

Implementación de la metodología BIM como  
medida conservativa y de puesta en valor de los  
bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio.  
Caso de estudio El Molino del Cubo.

Alberto Sáez Cañada

Tutora: Dra. Francisca Ramón Fernández

Universidad Politécnica de Valencia

Facultad de Bellas Artes de San Carlos

Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

Curso 2021/22



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES



departamento  
Conservación  
Restauración  
Bienes  
Culturales

## **RESUMEN**

El riesgo de desaparición, destrucción o alteración de los valores de los Bienes integrantes del patrimonio cultural y natural; se ven influenciados en gran medida por el progreso y el cambio urbanístico que se desarrolla tanto en las ciudades como en áreas rurales y naturales, propiciadas por las mejoras tecnológicas o los cambios de gusto y estilo. De este modo para evitar la propagación de estos riesgos, es necesario hacer llegar a la población civil las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos y la sensibilización por el patrimonio, promoviendo la actuación de la sociedad para salvaguardar los elementos patrimoniales en riesgo.

El presente trabajo, dirigido por la Dra. Francisca Ramón Fernández, se engloba dentro del marco del Máster en Conservación y Restauración de Bienes Culturales, impartido en la Universidad Politécnica de Valencia, como Tesis de Final de Máster.

Esta propuesta tiene como fin complementar la iniciativa de *La Lista roja del Patrimonio* promovida por la Asociación *Hispania Nostra*. De este modo, se procede mediante la implementación de la Metodología BIM (Building Information Management) como herramienta conservativa y de puesta en valor del Patrimonio Arquitectónico recogido en esta lista. Con la ayuda de esta metodología se realiza el volcado de la información documental de los Bienes en un modelo 3D que se emplea como base de datos de toda la información referente a los temas relacionados con el Bien (Históricos, artísticos, científicos, conservativos, intervenciones, etc.) Esta Metodología contempla diferentes dimensiones que corresponden a distintas fases del proceso.

Para comprobar la viabilidad de esta propuesta se realiza un caso de estudio, *El Molino del Cubo*, Torredonjimeno (Jaén). En el cual se implementan y desarrollan los procesos necesarios para llevar a cabo la conservación y puesta en valor del mismo mediante el uso de la metodología BIM.

## **PALABRAS CLAVE**

BIM; HBIM; *Molino del cubo*; Puesta en valor; *Lista Roja del Patrimonio*.

## **ABSTRACT**

The risk of disappearance, destruction or alteration of the values of the assets that make up the cultural and natural heritage; are largely influenced by progress and urban development that takes place both in cities and in rural and natural areas, driven by technological improvements or changes in taste and style. In this way, to avoid the spread of these risks, it is necessary to provide the civilian population with the necessary tools to acquire knowledge and awareness of the heritage, promoting the action of society to safeguard the assets at risk.

This work, directed by Dr. Francisca Ramón Fernández, is included within the framework of the Master's Degree in Conservation and Restoration of Cultural Assets, taught at the Polytechnic University of Valencia, as a Master's Final Thesis

The purpose of this proposal is to complement the initiative of *The Red List of the Heritage* promoted by the *Hispania Nostra* Association. In this way, we proceed through the implementation of the BIM (Building Information Management) Methodology as a conservative tool and valuation of the Architectural Heritage included in this list. With the help of this methodology, the documented information of the assets is dumped into a 3D model that is used as a database with all the information regarding the issues related to the asset (Historical, artistic, scientific, conservative, interventions, etc.) This Methodology contemplates different dimensions that correspond to different phases of the process.

To verify the viability of this proposal, a case study is carried out, *El Molino del Cubo*, Torredonjimeno (Jaén). In which the necessary processes are implemented and developed to carry out its conservation and valuation through the use of the BIM methodology.

## **KEY WORDS**

BIM; HBIM; *Molino del Cubo*; Point out the Value; *Red List of the Heritage*.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| ACRÓNIMOS.....  | 5  |
| 1. INTRODUCCIÓN/JUSTIFICACIÓN.....                                  | 6  |
| 2. OBJETIVOS.....   | 7  |
| 3. METODOLOGÍA.....   | 7  |
| 4. ANTECEDENTES.....  | 8  |
| 4.1. <i>Hispania Nostra</i> .....                                   | 8  |
| 4.1.1. Evolución histórica.....                                     | 9  |
| 4.1.2. Lista Roja del Patrimonio.....                               | 9  |
| 4.2. Metodología <i>Building Information Management (BIM)</i> ..... | 14 |
| 4.2.1. Aplicación de la metodología BIM en Patrimonio Cultural..... | 18 |
| 5. CASO DE ESTUDIO. EL MOLINO DEL CUBO.....                         | 22 |
| 5.1. Análisis del bien. Normativa y estado actual.....              | 22 |
| 5.1.1. Documentación histórica.....                                 | 22 |
| 5.1.2. Estado actual.....   | 29 |
| 5.1.3. Legislación aplicable y protección legal.....                | 33 |
| 5.2. Aplicación de la metodología BIM para la puesta en valor.....  | 34 |
| 5.2.1. Dimensiones de la metodología BIM.....                       | 34 |
| 5.2.2. Necesidades del proceso de implementación.....               | 41 |
| 5.2.3. Análisis DAFO de la propuesta de aplicación.....             | 47 |
| CONCLUSIONES.....   | 52 |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 53 |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | 56 |
| ANEXO I: Documentación gráfica y fotográfica complementaria.        |    |
| ANEXO II: BIM EXECUTION PLAN.                                       |    |

**Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.**

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

---



## ACRÓNIMOS

**AIA:** Del inglés, *American Institute of Architects*; Instituto de Arquitectos Americanos.

**BEP:** Del inglés, *BIM Execution Plan*; Plan de Ejecución BIM.

**BIM\*:** Del inglés, *Building Information Managemnt*; Gestión de Información de Construcción.

**BIM\*:** Del inglés, *Building INformation Modeling*; Modelado de Información de Construcción.

**CAD:** Del inglés, *Computer-Aided Design and Drafting*; Diseño Asistido por Ordenador.

**CDE:** Del inglés, *Common Data Enviroment*, Entorno de Datos Comunes.

**DSR:** Del inglés, *Desing Science Research*; Investigación Científica basada en el Diseño.

**HBIM:** Del inglés, *Historic/Heritage Building Information Modeling*; Modelado de Información de Construcción Histórica o Patrimonial.

**ISO:** Del inglés, *International Organization for Standardization*; Organización Internacional para la Estandarización.

**LOD:** Del inglés, *Level of Development*; Nivel de Desarrollo o Detalle.

**LOI:** Del inglés, *Level of information*; Nivel de Información.

**PNCP:** Del castellano, Plan Nacional de Conservación Preventiva.

\*En función de la parte del proyecto a la que se refiera se puede emplear un término u otro, uno atañe directamente al proceso implícito del modelado de información 3D (*Modeling*), mientras que el otro se refiere directamente a la gestión y manejo de la información entorno al conjunto del proyecto (*Management*).

## 1. INTRODUCCIÓN/JUSTIFICACIÓN.

Los Elementos Patrimoniales de *La Lista Roja del Patrimonio*, indudablemente son elementos en riesgo, ya sea por factores intrínsecos o extrínsecos. La iniciativa de la Asociación *Hispania Nostra*, pretende la conservación de los mismos mediante el debido reconocimiento y puesta en valor ante la sociedad española actual. El estado de conservación físico de estos elementos conlleva un alto riesgo para la salvaguarda de estos.

El desarrollo tecnológico actual permite realizar multitud de acciones, que se pueden enfocar en la pervivencia de estos Elementos Patrimoniales. La metodología BIM surge como una herramienta de trabajo para aplicar las tecnologías a los procesos de Construcción, Ingeniería y Arquitectura; dotando a estos trabajos de características como la eficiencia, la rapidez y la sostenibilidad. Con el paso de los años esta metodología se ha extrapolado al tratamiento de patrimonio edificado, conocida actualmente como HBIM.

En muchos casos, los elementos integrantes de la lista anteriormente mencionada se encuentran en estado de ruina debido a su abandono. El destino final de estos elementos suele ser caer en el olvido. Esto es debido al desconocimiento de la sociedad de la existencia de Bienes y de su riqueza Histórica, Artística, tecnológica y Cultural. En el ciclo de vida de un Bien, se puede llegar un punto de estado de ruina en el cual salvar el artefacto o la materia física, se plantea un auténtico reto sin llegar a desvirtuar cualquiera de sus valores patrimoniales.

Mediante la aplicación de las tecnologías existentes, se puede lograr la conservación y puesta en valor de los Elementos Patrimoniales integrantes de *La Lista Roja del Patrimonio*. La conjunción de estas tecnologías con la aplicación de la metodología BIM o HBIM, generando una serie de ligeras modificaciones en sus formas para lograr adaptarlas al propósito de este trabajo, puede ser la herramienta clave que asegure la salvaguarda de estos Elementos Patrimoniales en riesgo.

Este trabajo expone el desarrollo de esta idea: La Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en *La Lista Roja del Patrimonio*. Para ello, en primer lugar, se realiza una contextualización sobre la Asociación *Hispania Nostra* y sobre la iniciativa de *La Lista Roja del Patrimonio*, con sus coexistentes listas complementarias (*Lista Verde* y *Lista Negra*). A continuación, se expone una breve explicación sobre la Metodología BIM, sus variantes, su funcionamiento, su aplicación, etc. Y, por último, se establece un caso de estudio sobre el cual aplicar como ejemplo la metodología desarrollada en favor de la conservación y puesta en valor de estos elementos, con la intención de que esta metodología sea aplicable a los demás elementos de *La Lista Roja del Patrimonio*.

## 2. OBJETIVOS.

El objetivo general de este estudio es definir un modelo teórico de implementación de la metodología BIM en favor de la conservación preventiva y la difusión cultural. Con el fin de alcanzar este objetivo general, se basará el estudio en ciertos objetivos específicos que, mediante su cumplimiento facilitaran el propósito final.

Estos objetivos específicos son los siguientes:

- ✓ Puesta en valor de los Bienes de la *Lista Roja del Patrimonio*.
- ✓ Elaborar un método de recopilación y tratamiento de la información referente a los Bienes de la *Lista Roja del Patrimonio* mediante la metodología BIM.
- ✓ Aplicar el modelo teórico BIM en favor de la Conservación preventiva y la difusión cultural mediante un caso de estudio.
- ✓ Obtener conclusiones sobre la viabilidad y usabilidad de la propuesta mediante un caso de estudio.

## 3. METODOLOGÍA.

La metodología de trabajo ha sido diseñada con el fin de alcanzar los objetivos específicos necesarios para cumplir el objetivo general, de este modo, la metodología se ha basado en los siguientes pasos:

Se inicia con una recogida de información y documentación referente a la *Lista Roja del Patrimonio*, de este modo se puede contextualizar la problemática inicial de la cual parte el estudio.

A continuación, es necesario realizar una investigación teórica y bibliográfica referente al funcionamiento y forma de la metodología BIM. Mediante este proceso se pueden determinar los pilares fundamentales de dicha metodología de trabajo.

Por otro lado, se identificaron las problemáticas de Conservación Preventiva y aquellas que atañen a la Puesta en Valor de los Bienes integrantes de la *Lista Roja del Patrimonio*. Mediante este proceso se pueden establecer las mejores formas de trabajo dentro de la metodología BIM. Tras la identificación de las problemáticas y de los pilares fundamentales de la metodología a aplicar, se realizó un estudio teórico de aplicación de la metodología BIM con el fin de resolver estas problemáticas.

