

Fecha de recepción: 15/03/2023

Fecha de aprobación: 19/05/2023

## Edificio Bacardí: historia arquitectónica y estado de conservación de un ícono habanero del siglo XX

Alberto Hernández Oroza<sup>1</sup>, Abel Castañeda Valdés<sup>2</sup>, Marisol Marrero Oliva<sup>3</sup>

### Resumen

Se realizó un estudio del deterioro en un edificio de elevado valor patrimonial construido con hormigón armado. El objetivo fue estudiar el estado de la obra producto del fenómeno de la corrosión en los aceros de refuerzo debido a la influencia de la carbonatación, la eflorescencia y el hormigón altamente contaminado por iones cloruro. Diferentes ensayos como termografía infrarroja, resistencia a compresión y determinación del perfil de penetración de iones cloruro, así como la descripción estructural fueron usados en el estudio. De esta forma, se demostró que la exposición durante décadas a ciclos de humectación y secado, en presencia de un hormigón contaminado por cloruros debido al empleo de arena de mar para la construcción del edificio, unido a deficientes acciones de mantenimiento, conllevaron a avanzados deterioros por corrosión. Los daños se extienden a casi toda la elevación de las fachadas, las losas de entrepiso de hormigón armado y la estruc-

tura de la torre-mirador, con afectaciones por grietas y desprendimiento de la terracota decorativa. La evaluación de los perfiles de cloruro obtenidos refleja una elevada concentración en el interior del hormigón, que se incrementa en la medida en que se profundiza en el elemento estructural para profundidades superiores a 6 cm, la concentración de cloruro libre excede 0.1% en peso de hormigón para todas las muestras extraídas. El edificio Bacardí constituye el exponente más importante del Art Decó en Cuba y su construcción fue de gran complejidad, como lo será su restauración por la naturaleza de sus elaboradas fachadas.

**Palabras claves:** Conservación, arquitectura, patrimonio cultural, hormigón, corrosión.

### Abstract

A study of deterioration was carried out in a building of high heritage value constructed with reinforced concrete. The

<sup>1</sup> Alberto Hernández Oroza, <https://orcid.org/0000-0002-2250-8978>, Empresa Restaura. Oficina del Historiador de La Habana, [ahernandez@proyectos.ohc.cu](mailto:ahernandez@proyectos.ohc.cu)

<sup>2</sup> Abel Castañeda Valdés, <https://orcid.org/0000-0002-2531-9224>, Investigador en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, [abel.castaneda@cnic.cu](mailto:abel.castaneda@cnic.cu)

<sup>3</sup> Marisol Marrero Oliva, <https://orcid.org/0000-0001-9650-6441>, Empresa Restaura. Oficina del Historiador de La Habana, [marisolmarrero73@yahoo.es](mailto:marisolmarrero73@yahoo.es)

objective was to study the deterioration of the building resulting from the phenomenon of corrosion in reinforcing steel due to the influence of carbonation, efflorescence and concrete highly contaminated by chloride ions. Different tests such as infrared thermography, compression resistance and determination of the penetration profile of chloride ions, as well as the structural description were used in the study. In this way, results showed that exposure during decades to wetting and drying cycles, in the presence of concrete contaminated by chlorides due to the use of sea sand for the construction of the building, together with poor maintenance actions, lead to advanced deterioration by corrosion. The damage extended to almost the entire elevation of the facades, the reinforced concrete mezzanine slabs and the structure of the lookout tower, with affections due to cracks and detaching of the decorative terracotta. The evaluation of the chloride profiles obtained reflects a high concentration inside the concrete, which increases as you go deeper in the structural element. For depths greater than 6 cm, the free chloride concentration exceeds 0.1% by weight of concrete for all samples drawn. The Bacardí building constitutes the most important example of Art Deco in Cuba and its construction was very complexity, as would be its restoration due to the nature of its elaborated facades.

**Keywords:** Conservation, architecture, cultural heritage, concrete, corrosion.

## Introducción

Con el inicio del siglo XX, en La Habana comenzó una nueva etapa de construcción y crecimiento de la ciudad. La zona del Paseo del Prado fue pionera en las transformaciones urbanas y en sus alrededores fueron construidos edificios icónicos que se conservan hasta la actualidad, tales como la Asociación de Dependientes del Comercio (1907), Casino Español (1914), Centro Gallego (1915), Centro Asturiano (1927) o el Capitolio Nacional (1929).

Esta arquitectura ecléctica proliferó por toda la ciudad a partir de edificaciones con una fuerte influencia neoclásica que eran recubiertas de profusas decoraciones. Es en este período también que los maestros de obra catalanes dotaron a La Habana con un reducido repertorio de inmuebles en estilo Art Nouveau, donde varios de ellos aún se conservan en la urbe.

Finalizando la década del 20, aparecen las primeras edificaciones diseñadas en

una nueva tendencia moderna llamada Art Decó. Las decoraciones se inspiraron en reinterpretaciones de la arquitectura Precolombina y en los motivos egipcios de moda en esa época, debido a los descubrimientos arqueológicos sucedidos en esos años. Las fachadas hacían énfasis en la línea vertical y en los detalles no faltaban los triángulos, rombos o líneas diagonales, así como los escalonamientos.

