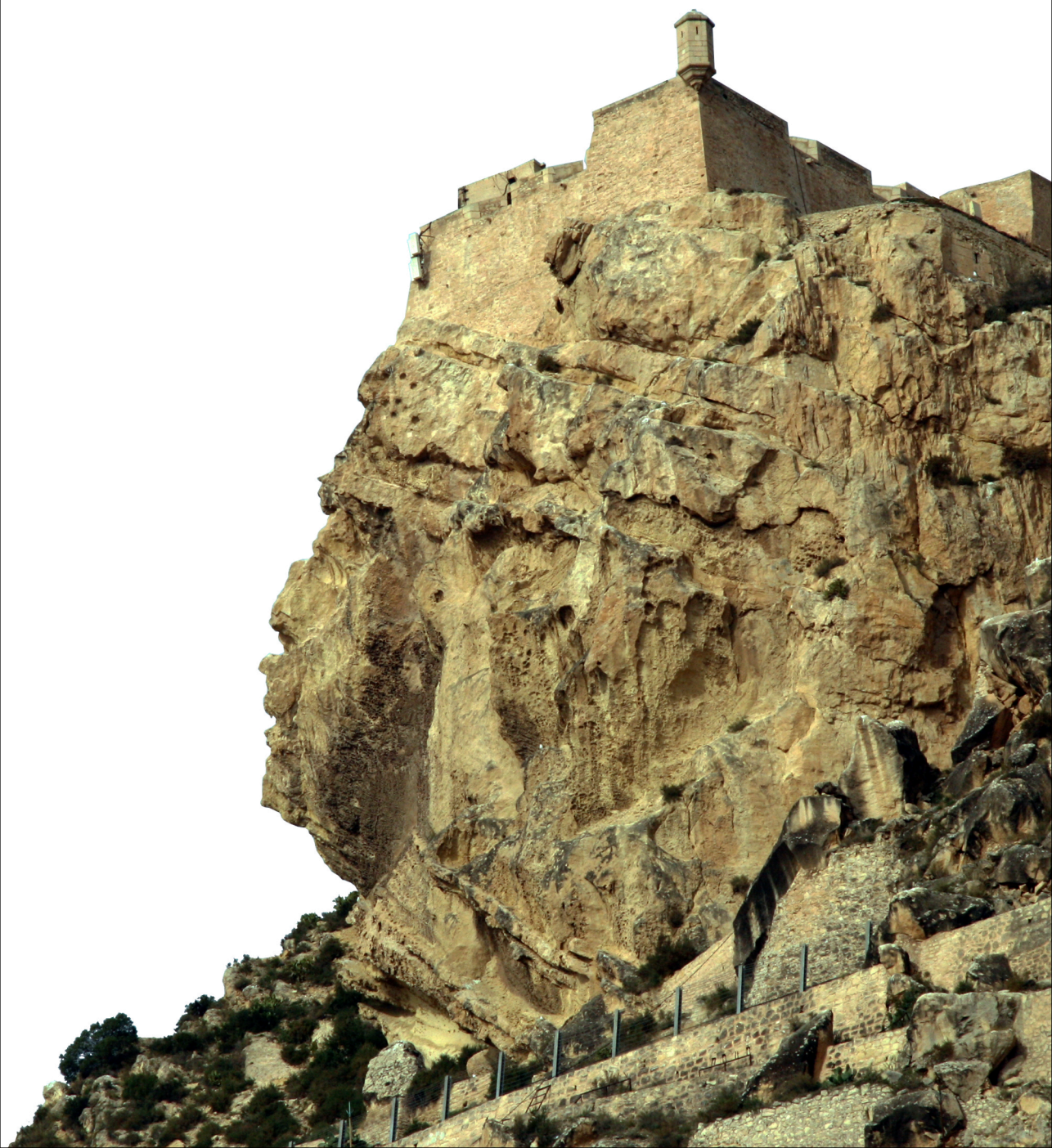


5 DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN

XV to XVIII Centuries

Víctor ECHARRI IRIBARREN (Ed.)



DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
XV TO XVIII CENTURIES
Vol. V

PROCEEDINGS of the International Conference on Modern Age Fortifications of the Mediterranean Coast
FORTMED 2017

DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN
XV TO XVIII CENTURIES
Vol. V

Editor
V́ctor Echarri Iribarren
Universidad de Alicante. Spain

EDITORIAL
PUBLICACIONS UNIVERSITAT D'ALACANT

FORTMED 2017

Colección Congresos UA

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados por el Comité Científico que en ella se relaciona y según el procedimiento de la ``revisión por pares``.

© editor

Víctor Echarri Iribarren

© de los textos: los autores

© 2017, de la presente edición: Editorial Publicacions Universitat d'Alacant.

www.publicaciones.ua.es/

Imprime:

ISBN: 978-84-16724-75-8 (Vol. V)

Depósito legal: A 493-2017



La cartografía histórica de las obras portuarias del siglo XVIII: la reconstrucción virtual de su proceso constructivo

María Jesús Peñalver Martínez^a, Jorge Alberto Galindo Díaz^b, Juan Francisco Maciá Sánchez^c

^aUniversidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, mjesus.penalver@upct.es, ^bUniversidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, jagalindod@unal.edu.co, ^cUniversidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, juanfco.macia@upct.es

Abstract

The analysis of the construction sequence of a historical dock construction should bring together all its existing documentation and its conservation status so any incongruity can be pointed out. This paper focuses upon the artificial dock built in Cartagena to be used by the “Real Arsenal de Marina” erected throughout the XVIII century.

Plenty of original documentation about its construction is kept today. The empirical-analytical method carried out is presented so a virtual reconstruction of the building process can be done and a graphical analysis of the construction sequence is also included.

The process carried out to compile all the data about the research of this historical construction is essential. The methodology presented could be used to analyse the construction process of any other historic dock constructions.

Keywords: puertos, cartografía histórica, reconstrucción virtual

1. Introducción

Las recomendaciones internacionales para la restauración y conservación del patrimonio construido establecen los criterios básicos a tener en cuenta en las primeras fases de cualquier proyecto de intervención en el patrimonio arquitectónico: inspección inicial y programa de investigación, así como, la elaboración de un diagnóstico previo.

La elaboración de un diagnóstico adecuado requiere de análisis cualitativos y cuantitativos. El análisis cualitativo necesita, de la observación directa y de la investigación histórica y arqueológica, mientras que el análisis cuantitativo precisa de ensayos de materiales y estructurales, monitorización y análisis de la estructura. (Iscarsah 2004, 6).

La calidad de la investigación histórica y arqueológica es imprescindible para alcanzar el éxito en el estudio de cualquier edificio existente. No sólo permite conocer los materiales y elementos empleados en su construcción, sus mecanismos internos ó como se construyó, sino comprender el por qué de todo ello (González 2005, 19).

La afirmación, “[...] *los fallos metodológicos en la fase de conocimiento y comprensión son la causa de mayor influencia en las disfunciones actuales de las actividades sobre el patrimonio construido [...]*” (González 2005, 22), pone de manifiesto la importancia de establecer metodologías científicas que garanticen la calidad y el rigor de las investigaciones

históricas sobre las que se basa toda intervención técnica sobre el patrimonio construido.

Como explica González (2005), en este campo se pueden dar diferentes tipos de actividades investigadoras pudiéndose éstas descomponer en dos: aquellas que persiguen el conocimiento científico de los edificios existentes y las que se centran en el estudio de los procedimientos y las técnicas de intervención. Las primeras, según el autor, se componen de la suma de dos campos; el primero de ellos que persigue el conocimiento y comprensión general de la construcción histórica -materiales, elementos, subsistemas y sistemas históricos-, y el segundo que se centra en el conocimiento y comprensión particular de un edificio u obra pública existente mediante metodologías que sistematicen el proceso de los estudios previos a cualquier intervención.

Nuestra investigación se enmarca en el segundo campo. Este trabajo expone los resultados obtenidos tras la definición y aplicación de una metodología científica específica adaptada a las singularidades de una obra portuaria militar construida durante el siglo XVIII, la dársena del Real Arsenal de Cartagena. Su aplicación ha permitido la reconstrucción virtual de su proceso constructivo tras definir con carácter previo los elementos, subsistemas y sistemas que permitieron la construcción de una obra de esta naturaleza.

