

ESTUDIO TÉCNICO: BATERÍA SAN JOSÉ DE BOCACHICA EN CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA

TECHNICAL STUDY: BATTERY BOCACHICA'S SAN JOSE IN CARTAGENA OF INDIES, COLOMBIA

Resumen

El fuerte de San José se ha convertido en imán de un sinnúmero de agresiones que han modificado su estado y funcionalidad; por esto, en la presente investigación se realiza una inspección patológica del estado actual de la fortificación para facilitar la ubicación de los daños y afectaciones encontradas, para posteriormente proponer soluciones integrales en pro de la conservación del patrimonio de la ciudad.

Palabras clave

Fuerte de San José, Modelación, Patología, Reforzamiento.

Abstract

The fort of San José has become a target for countless attacks that have modified its status and functionality. The aim of this investigation is the pathological inspection of its current state in order to facilitate the location of the damage and disruption. After this stage we propose solutions for the conservation of the city's heritage assets.

Key words

Fort of San José, Modeling, Pathology, Reinforcement.

Arnoldo Berrocal Olave

Doctorando programa "Historia y Artes"
Universidad de Granada

Ingeniero Civil, especialista en Estructuras de la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", Magister en Ingeniería Civil con énfasis en el área de Estructuras y Sismicidad, por la Universidad de los Andes en Bogotá, Colombia. Programa de doctorado "Historia y Artes", Universidad de Granada, España.

ISSN 2254-7037

Fecha de recepción: 17-II-2016

Fecha de revisión: 23-III-2016

Fecha de aceptación: 12-IV-2016

Fecha de publicación: 30-VI-2016

ESTUDIO TÉCNICO: BATERÍA SAN JOSÉ DE BOCACHICA EN CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA

1. INTRODUCCIÓN

En el año 1984, la UNESCO le concedió al Puerto, Fortificaciones y Grupos de Monumentos de Cartagena de Indias el estatus de Patrimonio Mundial de la Humanidad, en reconocimiento del incalculable valor histórico y arquitectónico que estos representan para el mundo. Para Cartagena, el aprovechamiento de su legado histórico representa un aspecto fundamental, teniendo en cuenta que el turismo se ha convertido en una de las principales fuentes de ingresos de la ciudad. El Fuerte-Batería San José de Bocachica, por extensión e importancia histórica, porta tales distinciones¹.

Al considerar el deterioro existente y su respectiva incidencia en la seguridad y solidez de esta estructura, se convierte en una prioridad encontrar mecanismos de prevención y conservación que se encuentren enmarcados en diferentes objetivos y escalas de espacio-tiempo, donde se determine una organización sistemática de los agentes más relevantes en la estabilidad estructural del fuerte, que lleven a resultados confiables y reales, que permitan realizar una

posterior intervención en la búsqueda de soluciones óptimas para la armonía entre el desarrollo económico, social y cultural, y la conservación del patrimonio.

La evaluación a corto plazo de la forma, la calidad del fuerte San José de Bocachica, su conservación y protección de factores antrópicos y ambientales; es el objetivo fundamental de la siguiente investigación, cuya metodología de estudio comprendió inicialmente la recopilación de toda la información que fue posible a partir de búsquedas bibliográficas e inspección directa en campo, para posteriormente proponer una serie de posibles soluciones que pretenden prolongar la vida útil de la fortificación.

El proyecto desarrollado es netamente de carácter investigativo, sin cerrarse a la posibilidad de poder materializarse en un futuro, en pro de la conservación del fuerte de San José.

2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

“La estructura evaluada está clasificada como Colonial de primera importancia de acuerdo con

el Ministerio de Cultura de Colombia²². Los estudios realizados permitieron proponer alternativas de protección, que de ser llevadas a cabo, garantizarían la conservación del Fuerte-Batería San José como un testigo inamovible del pasado, con un alto valor histórico y cultural.

La evaluación realizada a la estructura está cubierta por el alcance establecido en el capítulo "A.10.1.3 del NSR10 (Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, 2010)"²³. En cuanto a la información estructural, se conoce que es una estructura construida en muros de carga de mampostería no reforzada. También se tiene conocimiento de posteriores modificaciones realizadas después de la concepción original, esto fue corroborado con exploraciones realizadas a esta edificación.

3. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

El desarrollo de esta investigación se enmarcó dentro del ámbito cuantitativo y explorativo, por lo que comprende datos obtenidos en campo y además se utilizó el software estructural SAP2000 en su versión V.15, con el fin de realizar una evaluación de vulnerabilidad sísmica del Fuerte- Batería de San José para posteriormente plasmar los planeamientos de alternativas de mejoramiento.

La necesidad de conocer las condiciones actuales del fuerte, objeto de estudio, conlleva al desa-

rollo de un inventario de daños de la zona, el cual registra el listado de deterioros presentes, para lo cual se desarrolló una metodología experimental que se fundamenta en una revisión en campo, resumida en el presente documento.

El fuerte-batería San José presenta lesiones que pueden considerarse graves, como la existencia de grietas de espesor considerable y asentamientos diferenciales evidentes. Adicionalmente, la fortificación se encuentra afectada por lesiones de menor gravedad, tales como la separación parcial de juntas de mortero (véase Fig. 1.a), elevados índices de humedad que han llevado al deterioro y desprendimiento del pañete y material pétreo (véase Fig. 1.b), eflorescencias (véase Fig. 1.c), entre otros.