Es en los primeros años de esta tendencia que se construye el Edificio Bacardí (1930), en las proximidades del Prado Habanero, marcando un hito en la ciudad. Su éxito favoreció que este nuevo modo de hacer se volviera muy popular el cual podía encontrarse en usos diversos como viviendas, comercios o edificios de oficinas.

Entrados los años cuarenta, las fachadas se fueron “limpiando” hasta quedar desprovistas de esos recursos decorativos para dar paso a la arquitectura del Movimiento Moderno, cuyo momento de esplendor fue

en la década del cincuenta y se extendió hasta los años setenta del pasado siglo.

### **Edificio Bacardí: construcción y arquitectura**

El edificio Bacardí se ubica en la esquina de las calles Monserrate y San Juan de Dios perteneciente al antiguo reparto *Las Murallas*, actual Municipio de La Habana Vieja en La Habana.

La obra fue el resultado de un concurso auspiciado por la Compañía de Ron Bacardí con sede en Santiago de Cuba, con el interés de establecer una sucursal en la capital del país. Para ello, fueron convocados un grupo de prestigiosos profesionales que resultó ganador el equipo formado por el arquitecto Esteban Rodríguez Castells y los arquitectos e ingenieros Rafael Fernández Ruenes y José Menéndez Menéndez, respectivamente. (Castell et al., 1931).

Aunque la idea inicial era la de construir un edificio en estilo Neorrenacentista italiano, durante la ejecución de la obra se decidió que la decoración fuera en el más puro Art Decó que ya para ese instante se encontraba en la preferencia tanto en Europa como en Estados Unidos. Ejecutado por la firma Arellano y Mendoza, la obra comenzó en enero de 1930 y fue inaugurada a finales de ese mismo año.

El diseño irregular del edificio (Figuras 1 y 2) responde a la lógica adaptación y a las características de la parcela. La fachada principal es simétrica. Cuenta con una planta baja de doble puntal que incluye el mezanine a partir de la segunda crujía, encima cinco niveles de oficina y al centro, sobre la cubierta del edificio y expresándose en fachada.

La torre está formada por cuatro niveles coronada a modo de zigurat sobre el cual se

ubica la escultura de un murciélago, símbolo de la compañía Bacardí (Figura 3). Cuenta con un patio interior a partir del primer nivel de oficinas cuyas fachadas fueron diseñadas con sobriedad sin ningún tipo de enchape.

En el exterior de la planta baja se combinan enchapes de granito natural labrador oscuro de Noruega y granito rojo de Baviera para el zócalo y molduras respectivamente, mientras que en el interior los enchapes son de mármoles. En el mezanine se conserva el bar donde otrora eran degustados los licores producidos por la propia firma Bacardí. Tanto planta baja como el bar de mezanine están ricamente decorados con motivos Art decó que se reconocen en luminarias, molduras, carpinterías de bronce, barandas, diseños de pavimentos, elevadores y mobiliario.

Los niveles de oficina se encuentran enchapados por el exterior del edificio en piezas de terracota haciendo énfasis en la verticalidad de los vanos de un piso a otro para los cuales se utilizó el ladrillo prensado a vista. El último nivel se encuentra coronado por una moldura corrida de gran tamaño y sobre el pretil se intercalan pináculos, ambos elaborados en terracota.

La solución de revestimiento de la torre es la más elaborada del edificio. Se encuentra enchapada completamente por el exterior en ladrillos prensados desde la base sobre la cubierta del edificio hasta su último nivel e intercala franjas de terracota de rica policromía con complejos diseños como es el caso de las balaustradas y pasamanos de los balcones (Figura 4). Las molduras alcanzan grandes proporciones en el coronamiento de cada nivel y se destacan los bajorrelieves hacia la fachada principal, por la calle Monserrate, con las ninfas y motivos florales (Figura 5).

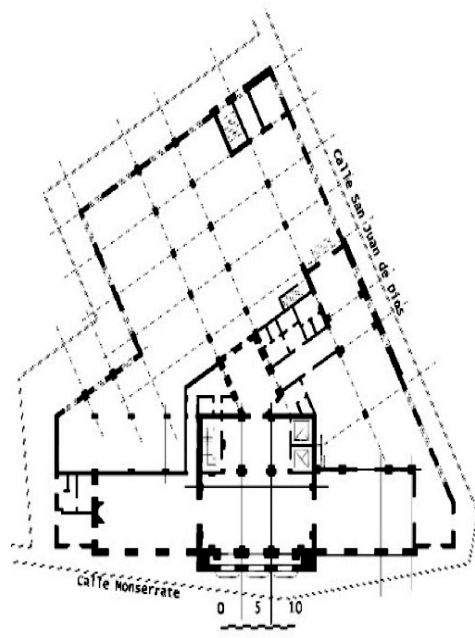
**Figura 1**

*Vista general del Edificio Bacardí*



**Figura 2**

*Esquema de planta de la edificación*



**Figura 3**

*Vista general de la torre*



**Figura 4**

*Detalles decorativos del 7mo piso*



La terracota arquitectónica es un sistema decorativo para revestir fachadas que comenzó a utilizarse en Estados Unidos a principios del siglo XIX. En Cuba comenzó a utilizarse a partir de la influencia norteamericana en edificios públicos de notoria relevancia entre los que pueden nombrarse la Estación Central de Ferrocarriles (1912) o la cúpula del Palacio Presidencial (1920).