2. Reflexiones sobre la metodología científica a aplicar para el estudio arquitectónico-constructivo del patrimonio construido

La metodología propuesta para la investigación analítica se descompone en tres fases diferenciadas: descomponer los objetivos para descubrir su mecanismo interno, examen de la interdependencia de sus partes y reconstrucción de toda la obra o parte de ella a partir de sus partes interconectadas.

La adaptación de esta metodología al estudio del patrimonio arquitectónico propuesto por González Moreno-Navarro (2005, 19) consta de tres estadios como fases necesarias para alcanzar la comprensión, el conocimiento y la síntesis del objeto en su conjunto:

- a. Estudio del contexto histórico-constructivo del edificio estudiado.
- b. Investigación físico-constructiva del edificio.
 - b.1. Descomposición en sus partes significativas.
 - b.2. Método de estudio de cada parte.
 - b.3. Reconstrucción de las partes: el edificio como unidad.
- c. Reunión de estudio e investigación: conclusiones y diagnóstico.

Por tanto, la investigación física del edificio se inicia con la descomposición de la obra en partes significativas, para finalmente reunir las y estudiar el edificio como unidad. Es decir, se comienza con una labor analítica para finalmente obtener conclusiones sobre la reconstrucción de la unidad, para lo que es necesaria la síntesis de los datos. Esta labor de integración, quizás no común a todas las investigaciones como sí lo es la fase de análisis, queda justificada por diversos motivos metodológicos (González 2005, 21) y resulta evidente tras leer los criterios generales de las directrices marcadas para la actividad restauradora y de conservación del patrimonio histórico. En dichas pautas se manifiesta que, “[...] *la evaluación de un edificio, a menudo, requiere un enfoque holístico, es decir que considere el edificio en su conjunto y no sólo una valoración de los elementos individuales [...]*” (Iscarsah 2004, 9).

El método general propuesto por González para el estudio de una obra construida ha sido ya puesto en práctica en diversos trabajos sobre patrimonio arquitectónico, pero quizás éstos adolecen de la información necesaria sobre el proceso llevado a cabo para la construcción de los datos empíricos sobre los que se fundamentará la investigación físico-constructiva de la obra histórica considerada.

Conviene recordar que la primera fase de toda investigación sobre el patrimonio construido se fundamenta en el análisis de la documentación histórica existente sobre el mismo. Dicho análisis puede ser realizado desde la intuición y sin ningún procedimiento científico ó mediante la aplicación de técnicas de análisis cualitativo. El desconocimiento de las técnicas de análisis

del contenido por parte de un gran número de arquitectos e ingenieros no debe sorprender teniendo en cuenta que es una técnica de investigación propia de las ciencias sociales, especialmente de la lingüística, la antropología, la sociología y la psicología, y no de las ciencias tecnológicas.

En lo concerniente a las obras construidas, la documentación histórica existente es en muchas ocasiones abundante y variopinta lo que hace que su selección y análisis se pueda realizar desde innumerables encuadres. Por ello debe ser un técnico especializado en el ámbito de la arquitectura y/o la ingeniería el que analice y trabaje sobre los documentos históricos de manera que obtenga de ellos los datos necesarios para realizar el diagnóstico correcto previo a la intervención sobre el objeto a conservar o restaurar.

Documentarse es “*la estrategia metodológica de obtención de información*” (Vallés, 1999, 119) y como tal es un proceso de investigación documental que nos permite disminuir nuestra ignorancia respecto a determinados temas. Esta afirmación pone de manifiesto la necesidad del dominio de técnicas de investigación documental para garantizar la calidad de cualquier trabajo de investigación relacionado con la intervención en el patrimonio arquitectónico.

3. La metodología científica aplicada para la reconstrucción virtual del proceso constructivo de las obras portuarias del s. XVIII

La descripción y sistematización de la metodología aplicada para la reconstrucción virtual del proceso constructivo de las obras portuarias realizadas en Cartagena durante el s. XVIII, tiene un doble objetivo: asegurar la calidad científica de los resultados obtenidos y permitir su aplicación a otros casos de estudio en el campo del patrimonio construido salvando las especificidades de cada caso.