Previo a esta aplicación de la metodología BIM para solventar las problemáticas existentes, se realizó un estudio teórico y bibliográfico del caso de estudio en cuestión, con el fin de aplicar de forma teórico-práctica esta metodología a forma de ejemplo. Para este proceso igualmente se identificó la legislación y normativa aplicable a dicho Bien en cuestión.

Por último, mediante la aplicación de esta metodología con el fin de solventar los problemas de conservación y de puesta en valor de los Bienes integrantes de la *Lista Roja*, se estandarizó la aplicación de esta metodología para ser usada de la misma forma en el resto de los Bienes de la *Lista Roja* del Patrimonio.

#### 4. ANTECEDENTES.

A continuación, se procederá a la contextualización de dicha propuesta. Para ello se expone la asociación *Hispania Nostra*, desde su constitución, pasando por su historia, llegando hasta la iniciativa que nos atañe en este trabajo.

Por otro lado, se expondrán también los principios básicos de BIM, para comprender y obtener una visión general de la metodología a la hora de la aplicación de la misma en el caso de estudio.

##### 4.1. *Hispania Nostra*.

Se trata de una asociación no lucrativa a nivel Nacional Español, con un referente europeo (*Europa Nostra*). Esta asociación se propone como fin; la defensa, la salvaguarda y la puesta en valor del Patrimonio Cultural Español y su entorno, llevada al ámbito de la sociedad civil. Para obtener dicho fin se cumplen las siguientes premisas de interés general: <sup>1</sup>

*“a) Defender, conservar, promover, difundir el conocimiento y contribuir a la puesta en valor del Patrimonio Cultural Español y de su entorno, así como del Patrimonio Cultural de carácter hispánico, incluyendo el paisaje y los sitios y lugares significativos desde el punto de vista histórico y cultural.*

*b) Difundir en España los principios, resoluciones y recomendaciones del Consejo de Europa y de la Unión Europea en el ámbito de la protección, conservación, restauración, rehabilitación, gestión, promoción, difusión y puesta en valor del Patrimonio Cultural y su entorno.*

*c) Promover y solicitar las medidas legislativas, fiscales y administrativas necesarias para el más eficaz cumplimiento de los anteriores fines.*

*d) Fomentar la mayor incorporación del Patrimonio Cultural a la vida de los ciudadanos, para que estos participen en su defensa y disfrute y se extienda su respeto, aprecio y conocimiento, haciendo partícipes de este empeño a las nuevas generaciones y procurando que esté presente en los programas de enseñanza.*

*e) Impulsar la creación de asociaciones, fundaciones y otras organizaciones privadas sin fines de lucro que contribuyan a estimular el interés de la sociedad por nuestro Patrimonio, así como estimular la colaboración mutua y la creación de federaciones cuando sea posible.*

*f) Adoptar las iniciativas y medidas necesarias para la constitución o participación en Asociaciones, Fundaciones u otros entes cuyos fines no contradigan los expresados en este artículo*

*g) Cualesquiera otras actividades que tengan relación con la protección del Patrimonio Cultural Español.”*

---

<sup>1</sup> ASOCIACIÓN HISPANIA NOSTRA. Estatutos Hispania Nostra. Cap. 1 art.2.1. 27 de junio de 2018. [En línea]. [consulta: 14-12-2021] Disponible en: <https://www.hispanianostra.org/wp-content/uploads/2021/04/Certificado-Estatutos-23102018.pdf>

#### 4.1.1. Evolución histórica.

La asociación *Hispania Nostra*, nace en sintonía con la organización *Europa Nostra*, fundada el 29 de noviembre de 1963 en París, como uno de los países afiliados. Años más tarde, 1976, con motivo de la celebración del «Año del Patrimonio Arquitectónico Europeo» se constituye la delegación de la asociación en España.

La asociación *Europa Nostra*, celebra unos premios con el fin de fomentar y reconocer las mejores prácticas en la conservación del Patrimonio Cultural tangible e intangible, de este modo favorece la transmisión de conocimientos y experiencias entre todos los profesionales de los países europeos. Desde 1978, fecha de inicio de la celebración de estos premios, *Hispania Nostra* se encarga de las candidaturas españolas a estos premios, siendo este país el que más reconocimientos ha recibido desde la creación de los premios.

Como consecuencia de estos premios a nivel europeo, *Hispania Nostra* creó sus propios premios a las Buenas prácticas en Patrimonio Cultural y Natural en el año 2012. Se establecen tres categorías:

- Intervención en el Territorio o en el Paisaje.
- Conservación del Patrimonio como Factor de desarrollo Económico y Social.
- Señalización y Difusión para el Patrimonio Cultural y Natural.

Desde la creación de la asociación *Hispania Nostra*, delegación española de *Europa Nostra*, ha habido 7 presidentes, contando con la actual presidenta Dña. Araceli Pereda Alonso.

La actual presidenta, ha impulsado entre otras iniciativas, “*Hispania Nostra contigo en casa*”. Dicha iniciativa nace para acompañar a los socios y personas afines al Patrimonio Cultural y Natural durante la Pandemia de COVID-19 de 2020, en donde se incentivaban conferencias semanales sobre diversos temas en relación con el Patrimonio Cultural y Natural.

#### 4.1.2. Lista Roja del Patrimonio.

La *Lista Roja del Patrimonio*, nace como iniciativa de la delegación española en noviembre del año 2007, con el fin de dar a conocer y proteger el Patrimonio Cultural y Natural que se encuentran peligro y abandono. Dicha lista recoge aquellos elementos del Patrimonio Histórico Cultural y Natural Español que se encuentran bajo riesgo de desaparición, destrucción o alteración de sus valores (Figura 1).

La decisión para la inclusión de los Bienes de esta lista se basa en la importancia histórica y arquitectónica del Elemento Patrimonial en cuestión. Por otro lado, se valora el estado en el cual se encuentra y el riesgo al cual este elemento se encuentra expuesto, considerando en esta evaluación no solo sus valores objetivos, sino que se recurre a la sociedad para salvaguardar los valores subjetivos aportados por la misma al propio Bien.

La elaboración de esta lista recopilatoria de los Bienes en riesgo del Patrimonio Español se elabora bajo la supervisión de una comisión científico-técnica integrada por especialistas en la materia. Para la elaboración de las fichas técnicas de los Bienes que componen dicha lista, las fuentes de información son dos: Fuentes propias, resultado de estudios y valoraciones elaboradas desde la propia asociación, y por otro lado, fuentes de información de terceras personas o entidades, que ante el riesgo de pérdida del Patrimonio actúan, facilitando la información para la inclusión del Bien en la *Lista Roja*.

# Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

*“Hispania Nostra entiende que el conocimiento del Patrimonio cultural y natural debe ser facilitado y abierto a la sociedad y no sólo quedar circunscrito al ámbito de estudiosos, técnicos, políticos y otros profesionales de la materia. Por esta razón, no obstante ser elaborada con el mayor rigor por especialistas, la Lista Roja no debe considerarse como un inventario o un trabajo académico, sino como una llamada a la sociedad civil para que conozca, se sensibilice y actúe sobre los elementos patrimoniales en riesgo incluidos en la misma.”<sup>2</sup>*

## > Mapa Global de la Lista Roja

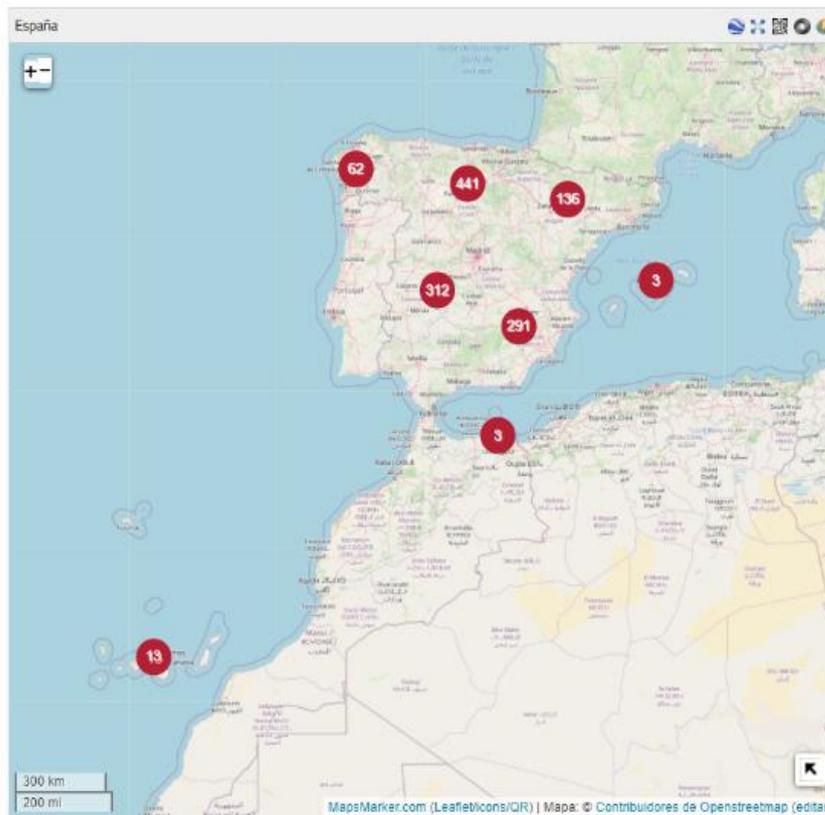
Este mapa recoge el total de los elementos de Patrimonio que se han incluido en la Lista desde 2007, tanto los que están en activo como los que se han retirado por haberse intervenido en ellos, por pérdida definitiva o por otro motivo.

FICHAS EN ACTIVO: 1064; LISTA NEGRA: 12; LISTA VERDE: 184; TOTAL FICHAS: 1260



## > Tipología >>

- Patrimonio Arqueológico
- Patrimonio Religioso
- Patrimonio Civil
- Patrimonio Militar
- Patrimonio Natural



Calle Manuel, nº 3, 1ª Dcha. 28015  
MADRID, España | ☎ (+34) 91 542 41 35. | ✉  
Info@listarojapatrimonio.org

FIGURA 1. Fotografía del Sitio web de *La Lista Roja del Patrimonio*. Mapa interactivo. Obtenido de: <https://listarojapatrimonio.org/>

<sup>2</sup> ASOCIACIÓN HISPANIA NOSTRA. ¿Quiénes somos? En: *Lista Roja del Patrimonio*. S.f. [En línea]. [consultado: 14- 12-2021]. Disponible en: <https://listarojapatrimonio.org/quienes-somos/>

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

---

En el sitio web dedicado a esta iniciativa<sup>3</sup>, se recogen los objetivos de dicha iniciativa además de una lista de los criterios de inclusión y el procedimiento llevado a cabo. Parte de estos objetivos y de los criterios de inclusión de los Bienes a esta lista ya se han comentado anteriormente. Por tanto, se considera necesario proceder a la explicación del procedimiento llevado a cabo desde la inclusión del Bien a la lista hasta su salida. El procedimiento llevado a cabo se compone de 5 fases (Figura 2):