Las piezas de terracota se elaboran de arcilla cocida vidriada o esmaltada al ser sometida a altas temperaturas en hornos. Debido al reducido grano de la arcilla y su alta plasticidad puede moldearse para obtener cualquier forma (Museo Thysen-Bornemisza & Akal, 2005).

#### Figura 5

*Detalles del plano original con la representación de una ninfa en la fachada principal.*



*Fuente: Centro de Documentación de la Empresa Filial Restaura (2023)*

Su uso se hizo extensivo a principios del siglo XX debido a que ofrecía protección a las estructuras metálicas de las edificaciones y a sus propiedades hidrófugas. Los bloques de terracota suelen ser huecos para aligerar su peso y son fijados a los paramentos mediante anclajes metálicos.

La entrada de agua a la estructura portante a través de las juntas entre piezas es la mayor amenaza para este sistema por la posibilidad de provocar la corrosión de la estructura portante y los elementos de anclaje. Actualmente, esta es la gran problemática que enfrentan los edificios históricos de este tipo (Crevello et al., 2019; Eschenasy, 2021a, 2021b).

#### Los riesgos de fallo y la intervención periódica

El mayor riesgo que se puede presentar en los edificios con fachadas de terracota es el desprendimiento de las piezas, producto de la corrosión de los anclajes y elementos de sujeción a la estructura metálica portante.

Por otra parte, el mortero, como resultado del intemperismo y la acción de los agentes agresivos, comienza a perder paulatinamente sus propiedades adhesivas, además de disolverse con el agua pluvial una vez que comienza a percolar entre las juntas.

Estas piezas ancladas en fachadas suelen tener diferentes geometrías y dimensiones. El desprendimiento de una o varias de ellas representa un riesgo para sociedad que, en el peor de los casos, puede provocar la muerte de personas.

Para evitar accidentes de todo tipo, se hace necesario contar con la capacidad y la técnica necesaria para poder evaluar periódicamente y predecir las zonas de riesgo. De esta manera, es posible realizar interven-

ciones durante las etapas de servicio de la estructura donde aún es posible realizar las acciones de mantenimiento y extender la vida de servicio de la obra (Castro-Borges & Helene, 2007).

Una metodología efectiva es realizar inspecciones periódicas y toma de datos de registro de las lesiones identificadas. Una ventaja importante de esta metodología es realizar intervenciones no destructivas o poco invasivas (Ebensperger & Donoso, 2021), en zonas donde sean detectadas lesiones puntuales o específicas. Por el contrario, cuando los daños provocados por la corrosión avanzan de forma prolongada durante décadas, se generan lesiones muy profundas y extensas que requieren de acciones de rehabilitación costosas y destructivas.

## Materiales y métodos

### Descripción estructural

El edificio cuenta con un sótano y once niveles estructurales: siete niveles hasta la cubierta del edificio y cinco niveles más hasta la cubierta escalonada de la torre.

La construcción se realizó sobre un terreno semiarcilloso con elevado nivel freático, por lo que se requirió para la cimentación hincar 500 pilotes, donde se emplearon maderas de jiquí (*Pera bumeliaefolia orisea*) y júcaro negro (*Bucida bruceas*), sumergidos por debajo del nivel freático para garantizar una humedad constante y preservar su durabilidad. La longitud media de hincado de los pilotes fue de 6 m con un diámetro superior de 30,5 cm. El número total de pilotes utilizados fue de 500 agrupados en bases de 2 a 12, sobre los que se apoya una placa de hormigón armado de formas y dimensiones variables, según las cargas.

El edificio se diseñó con una estructura metálica porticada compuesta por vigas de secciones H e I, respectivamente, y losas de hormigón armado. Las columnas transmiten su carga a la cimentación por medio de placas de acero de espesor variable, ancladas por cuatro pernos.

Las secciones tanto de vigas como de columnas son generalmente las normales, salvo aquellos casos en los que, por razones arquitectónicas o por esfuerzos especiales, como las columnas perimetrales del sótano que soportan el muro de contención, fue necesario utilizar secciones especiales construidas para este propósito. Para incrementar el agarre del hormigón se colocaron cercos redondos corrugados de Ø12.7 mm, espaciados de 15-20 cm. Los entrepisos son de hormigón armado con espesores de losa de 25 cm y barras redondas corrugadas Ø16 mm, colocados en dos direcciones.

Los muros se levantaron de ladrillos, asentados con mortero ordinario. Todo tabique superior a los 3 m se reforzó con pilares de hormigón armado del mismo espesor del muro con barras corrugadas de Ø19.1 mm, además de conexiones a las columnas cada 60 cm con barras corrugadas de Ø12.7 mm.

Para el apoyo de la terracota y el ladrillo caravista de las cornisas se utilizaron angulares de acero adosados a las columnas o vigas, con la doble función de anclar y sostener estas piezas. Para las piezas colocadas en los muros se realizó el adosado mediante un mortero de chamota. Las diferentes piezas de cornisas de terracota se cuelgan de placas de techo debidamente reforzadas. El hormigón utilizado en la construcción fue proyectado para alcanzar una resistencia de 18 MPa. Toda la estructura de acero está protegida con hormigón en un espesor no

menor de 5 cm, lo que evita la corrosión y la protege completamente contra la acción del fuego.