El método general de estudio propuesto por González Moreno-Navarro (2005) ha sido seguido en este trabajo, adaptándolo a las circunstancias particulares del caso. Además se

describe sintéticamente la metodología aplicada para realizar el análisis documental de los textos que ha posibilitado la construcción de los datos empíricos sobre los que se ha fundamentado esta investigación. El método de estudio aplicado se compone de las siguientes etapas:

A. Estudio del contexto histórico-constructivo de las obras portuarias de Cartagena (s. XVIII): La comprensión de las circunstancias históricas y tecnológicas que motivan la construcción de la dársena militar del puerto de Cartagena a lo largo de casi un siglo ha permitido contextualizar las obras ejecutadas y facilitar su comprensión.

B. Investigación físico-constructiva-estructural del muelle.

B.1. Descomposición en sus partes significativas: Se ha procedido a la descomposición del sistema construido en sus subsistemas, elementos y materiales.

B.2. Reconstrucción de las partes: el muelle como unidad: Se han establecido todas las actividades necesarias para la construcción de un cajón del muelle y su secuencia.

C. Reunión de estudio e investigación: conclusiones.

Finalmente, se ha procedido a la reconstrucción diacrónica de la totalidad de las obras realizadas para la materialización de la dársena de Cartagena entre el 20/05/1750 y el 01/01/1764.

3.1. El análisis documental y la construcción de los datos empíricos

En el estudio del patrimonio construido los datos no existen con anterioridad sino que se construyen mediante un proceso de elaboración. Lo que existe previamente a la investigación es el objeto de estudio y la documentación histórica relativa al mismo. Pero para proceder a su estudio, éstos deben ser convertidos en datos para el análisis.

Es por ello, por lo que la presente investigación se sustenta en el análisis documental de textos históricos y en la observación del objeto construido. De forma sintética, las fases de la metodología aplicada para la obtención de los datos en los que se ha basado este trabajo son:

A. La construcción del Corpus

Según Bardin (1996, 72) el Corpus es *“el conjunto de los documentos tenidos en cuenta para ser sometidos a los procedimientos analíticos”*.

a.1. El Corpus: las Fuentes primarias no impresas.

Se han seleccionado todas las fuentes primarias no impresas, textuales y/o cartográficas, producidas por los diversos agentes intervinientes de forma directa en el proceso de construcción y/o proyectación de las obras portuarias de Cartagena a lo largo del s. XVIII.

a.2. Los criterios de selección de los documentos

Se han establecido los criterios de acuerdo a los cuales se procederá a la selección de los documentos que compondrán el corpus de la investigación; temática, periodo, naturaleza, procedencia, archivos, etc.

a.3. Vaciado de documentos y construcción de la base de datos

Elaboración de la ficha de vaciado de los documentos / Vaciado de todas las informaciones en la ficha indicada y codificación de las mismas / Construcción de una base de datos documental / Mecanización de la ficha de vaciado en la base de datos.

B. El proceso de análisis del contenido

En primer lugar, se han realizado varias actividades previas o preparatorias al análisis. Estas actividades han sido las siguientes: definir las unidades de análisis, construir el sistema de categorías y categorizar los documentos o indizarlos de acuerdo a la guía de categorías elaborada previamente.

En segundo lugar, se ha procedido propiamente al análisis de contenido, es decir, a la descripción del contenido del Corpus y a la elaboración de un modelo explicativo del objeto de estudio mediante la interpretación de los datos.

3.2. Reunión de estudio e investigación: conclusiones respecto a la construcción

A través del análisis de los datos obtenidos tras la investigación documental realizada se puede establecer que el proceso constructivo desarrollado para erigir la dársena militar del puerto de Cartagena a lo largo del s. XVIII se compone de dos tipos de actividades diferenciadas: aquellas específicas para su construcción y aquellas auxiliares que se realizan con carácter provisional, cuyo objetivo es posibilitar la realización del muelle en unas condiciones óptimas para la seguridad, economía y firmeza de la obra.