1. Solicitud de inscripción mediante la cumplimentación de la ficha técnica.  
Los procedimientos de solicitud de inclusión de los Bienes a esta lista se realizan desde cualquiera de las figuras expuestas anteriormente, aportando la información solicitada: Datos del Bien Cultural, identificación del propietario, nivel de protección legal, descripción de los daños y amenazas, noticias o publicaciones que respalden el estado de riesgo y/o amenaza y, por último, fotografías actuales, especificando fecha y autor.
2. Evaluación de idoneidad de la propuesta de acuerdo con los criterios de inclusión.  
Una vez recibida la solicitud de inclusión, un comité Científico-técnico procede a la evaluación de la información aportada en base a los criterios de inclusión. Se decide si se continua con el procedimiento o si por el contrario se desestima la solicitud.
3. Solicitud de información complementaria.  
Si se continua con el procedimiento, la asociación procede a la solicitud de la información pertinente mediante tres vías:
  - I. Solicitud de información al propietario titular.
  - II. En el caso de Bienes protegidos, solicitud de información al Organismo competente.
  - III. Solicitud de información a la Administración local.
4. Toma de decisiones.  
Una vez obtenida toda la información posible respecto al Bien en cuestión, el comité de evaluación toma una decisión. Puede desestimar la inclusión del Elemento Patrimonial en la lista. También, puede considerar que el Bien Patrimonial no corre peligro, aunque si se considera necesario realizar algunas recomendaciones de conservación. O, por el contrario, se puede considerar necesaria la inclusión de dicho Bien en la *Lista Roja del Patrimonio*. En cualquiera de los supuestos, se notificará de la decisión al proponente o bien al titular en propiedad y a la Administración competente.
5. Salida de la *Lista Roja del Patrimonio*.  
La salida del Bien incluido en esta lista se puede producir por dos motivos: Por la desaparición o reducción del riesgo que en un primer momento incentivó su inclusión, lo cual desencadenara en la inclusión de la *Lista Verde*<sup>4</sup>. O por el contrario por motivo de su destrucción total, en tal caso se procederá a la inclusión del Bien en la *Lista Negra*<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> ASOCIACIÓN HISPANIA NOSTRA. Criterios de inclusión. En: *Lista Roja del Patrimonio*. S.f. [En línea]. [consultado: 14- 12- 2021]. Disponible en: <https://listarojapatrimonio.org/criterios-de-inclusion/>

<sup>4</sup> La *Lista Verde*, es una lista en la cual se incluyen aquellos elementos patrimoniales que han sido retirados de la *Lista Roja* al desaparecer el riesgo que presentaban tras haber sido intervenidos.

<sup>5</sup> La *Lista Negra*, es una lista en la cual se incluyen aquellos elementos patrimoniales que han sido retirados de la *Lista Roja* por motivo de desaparición/ destrucción o al haberse alterado sus Valores esenciales de manera irreversible.

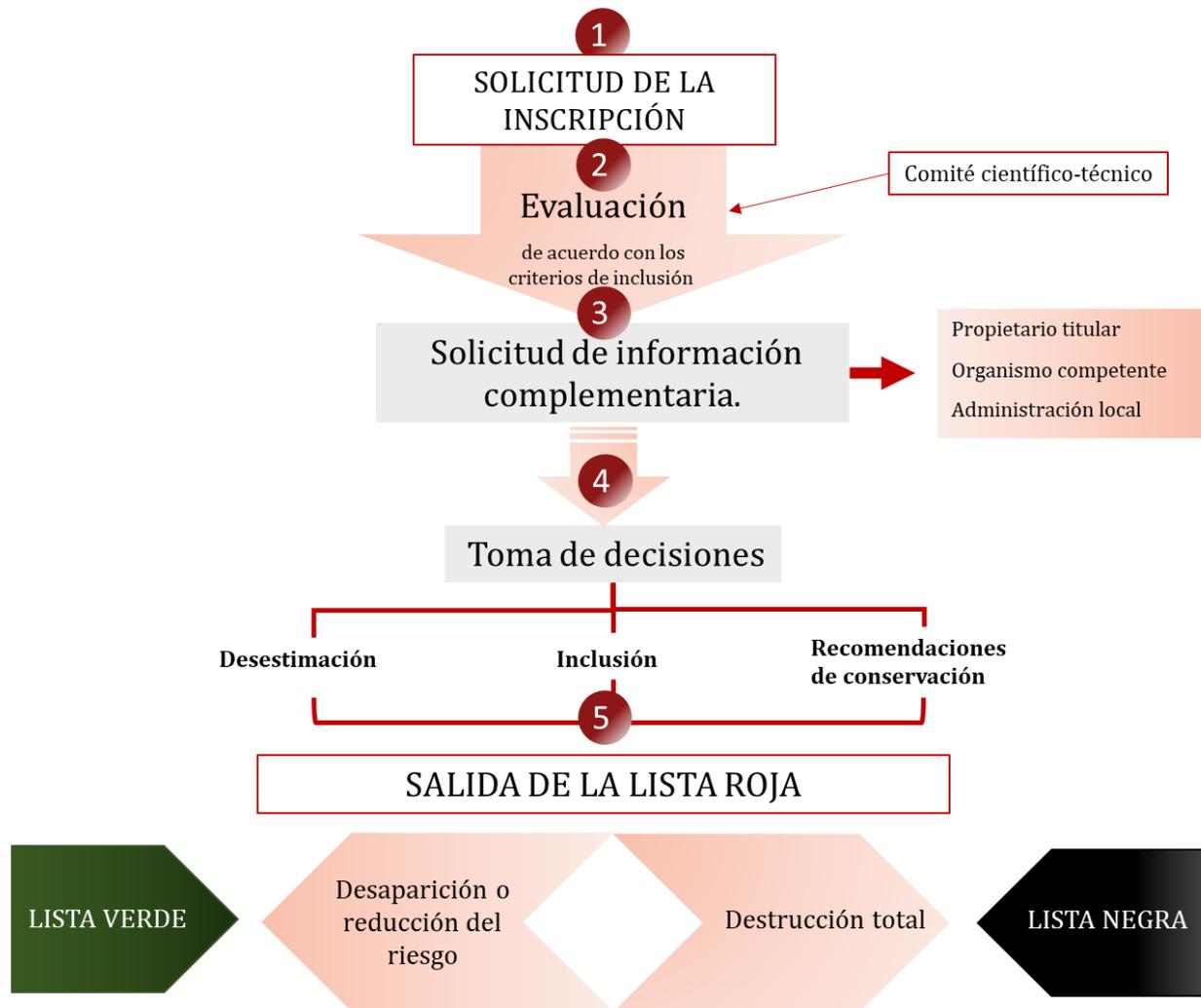


FIGURA 2. Gráfico descriptivo del proceso de entrada y salida de Elementos Patrimoniales de *La Lista Roja del Patrimonio*. Gráfico de autor.

Las fichas técnicas recogidas en la mencionada lista incluyen distintos campos, además de estar redactadas de una forma sencilla e inteligible para facilitar su transmisión (Figura 3). Los campos de esta ficha son:

- ✓ Breve descripción de cada Elemento Patrimonial.
- ✓ Historia circundante al Elemento Patrimonial.
- ✓ Estado actual acompañado de fotografías.
- ✓ Riesgos a los que se encuentra expuesto el Elemento Patrimonial.
- ✓ Protección legal en el caso que corresponda.

Lista Roja » Tipología » Localización Lista Verde Lista Negra

INICIO » FICHA » MOLINO DEL CUBO



« Lista Roja »

## Molino del Cubo

Información General Galería de imágenes Noticias y Bibliografía

**Historia:**

El 30 de noviembre de 1227, el rey Fernando III de Castilla conquistó de la ciudad de Baeza y un año más tarde, el 8 de diciembre de 1228, el rey castellano donó las tierras del territorio de Martos y su comarca a la Orden de Calatrava, que será quien construya el molino bien entrado el siglo XV, en el año 1437, junto al también llamado arroyo del Cubo.

La historia del inmueble pasaría desapercibida hasta que, en tiempos de la Guerra Civil, se reunieran bajo su amparo gentes de toda la ciudad para hacer trueques de alimentos e incluso reuniones prohibidas, por lo que los trabajadores del molino decidieron inventar la leyenda de que un duende habitaba en la construcción.

**Descripción:**

La forma con la que diseñaron este molino-fortaleza es cúbica, de ahí su nombre. No es, por lo tanto, una obra hidráulica semejante a los molinos de cubo de origen islámico o medieval.

Aprovechaba la cascada de agua que caía del arroyo para hacer girar la noria que se encontraba en la parte superior del molino. Encima del pórtico de entrada hay una piedra con forma de lápida que posee una inscripción, aunque debido a las mutilaciones del tiempo hace que sea a día de hoy imposible de interpretar.

La cubierta presenta una continuidad entre la parte ocupada por el cubo, plana, y el tejado a un agua de la sala de molienda, del que han desaparecido las tejas. La pervivencia de restos de la cornisa del alzado principal tallada en piedra indica la existencia de un vuelo para verter las aguas lejos de la fachada.

El conducto vertical del cubo, de 1,5 metros de diámetro, podría llegar a alcanzar los 12,50 metros de profundidad. Actualmente el fondo se encuentra cegado por escombros, por lo que no se puede observar la salida del agua. Una evidencia que indicaría que el molino reaprovechó y reforzó el cubo de otro molino anterior, deriva de la distinta orientación que presenta este elemento respecto a la sala de molienda, aunque esta posición girada pudo estar condicionada por la morfología del terreno rocoso en el que está inserto.

Todos los paramentos están contruidos con sillarejo unidos con argamasa, que aún presenta restos de enfoscado de cal coloreada con almagra.

**Grado de protección legal:**

Bien de Interés Cultural

**Estado de conservación:**

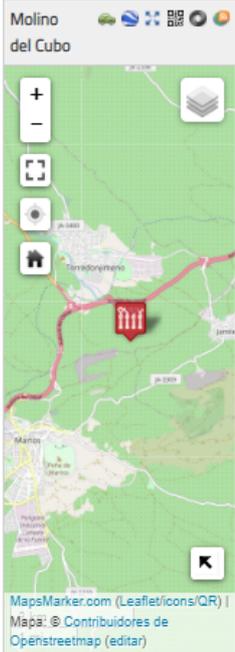
Se han abierto grietas en varios lugares de la fachada principal y la vegetación silvestre lo está envolviendo por completo.

**Razones de inclusión en la Lista Roja:**

Ruina progresiva, peligro de derrumbe de los muros si prosigue su abandono.

Localidad: Torredonjimeno  
Localización: Andalucía, Jaén  
Fecha de inclusión: 25 mayo, 2018  
Tipología: Patrimonio industrial  
Época: Siglo XV  
Propiedad: Pública

Situación:



Molino del Cubo

MapsMarker.com (Leaflet/Icons/QR) | Mapa: © Contribuidores de Openstreetmap (editar)

FIGURA 3. Fotografía del Sitio Web de *La Lista Roja del Patrimonio*. Ficha técnica del bien. <https://listarojapatrimonio.org/ficha/molino-del-cubo/>

Desde la creación de esta iniciativa, se ha conseguido concienciar a la sociedad y promover la lucha por la salvaguarda del Patrimonio, incorporando más de 150 Bienes a la *Lista Verde*, que recoge aquellos Bienes que por influencia de esta iniciativa han pasado de un estado en riesgo de pérdida y abandono, a un estado de reducción y/o eliminación de los riesgos presentados por dicho Bien en cuestión. Por otro lado, también se encuentra la *Lista Negra*, que recoge aquellos elementos patrimoniales, que, por diferentes causas, no se han logrado salvar y han perdido por completo sus valores, conllevando la destrucción completa del Bien.

La *Lista Roja del Patrimonio* se encuentra bajo una constante actualización periódica. Esto se puede llevar a cabo gracias a la colaboración de asociaciones, entidades y personas interesadas en la defensa del Patrimonio, que, mediante la cumplimentación y envío de los datos contenidos en la solicitud de inscripción en la *Lista Roja del Patrimonio*, se aseguran la visualización del riesgo que representan los Elementos Patrimoniales.<sup>6</sup> Además, gracias a su espacio Web dedicado en exclusiva a estas tres mencionadas listas del Patrimonio, la labor de difusión y actualización de los datos contenidos se facilita.