### Termografía infrarroja

La técnica termográfica fue empleada en la fachada con el propósito de identificar lesiones que a simple vista no fueran posible observar. Esto se debe a la capacidad que presenta el equipo de detectar la emisividad calórica de los materiales. La lectura de la radiación emitida en la banda del infrarrojo posibilita interpretar la temperatura del material en función de la conductividad térmica o el calor específico. En dependencia de las características y las condiciones de exposición, este material puede retener o emitir calor. La emisividad está definida por la Ley de Stefan-Boltzman que plantea que la radiación es proporcional a la temperatura del cuerpo y las propiedades térmicas del material (Morales-Conde et al., 2013). Las imágenes se tomaron con una cámara FLIR E75 y se procesaron posteriormente empleando el software FLIR Tools.

$$Q_e = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot T_s^4$$

Dónde:

$Q_e$  = Componente emitida de la radiación total que fluye desde el cuerpo.

$\varepsilon$  = Emisividad del material.

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$  (constante de Stefan-Boltzmann).

$A_s$  = Área de la superficie.

$T_s^4$  = Temperatura de la superficie.

### Determinación del perfil de penetración de iones cloruro

Para la evaluación del perfil de penetración de iones cloruro fue necesaria la ex-

tracción de muestras de polvo a diferentes profundidades en los elementos de hormigón armado seleccionados en la estructura. Para la obtención de las muestras se empleó un taladro eléctrico con broca de 12 mm de diámetro. Las muestras de polvo fueron recogidas en un papel de aluminio en la medida que se realizó la perforación para posteriormente ser depositadas y trasladadas hacia el laboratorio para ejecución de los análisis.

- La nomenclatura usada para la identificación de las muestras es:
- Escalera (E), Columna (C), Viga (V) y Muro (P).
- Los números 2, 3, 4, 6, 9 y 10 representan la profundidad (cm) a las que fueron tomadas las muestras.

Letras A y B representan las réplicas de cada muestra tomada para cada profundidad (mm).

Para cada profundidad fueron extraídas dos muestras (A y B) de 40 gramos de polvo en cada elemento de hormigón armado seleccionado. se determinaron tres valores de concentración de iones cloruro: totales ( $Cl_{tl}$ ), solubles ( $Cl_{slb}$ ) y enlazados ( $Cl_{elz}$ ) para cada profundidad, más su réplica en 10 gramos de la muestra extraída quedando una submuestra de reserva. Esto representa entonces, la obtención de seis valores. El valor promedio fue graficado en función de la profundidad de penetración en cada uno de los elementos. Los valores de concentración de iones cloruro fueron determinados en % en masa de hormigón.

Los valores de concentración de iones cloruro enlazados fueron calculados haciendo uso de la expresión:

$$Cl_{tl} = Cl_{slb} + Cl_{elz}$$

Se determinaron por elementos para cada concentración, contando los valores promedios:

- Escalera: 8 muestra (54 resultados)
- Columna: 10 muestras (90 resultados)
- Viga: 10 muestras (90 resultados)
- Muro: 10 muestras (90 resultados)

La metodología analítica empleada en la preparación de las soluciones, así como en las determinaciones electroquímicas de las concentraciones de iones cloruro solubles y totales a partir del método potenciométrico son descritos en la normativa vigente para estos tipos de estudios de corrosión y deterioro de materiales (ASTM, 1999).

## Resultados y discusión

### Inspección visual e identificación de lesiones

El edificio Bacardí se encuentra ubicado a 700 m de la línea de costa norte. De acuerdo con la normativa cubana de durabilidad (Oficina Nacional de Normalización, 2005) {“@, el inmueble está expuesto a un ambiente de “Alta” agresividad corrosiva atmosférica. En este sentido, la condición antes mencionada conlleva a analizar si los deterioros por corrosión presentes son debido a la influencia del aerosol marino (ISO, 2012; Meira et al., 2017), aunque desde su ubicación con respecto a la costa norte, existen otras edificaciones y parques densamente arbolados que le sirven de apantallamiento.

Sin embargo, la estructura muestra severas afectaciones por corrosión fundamentalmente en las fachadas, las losas de entrepiso y la torre-mirador. Las patologías presentes se manifiestan con amplias áreas de desprendimiento del recubrimiento de

hormigón, grietas longitudinales en el sentido de los refuerzos y manchas de eflorescencia producto de la lixiviación.

Los elementos más afectados en fachada son las ménsulas, los balcones y los paramentos de mármol, mientras que en el interior son las losas de hormigón armado del entrepiso, vigas y columnas. En el interior de la torre, la estructura de la escalera muestra daños muy significativos provocados por la corrosión de los cercos de acero y los perfiles de soporte estructural.

De igual forma, es apreciable extensas áreas de formación de eflorescencias como resultado de la precipitación de las sales y la lixiviación de los álcalis del cemento en forma de carbonatos. Esto conlleva a una disminución del pH del medio (acidificación del hormigón), lo cual vinculado con la presencia de iones cloruro, incrementa el daño en la estructura (Figuras 6 y 7).

