3,00 a 4,00 cm, cumplen con la dimensión normada actualmente NC 207-1 (Oficina Nacional de Normalización, 2019).

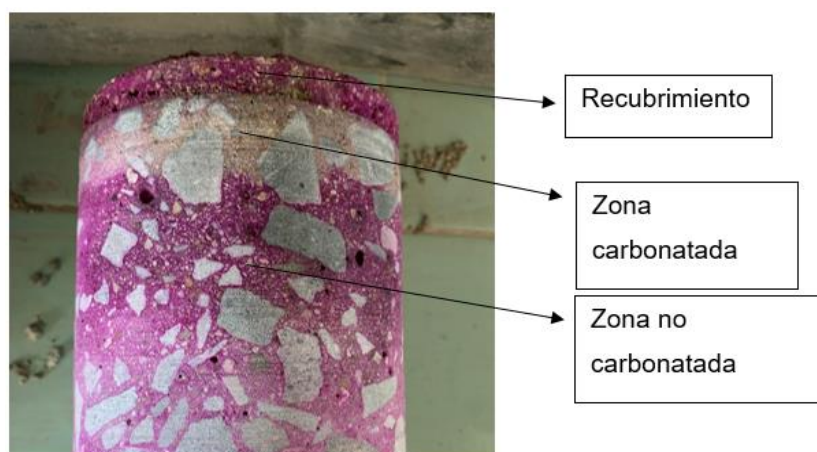


Fig. 8 Ensayo de la profundidad de carbonatación.
Fuente: Foto tomada por autor. Abril 21 del 2020

Para el ensayo de resistividad eléctrica se relacionaron los valores

medios por niveles de la edificación (Tabla 2) y el criterio de evaluación respecto al riesgo de corrosión que plantea Trocónis *et al.* (1997).

Tabla 2. Resultados del ensayo de resistividad eléctrica del hormigón.

Nivel	Elemento	Rango de valores (KΩ cm)	Resistividad media (KΩ cm)	Riesgo de corrosión
Primer nivel	Columnas	43,40 – 57,80	50,94	Riesgo moderado
Segundo nivel	Columnas	45,70 – 60,60	51,62	
Tercer nivel	Columnas	41,40 – 50,90	46,66	

Fuente: Elaboración propia. 8 mayo, 2020.

De forma general, los valores de resistividad obtenidos indican que la estructura presenta un riesgo moderado de desarrollo de la corrosión de acuerdo con las características electroquímicas de la masa de hormigón.

Los valores obtenidos en el ensayo de porosidad efectiva del hormigón promedian valores de 13,16 %, se puede afirmar que la compacidad del hormigón es adecuada según NC 120: 2014 (Oficina Nacional de Normalización, 2014).

Con las dos calicatas realizadas (Fig. 9) se comprobó la existencia de cimentación corrida, de 35 cm de peralto, en toda la longitud y cimentación aislada de 50 cm de peralto y 80 cm de ancho (Fig. 10). No se encontraron ningún tipo de lesiones en estos cimientos. El suelo presentó una composición de un 24.5% de grava, 44% de arena, 31.5% de arcilla y limos, 34% de Límite Líquido, 21% de Límite Plástico y 13% de Índice de Plasticidad. El suelo se clasificó como una arena arcillosa (SC) según el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS).

Para el análisis granulométrico de los áridos, en las probetas de muestreo, se encontró una proporción árido fino inadecuada, pues los valores de la granulometría arrojaron que el hormigón tenía un 7% de árido fino, esto representa un exceso de árido fino en la mezcla,



Fig. 9 Calicata realizada
Fuente: Foto tomada por los autores

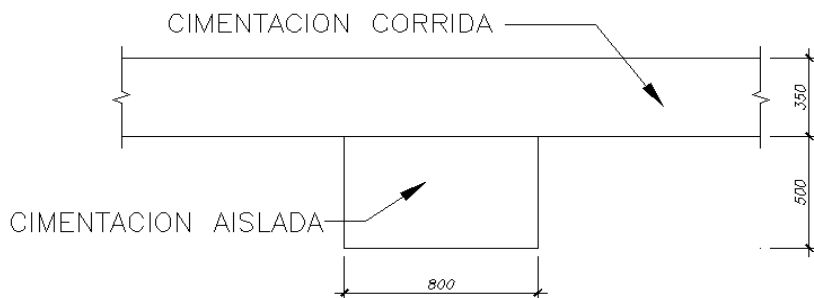


Fig. 10 Corte de la cimentación
Fuente: Foto tomada por los autores

pues según la Norma Cubana NC 251: 2017 (Oficina Nacional de Normalización, 2017), no puede ser mayor del 5%.