## 4.2. Metodología *Building Information Management* (BIM).

BIM se entiende como una metodología de trabajo, colaborativa e integradora de los distintos intervinientes en el desarrollo de un proyecto. El principal objetivo de esta metodología es la generación de información y la gestión de la misma, interrelacionada con los distintos generadores de información dentro del proyecto.

Esta metodología se encuentra muy extendida en el campo de la Arquitectura, principalmente en la construcción de obra nueva. Para entender cómo funciona esta metodología, en primer lugar, hay que saber cómo se compone y que es.

Según la bibliografía que se consulte, se deduce que BIM se compone de diferentes dimensiones, entre 6 y 10; pero también se habla de las tres dimensiones que son la esencia del BIM. Para diferenciar de que hablan estas distintas concepciones terminológicas de *dimensiones*, se procede a la explicación.

Según algunos autores<sup>7</sup>, si abordamos la metodología desde el punto de vista de la implementación en un sector, es decir, lo que es la esencia de la metodología; BIM se compone de tres *dimensiones*:

- ❖ **Campos BIM:** En esta *dimensión* se identifican y definen las relaciones que se establecen entre los distintos participantes del sector, existiendo tres círculos: Círculo de política BIM (organismos que rigen el sector), Círculo de Procesos BIM (Intervinientes responsables de la fase de ejecución) y Círculo de Tecnologías BIM (Desarrolladores y gestores de herramientas para BIM).
- ❖ **Etapas BIM:** En esta *dimensión* se establece la capacidad de los intervinientes hacia la implementación de tecnologías y conocimientos BIM. A su vez se compone de tres Etapas BIM<sup>8</sup>. Etapa BIM 1 (Modelado basado en objetos), Etapa BIM 2 (Colaboración basada en el modelo) y Etapa BIM 3 (Integración en la red).

<sup>6</sup> ASOCIACIÓN HISPANIA NOSTRA. ¿Quiénes... *Op. Cit.*

<sup>7</sup> Entre los que se encuentran: GÓMEZ TEIXEIRA, R. *Metodologías BIM aplicadas al patrimonio*. [en línea]. Tesis Doctoral. Vila Nova de Cerveira, Escola Superior Gallaecia. 2019. pp.49-61

BIMETRICLAB. Episodio 6: Una comprensión sistemática de BIM. [En línea]. 2016. En: *Espacio LEAN BIM*. Disponible en: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-6-una-comprension-sistemática-de-bim/> [consulta: 09-02-2022]

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. En: *Automation in Construction*. Australia. 2009. pp. 357-375

<sup>8</sup> En el proceso de estas Etapas BIM se encuentran englobadas las tres fases existentes del ciclo de vida de un proyecto: Diseño (D), Construcción (C) y Operaciones (O). Estas Fases avanzan en el tiempo en función de la Etapa BIM en la que se encuentre el Proyecto.

GÓMEZ TEIXEIRA, R. *Op. Cit.* pp.49-61.

BIMETRICLAB. *Op. Cit.*

SUCCAR, B. *Op. Cit.*

Para la correcta ejecución de estas etapas BIM dentro de un proyecto, que se conciben como las etapas de desarrollo que se llevan a cabo durante la implementación de la metodología BIM en un sector, se deben contemplar los Pasos BIM (Figura 4); que se componen de tres pasos:

1. **Pasos de tecnología:** Implican los avances en *Hardware* y *Software* que faciliten la implementación de la metodología en el sector.
2. **Pasos de proceso:** Estos pasos son los productos, servicios, recursos humanos e infraestructuras que permiten las colaboraciones para compartir datos.
3. **Pasos de política:** Son aquellos pasos en los que intervienen los reglamentos, contratos y normativas necesarios para el desarrollo de la practica BIM.



FIGURA 4. Diagrama de Venn para modelo de responsabilidades de difusión e Interoperabilidad de los Campos BIM. Obtenido de: GÓMEZ TEIXEIRA, R. *Op. Cit.*

- ❖ **Prismas BIM:** Esta *dimensión* hace referencia a la profundidad de investigación dentro del método BIM, estos prismas son las capas de análisis aplicadas a las dos *dimensiones* anteriores para la generación de un conocimiento más completo y detallado. Estos prismas ayudan a la abstracción del dominio BIM, controlando los diferentes niveles de complejidad eliminando aquello que no es estrictamente necesario.

Su función es hacer un cribado subjetivo de la información a presentar a los distintos participantes del proyecto para que puedan centrarse en lo estrictamente necesario filtrando aquello que no lo es. Estos prismas, funcionan como filtros, con la diferencia de que son aplicados por el usuario u observador sobre los campos BIM, mientras que los filtros son sustractivos, ya que se implementan desde los datos.

Por otro lado, tras la explicación de las *dimensiones* intervinientes en el proceso de implementación de la metodología BIM, cuando es aplicada a un proyecto en concreto se compone de *Dimensiones*<sup>9</sup> distintas que son, según la bibliografía entre seis y siete, en algunos casos hasta diez, en este caso expondremos siete. Las siete dimensiones del BIM en un proyecto son<sup>10</sup>:

1. **Concepto:** Esta *Dimensión* se trata de plantear la idea inicial del proyecto. Normalmente circula entorno a la ejecución de una nueva edificación.
2. **Vectorización del boceto:** Esta segunda *Dimensión* trata de dibujos y especificaciones técnicas para materializar la idea en dos dimensiones. Actualmente esta *Dimensión* es absorbida por la 3ª *Dimensión*, pues las planimetrías se obtienen como resultado del proceso ejecutado en la 3ª *Dimensión*.
3. **Modelado 3D:** Esta *Dimensión* implica la realización tridimensional mediante medios tecnológicos del modelo a desarrollar en el proyecto. Con este modelo se consigue la visualización y coordinación del proyecto, permitiendo ver a los participantes del proyecto el resultado final digitalizado. De este modo se facilita la actualización de los datos aportados por cada uno de ellos al modelo y se encuentran los puntos conflictivos que pueden llegar a desembocar en un problema durante el proceso de realización, aplicando una solución a tiempo.

Dentro de la 3ª *Dimensión* es importante definir algunos conceptos, como son<sup>11</sup>:

- **Precisión:** En un modelado tridimensional se refiere a la exactitud métrica, no siempre es necesario un alto nivel de precisión, pues esto incrementara el presupuesto, pero no tiene por qué mejorar la eficacia del trabajo.
- **Nivel de detalle:** Se refiere a nivel de conocimiento y a la cantidad de información (LOI) incorporada a dicha documentación. Se puede incluir consideraciones sobre su materialidad, lesiones o sistemas constructivos.

Por otro lado, dentro de la misma dimensión, en el proceso de generación de un modelo tridimensional, también se establecen una serie de niveles de desarrollo específico LODs (*level of development*). En función de la combinación de datos de partida, la técnica de modelado digital, el grado de precisión y nivel de detalle establecido; el modelo presenta un nivel de desarrollo específico concreto en función de los datos que se aporten<sup>12</sup>. Estos son los niveles en los que se mueve el modelo tridimensional según avanza el tiempo, pasando desde el LOD 100 hasta el LOD 500, según establece el AIA.<sup>13</sup> Estos niveles son orientativos según la cantidad de información (LOI) que contenga el modelado pueden ser modificados, añadiendo más según la cantidad de información.<sup>14</sup>

---

<sup>9</sup> "Nos referimos a la forma particular en la que ciertos tipos de datos están vinculados a un modelo de información" SANTIAGO SALAMANCA, P.M.; ET AL. Pasado presente y futuro de los HBIM (Heritage/Historic Building Information Models). [en línea]. En: *Actas de las XXXIX Jornadas de Automática*. Badajoz.2018. pp.1078.

<sup>10</sup> SANTIAGO SALAMANCA, P.M. ET AL. *Op. Cit.* pp. 1077-1084.

<sup>11</sup> VV.AA. BIM aplicado al Patrimonio Cultural, Documento 14. [en línea]. En: *Guía de usuarios BIM de Building Smart Spain Chapter*. 2018. pp. 14.

<sup>12</sup> VV.AA. *Op. Cit.* pp.15

<sup>13</sup> AIA. Instituto Americano de Arquitectos. [en línea]. E-202-2008: Building Information Modeling Protocol Exhibit. 2008.

<sup>14</sup> GÓMEZ TEIXEIRA, R. *Op. Cit.* pp.68.

4. **Planificación:** Esta *Dimensión* es la encargada de aportar los datos referidos a la planificación total en el tiempo del proyecto desde su inicio hasta su finalización. De este modo mediante la intervención de la tercera *Dimensión* en el todo el proceso, los intervinientes pueden ver reflejado su trabajo y el avance del mismo, favoreciendo la detección de conflictos y el control de los cambios acaecidos durante el proceso de ejecución del proyecto.
5. **Estimación de costes:** Esta *Dimensión* contempla todo lo relacionado con el apartado de presupuesto en cualquier modelo de proyecto de ejecución. Se aborda la estimación de costes, incluyendo listas de cantidades, índices de productividad y gastos de mano de obra. Al estar en relación con el resto de las *dimensiones* del BIM y por tanto ser un elemento integrado en el proceso, cualquier cambio realizado en cualquiera de las otras *dimensiones* y partes del proyecto se ve reflejado en esta y viceversa. Mediante esta *Dimensión* se puede plasmar el flujo de dinero durante la ejecución del proyecto.
6. **Sostenibilidad:** Esta *Dimensión*, podría decirse que es la más importante de todo el proyecto, pues es la encargada de implementar la optimización de recursos tanto materiales como del tiempo de todos los procesos, buscando mediante la integración con el resto de *Las dimensiones*, la eficiencia de todos los procesos que se engloban en el proyecto de ejecución.
7. **Mantenimiento/seguimiento:** Esta última *Dimensión* se encarga de cubrir la gestión del edificio a lo largo del ciclo de vida útil, realmente no entra en acción hasta la finalización del proceso de ejecución, pero si se nutre de la información generada durante el mismo. La relación de esta *Dimensión* con el resto es simplemente unidireccional, en el sentido de que, recoge y gestiona toda la información del proceso para la resolución de problemas o conflictos que pueden llegar con el paso del tiempo. Esta *Dimensión* facilita el proceso de mantenimiento normativo y preventivo de las instalaciones del edificio.

Además de la clasificación de niveles de información (LOI) expuesta anteriormente, y aceptada a nivel internacional, existe la norma PAS 1192-2, elaborada por Gran Bretaña, que define los componentes para cada nivel de definición. Por otro lado, en España, se recogió y asumió esta clasificación internacionalmente aceptada, aunque la asociación *BuildingSMART* (BSSCH) líder del tema BIM en España, plantea la estructura y generación de modelos como un paso a paso.<sup>15</sup>

En la Figura 5<sup>16</sup>, se recoge una tabla comparativa entre las distintas formas que hay de plantear los niveles de desarrollo, comparándolo con el proceso BIM por dimensiones y con el modelo tradicional de ejecución de proyectos. Esta tabla ha sido obtenida de la Tesis doctoral de Inmaculada Oliver Faubel, en ella se interpreta de una manera muy acertada la correspondencia de entre las fases de la gestión mediante metodología BIM y el modelo tradicional de gestión de proyectos.

---

<sup>15</sup> FORERO LEÓN, D. *Mejora del modelo Historic Building Information Modeling (HBIM) para la gestión de fases histórico-constructivas. Aplicación al caso de la nave de la iglesia de San Juan del Hospital en Valencia*. [en línea]. TFM. Valencia: Universidad politécnica de valencia. 2018. pp. 21-47.