Una inspección visual (tal fue el objeto de las visitas de campo aquí documentadas) permitió establecer las patologías presentes en esta edificación histórica. De manera general, la estructura carece de un adecuado programa de mantenimiento sostenible. Tanto es así, que se registra infiltración del agua de mar, la cual está lavando las juntas y los núcleos constituidos de tierra, quedando sin material de aglomeración, por lo que el trabajo de mampostería se está degradando, poniendo en riesgo la estabilidad e integridad estructural.

Un recorrido por la edificación evidenció que en la parte inferior del muro este del fuerte (véase

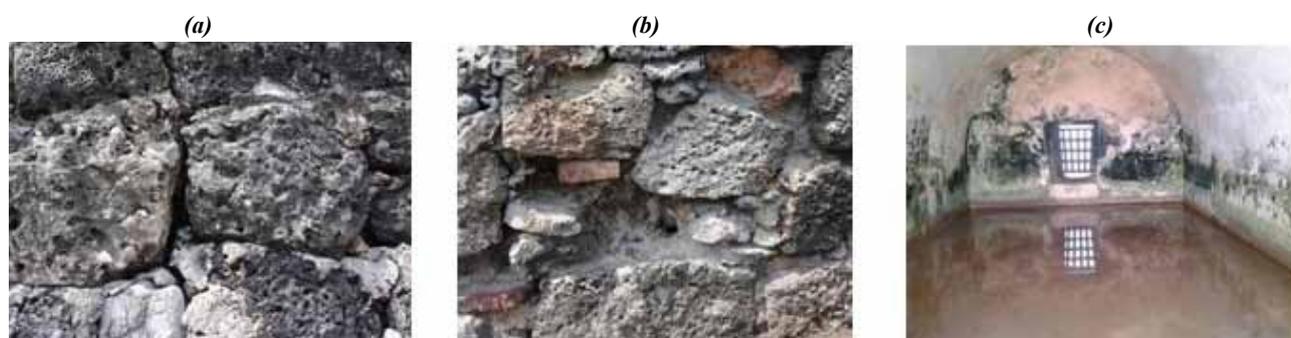


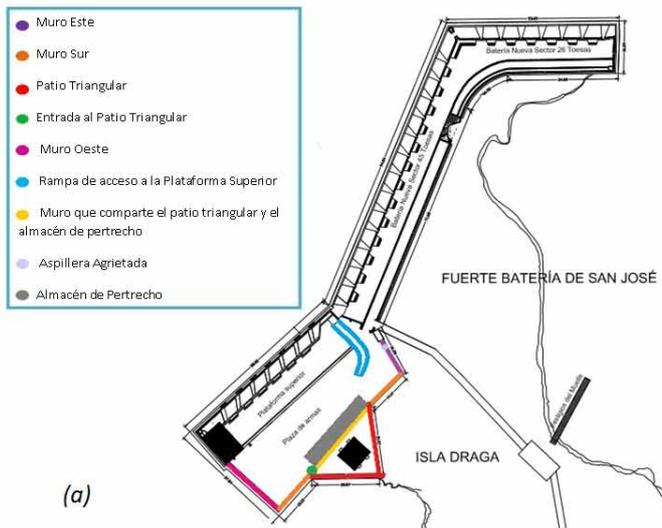
Fig. 1. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. Colombia. (a) Separación parcial de juntas. (b) Pérdida de material pétreo. (c) Problemas de humedad y eflorescencia. Arnoldo Berrocal Olave. 2012.

Fig. 2.a), donde se localiza la Plaza de Armas, las juntas de mortero se encuentran deterioradas, con afectación variable a las mismas piedras, lo que se ve reflejado en la degradación del material pétreo a lo largo de su base, pérdida de piedras, pérdida de las juntas de argamasa y deterioro del pañete. La socavación de las juntas llega en algunos casos a 10 cm. o más. Estas afectaciones, causadas por los procesos de meteorización, se ven aceleradas por los ciclos de mojado y secado a los que está sometido la estructura constantemente.

De igual forma, destaca la presencia de dos grietas de profundidad y ancho considerable. La más

grave se ubica en la unión del muro este con el muro sur (véase Fig. 2.b). Dicha grieta recorre el mismo desde la base, y se profundiza en todo el espesor de la pared. La grieta alcanza un ancho de 3 cm. en la parte superior.

Se presume que la principal causa de las grietas corresponde a la falta de continuidad de las cimentaciones, teniendo en cuenta que el muro sur fue anteriormente reconstruido utilizando materiales modernos (cimentación en concreto armado). Esta falta de continuidad se traduce en el cambio de comportamiento de los muros; en caso de un movimiento del suelo subyacente, la cimentación antigua cederá con mayor facilidad



(a)



(c)



(b)



(d)

Fig. 2. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. (a) Planta General del Fuerte. (b) Grietas presentes en la unión de muros y degradación del material pétreo. (c) Agrietamiento causado por la diferencia de rigideces. (d) Agrietamiento a la entrada del patio triangular. Colombia. Arnoldo Berrocal Olave. 2012.

y por tanto se generará un desplazamiento relativo entre ambos muros, generando esfuerzos cortantes considerables que propician la formación de la grieta (véase Fig. 2.c).