El resultado del ensayo de la densidad del hormigón endurecido arrojó un valor promedio de 2250 kg/m³. Según lo especifica la NC 120: 2014 (Oficina

Nacional de Normalización, 2014), el hormigón tiene una densidad adecuada, ya que el resultado obtenido se encuentra entre los valores de 2000 kg/m³ y de 2600 kg/m³.

De acuerdo a los resultados obtenidos en etapas anteriores, el desprendimiento de hormigón en la losa de sección doble T del tercer nivel es causado por la humedad debido a filtraciones de agua exterior (precipitaciones) a través de fisuras detectadas en el sistema de cubierta en la edificación, producidas por la deficiente solución de juntas en las losas de cubierta y la erosión de la solución de impermeabilizante.

A juicio de la autora, la lesión detectada en la columna del primer nivel se clasifica como disgregación del hormigón, provocando el desprendimiento de sus segmentos, producto de una incorrecta preparación del hormigón en esta columna *in situ*, este planteamiento encuentra sustento el exceso de árido fino encontrado en el ensayo realizado.

La causa más frecuente de las grietas inclinadas a 45° en los muros de la edificación estudiada son asentamientos de la cimentación (Tejera & Álvarez, 2013); (Menéndez, 1986) y (Monjo & Maldonado, 2014). Aunque los ensayos realizados para la determinación de la granulometría de los suelos arrojaron un porcentaje alto de arcilla, indicando una posibilidad de incidencia de asentamiento. Se recomienda realizar investigaciones geotécnicas minuciosas y trabajos de topografía para demostrar la causa de esta patología.

En la edificación objeto de estudio se identificó que el crecimiento de vegetación herbácea embebida en el hormigón de cubiertas y aleros es causado por la humedad constante, las suciedades en los aleros y el envejecimiento de los materiales.

Para corregir el desprendimiento del hormigón en la losa de sección doble T, se propone realizar acciones constructivas para erradicar la causa del problema, en este caso se deben reparar las juntas de la losa y la solución de impermeabilizante de la cubierta, para esto se recomienda limpiar la parte deteriorada. Proteger la superficie ya limpia con un producto impregnante. Rellenar el espacio vacío sobre las losas con mortero grueso de cal y cemento y utilizar pinturas al barniz (Tejera & Álvarez, 2013).

Para reparar la unión entre las juntas de las losas varios autores han propuesto diferentes soluciones constructivas (Porto Quintián, 2005) y (Tejera & Álvarez, 2013). De forma

general, los autores coinciden en que se debe regenerar la estructura de hormigón y proteger los aceros expuestos contra la corrosión por medio de procedimientos basados en el empleo de inhibidores de corrosión, de manera que se garantice la durabilidad de la estructura.

Para la disgregación del hormigón provocada por el desprendimiento de sus segmentos, se recomienda reforzar mediante el recrecido de las caras de la columna en toda su altura, con hormigón de adecuada resistencia (Porto Quintián, 2005).

Para manchas asociadas a humedades por absorción en muros de hormigón armado se tuvieron en cuenta las recomendaciones generales aportadas por Delgado (2014), referidas al empleo de aditivos, productos químicos aceleradores y retardadores del fraguado de la masa del hormigón, morteros e inhibidor de corrosión.

Las grietas inclinadas o diagonales a 45° en muros inicialmente se debe comprobar si están activas o estabilizadas. Si la grieta está activa es necesario realizar de inmediato un apuntalamiento, vertical o inclinado según la causa. Si la grieta está estabilizada existen varios métodos para su reparación como: el vaciado y sellado con mortero, grapado de la grieta e inyección de mortero en la zona afectada (Porto Quintián, 2005).

Para el crecimiento de vegetación herbácea embebida en el hormigón estructural de cubiertas y aleros se recomienda eliminar los musgos con agua a presión con un aditivo alcalino o productos fungicidas. Sanear las superficies enfoscadas y reparar o colocar la impermeabilización del alero colocando una nueva soladura con goterón (Tejera & Álvarez, 2013).

Para la baja resistencia a la compresión del hormigón (Río Bueno, 2008) plantea varias alternativas para intervenir esta patología:

- Reforzar los elementos estructurales de hormigón recreciéndolos con una sección adicional de hormigón convenientemente armado
- Unir el elemento original de hormigón armado a uno o varios perfiles metálicos de modo que se transforme en un elemento mixto
- Añadir armadura exteriormente al elemento original.