Las conclusiones obtenidas sobre las primeras, aquellas actividades destinadas al levantamiento del muelle portuario, permiten establecer de forma precisa su descripción, su caracterización, las relaciones existentes entre ellas y la reconstrucción gráfica del proceso constructivo que las integra.

Con carácter previo y para contextualizar los resultados que se exponen a continuación conviene aclarar que para afrontar la fábrica del muelle es necesario fragmentar su longitud y abordar la obra mediante bataches en los que sea posible controlar el volumen de agua que concurre a la excavación. Así mismo, conviene aclarar que la heterogeneidad del terreno sobre el que se asienta la obra hace que se recurra a dos técnicas de cimentación radicalmente distintas para su edificación: los pilotes y la cimentación directa sobre el fondo. Es por ello, por lo que a continuación se expone el proceso llevado a cabo para construir cada una de estas unidades, cuya adición supone la obtención de la totalidad del muelle: el cajón cimentado sobre pilotes y el cajón con cimentación directa.

3.2.1. El proceso de construcción de un cajón del muelle con pilotaje

Las actividades necesarias para el levantamiento de un cajón del muelle por pilotaje y su secuencia, son:

Actividad 1: Excavación

Movimiento de tierras realizado mediante medios manuales para la obtención de una zanja ataluzada a cielo abierto cuya profundidad se ve limitada al nivel donde las aguas afloran en el

fondo de la excavación. Esta tarea se ve acompañada en todo momento por la actividad auxiliar de achique mediante bombas manuales que se colocan en la propia zanja.

Actividad 2: Tablestacado

Sistema de contención hincado y acodalado en el fondo de la excavación compuesto por estacas engargoladas y tablonces de madera machihembrados.

Actividad 3: Pilotaje

Estacas de pino de sección cuadrada replanteadas a tresbolillo, que se hincan a golpe de martinete en el fondo de la excavación hasta alcanzar el firme competente.

Actividad 4: Vaciado

Extracción de las tierras contenidas entre el tablestacado mediante medios manuales hasta descubrir las cabezas de los pilotes.

Actividad 5: Enrejado

Retícula horizontal construida a base de elementos ortogonales endentados de madera de pino cuyos cruces se localizan sobre las cabezas

de los pilotes sobre las que se clavan con cabillas de roble.

Actividad 6: Macizado

Relleno del espacio existente bajo el enrejado y sus huecos mediante mezcla de puzolana, cal y áridos. Se compacta y nivela con el plano superior de las varengas.

Actividad 7: Fábrica de Sillería del Alzado

Colocación de los sillares de piedra de “Tabaire” para la constitución del muro de revestimiento del muelle sobre el enrejado macizado. La fábrica se realiza con mortero compuesto de cal, puzolana y ladrillo picado.

Actividad 8: Fábrica de Sillería de la Coronación y Amarres

Colocación de las tres últimas hiladas del muro con material pétreo que garantice la durabilidad frente a las acciones atmosféricas a las que quedan expuestos por emerger del nivel de las aguas y a las agresiones propias del tráfico portuario. Para ello se recurrirá a la “piedra de