<sup>16</sup> OLIVER FAUBEL, I. *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de grado en arquitectura técnica/ingeniería de edificación. Diseño de una propuesta*. [en línea]. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia. 2015.

| NIVELES DE DESARROLLO DE PROYECTO |                         |                           | PROCESO BIM     |        | MODELO TRADICIONAL                              |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|--------|---|
| AIA (EEUU)                        | PAS 1192-2 (RU)         | BSSCH (ESPAÑA)            | DIMENSIONES BIM |        | MODELO TRADICIONAL                              |
| LOD 100                           | Brief                   | Necesidades y Objetivos   | ∑ Modelo        |        | Anteproyecto                                    |
|                                   |                         | Estudio de Alternativas   | 3D BIM          | 6D BIM |   |
| LOD 200                           | Concept Definition      | Diseño Inicial            |                 |        |   |
|                                   | LOD 300                 | Design                    |                 |        | Diseño Detallado (1)                            |
| LOD 400                           | Build and Comission (1) | Diseño Detallado (2)      | 4D BIM          | 6D BIM | Proyecto de Ejecución                           |
|                                   | Build and Comission (2) | Licitación y Contratación |                 |        |   |
|                                   |                         | Construcción              | 5D BIM          |        |   |
| LOD 500                           | Handover and Close-out  | Puesta en Funcionamiento  | 7D BIM          |        | Libro del Edificio / Protocolo de Mantenimiento |
|                                   | Operation and In-use    |                           |                 |        |   |

FIGURA 5. Relación LOD/ BIM/Modelo Tradicional. Interpretación de Oliver Faubel de la correspondencia entre fases. Obtenido de: OLIVER FAUBEL, I. *Op. Cit.*

#### 4.2.1. Aplicación de la metodología BIM en Patrimonio Cultural.

Una de las herramientas BIM para su aplicación en patrimonio, se trata de HBIM (*Heritage o Historic Building Information Modeling*). Esta herramienta pretende gestionar el patrimonio de forma eficaz para su conservación y mantenimiento, además de establecer relaciones entre los visitantes y el Patrimonio.

Esta herramienta facilita la interacción entre usuarios y el Patrimonio, optimizando procesos de planificación y definición de estrategias necesarias. La gestión del Patrimonio a través de estas técnicas contribuye a su revitalización y promueve el interés por su conservación.

Basada en el modelo *Design Science Research* (DSR), pretende desarrollar protocolos o guías normativas para la gestión de visitas públicas al Patrimonio. Funciona al igual que cualquier otra herramienta de BIM, de manera multidisciplinar.<sup>17</sup>

Por otro lado, a través de la metodología BIM se pueden implementar estrategias distintas en favor del Patrimonio Cultural, como pueden ser la difusión cultural patrimonial y la conservación preventiva del Patrimonio<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> GÓMEZ TEIXEIRA, R. *Op. Cit.* pp.119-120.

<sup>18</sup> *Ibidem.* pp.89

Para comprender la aplicación de la metodología BIM al Patrimonio Cultural, es necesario conocer otro concepto de BIM: Los Niveles de Madurez. Estos niveles definen hitos concretos y reconocibles. Se mueven en rangos de 0 a 3 y especifican la madurez alcanzada por los modelos BIM. Sin embargo, la Norma ISO 19650<sup>19</sup>, define los niveles de madurez en 3. Esta madurez de los modelos BIM se encuentra condicionada según el grado de colaboración que existe entre los integrantes de las distintas partes del proyecto.<sup>20</sup>

- Nivel 0: Este es el nivel de más baja colaboración multidisciplinar. En este nivel se emplea el diseño asistido por ordenador para crear dibujos empleando software (CAD). Sin embargo, no hay intercambio de los modelos de datos generados. Este nivel, al no formar parte de ningún proceso colaborativo, no se encuentra reflejado en la Norma ISO 19650.<sup>21</sup>
- Nivel 1: En este nivel los modelos todavía no se comparten entre los miembros del equipo y la colaboración se introduce mediante un CDE (*Common Data Environment*). Un CDE consiste en un archivo compartido en línea en el cual se recogen y gestionan los datos del proyecto. Este nivel representa el primer paso hacia la colaboración y el uso de datos 3D pues se concentra en la transición de datos CAD a 2D y 3D.<sup>22</sup>
- Nivel 2: El propósito principal de este nivel es la forma en la cual los datos son compartidos entre los participantes del proyecto. Se sigue empleando un CDE para compartir los datos del proyecto, pero la información se comparte bajo un mismo tipo de archivo. En este nivel de madurez, se introducen en los modelos de información de algunas *Dimensiones* de BIM como son el 4D (Tiempo) y el 5D (Costes).<sup>23</sup>
- Nivel 3: En este nivel de madurez, se alcanza la colaboración completa entre todos los integrantes del proyecto, se conforma un modelo de información totalmente integrado. Este modelo se aloja y se desarrolla en un repositorio centralizado al cual todos los participantes tienen acceso, para modificar o acceder al mismo en tiempo real. En este nivel se alcanza la integración completa de todas las *Dimensiones* BIM.<sup>24</sup>

La Norma ISO 19650-1:2018, como se ha comentado anteriormente, solo reconoce 3 de estas cuatro etapas de madurez BIM. Estas se expresan con un esquema similar al triángulo de Bew-Richards. Esta matriz de resumen tiene un doble orden de lectura. De izquierda a derecha para seguir el crecimiento de los beneficios de la digitalización de los procesos. Y de abajo hacia arriba para seguir el crecimiento de los beneficios de la colaboración entre profesionales.

Esta matriz (Figura 6) consta de 3 columnas y 4 filas. Las columnas reflejan el grado de madurez BIM. Las filas por otro lado muestran los niveles Normativos, Tecnológicos, Informativos y Empresariales (de abajo hacia arriba).<sup>25</sup>

---

<sup>19</sup> Norma ISO 19650-1:2018. *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles.*

<sup>20</sup> ANÓNIMO. De 0 a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM? En: Biblus ACCAsoftware. S.f. [en línea]. Disponible en: <https://biblus.accasoftware.com/es/de-0-a-3-que-son-los-niveles-de-madurez-bim/>

<sup>21</sup> SANTIAGO SALAMANCA, P.M. ET AL. *Op. Cit.* pp. 1077-1084.

ANÓNIMO. De 0 a 3... *Op. Cit.*

<sup>22</sup> *Ibidem.*

<sup>23</sup> *Ibidem.*

<sup>24</sup> *Ibidem.*

<sup>25</sup> ANÓNIMO. De 0 a 3... *Op. Cit.*

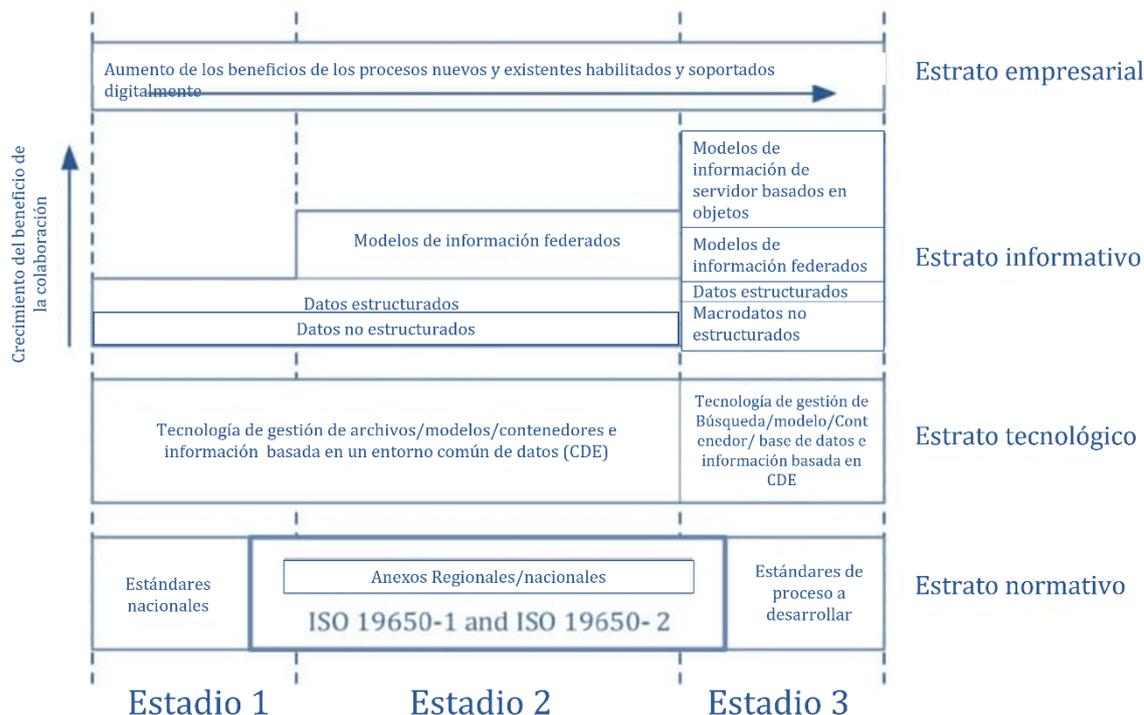


FIGURA 6. Gráfico descriptivo de la Norma ISO 19650-1:2018. Gráfico obtenido de: ANÓNIMO. De 0 a 3... Op. Cit.

#### 4.2.1.1. Conservación Preventiva.

El Plan Nacional de Conservación Preventiva (PNCP), atiende a una metodología clara basada en cuatro puntos<sup>26</sup>, aplicables a todos los proyectos:<sup>27</sup>

- **Documentación:** Recopilación de imágenes, documentos, esquemas, historia del inmueble, características del edificio, estado de conservación, fotografías, datos de la envolvente, datos gráficos, etc.
- **Análisis de riesgos:** Implementación de datos para la evaluación de deterioros existentes de cara al futuro o a la evolución de diferentes materiales y partes para su conservación.
- **Implantación y diseño de protocolos y procedimientos:** Estos protocolos y procedimientos se pueden planear para situaciones de emergencia.
- **Verificación:** comprobación de la eficacia e idoneidad de estos protocolos y procedimientos mediante simulaciones.

En la Guía de usuarios BIM (Documento 14) de *BuildingSMART (BSSCH) Spain*<sup>28</sup>, se detalla una lista de 13 tareas que se pueden llevar a cabo implementando el uso de la herramienta BIM en combinación con el Plan Nacional de Conservación Preventiva. Estas tareas surgen bajo la implantación de la metodología anterior basada en cuatro puntos clave.

<sup>26</sup> Estos cuatro puntos clave se pueden sustraer de las dos primeras líneas de actuación del Plan Nacional de Conservación Preventiva. Además de la definición de Conservación preventiva.

<sup>27</sup> GÓMEZ TEIXEIRA, R. Op. Cit. pp.89

<sup>28</sup> VV.AA. Op. Cit. pp. 23 y 24.