En las caras exteriores de la torre es significativo el daño existente en los balcones del octavo nivel. Todas las ménsulas están afectadas por corrosión de los anclajes de acero, con desprendimiento y grietas. Los balaustres y decorados de terracota de los muros están dañados por la corrosión de los anclajes de acero y perfiles estructurales (Figuras 8 y 9).

Durante los ciclos de humectación y secado, provocados entre otros factores por las sucesiones del día y la noche, se desencadenan mecanismos de deterioro y procesos expansivos en los materiales. Paulatinamente, se pierde la adherencia y ocurren desprendimientos, se forman grietas, aumenta la porosidad y una vez que la humedad alcanza la estructura metálica, se inicia la corrosión de la misma, lo que conlleva a nuevos ciclos de expansión



**Figura 6**

*Corrosión, manchas de lixiviación y eflorescencia en vigas y columnas*



**Figura 7**

*Desprendimientos del recubrimiento en losas de hormigón armado por corrosión de los refuerzos de acero*



**Figura 8**

*Fractura de viga y ménsulas por corrosión de las barras de refuerzo*



**Figura 9**

*Fractura de las barandas de terracota de los balcones por corrosión del perfil de sujeción*



y desprendimiento de material. Los estudios termográficos realizados en la fachada principal muestran con mejor claridad las grietas presentes. Estas fueron provocadas por corrosión de los perfiles y piezas de anclajes existentes de soporte de los mármoles y ladrillos. La visual térmica refleja que las grietas se extienden a casi toda la altura del muro de fachada, lo que sugiere que el deterioro por corrosión es significativo (Figura 10).

Las propiedades arcillosas del material de terracota posibilitan la retención de humedad en interior y en la propia pieza. Esto incrementa el riesgo de corrosión de los anclajes y los perfiles metálicos de soporte estructural, lo que genera nuevas grietas y puede provocar desprendimientos de material.

Intervenir de manera satisfactoria en una fachada de terracota requiere un intenso trabajo de levantamiento tomando muestras para poder reproducir las piezas con posterioridad.

Para ello es necesario desmontar y muchas veces destruir las piezas originales. Solo después que se ha solucionado el problema estructural y de entrada de agua se deben fijar las nuevas piezas. Esta fijación puede ser con elementos contemporáneos de aluminio o fibra de carbono.

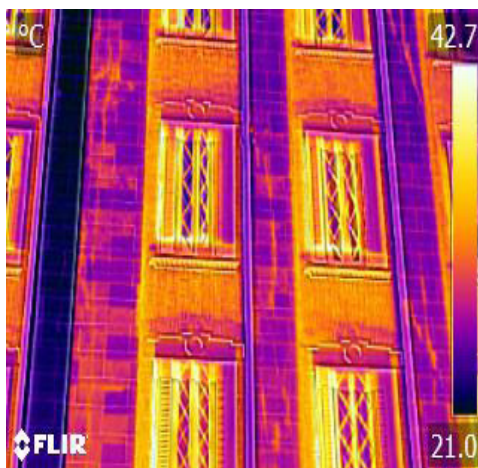
El hormigón reforzado con fibra de vidrio (GFRC) es uno de los materiales más usados para sustituir las piezas de terracota.

### Resistencia a compresión (fck) en probetas de hormigón

De acuerdo a la investigación histórica realizada el hormigón empleado para la construcción del edificio se diseñó para alcanzar una resistencia estimada de 18 MPa. En la primera mitad del siglo XX lograr mezclas con estos niveles de resistencia era complejo y considerado de altas prestaciones. De acuerdo con la normativa vigente (ACI Committe 562, 2016), entre los años 1920 al 1949 se consideraba como fck aceptable en

### Figura 10

*Imágenes termográficas de la fachada principal*



hormigón armado resistencias de 14 MPa. La obtención de resultados de fck superiores a 15 MPa en una edificación de más de 90 años de antigüedad, demuestra que se realizó un riguroso trabajo de ingeniería y control de obra para la construcción de este majestuoso edificio. Los resultados obtenidos de la rotura de probetas se muestran en la Tabla 1.

### Resultados de las concentraciones de iones cloruro totales, solubles y enlazados

Seguidamente, se muestran los valores de concentración de iones cloruro totales (tl), solubles (slb) y enlazados (elz) tabulados para los elementos estructurales ensayados (Figura 11). Para cada muestra analizada en laboratorio, se realizaron dos réplicas de control.

El análisis de los resultados refleja que, excepto para la columna y la viga estudiadas a las profundidades de 2 cm, y 8 cm y 10 cm, respectivamente, la concentración de iones cloruro solubles (slb) es mayor que los enlazados (elz) a las diferentes profundidades.

Las muestras de hormigón se extrajeron en

el interior de la edificación en el séptimo nivel, a una altura superior a los 30 m y una distancia de más de 700 m de la franja de costa norte, lo cual hace poco probable la incidencia de aerosol marino sobre el estado de corrosión de las barras. Las elevadas concentraciones de cloruro (tl) obtenidas, demuestran que para la construcción de la edificación se empleó arena de mar.