La segunda grieta, tiene su origen en la parte superior de una de las aspilleras y se ha abierto paso a través de la junta de los sillares. Su ancho máximo es de 1.5 cm. y afecta todo el espesor del muro (véase Fig. 2.b).

En cuanto al tendal y almacén de pertrecho, se observó que se conservan en buen estado, afectados principalmente por la degradación del pañete. El estado de los elementos de carpintería es bueno.

La entrada que da acceso al patio triangular presenta dos grietas notables (véase Fig. 2.d) que se inician en cada una de las esquinas superiores y finalizan en la parte más alta del muro. Estas grietas poseen una inclinación aproximada de 15°. El mayor ancho medido es de ½ cm. Se encontró además, que el muro que continúa a partir de la entrada al patio triangular y se extiende hasta el muro oeste, ha sido previamente restaurado en gran parte de su longitud; en este sector la transición entre la estructura original con la restaurada, es también causante de agrietamiento, presentándose en la unión una grieta cuya sección alcanza 1 cm. de ancho que afecta el muro en todo su espesor. Esta grieta se generó por los esfuerzos cortantes

causados por la diferencia de rigideces entre la estructura nueva y la antigua.

El muro que comparte el patio triangular con el almacén de pertrecho presenta evidencias de pandeo. El borde inferior del muro en la esquina este (entrada al patio triangular) presenta descascaramientos, posiblemente producto de los esfuerzos de compresión (véase Fig. 3.a) a lo largo de dicho muro. Además, es notable la degradación del pañete y pérdida de argamasa, problemas que están bastante avanzados y generalizados. También se encontró *“que la pérdida de material pétreo (caries), es una de las patologías más comunes en la piedra caliza que conforma en sí la estructura pétreo de la edificación”*⁴².

En el patio triangular, además de los problemas que comúnmente presenta la mayoría de la edificación, como son la degradación y el deterioro del material pétreo (caries), y la degradación del pañete, se observó una grieta grave (véase Fig. 3. b) que se extiende a lo largo del muro y afecta su grosor, la cual llega a tener un ancho de hasta 3 cm. Dicha grieta se localiza a pocos metros antes de la unión de los dos muros frontales. En trabajos de restauración anteriores, dicha unión había sido reforzada con grapas metálicas. Estas grapas absorben la mayoría de los esfuerzos cortantes en la esquina, sin embargo, el resto del muro se ve afectado por la redistribución de esfuerzos debidos a la aparición de la grieta misma.

28

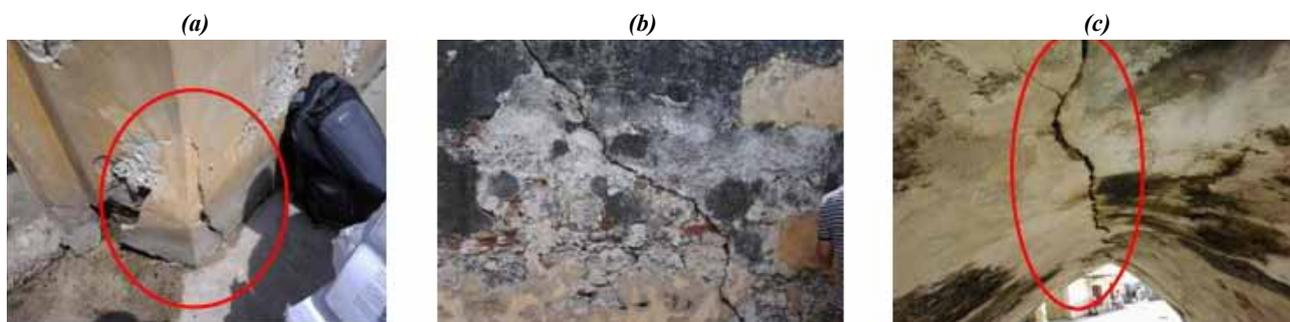


Fig. 3. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. Colombia, 2012. (a) Descascaramiento posiblemente causado por esfuerzos de compresión generados por el pandeo del muro. (b) Agrietamiento severo. (c) Desplome de más de 1 cm. Arnoldo Berrocal Olave. 2012.

El almacén de pólvora se mantiene en condiciones relativamente buenas. Se ve afectado, no obstante, por problemas de degradación y caries en la base de las paredes, claramente causados por los ciclos de mojado y secado. El interior de la habitación presenta un estado de conservación adecuado.

Una de las estructuras seriamente dañadas es la rampa de acceso a la plataforma superior. Es notable la grieta (véase Fig. 3.c) que recorre toda la clave del arco, de hasta un 1 cm. de ancho. Problemas de asentamientos diferenciales han desencadenado la formación y propagación de dicha grieta. De hecho, se observa un desplome de 1 cm entre los dos bordes de la grieta, evidencia del hundimiento de la rampa. Esta, además, se ve afectada por otras muchas grietas y fisuras, lo cual indica el estado precario de la misma. Se recomienda intervenir cuanto antes este sector de la estructura.