Por otro lado, una fuente de información, sobre un caso real, de la cual se pueden extraer datos a la hora de proceder con la implementación de esta metodología en la conservación preventiva es: *Predicción de deterioro y Conservación Preventiva mediante sistemas BIM de la muralla del Recinto I del Real Alcázar de Sevilla*, de Antonio Martín Rodríguez.<sup>29</sup>

#### 4.2.1.2. Difusión y puesta en valor.

En lo referido a la difusión cultural, esta metodología puede ser una herramienta potenciadora, ya que, al estar basada en modelos tridimensionales, la documentación se puede emplear en la difusión. Mostrando el Patrimonio Cultural desde esta perspectiva, mediante la metodología BIM, y todos los beneficios que nos ofrece, se puede ajustar el modelo tridimensional a la realidad histórica y evolutiva del Bien en cuestión. Con ayuda de este modelo tridimensional se puede mostrar el Bien desde cualquiera de sus etapas de transformación, ayudando al usuario a entender el proceso histórico que ha llevado al Bien al estado actual.<sup>30</sup>

Para evitar la pérdida de tiempo y la dificultad de gestión de manera interdisciplinar y transversal de toda la información gráfica y la documentación producida en cualquier proyecto, se introduce el BIM en el mismo. Mediante esta metodología, se genera un modelo tridimensional que funciona como una herramienta para el entendimiento del Bien por parte de personas no especialistas, a la vez que cumple la función de una herramienta de transmisión y difusión del conocimiento patrimonial. Sin la necesidad de creación de un modelo específico para su posterior difusión. La aplicación de este modelo BIM, engloba el proceso interactivo con el edificio, la involucración de otros participantes para la regeneración o conservación preventiva ante las amenazas de riesgo existentes, y también facilita el acceso a todo tipo de documentación gráfica sobre el edificio en cualquiera de sus etapas, pues se podrán generar modelos 3D y 4D<sup>31</sup>, teniendo acceso a la información en tiempo real durante la realización del proyecto.

La utilización de este modelo BIM contribuye a la ampliación de la documentación técnica existente, facilitando de igual modo el acceso y la organización de la misma. Dicho modelo incluye sistemas y detalles constructivos del Bien a lo largo de su historia. Toda esta información se puede mostrar en distintos niveles de detalle (LOD), en formato digital según el uso al que vaya a ser destinada.<sup>32</sup>

Los resultados de la aplicación de esta metodología al propósito de la difusión cultural son entre otros la posibilidad de visitas virtuales y videos promocionales, material de apoyo a la visita presencial con acceso mediante dispositivos móviles, la divulgación del proceso de intervención de un Bien y también la divulgación del estado de conservación y la degradación de los elementos frágiles que contribuye a la sensibilización para la aplicación de medidas conservativas.

A partir de los modelos tridimensionales generados en el proceso de BIM, se pueden obtener distintos materiales de apoyo a la difusión:<sup>33</sup>

- Modelo 3D del estado actual del Bien patrimonial.
- Sección del sistema constructivo y simulación 4D de la técnica constructiva.
- Simulación 4D de la evolución histórica del edificio y el entorno.
- Divulgación de los valores singulares.
- Catalogo virtual de los Bienes muebles.

---

<sup>29</sup> MARTÍN RODRÍGUEZ, A. *Predicción de deterioro y Conservación Preventiva mediante sistemas BIM de la muralla del Recinto I del Real Alcázar de Sevilla (Casas 7 y 8 del Patio de Banderas)*. [en línea]. Trabajo Fin de Grado. Sevilla: Universidad de Sevilla 2017.

<sup>30</sup> GÓMEZ TEIXEIRA, R. *Op. Cit.* pp. 90-91.

<sup>31</sup> El termino 4D hace referencia a la cuarta dimensión de la metodología BIM aplicada a un proyecto, en el cual se incluye el factor tiempo en el modelo BIM, y como resultado se obtiene una temporalización del proyecto reflejada en el modelo tridimensional.

<sup>32</sup> GÓMEZ TEIXEIRA, R. *Op. Cit.* pp. 90-91.

<sup>33</sup> VV.AA. *Op. Cit.* pp.24-25.

- Divulgación de los riesgos y amenazas y las medidas de conservación apoyadas en modelos 3D y realidad virtual y aumentada.

Para realizar esta difusión cultural, se debe tener presente que los modelos generados durante el proceso del proyecto se pueden reutilizar, pero deben de adaptarse y simplificarse su nivel de detalle. Del mismo modo, la información asociada al modelo 3D debe reducirse y adaptarse a los objetivos de dicha comunicación. Es imprescindible tener en cuenta el peso de los archivos resultantes, para de este modo evitar los posibles problemas de visualización *online*. Para este último propósito se deben de tener en cuenta guías como *The London Charter (2009)*, en la cual se definen los principios para el uso de métodos de visualización computarizada.<sup>34</sup>

## 5. CASO DE ESTUDIO. EL MOLINO DEL CUBO.

A continuación, se procede a la aplicación de los conocimientos expuestos con anterioridad a un caso práctico, en el cual se definirán los procesos y mecanismos para la aplicación de la metodología BIM para la salvaguarda y puesta en valor de los Elementos Patrimoniales integrantes de la mencionada *Lista Roja del Patrimonio*. Se pretende que dicho caso de estudio sirva como herramienta definitoria de los pasos clave para su implementación en el resto de los Elementos Patrimoniales, y no solo como forma única de este caso de estudio.

El caso de estudio que se va a exponer a continuación trata sobre *El Molino del Cubo*. Consiste en un molino fortificado, ubicado a unos 3 kilómetros de la Localidad de Torredonjimeno, provincia de Jaén, en la Comunidad Autónoma de Andalucía, España. Andalucía es la segunda Comunidad Autónoma con mayor número de Elementos Patrimoniales incluidos en la *Lista Roja*, con un total de 178 Bienes en riesgo. Dentro de esta Comunidad, la Provincia con mayor número de elementos en riesgo es Jaén con un total de 49. Este es uno de los motivos de haber escogido este elemento patrimonial en riesgo como objeto de dicho caso de estudio.<sup>35</sup>

### 5.1. Análisis del bien. Normativa y estado actual.

En este apartado se va a proceder a la contextualización del Bien en cuestión, para ello se va a emplear la información aportada por la ficha técnica realizada en el proceso de inclusión del Bien en la *Lista Roja*<sup>36</sup> y, además, se ha realizado una búsqueda bibliográfica tanto digital como en físico para aportar la mayor cantidad de información posible respecto a dicho Elemento Patrimonial.

#### 5.1.1. Documentación histórica.

Las fuentes documentales consultadas en el proceso de búsqueda de información histórica en torno al Bien en cuestión (*El Molino del Cubo*) han partido principalmente de documentos digitalizados, debido a la dificultad de consultar documentos de la época de edificación o posteriores dada la antigüedad de los

---

<sup>34</sup> *Ibidem*.

<sup>35</sup> Los datos numéricos de los Bienes en riesgo integrantes de dicha lista se han obtenido del sitio web del proyecto *La Lista Roja del Patrimonio* (<https://listarojapatrimonio.org/localizacion/>) a fecha de 10-02-2022. Encabezando la lista de mayor número de elementos patrimoniales en riesgo por Comunidad Autónoma, se encuentra Castilla y León con un total de 370 elementos en riesgo.

<sup>36</sup> Ver apartado: 4.1.2. *Lista Roja del Patrimonio*. Ficha técnica en FIGURA 2.

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

mismos.<sup>37</sup> La construcción de dicho molino fue llevada a cabo por la Orden Militar de Calatrava en el primer tercio del siglo XV, bajo el maestrazgo de la Orden a manos de Don Luis de Guzmán<sup>38</sup>.

El territorio en el cual se encuentra el molino fue entregado por el Rey Fernando III a la Orden de Calatrava como recompensa por el apoyo prestado en las labores de reconquista. Estos territorios se encontraban englobados en la Encomienda<sup>39</sup> de Martos, que en la época fue convertida en punta de lanza del avance cristiano frente al Reino Nazarí de Granada. Desde la caída de la ciudad de Jaén en 1246, el sistema Prebético (Sierra Sur y Sierra Magina) se definió como frontera con el Reino Nazarí. Esto conllevó al reforzamiento de la estructura defensiva del entorno de Torredonjimeno. Durante los siglos XIV y XV, se llevaron a cabo una serie de reorganizaciones de las defensas, como consecuencia de las incursiones del Reino Nazarí.

El entorno de Torredonjimeno fue repoblado por la Orden de Calatrava en el siglo XIV. A causa de esta repoblación y de su consecuente desarrollo del núcleo urbano, se establecieron una serie de molinos en el río *Salado de Arjona* de paso por el municipio. Según el *Libro de Visitas* de 1459, la Orden de Calatrava contaba en aquella época con cuatro molinos de cubo construidos en la cuenca del río *Salado de Arjona* afluente del Guadalquivir.

La Orden de Calatrava poseía un control absoluto sobre los “Molino de Pan llevar”, que funcionaban como un instrumento de transformación de las materias primas en la economía agraria feudal. Durante siglos, en la Encomienda de Martos se fomentó el cultivo del cereal, como consecuencia de la extensa cantidad de molinos hidráulicos del entorno. Buena parte de estos molinos, pertenecientes a la citada Orden, conoció la fórmula de arrendamiento o cesión temporal. Esto es confirmado por un documento que saca a subasta el arrendamiento del *Molino del Cubo* en el año 1551<sup>40</sup>.

Años más tarde, según el *Catastro del Marqués de la Ensenada*, en 1752 existían seis molinos hidráulicos en el término de Torredonjimeno; cuatro de ellos en el río *Salado de Arjona* y otros dos en el río *Salado de Lendínez o Porcuna*. En 1845, Pascual Madoz recoge en su *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico*, la existencia de hasta nueve molinos hidráulicos a lo largo del río *Salado de Arjona* a su paso por el Partido de Martos. Como las fuentes documentales evidencian, este tipo de construcciones de molinos hidráulicos de cubo han sido extensamente empleados en esta área geográfica a lo largo de la historia.

Atendiendo a los aspectos históricos que conciernen más concretamente a este molino en cuestión, cabe mencionar que los pocos documentos escritos que se tienen en relación con *El Molino del Cubo* son de fechas muy posteriores a su edificación. En la fachada principal de este edificio, se encuentra una cartela fundacional, a más de cinco metros del suelo sobre el arco abovedado de acceso, que hoy en día es prácticamente ilegible.<sup>41</sup>

Esta cartela fundacional, se encuentra compuesta por tres grandes losas de arenisca, la losa superior y la inferior son las únicas que contienen restos de caracteres en *escritura gótica textual* y en la losa central se puede advertir cierto relieve que hoy en día se encuentra altamente deteriorado. A pesar del deplorable estado de conservación de la cartela fundacional, se consiguió realizar una interpretación aproximada del contenido de la misma, gracias a un estudio comparativo entre esta y la cartela fundacional de la *Torre Nueva* de Porcuna<sup>42</sup>(1435). Construcción realizada del mismo modo por la Orden de Calatrava durante el

---

<sup>37</sup> Por otro lado, ante la dificultad de encontrar ciertos documentos dado su carácter inédito, se ha tenido que reducir la bibliografía de este apartado a unas pocas fuentes bibliográficas:

GARCÍA PULIDO, L. J. El sistema defensivo del Molino del Cubo (Torredonjimeno, Jaén). Un molino fortificado por la Orden de Calatrava en la Frontera con el Reino Nazarí. En: *Castillos de España*. Nº132. 2004. pp. 23-33.

CATASTRO DEL MARQUES DE LA ENSENADA. Archivo General de Simancas. [en línea]. 1750-1754. Obtenido de: Portal de Archivos Españoles (PARES).

MADOZ, P. *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. Tomos XI y XV. 1846-1850. BNE.

<sup>38</sup> GARCÍA PULIDO, L. J. *Op. Cit.*

<sup>39</sup> Según la RAE: Espacio y rentas que se otorgaban a un comendador en las órdenes militares españolas.

<sup>40</sup> ARCHIVO HISTÓRICO MUNICIPAL DE TORREDONJIMENO. Caja del año 1551. Libro de Actas Capitulares del año 1551, Cabildo del 18 de enero.

<sup>41</sup> GARCÍA PULIDO, L. J. *Op. Cit.*

<sup>42</sup> Localidad muy próxima a Torredonjimeno y perteneciente a la misma Orden.