Las infiltraciones de agua pluvial sucedidas durante décadas condujeron a un fuerte lavado de los álcalis de cemento y las sales de cloruro, lo que conllevó al avanzado deterioro por corrosión localizada de las barras. En las muestras tomadas en la escalera fue donde se registraron las mayores concentraciones de cloruro solubles. La rama de la escalera es de los elementos más afectados por lixiviación, además de presentar una profundidad de carbonatación aproximada de 6 cm. Como se conoce, este último fenómeno al originar una reducción del pH en la solución de los poros del hormigón, provoca que los enlaces iónicos formado entre los cloruros y los compuestos químicos del cemento (aluminatos tricálcico y bicálcico para formar

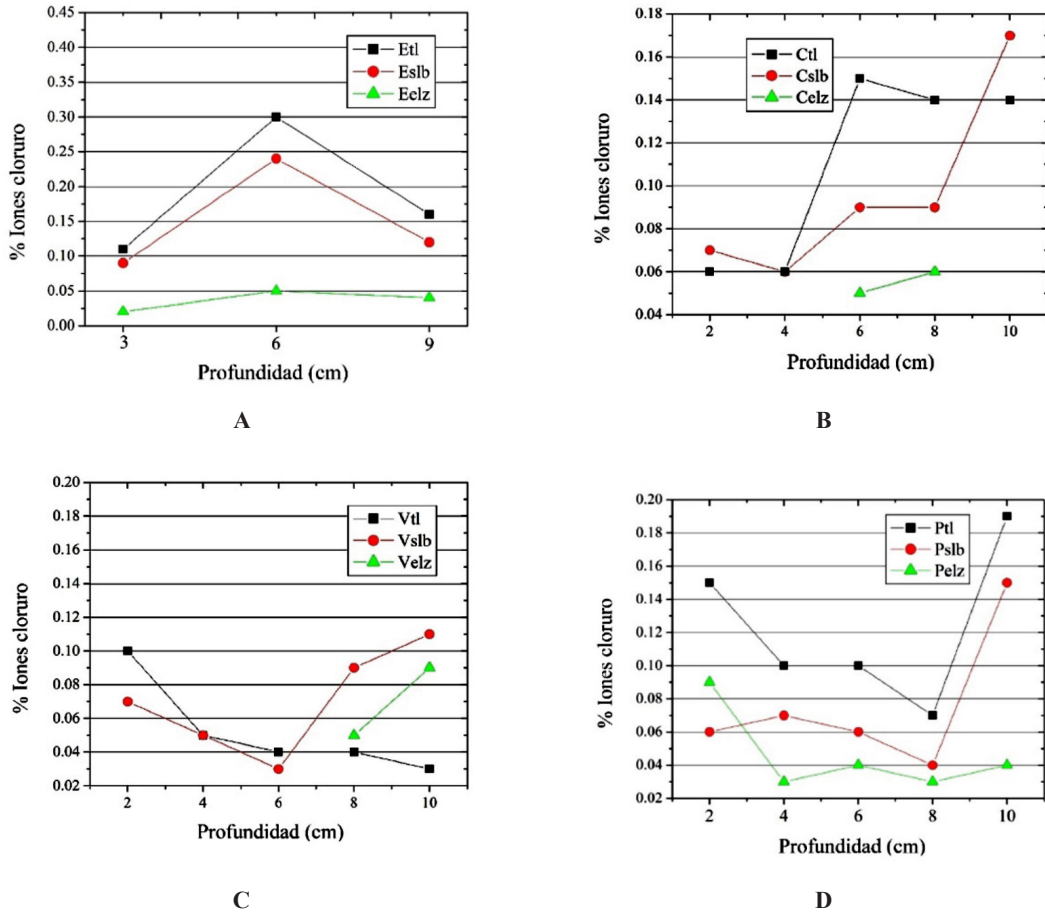
**Tabla 1**

*Valores de fck obtenidos mediante rotura de probetas de hormigón en prensa*

Probeta No.	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Resistencia a compresión (MPa)	Resistencia característica fck (MPa)
T1	93.0	125.0	14.95	
T2	92.5	97.0	13.86	
T3	93.0	96.5	12.60	
T4	92.5	93.0	18.77	15.75
T5	92.5	103.0	16.92	
T6	92.5	102.5	22.17	
T6-A	92.5	91.0	14.79	

Figura 11

Valores promedio de concentración en función de la profundidad de penetración: A- escalera, B- columna, C- viga, D- muros.



como producto de las reacciones los cloroaluminatos correspondientes) se rompan, quedando una mayor concentración de iones cloruro libres o solubles.

Por otra parte, la lixiviación origina también una reducción de la reserva alcalina en los poros del hormigón, dando lugar aún más a la reducción del pH, como ha sido planteado previamente.

Al ser tan abundante la eflorescencia, la corrosión electroquímica generalizada se puede desarrollar intensamente. En el interior de la estructura de la torre-mirador, los daños por corrosión han provocado severas afectaciones en las vigas. Los perfiles de acero muestran avanzada delaminación, fundamentalmente en el alma y el ala inferior.