Referente a la modelación matemática, se determinó si la edificación en su estado actual está en capacidad de resistir adecuadamente las cargas establecidas por el NSR10. Para ello se realizó una equivalencia entre las solicitaciones que prescriben este reglamento y las que la estructura está en capacidad de resistir. De esta manera se consideró:

- Análisis de la estructura con empotramiento.
- Análisis de la estructura considerando la interacción suelo-estructura.

Ambas consideraciones incluyen análisis con carga vertical y relleno, movimiento sísmico de diseño para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación construida durante la vigencia de la NSR10, análisis con carga vertical y oleaje, y movimiento sísmico de diseño para un nivel de seguridad limitada. Además del análisis de las zonas socavadas para la segunda consideración.

Los resultados de la modelación permitieron establecer que el arco ubicado en la rampa acceso (véase Fig. 4.a) no presenta esfuerzos elevados, por lo que se comprueba que esta zona no debería presentar deterioros estructurales si el suelo estuviese lo suficientemente estabilizado.

Adicionalmente, al evaluar las condiciones de esfuerzo, el modelo mostró valores superiores a los admisibles para los materiales que constituyen la batería baja (véase Fig. 4.b) en su tramo contiguo a la rampa; lo anterior se debe a que en el modelo se considera que existe una unión entre estas dos zonas de la edificación. Sin embargo, las mismas condiciones de la edificación no permitieron establecer a través de

29

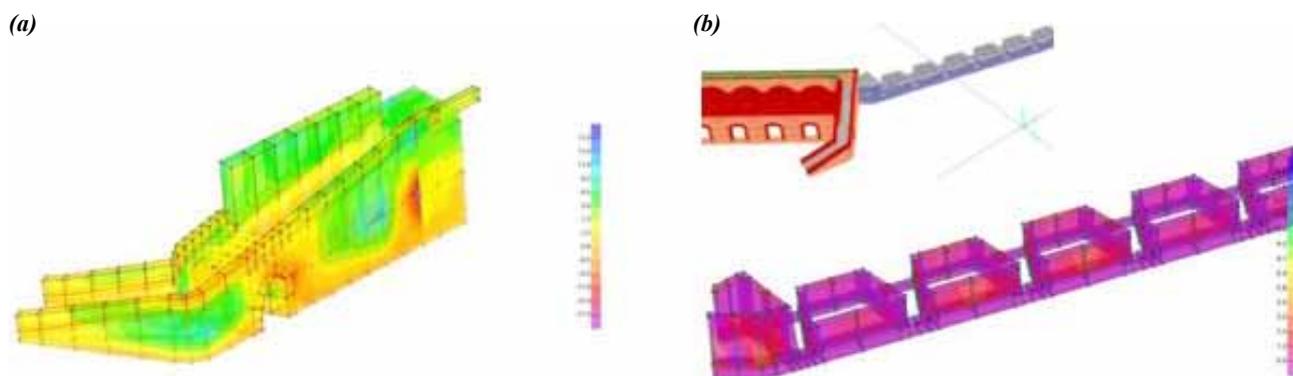


Fig. 4. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. Colombia. (a) Localización de rampa, composición de ladrillo y material mixto. SAP2000. (b) Localización batería baja, primer merlón unido al muro de la rampa, composición de piedra coralina con concreto. SAP2000. Arnoldo Berrocal Olave. 2012.

la inspección patológica la existencia o no de una posible trabazón en la zona indicada anteriormente.

Cabe resaltar, que los materiales utilizados en el modelo computacional (y sus respectivas propiedades) fueron tomados a partir de un promedio de resultados del estudio de materiales del Ing. Álvaro Covo Torres y un posterior ensayo de impacto con esclerómetro. Los valores de resistencia efectiva y módulos de elasticidad se resumen en la Fig. 5.

Todo lo anterior, se hizo con la finalidad de determinar las fuerzas y esfuerzos internos de la estructura actual del suelo. La correcta determinación de las propiedades mecánicas de los materiales que constituyen los diferentes elementos estructurales es un punto clave para poder efectuar modelos numéricos de las estructuras afines a la construcción real, de modo que el comportamiento de los materiales pueda ser lo más próximo a la realidad, y que además se pueda contrastar si los esfuerzos obtenidos están dentro de las capacidades de los materiales encontrados. En el camino hacia una investigación completa, fue necesaria la documentación referente al estado natural y actual del suelo sobre el cual se cimienta el fuerte, por tal motivo se analizaron 76 metros lineales

de perforación distribuidos en 8 sondeos (dos de ellos en el mar y los restantes en tierra) en cumplimiento de la norma Colombiana NSR10, título H. Tal estudio ha sido proporcionado de antemano por el Ing. Álvaro Covo Torres. Los 8 sondeos incluidos en este estudio, se ubicaron en los emplazamientos marcados en la Fig. 6.a y la Fig. 6.b. Según los resultados arrojados en el estudio geotécnico, el terreno sobre el cual está construido el fuerte, está formado por material granular de arena fina en los primeros metros, y arena densa en profundidad hasta la cota alcanzada en los sondeos⁵.