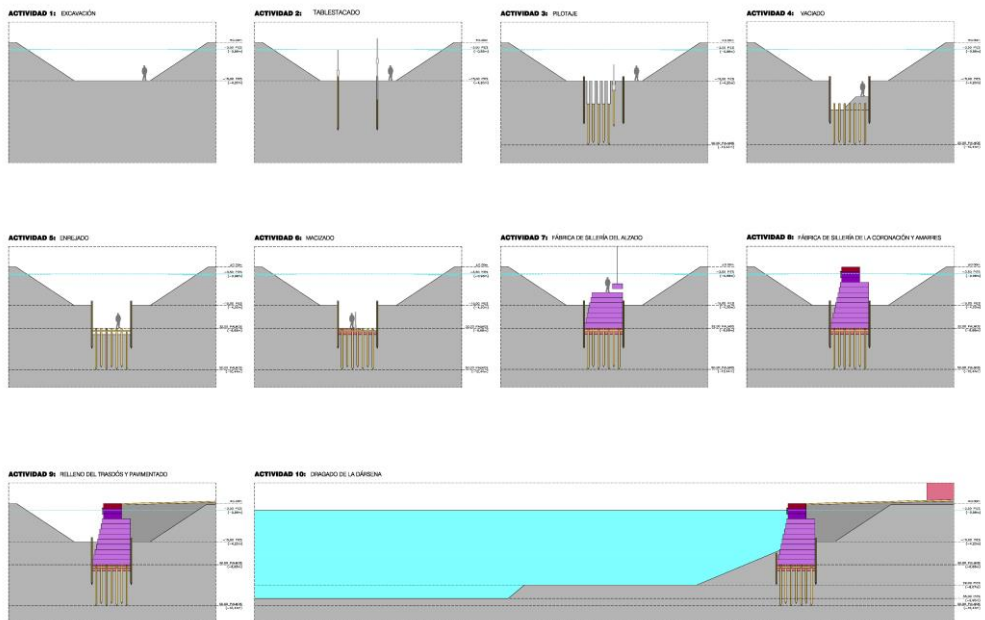


Fig. 1- El proceso de construcción de un cajón de muelle con pilotaje (Peñalver, 2013)

Alicante” para la penúltima y antepenúltima hilada y a la “piedra Fuerte” para rematar superiormente el muelle.

Actividad 9: Relleno del trasdós y pavimentado del andén

Una vez finalizado el muro de contención, se procede al relleno del trasdós del mismo con las tierras procedentes del dragado de la dársena y de las zanjas que se abren para los cimientos de los edificios. Una vez alcanzado el nivel y compactado el relleno, se procede al pavimentado del andén con adoquín de “piedra Fuerte” hasta la fachada de los edificios perimetrales de la dársena.

Actividad 10: Dragado de la dársena

Los trabajos de vaciado de la dársena para conseguir la profundidad necesaria se realizan a mano frente a los muelles construidos, manteniéndose mientras tanto el mar alejado de los mismos mediante diques de tierra que mantienen las aguas marinas alejadas de las obras en ejecución.

Una vez finalizados los muelles se eliminarán los diques de tierra que contienen las aguas y el mar batirá finalmente contra el nuevo perímetro de sillera construido.

3.2.2. El proceso de construcción de un cajón del muelle cimentado directamente sobre el fondo

El número de actividades necesarias para la construcción de un cajón de muelle cimentado directamente sobre terreno firme, es menor que el de las explicadas con anterioridad para la ejecución de un cajón de muelle con pilotes. Esto es consecuencia de la ausencia de actividades específicas para la ejecución de la cimentación profunda: pilotaje, enrejado y macizado (Peñalver, 2012).

3.2.3. Reconstrucción dicrónica de las obras realizadas para la construcción de la dársena del puerto de Cartagena entre el 20/05/1750 y el 01/01/1764

Se ha analizado el proceso constructivo llevado a cabo para la edificación de una unidad del

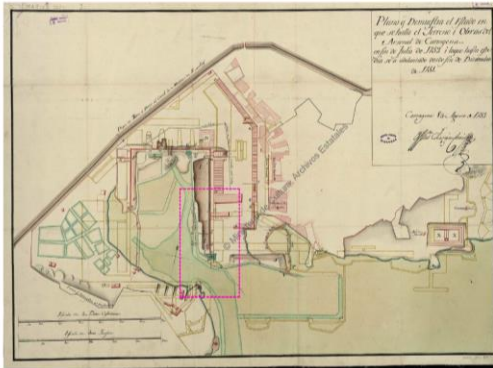
muelle, un cajón, en sus dos modalidades, así como las actividades auxiliares llevadas a cabo para posibilitar su construcción. Ahora es el momento de reconstruir gráficamente la totalidad del proceso edificatorio de la obra a partir de la interconexión de sus partes y de la integración en el proceso de todas las variables que intervienen en su construcción a lo largo de los años en los que es llevada a cabo.