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

periodo de maestrazgo de Don Luis de Guzmán. Este estudio comparativo fue realizado por Luis José García Pulido<sup>43</sup>.

Finalmente, una interpretación de la cartela, basándonos en el estudio anteriormente citado, cambiando los caracteres góticos por otros más legibles sería tal que así: (Figura 7).



FIGURA 7. Comparativa entre la imagen del estudio y una reproducción realizada por el autor.

Por otro lado, debido al carácter fortificado de dicho molino hidráulico, se deduce que en su devenir histórico se ha visto envuelto en algunos enfrentamientos bélicos. El motivo de fundación de este molino llegó posiblemente con la guerra del año 1407 que enfrentó al Reino Nazarí de Granada y a los reinos cristianos. Durante una de las razias de esta guerra, se atacaron arrabales y campos de cultivo. Como resultado de esto se pudo haber destruido un primer molino hidráulico de cubo que se ubicaba en la misma zona que el molino en estudio. De este molino primigenio únicamente quedó en pie el cubo, dando nombre a la zona.

Tras la guerra civil entre Juan II de Castilla y sus primos Infantes de Aragón, en agradecimiento por la ayuda prestada, Juan II nombró Señor de Andújar al Maestre Don Luis González de Guzmán, en el año 1430. Un año más tarde, como recompensa a una victoria en la Batalla de la Higuera<sup>44</sup>, legó la Capitanía de los Obispos de Jaén y Córdoba al Maestre de la Orden. Tras el asesinato de Yusuf IV, favorable a los intereses castellanos, se reanudan las hostilidades entre los reinos Castellano y Nazarí que duraron sin interrupción hasta 1439.

Durante estas fechas, al ser la Encomienda de Martos zona fronteriza con el Reino Nazarí y estando bajo el mando de la Orden Militar de Calatrava, se promovieron edificaciones fortificadas<sup>45</sup>, como *El Molino del Cubo* (1437), pudiendo ocupar el lugar de las ruinas del antiguo molino mencionado anteriormente.

<sup>43</sup> GARCÍA PULIDO, L. J. *Op. Cit.* pp 25-26.

<sup>44</sup> Se trata de una batalla entre el Reino Castellano y el Reino Nazarí. Que tuvo lugar en las inmediaciones de la Medina Elvira, situada en la Sierra Elvira (Atarfe, Granada). Como consecuencia de la derrota musulmana, Yusuf IV sucedió a su abuelo, Muhammad VI como Sultán.

<sup>45</sup> CASTILLO ARMENTEROS, J. C.; CASTILLO ARMENTEROS, J. L. La organización militar de la Orden de Calatrava en el Alto Guadalquivir a través de las investigaciones arqueológicas. [en línea]. En: *Arqueología y territorio medieval*. N° 10.2. Jaén: Universidad de Jaén. 2003. Grupo de Investigación del Patrimonio Arqueológico de Jaén. pp.187.

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

---

Posterior a la edificación del molino en cuestión, y continuando con su función de molino fortificado, se vio involucrado en cierto modo con el sitio de la ciudad de Jaén en 1467. Este enfrentamiento bélico entre Enrique IV de Castilla contra su hermano el Infante Alfonso, confrontó las tropas del Condestable de Castilla Don Miguel Lucas de Iranzo, simpatizante de la causa alfonsina, contra los Caballeros Calatravos bajo el maestrazgo de Don Pedro Girón. Debido al carácter fortificado de *El Molino del Cubo*, seguramente debió de garantizar la molienda del grano a la Orden durante el enfrentamiento, que incluyó varias incursiones por ambas partes del conflicto, atacando a los recursos agrarios y hortícolas situados a extramuros de las fortalezas empleadas por el Condestable de Castilla (Jaén) y la orden Calatrava (Torredonjimeno).

Otro posible momento en el cual el citado molino sufriera las hostilidades de las tropas nazaríes, pudo ser durante las acometidas del Reino Nazarí a Torredonjimeno en el año 1471. La etapa de hostilidades bélicas contra *El Molino del Cubo* se acerca a su fin cuando pasa en administración y encomienda a los Reyes Católicos, tras la muerte del último Maestre de la Orden Calatrava, Don Garci López de Padilla en el año 1487.

Tras este suceso, la Encomienda de Martos, perderá progresivamente su carácter fronterizo, hecho que se consumará con la toma de Granada en 1492. A partir de este momento, el molino pudo haber comenzado a sufrir una serie de modificaciones en su estructura fortificada con la finalidad de mejorar su funcionalidad.

En el año 1752, el Catastro mandado realizar por el Marques de la Ensenada, recoge este molino como propiedad del rey y su mesa. Años más tarde, en el *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico* de Madoz (1845) recoge el último testimonio escrito de la existencia del molino en cuestión. Es probable que, en la época de la desamortización de Mendizábal, el molino pasase a titularidad privada, continuando con su actividad de molienda.

Debido a la progresiva tendencia del monocultivo del olivar en la zona jienense en contraposición con la histórica producción cerealista de la zona, se supone que el molino perdió en cierto modo su funcionalidad poco a poco. Según algunos testimonios de los oriundos más ancianos del lugar, el molino se empleó para triturar piedra y obtener óxido de hierro en sus últimos años de vida útil. Este hecho daría sentido a la gran cantidad de polvo de almagra que se encuentra por doquier, además de dar sentido a algunas modificaciones estructurales realizadas en el edificio.

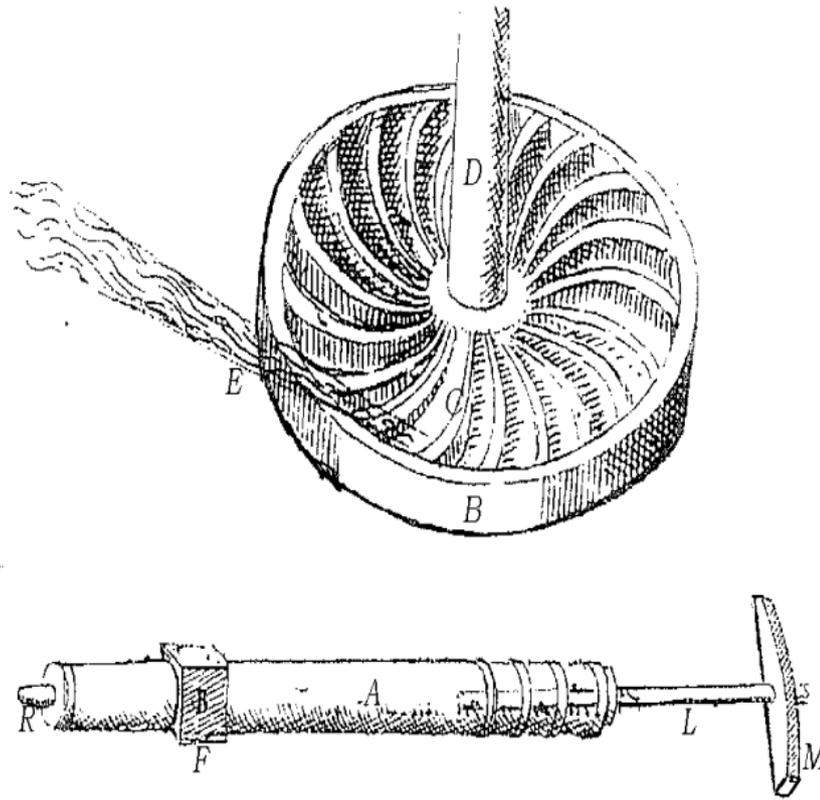
Una vez expuestos el contexto histórico y el carácter fortificado del molino, se va a exponer brevemente la tecnología del mismo, pues también forma parte sustancial del patrimonio tecnológico. En este caso se trata de un molino hidráulico de *Rodezno* o *Rodete*, tecnología existente desde el Imperio Romano<sup>46</sup>.

El *Rodezno*, es la parte fundamental de este tipo de molinos, pues es el encargado de transmitir la potencia del agua que choca sobre los *alabes* del mismo haciéndolo rotar horizontalmente, hacia las ruedas dentadas de piedra que muelen el grano. Esta fuerza se transmite por un eje vertical llamado *Árbol* o *Astil*. El conjunto de elementos que componen el mecanismo que hace funcionar los molinos de rodezno es más complejo y se compone de mayor número de partes las cuales vemos reflejadas en las figuras 8 Y 9.<sup>47</sup>

---

<sup>46</sup> VIGUERAS GONZÁLEZ, M. La tecnología de los molinos de rodezno en la época de Felipe II. [en línea]. En: *De la tradición al futuro: III Jornadas Nacionales de Molinología*. Cartagena. 2002. ISBN 84-606-3210-5

<sup>47</sup> VIGUERAS GONZÁLEZ, M. *Op. Cit.*



- |                  |                         |                         |
|------------------|-------------------------|-------------------------|
| A = Arbol ó maza | B = Rodezno             | C = Alabes              |
| D = Astil ó maza | E = Chorro saetillo     | F = Dado maza y rodezno |
| R = Punta mazo   | L = Palahierro ó badila | M = Manilla             |

FIGURA 8. Dibujo esquemático del Rodezno y sus componentes. Obtenido de: VIGUERAS GONZÁLEZ, M. *Op. Cit.*

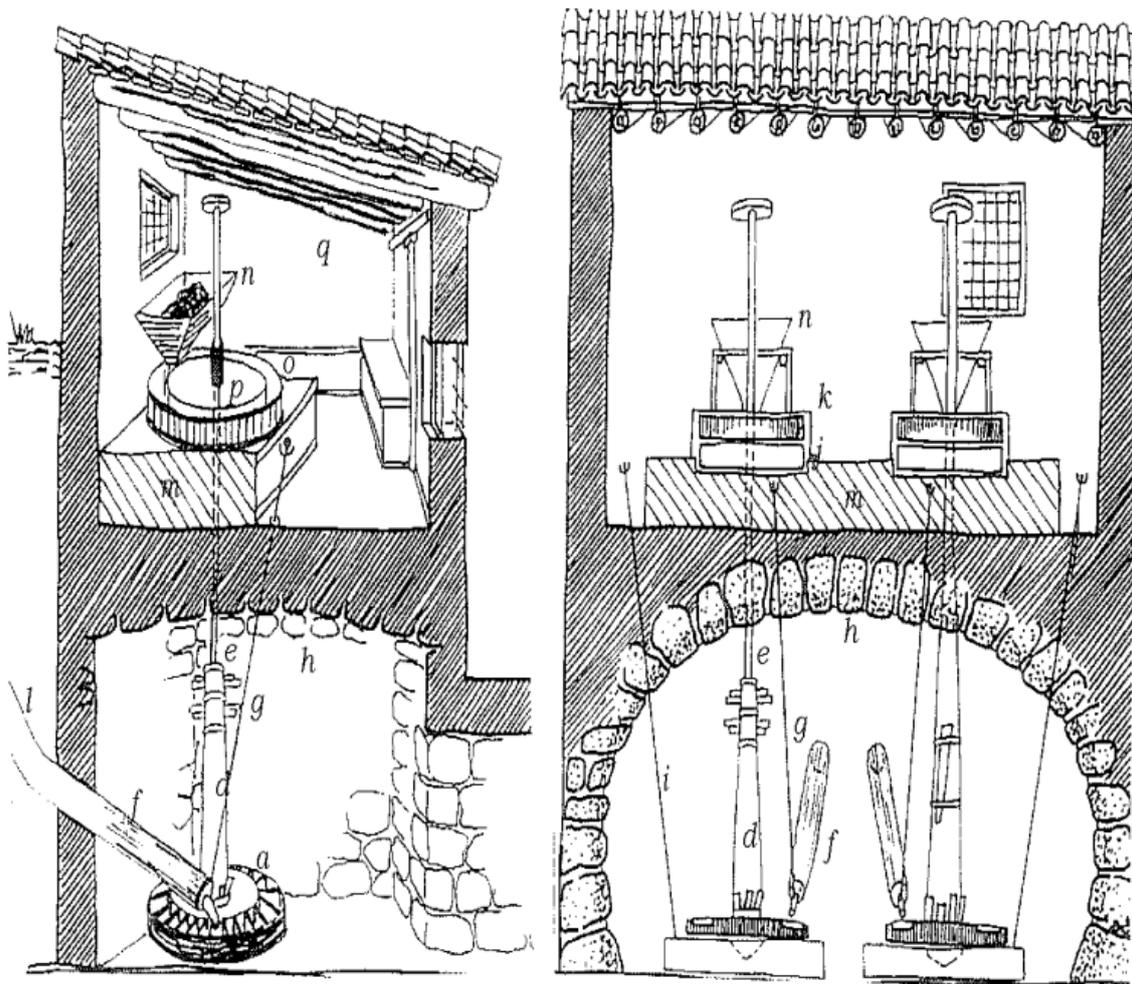


Figura 5

|                       |                         |                            |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| a = Rodezno           | b = elevador ó puente   | c = dedo de apoyo          |
| d = árbol ó mástil    | e = palahierro ó badila | f = saetín ó saetillo      |
| g = vara del saetillo | h = bóveda carcavo      | i = alivió puente          |
| j = solera            | k = piedra móvil        | l = conduccion agua        |
| m = pedestal ó banco  | n = tolva               | o = armadura ó guardapolvo |
| p = ojo piedra móvil  | q = sala molienda       | r = solera desagüe rodezno |