En lo que a la cimentación concierne, esta es superficial y corrida, y según lo expuesto por el ingeniero Covo, debió experimentar asentamientos del orden de 60 milímetros en los muros del fuerte durante la fase de construcción, además el muro exterior en la zona de la fortaleza se cimienta por prolongación hasta una profundidad de 1,37 m. respecto al nivel medio del mar⁶. En su base se encontró restos de madera que pudieran corresponder a un antiguo pilotaje. Además de describir y mostrar los resultados de las prospecciones geotécnicas realizadas, en el estudio se comprueba la seguridad de las fortalezas frente a varios estados límites últimos y de servicio, de lo que se tiene:

30

Material	Módulo de Elasticidad (PSI)	Resistencia Compresión (Ton/m ²)	Factor de reducción de resistencia	Resistencia Efectiva (Ton/m ²)		
				Compresión	Tracción	Cortante
Piedra Coralina	1085520	664	0.8	531	53.1	15.5
Mampostería Mixta	892876	1000	0.8	800	80	19
Concreto a Base de Cal	1510000	989	0.8	791	79.1	18.9
Mezcla Concreto/coralina	1200742	649	0.8	520	52	15.4
Ladrillo	870226	264	0.8	211	21.1	17

Fig. 5. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. Colombia. Tabla de propiedades definitivas de los materiales Álvaro Covo Torres. 2012.

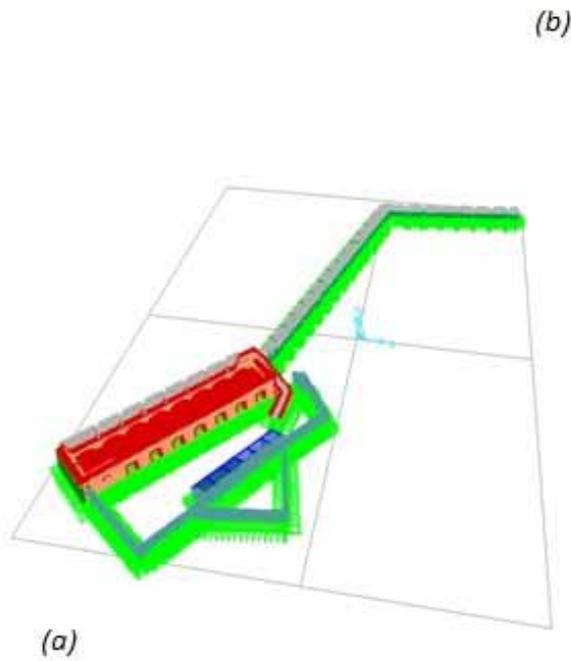


Fig. 6. Fuerte - batería San José. Cartagena de Indias. Colombia.
 (a) Modelo matemático del fuerte. SAP 2000. (b) Localización de puntos de sondeo. Vista aérea.

- La presión admisible por criterios de falla bajo la cimentación es de 15 ton/m² coincidente con la que transmite⁷.
- Durante la construcción del fuerte el asentamiento de la cimentación fue “del orden de 63,7 milímetros con asentamientos diferenciales de hasta 1/3 del máximo calculado”⁸. Se estima que debido a la consolidación del subsuelo este asentamiento aumentó tras la construcción al orden de 42,5 milímetros.
- En los análisis de estabilidad de los taludes del canal de acceso realizados se obtiene un factor de seguridad FS = 2,8 en la hipótesis sin sismo y de FS = 2,1 en la hipótesis con sismo, de donde se concluye que los taludes son estables en ambas hipótesis⁹.

Vale anotar, entonces, que la cimentación del fuerte se encuentra con un alto grado de deterioro, lo cual contribuye a que los asentamientos

aumenten. De tal manera, surge la necesidad de reparar y proteger de la degradación los cimientos.

Es de esperar que debido al transcurrir de los años desde su construcción, prácticamente la totalidad de estos asentamientos ya se hayan presentado. Cualquier asentamiento adicional ocurriría por una modificación de las acciones sobre la estructura o variaciones en la geometría. En cualquier caso, el factor tiempo explicaría una mayor sensibilidad a estos cambios y, por tanto, se tendría una estructura más propensa al daño.

Considerando otro enfoque de estudio, el fuerte San José se encuentra expuesto a problemas de socavación (véase Fig. 7), especialmente en la cimentación de la escarpa, los cuales pueden ser el resultado de corrientes de arrastre, dragados artificiales próximos y efecto del oleaje.

“La existencia de una antigua escollera que en el pasado protegía el fuerte de la acción del mar”¹⁰, la cual desaparece como consecuencia de las obras de ampliación del canal de acceso a la bahía de Cartagena, sugieren la implementación de obras de ingeniería que mitiguen tales efectos.