El primer paso ha sido seleccionar los manuscritos considerados relevantes para el objetivo que se persigue. Una vez seleccionados, se han ordenado cronológicamente y se ha categorizado su contenido asignándole a cada categoría una codificación alfanumérica de acuerdo a la naturaleza de la información, de manera que esta información pueda ser trasladada a la documentación gráfica correspondiente.

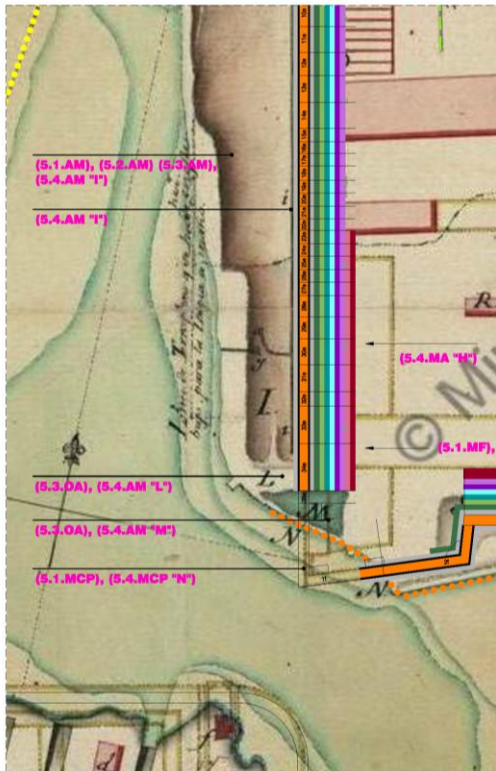
Los planos elegidos como base para ello, son los que el ingeniero D. Sebastián Feringán remite a la corte periódicamente para mostrar el estado de las obras en el arsenal cartagenero. Sobre estos planos se irán incorporando los datos obtenidos del análisis categórico de los documentos y se irá grafizando la evolución de las actividades descritas en ellos.

La solución que se adopta para incorporar la información obtenida de los documentos a los planos base ha sido transponer el código alfanumérico de cada una de las categorías y situar cada actividad en el lugar donde se ejecuta. El desarrollo de dicha información se realiza en el anejo documental adjunto a cada plano en el que se recapitula la información categorizada.

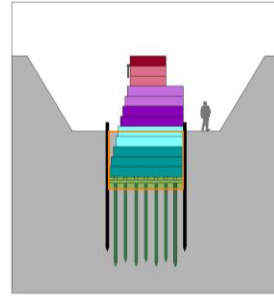
Para situar de forma exacta y en el lugar que le corresponde la información extraída de la documentación analizada, ha sido necesario establecer el orden real en el que Feringán ejecuta los bataches del muelle y su dimensión. La división en cajones del muelle se aprecia en la figura 3, donde se hallan grafizados y numerados según el orden de ejecución de los mismos y acompañados de una letra (“n”, “s”, “e”, “o” y “f”), en función de que pertenezcan a la banda norte, sur, este, oeste o del frente del puerto respectivamente.



PLANO MANUSCRITO BASE⁽¹⁾



(1) A.G.S., MPD 24.039 (Marina, Leg. 322). Plano que demuestra el Estado en que se halla el Terreno i Obras del Arsenal de Cartagena en el fin de Julio de 1752 / loque hasta este día se a adelantado desde fin de Diciembre de 1751. S. Ferragán Cortés, 08/08/1752.



LEYENDA DINÁMICA. ACTIVIDADES

A. TRABAJOS AUXILIARES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE

- (AA). Obras Auxiliares de Achique
- (AC). Obras Auxiliares de Contención
- (AM). Obras Auxiliares de Movimiento de Tierras. Desmontes y Terraplenos
- (AD). Obras Auxiliares de Dragado
- (AI). Incidentes Técnicos en Obras Auxiliares

M. UNIDADES DE OBRA DEL MUELLE EN EJECUCIÓN

EXCAVACIÓN

- (ME). Excavación sin Entibación
 - Excavación en seco realizada mediante medios manuales
- (MT). Excavación con Entibación (Tablестacado)
 - Tablестacado de estacas y tablas de madera engargoladas
 - Vaciado del terreno comprendido entre el tablестacado realizado mediante medios manuales