CONCLUSIONES

1. Se comprobó la validez de la metodología diseñada en este trabajo mediante su aplicación en el diagnóstico patológico realizado al segundo bloque del hospital pediátrico Mártires de Las Tunas.
2. Las principales lesiones detectadas en el diagnóstico patológico estructural realizado, fueron: las fisuras en las juntas de losas de cubierta, manchas en paredes de la fachada, disgregación del hormigón que provoca el desprendimiento de secciones en columna, corrosión en el acero de la losa de cubierta y desprendimiento del hormigón, grietas inclinadas a 45° en muros, erosión de la solución de impermeabilizante en la cubierta y vegetación herbácea embebida en el hormigón estructural.

3. En la evaluación estructural realizada se detectaron problemas patológicos, sus principales causas estuvieron dadas debido a la humedad por filtración y por absorción lateral, el envejecimiento del material, defectos en la evaluación del suelo, mal dimensionamiento de los aleros y baja calidad de los materiales utilizados.
4. Los ensayos realizados permitieron comprobar la hipótesis de las causas de las lesiones, de esta manera se pudieron proponer acciones constructivas pertinentes, científicamente fundamentadas, para corregir las causas que las originaron.

REFERENCIAS

- Chávez Hernández, J. A. (2005). *Procedimiento para el diagnóstico patológico de edificaciones patrimoniales de alta complejidad a través de técnicas computacionales*. Villa Clara: Editorial Samuel Feijoó. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Chávez Hernández, J. A., Luis, B. L., Recarey Morfa, C. A., Sánchez García, F., Maestre Mesa, M. A., y Pérez Martínez, N. (2012, mayo 1). Técnicas de avanzada en el diagnóstico patológico de edificaciones: "El Templete" de la Habana Vieja. *Revista ingeniería de construcción*, 19(1), 19-33.
- Delgado Espinosa, A. A. (2014). Evaluación, diagnóstico estructural y propuesta de intervención edificio de vivienda Prado y Santa Elena. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Domínguez Gutiérrez, J., y González Pajaro, A. (2015, ene.-abr.). Valoración técnica del deterioro de las edificaciones en la zona costera de Santa Fe. *Arquitectura y Urbanismo*, 36(1), 48-61.
- García Crespo, W. (2014). Evaluación de eco-eficiencia en la cadena productiva de un edificio Gran Panel IV Modificado, en el Reparto Van Troi II de Caibarién. Trabajo de Diploma no publicado, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- González Ávila, M. (2019, diciembre 3). Hospital Pediátrico, luz a un nuevo horizonte. *Periodico26*, pp. A2.
- Menéndez, J. (1986). *Desperfectos en construcciones de ingeniería y de arquitectura: diagnóstico, reparaciones, reconstrucciones. Resumen de veinte conferencias*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Monjo, J., y Maldonado, L. (2014). *Patologías y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas* (3ra ed.). España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Oficina Nacional de Normalización. (2014). NC 120: 2014. Hormigón Hidráulico. Especificaciones. *Norma Cubana*. Oficina Nacional de Normalización (NC).
- Oficina Nacional de Normalización. (2017). NC 251:2017. Granulometría de los áridos gruesos y finos. *Norma Cubana*. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Normalización (NC).
- Oficina Nacional de Normalización. (2019, mayo). NC 207-1. Requisitos generales para el diseño y construcción de estructuras de hormigón. *Parte 1: Base conceptual y principios de aplicación. (Capítulos del 1 al 12)*. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Normalización (NC).
- Porto Quintián, J. M. (2005). Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado. Proyecto de fin de carrera, Universidade da Coruña, España.

- Río Bueno, A. del. (2008). Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación. Disertación doctoral no publicada, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Sollero, M., y Bolorino, H. (2016). Investigation and diagnosis of a reinforced concrete reservoir with intense crack formation from several sources. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 1(Artículo 6), s.p.
- Sureda, P. (2018). Procedimiento para la implementación de la evaluación técnica de edificaciones mediante el empleo de tecnologías BIM. Trabajo de grado, Ingeniería Civil, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Tejera, P., y Álvarez, O. (2013). *Conservación de Edificaciones* (4a ed.). La Habana: Editorial Félix Varela.
- Trocónis, O., Romero, A., Andrade, C., y Helene, P. (1997, abril). Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón. (Informe No. 15), Río de Janeiro, Red DURAR.