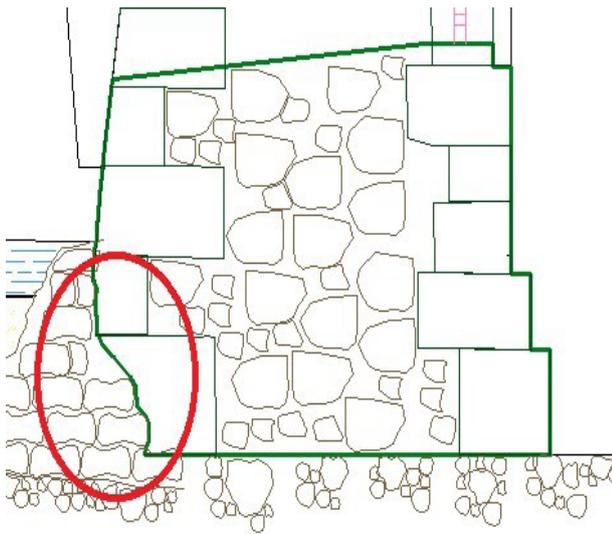


Fig. 7. Fuerte - Batería San José. Cartagena de Indias. Colombia. Zona socavada en la estructura. Modificado Arq. Alberto Herrera. 2014.

4. SOLUCIONES Y RECOMENDACIONES

En primer lugar, el diseño de las alternativas de protección para el Fuerte-Batería San José de Bocachica, se hizo considerando condiciones de empotramiento, teniendo en cuenta que el suelo con el tiempo se ha consolidado y en los sitios donde existen las posibles socavaciones se realizaría el relleno del material portante perdido según recomendaciones del ingeniero de suelos; por lo que las condiciones en campo se asemejarán a dicha suposición.

Es claro que el objetivo de este trabajo investigativo es crear alternativas que garanticen la seguridad para la estructura a largo plazo mediante un diseño resiliente, que brinde la adaptación a cambios de las condiciones del entorno. En

consecuencia, la protección de los cimientos, es en primera medida la tarea por cumplir.

Debido al abatimiento causado por la marea tanto a los cimientos como al suelo de cimentación, es necesario recubrir la roca desgastada y rellenar el suelo socavado, por lo que se propone la protección de la cimentación del fuerte con una cortina de pilotes de arena gravosa de 0,25 metros de diámetro y 2,50 metros de longitud, esta cortina rodea el fuerte y cubre gran porcentaje de su perímetro (véase Fig. 8.a).

La arena gravosa deberá envolverse en geotextil, esto se debe a que el fin de construir los pilotes principalmente es retener los finos que son succionados por efecto del oleaje. Además se plantea la inyección de un mortero fluido con el que se obtendría un aumento en la capacidad portante del subsuelo donde está cimentado el fuerte de San José y además evitar el aumento de los asentamientos. Es preciso aclarar, que si bien estos movimientos en el cimiento —sobre todo los más recientes— posiblemente han sido ocasionados por descalces parciales del mismo, producto de la erosión, otros se deben a asentamientos en los mismos.

Del mismo modo se hace patente la necesidad de emplear un mecanismo que establezca los cimientos, frente a posibles modificaciones de las acciones o de las condiciones ambientales, así como de eventos sísmicos. Para tales solicitaciones se plantea la posibilidad de una protección de relleno e inyección epóxica en elementos bajo agua, el cual debe ser un adhesivo estructural de alta resistencia y gran adherencia en superficies de concreto sumergidas, lo anterior se propone con la finalidad de rellenar y sellar los vacíos que la socavación y erosión han efectuado hasta tal punto de disminuir en gran porcentaje la zona de contacto del suelo y los cimientos de la estructura. La anterior condición, es altamente desfavorable puesto que compromete de manera progresiva la estabilidad en conjunto del Fuerte-Batería San José.

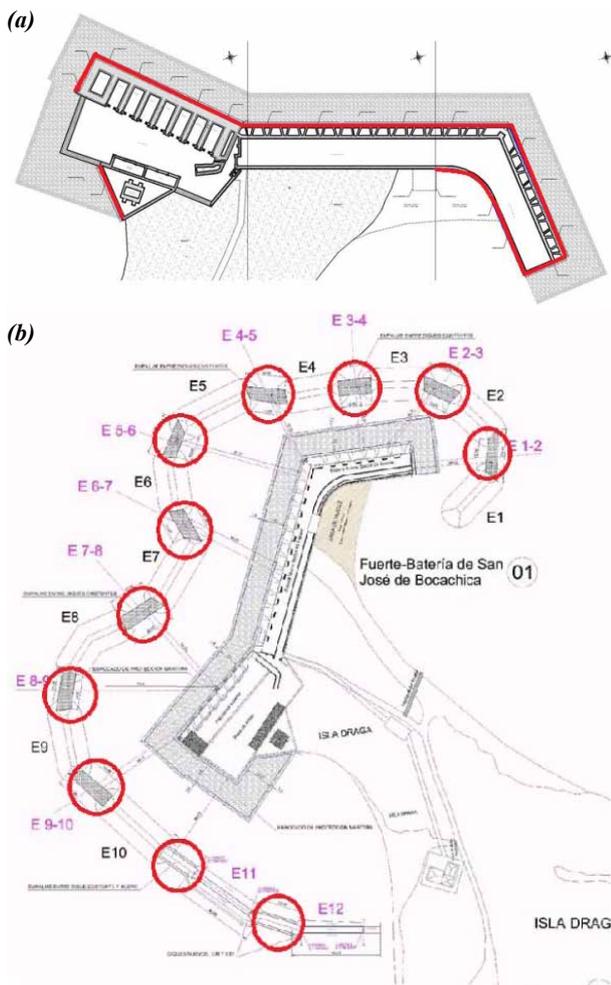


Fig. 8. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. Colombia.
 (a) Planta general del fuerte de San José en donde se señala las áreas donde se colocaran los pilotes.
 (b) Localización para unión de diques existentes.
 Modificado Arq. Alberto Herrera. 2014.