### Inspección a la estructura metálica portante

Las calas para la inspección técnica de los perfiles de soporte estructural se realizaron en los niveles noveno y décimo. El recubrimiento del perfil tipo I que constituye la columna hasta la cara exterior de la terracota, se comporta de la manera siguiente:

- Cala 1, del ala hacia la cara exterior, está en el entorno de 230 mm a 254 mm y del alma hacia la cara exterior, es de 345 mm
- Cala 2, del ala hacia la cara exterior, es de 300 mm y del alma hacia la cara exterior, es de 430 mm

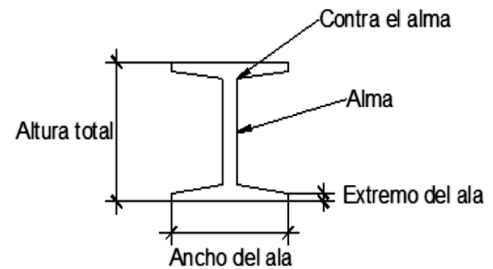
Las mediciones de los espesores metálicos en los perfiles, se realizó en el alma y las alas. Se consideró además la altura total y ancho del ala (Figura 12).

A partir de las calas realizadas se constató que los perfiles tipo I que forman las columnas presentan corrosión generalizada, excepto el alma del perfil de la cala 2, localizado en la cara exterior de la torre. Dicho proceso corrosivo coadyuva a la formación de las grietas verticales en el hormigón que los recubre, así como en el enchape con terracota (Figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19). En las calas realizadas en este nivel no se localizaron las piezas de anclaje de la terracota, por lo cual se infiere que -al menos- en la estructura de la torre-mirador, la adhesión fue realizada únicamente mediante mortero de chamota. Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en cada una de las columnas y vigas estudiadas se muestran en las Tablas 2 y 3.

En las calas 3, 4 y 5 realizadas en las vigas se constató que los perfiles tipo I que las

**Figura 12**

*Esquema e identificación de partes componentes del perfil metálico*



**Figura 13**

*Vista general de la cala 1, donde se puede observar el recubrimiento del perfil hasta la cara exterior de la terracota*



**Figura 14**

*Delaminación de la parte exterior del ala que se localiza a su vez hacia el interior de la escalera de la torre en la cala 2*



constituyen presentan corrosión generalizada, lo que coadyuva a la formación de las grietas horizontales laterales e inferiores del hormigón que las recubre, de estas vigas estudiadas la más crítica es la de la cala 3, (Figura 19).

Las vigas estudiadas en el noveno piso presentaron tornapuntas que se unen a estas y a las columnas mediante cartelas con remaches. La cartela está hecha a partir de un perfil metálico tipo I, formando un triángulo isósceles, donde, uno de sus lados iguales presenta un ala del perfil tipo I mencionado anteriormente que, se une a la viga mediante seis remaches y a los perfiles metálicos tipo L que componen las tornapuntas mediante cuatro

remaches (Tablas 4 y 5). Estos elementos mencionados anteriormente muestran un proceso corrosivo generalizado con pérdida de sección en las alas y alma de los perfiles. Los refuerzos colocados bajo los lados inferiores de los perfiles tipo L que componen las tornapuntas están formados por planchuelas de 122 mm de ancho y 5.3 mm de espesor.

## Conclusiones

La exposición durante décadas a ciclos de humectación y secado, en presencia de un medio contaminado por cloruros debido al empleo de arena de mar para la construcción del edificio, unido a deficientes acciones de mantenimiento, conllevaron a avanzados deterioros por corrosión.

**Tabla 2**

*Resultados de las mediciones de los perfiles en las columnas*

Ubicación	Ancho del ala (mm)	Altura total (mm)	Alma (mm)	Ala inferior		Ala superior	
				Extremo (mm)	Contra el alma (mm)	Extremo (mm)	Contra el alma (mm)
Columna cala 1 10mo piso	197	203	7.8	Entorno de 5.7 a 7.2	12.3	Entorno de 4.4 a 5.1	12.3
Columna cala 2 9no piso	200	220	8.6	9.4	14.2	Entorno de 7.3 a 8.7	14

**Tabla 3**

*Resultados de las mediciones en los perfiles de las vigas*

Ubicación	Ancho ala (mm)	Altura total (mm)	Alma (mm)	Ala inferior		Ala superior	
				Extremo (mm)	Contra el alma (mm)	Extremo (mm)	Contra el alma (mm)
Viga cala 3 9 no piso	160	360	5.1	0.9	9.4	6.9	11.8
Viga cala 4 9 no piso	115	302	9.5	9.8	17.9	9.8	18
Viga cala 5 9 no piso	165	364	2.5	3.9	11.2	8.1	12.7

Los daños se extienden a casi toda la elevación de las fachadas, las losas de entrepiso de hormigón armado y la estructura de la torre-mirador, con afectaciones por grietas y desprendimiento de la terracota decorativa.

La evaluación de los perfiles de cloruro obtenidos refleja una elevada concentración en el interior del hormigón, la cual se incrementa en la medida en que se profundiza en el elemento estructural. Para profundidades superiores a 6 cm, la concentración de cloruro libre excede 0.1% en peso de hormigón para todas las muestras extraídas.

El edificio Bacardí constituye el exponente más importante del Art Decó en Cuba y su construcción fue de gran complejidad, como lo será su restauración por la naturaleza de sus elaboradas fachadas.

El éxito de la restauración vendrá dado por la limpieza del acero de la estructura portante del edificio que se encuentra corroído, por lo que deberán retirarse los enchapes en las zonas donde sea requerido.