CIMENTACIÓN

- (MCP). Cimentación profunda realizada mediante pilotes y enrejado de madera
 - Pilotes de madera colocados al trespelillo en el fondo de la excavación (0,25x0,25x4,50 m.)
 - Enrejado de madera clavado sobre las cabezas de los pilotes y macizado con mampostería, cal y puzolana
- (MCD). Cimentación directa

FÁBRICAS

- (MFT). Sillería de piedra de Tabaire
 - Primer nivel de sillares de piedra de Tabaire
 - Segundo nivel de sillares de piedra de Tabaire
 - Tercer nivel de sillares de piedra de Tabaire
 - Cuarto nivel de sillares de piedra de Tabaire
- (MFA). Sillería de piedra de Alicante
 - Sillares de piedra de Alicante
- (MFF). Sillería de piedra Fuerte
 - Sillares de piedra Fuerte

OTROS

- (MI). Incidentes Técnicos en construcción Muelle
- (MA). Anillas de amarrar navios
- Anillas de amarrar

O. OTRAS OBRAS

- (OB). Balseas para las maderas de construcción
- (OC). Canales
- (OD). Diques para carenar embarcaciones en seco
- (OG). Gradass para la construcción de navios
- (OS). Obras de saneamiento
- (OO). Obras Auxiliares

Fig. 3- Interpretación de las plantas con la descripción de actividades dinámicas (Peñalver, 2012)

Si los códigos alfanuméricos, representados en color rosa, y su explicación acompañada en el anexo documental al plano, nos dan la información temática y cronológica de las actividades, las bandas de color nos muestran los

niveles en los que se encuentra la obra a la finalización del periodo considerado.

Por tanto y a modo de resumen, se constata que en los planos que describen las actividades

ejecutadas para la construcción de la dársena se incorporan elementos de diferente índole, aportando cada uno de ellos diferentes tipos de información:

- Código Alfanumérico: Se sitúa sobre el plano en el lugar exacto donde se acometen las actividades o los hechos a los que hace referencia. Se grafía en color rosa. Los dígitos, nos permiten localizar el contenido del manuscrito origen al que hacen referencia en el anexo documental que acompaña al plano. Las letras nos aportan información sobre el tipo de actividad a la que se hace referencia. Dicha codificación se encuentra explicada en la “Leyenda de Actividades Dinámicas” que

acompaña al plano y que es el reflejo del esquema conceptual categórico utilizado para extraer y ordenar el contenido de los documentos.

- Las bandas de color: Son las encargadas de transmitir de forma visual el desarrollo de los trabajos en todos y cada uno de los cajones del muelle de forma simultánea. El nivel al que hace referencia cada una de esta franjas de color y la actividad que representan se explican a través del esquema de la sección transversal que acompaña a la “Leyenda de Actividades Dinámicas” del plano.

Referencias

Bardín, L. (1996). *Análisis del contenido*. Ed. Akal. Madrid.

González Moreno-Navarro, J. L. (2005). *Algunas cuestiones sobre la formación de los investigadores en patrimonio construido*. En: *Informes de la Construcción*, 57 (498) julio-agosto, pp. 17-23.

ISCARSAH. (2004) *Recomendaciones para el Análisis, Conservación y Restauración Estructural del Patrimonio Arquitectónico*. Colegio de Arquitectos de Cataluña. Barcelona, p. 6.

Peñalver Martínez, M. J. (2012). Génesis y materialización de la dársena del puerto de cartagena a lo largo del siglo XVIII. Una propuesta metodológica para el análisis arquitectónico del patrimonio construido. Tesis Doctoral. UPCT-ETSAE, Cartagena.

Peñalver Martínez, M. J., Maciá Sánchez, J. F., Lerma, C., Segado Vázquez, F (2013). Evolution of design in building the quay breakwater of the dock in Cartagena harbour. Paradigm of 18th century building knowledge. En: *Journal of Cultural Heritage*, 14S, pp. e7-e13.

Vallés Martínez, M. S. (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social: reflexión metodológica y práctica profesional*. Ed. Síntesis. Madrid.