De acuerdo con los estudios, aquellos elementos construidos con concretos a base de cal y mezcla de piedra coralina con concreto, no requieren reforzamiento alguno. Específicamente, las zonas que presentan estos materiales corresponden a la base de las bóvedas y los merlones de la batería baja, respectivamente.

Aunque los merlones presentan lesiones y deterioros de acuerdo a la evaluación patológica, estos no se deben a deficiencias en el comportamiento mecánico de la estructura del fuerte. Los mecanismos de daño que han afectado

estos elementos podrían incluir intemperismo, salinidad, humedad, asentamientos, entre otros.

Ahora bien, como ya se mencionó, el factor de entorno influyente en la estabilidad de la estructura es el oleaje, por lo que la solución propuesta, plantea complementar la obra con una protección de enrocado apoyada sobre el muro del fuerte con ancho de 10 metros para permitir una disipación de la energía del oleaje antes de impactar contra la estructura. Finalmente, aprovechando las estructuras existentes construidas en el 2001 (véase Fig. 8.b) pretende dar continuidad a los diques sumergidos con diques de empalme de menor altura ubicados en los intermedios entre los diques de protección ya existentes, de acuerdo con lo propuesto por *HIDROCONSULTORES LTDA*⁷.

De la misma manera, se plantean una serie de refuerzos en zonas donde se detectan tracciones superiores a las admisibles; es importante anotar, que la aparición de una zona de tracción e incluso una grieta no implica en todos los casos una intervención de refuerzo en una obra de mampostería.

Para los planteamientos de refuerzo se referencia la utilización de tejido de fibra de carbono para reforzamiento estructural, con un espesor de 2mm, además de un puente de adherencia de concreto fresco o endurecido para regularizar superficies y resina epóxica para pegar banda de fibra de carbono con superficie preparada. Para alcanzar un alto aprovechamiento de la fibra de carbono se requieren de unas precauciones particulares a la hora de transmitir los esfuerzos rasantes a la mampostería, como longitudes de anclajes mayores o anclajes especiales. Las zonas descritas para reforzar comprenden un refuerzo en bóvedas en dirección longitudinal y transversal en la zona próxima a la escarpa y la contraescarpa; refuerzo de las esquinas superiores de las ventanas troneras en su parte interior

(veáse Fig. 9.a); en las esquinas superiores de las puertas de acceso a las bóvedas, muros externos (veáse Fig. 9.b); alzados de los muros externos; bóveda de la rampa de acceso (veáse Fig. 10.a y

10.b); muro aspillerado, y parte posterior de la plaza de armas. Las franjas de fibras de carbón deberán instalarse perpendiculares al recorrido de la grieta.