En el caso de la torre-mirador la situación es aún más compleja que en la fachada del edificio debido a que las molduras y balaustres de terracota que la revisten son piezas de gran tamaño que, al ser huecas y estar fracturadas, deben desmontarse para reproducirse.

Intervenir de manera satisfactoria en una fachada de terracota requiere un intenso trabajo de levantamiento tomando muestras para poder reproducir las piezas con posterioridad.

**Figura 15**

*Corrosión generalizada y delaminación en el extremo del ala inferior con significativa pérdida de sección (cala 3)*



**Figura 16**

*Vista general de la cala 1, donde se puede observar el recubrimiento del perfil hasta la cara exterior de la terracota*



**Figura 17**

*Corrosión y delaminación significativa del extremo del ala inferior contra el muro (cala 4)*



**Tabla 4***Resultados de las mediciones de la cartela*

Ubicación	Dimensiones de la cartela (mm)	Ala superior de unión con la viga principal			
		Ancho del ala (mm)	Alma (mm)	Extremo (mm)	Contra el alma (mm)
Cartela cala 5 noveno piso	Triángulo isósceles de 320 mm x 320mm x 400 mm	125	9.1	9.4	19.2

**Tabla 5***Resultados de las mediciones de los perfiles tipo L*

Ubicación	Ancho del lado (mm)	Longitud del lado (mm)	Extremo del lado (mm)	Contra el lado perpendicular (mm)
Tornapuntas cala 5 noveno piso	Lado inferior	75	3.2	6.5
	Lado superior	102.5	5.9	6.5

**Figura 18***Corrosión generalizada y delaminación en el ala inferior en el extremo contra el muro (cala 5)***Figura 19***Unión del tornapuntas con la viga. Se constató un refuerzo colocado por debajo de los dos lados inferiores de los perfiles tipo L*



## Referencias

- ACI Committee 562. (2016). *Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures (ACI 562-16) and Commentary*. American Concrete Institute. <https://shorturl.at/kpFIW>
- ASTM International. (1999/2008). C 1218/ C1218M – 99. *Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete* [Reapproved 2008]. ASTM. <https://shorturl.at/ftwC2>
- Castell, E. R., Menéndez y Menéndez, J., & Ruenes, R. F. (1931). El Edificio Bacardí. *Colegio de Arquitectos de La Habana*, 15, 10-21.
- Castro-Borges, P., & Helene, P. (2007). Service Life of Reinforced Concrete Structures: New Approach. *ECS Transactions*, 3(13), 9-14. <https://shorturl.at/rHMPV>
- Centro de Documentación de la Empresa Filial Restaura. (2023). *Plano original del Edificio Bacardí*. Oficina del Historiador de La Habana.
- Crevello, G., Matteini, I., & Noyce, P. (2019). *A novel approach to in-depth façade assessments: Improved corrosion test methods for embedded steel framing in historic masonry clad buildings* (Paper). MATEC Web of Conferences. <https://shorturl.at/wzNQ5>
- Ebensperger, L., & Donoso, J. (2021). New methodology for assessment of reinforced concrete structures with non-destructive testing. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(2), 233-250. <https://shorturl.at/ijmux>
- Eschenasy, D. (2021a, June). Facades of Manhattan Apartment Buildings from the 1902–1915 Period. I: Modes of Failure [Abstract]. *Journal of performance of constructed facilities*, 35(3). <https://shorturl.at/ptP37>
- Eschenasy, D. (2021b, June). Facades of Manhattan Apartment Buildings from the 1902–1915 Period. II: Life Cycle Prediction [Abstract]. *Journal of performance of constructed facilities*, 35(3). <https://shorturl.at/eFMS5>
- ISO. (2012). *ISO 9223:2012 Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Classification, determination and estimation*. <https://shorturl.at/di-uwS>
- Meira, G., Pinto, W., Lima, E., & Andrade, C. (2017, March 15). Vertical distribution of marine aerosol salinity in a Brazilian coastal area – The influence of wind speed and the impact on chloride accumulation into concrete. *Construction and Building Materials*, 135, 287–296. <https://shorturl.at/adhWX>
- Morales-Conde, M., Rodríguez-Liñán, C., & Rubio de Hita, P. (2013). Application of non-destructive techniques in the inspection of the wooden roof of historic buildings: A case study [Abstract]. *Advanced Materials Research*, 778, 233-242. <https://shorturl.at/aosLO>
- Museo Thyssen-Bornemisza & Akal. (2005). *Las técnicas artísticas. De la Edad Media al Renacimiento* (vol. 1). Ediciones AKAL. <https://shorturl.at/gsyR0>
- Oficina Nacional de Normalización. (2005, junio). *Norma Cubana NC 250:2005. Requisitos de durabilidad para el di-*

*seño y construcción de edificaciones y  
obras civiles de hormigón estructural.*  
Cuban National Bureau of Standards.  
<https://shorturl.at/adoE8>

Para referenciar este artículo utilice el siguiente formato:

Hernández, A., Castañeda, A., & Marrero, M. (2023, julio-diciembre). Edificio Bacardí: historia arquitectónica y estado de conservación de un ícono habanero del siglo XX. *Yachana Revista Científica*, 12(2), 31-48.