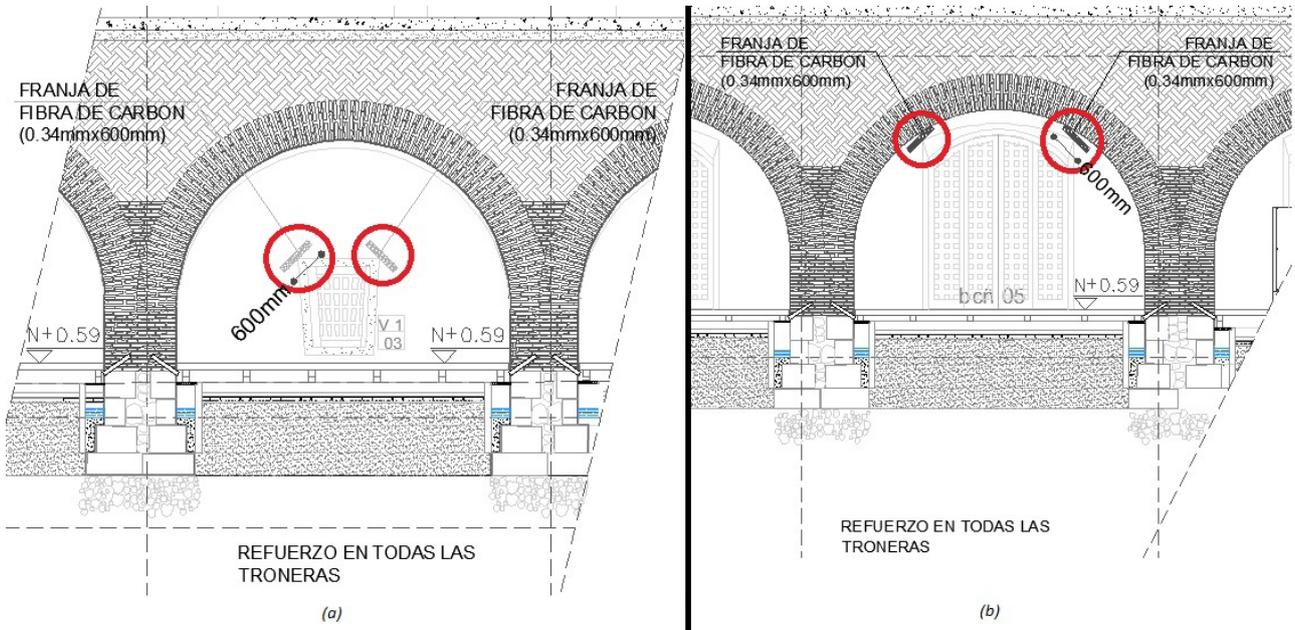


Fig. 9. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. Colombia. (a) Zona de disposición de franjas de fibra de carbón en las ventanas troneras. (b) Zona de disposición de franjas de fibra de carbón en las puertas de acceso a las bóvedas. Modificado Arq. Alberto Herrera. 2014.

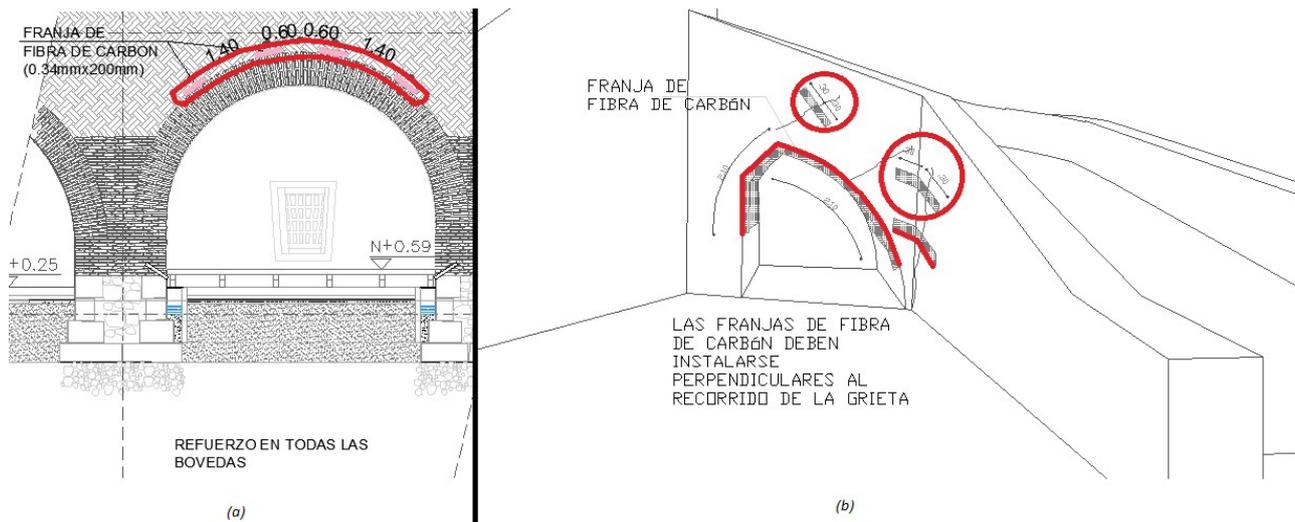


Fig. 10. Fuerte de San José. Cartagena de Indias. Colombia. (a) Zona para disposición de franjas de fibras de carbono. (b) Zona de instalación de fibras de carbono localizadas en la bóveda de la rampa de acceso. Modificado Arq. Alberto Herrera. 2014.

NOTAS

- ¹SEGOVIA, Rodolfo. "Cartagena de Indias: Historia de sus fortificaciones". *Boletín Cultural y Bibliográfico*, Vol. 34, 45 (1997), págs. 1-18.
- ²Ministerio de Cultura de Colombia. "Report on the state of conservation of the property". *Port, Fortresses and Group of Monuments, Cartagena*. Colombia, 1 de Febrero de 2014.
- ³Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente, Nsr- 10*. Bogotá: 3R Editores, 2010.
- ⁴ROCHA, Jorge. *Cartagena. Informe Patológico de la Estructura del Lienzo de Murallas y Baluartes*. Cartagena de Indias: Sociedad de Mejoras Públicas, 2003, pág. 8.
- ⁵COVO TORRES, Álvaro. *Evaluación geotécnica del fuerte de san José en la isla Cascajo, Bocachica, Cartagena de Indias, Bolívar, Colombia*. Cartagena de Indias: Estudios de Suelos, Consultoría e Interventoría– AICO LTDA, 2012, págs. 18-25.
- ⁶Ibíd., pág. 9.
- ⁷Ibíd.
- ⁸Ibíd.
- ⁹Ibíd., pág. 13.
- ¹⁰MARCO DORTA, Enrique. *Cartagena de Indias: Puerto y plaza fuerte*. Colombia: Fondo Cultural Cafetero, 1988, págs. 259-280.
- ¹¹ARRIETA PASTRANA, Alfonso. *Diseño de protecciones marítimas de drenajes pluviales, hidráulico sanitarios y contra incendios dentro de los estudios técnicos y proyecto de restauración integral del fuerte de san Fernando y el fuerte-batería san José en Bocachica de Cartagena*. Cartagena de Indias: HIDROCONSULTORES LTDA, 2012.