FIGURA 9. Dibujo esquemático del mecanismo completo de los molinos de Rodezno. Obtenido de: VIGUERAS GONZÁLEZ, M. *Op.Cit.*

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

En el manuscrito de Juanelo Turriano<sup>48</sup>, se especifican dimensiones del rodezno, forma de montaje, cuidados en la instalación, así como las partes que lo integran y la calidad de los materiales a emplear. En la forma de construcción de este elemento en particular hace referencia a su forma de montaje. Se menciona que la forma de fabricación coetánea al manuscrito (S.XVI) se realiza en dos piezas de carrasca unidas con un fuerte aro de hierro y con los *Alabes* tallados con una altura de un *Xeme*.<sup>49</sup> De igual modo, en el mismo manuscrito se habla sobre la inclinación apropiada de la caída del agua para generar mayor o menor fuerza sobre el *Rodezno*.

Por otro lado, es importante hablar de la forma de captación de agua para accionar el mecanismo de molienda. En este caso en particular se trata de un molino de cubo. Este sistema de captación de agua es muy apropiado para aquellos ríos o arroyos que tengan poco caudal de agua. Se puede hacer andar el molino aportando la caída necesaria al agua, compensando la poca cantidad de la misma y de este modo adquiriendo mayor fuerza. Esto se consigue construyendo un embalse en forma de cubo, con una caída de varios metros, con salida de agua en el fondo de este embalse hacia el *Saetillo*, por donde caería el agua golpeando el *Rodezno*.<sup>50</sup>

En el manuscrito mencionado, el autor realiza una serie de dibujos esquemáticos de las posibles formas del cubo<sup>51</sup>, en este caso en particular, se puede deducir por las características actuales del molino, que el cubo empleado en su construcción fue uno de los dos modelos dibujados en la figura 10.

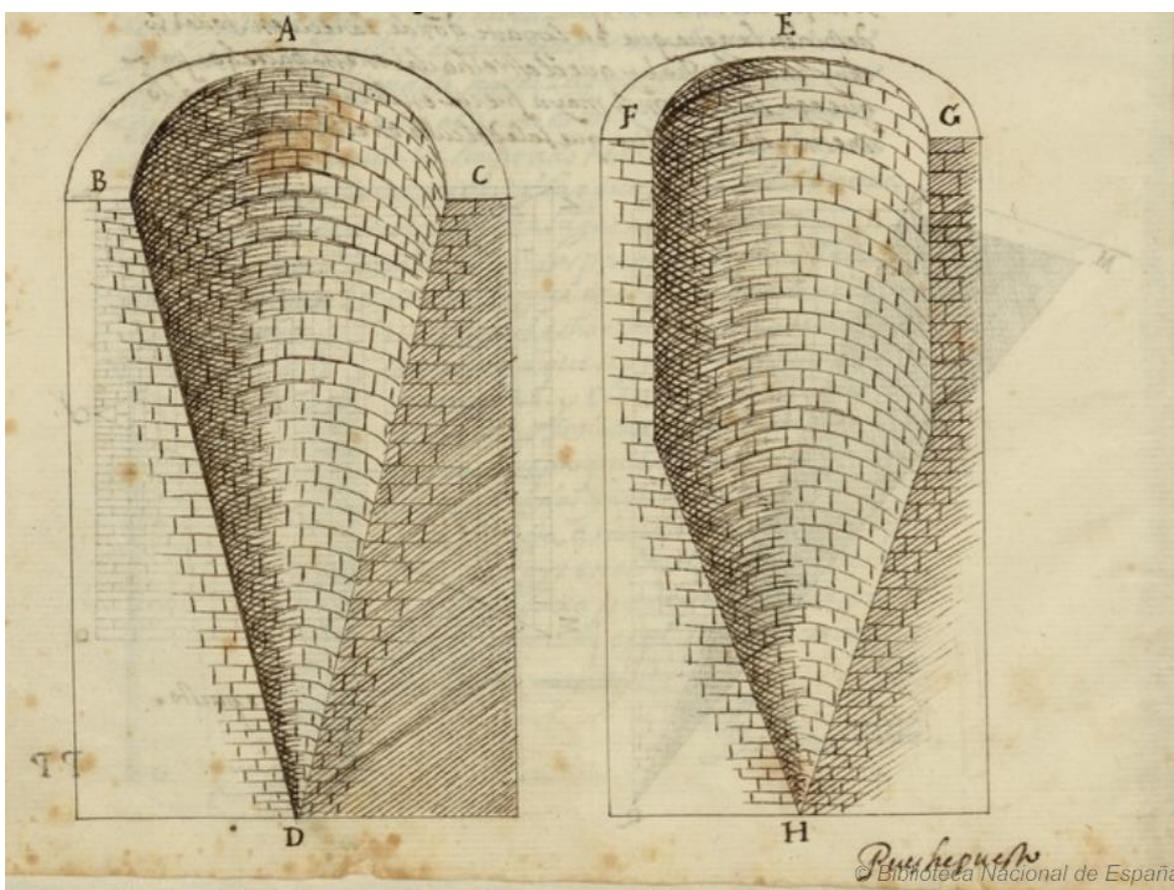


FIGURA 10. Dibujo esquemático del embalse en forma de cubo de los molinos hidráulicos. Obtenido de: LASTANOSA, P. J. DE. *Op. Cit.*

<sup>48</sup> LASTANOSA, P. J. DE. *Los veintitún libros de los ingenios y de las máquinas*. [en línea]. 1600-1700. BNE. Signatura: Mss/3372-Mss/3376.

<sup>49</sup> *Jeme*, Distancia entre el dedo pulgar y el índice abiertos.

<sup>50</sup> VIGUERAS GONZÁLEZ, M. *Op. Cit.*

<sup>51</sup> Entre otros varios dibujos esquemáticos de partes de esta tipología de ingeniería hidráulica.

### 5.1.2. Estado actual.

En cuanto al estado actual de conservación del molino, en primer lugar, se procederá a una breve descripción de los aspectos formales de la edificación y en segundo lugar se realizará una valoración del estado de Conservación actual.

Luis José García Pulido, realiza una extensa y detallada descripción de todas las partes existentes del estado actual y del posible estado inicial de dicho molino<sup>52</sup>. De esta detallada descripción, se ha obtenido la información de este apartado, además de haber sido complementada con varias visitas al lugar.

La edificación de este edificio hidráulico se compone de tres elementos arquitectónicos indispensables. Por un lado, se encuentra el edificio en sí, donde se resguardan los artilugios de ingeniería hidráulica y los espacios de labores relacionadas con la actividad de molienda. Y por otro lado se encuentra el acueducto o *Caz*, que conecta el *Azud* o presa con el sistema de molienda. En la figura 11 se puede observar la supuesta ubicación de estos dos últimos elementos. Actualmente el *Azud*<sup>53</sup> se encuentra desaparecido al igual que parte del *Caz*. Por tanto, se desconoce la ubicación exacta de los mismos, debido a posteriores modificaciones agrícolas del terreno.<sup>54</sup>

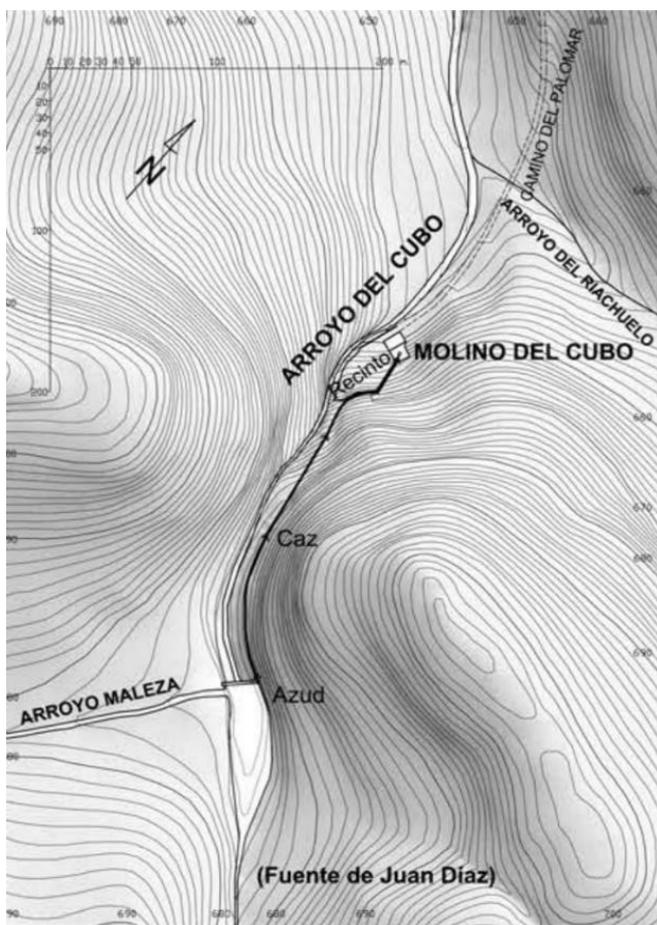


FIGURA 11. Plano Topográfico con la localización del Molino del Cubo. Obtenido de GARCÍA PULIDO, L. J. *Op.Cit.*

La parte conservada del *Caz* se trata de un muro construido en piedra, con una longitud de 23,20 metros. Esta conectaba con la otra parte que se encontraba en la ladera. El muro consta de una construcción en sillarejo bien trabado, con grandes sillares en su basamento. Probablemente debido a los enfrentamientos bélicos, este elemento arquitectónico es el que más reparaciones hubiera sufrido. Testigos de esta afirmación son los resaltes existentes en la construcción de sus paños, además de las distintas posiciones que ocupan los refuerzos ataludados (Figura 12. ANEXO I) que dan a entender que no se realizaron en el mismo momento histórico.<sup>55</sup>

Siguiendo la trayectoria del agua por el *Caz* hacia el cubo del molino (Figura 13), observamos una continuidad entre la parte plana ocupada por el Cubo y el tejado a un agua hacia la fachada. Las tejas de este se encuentran desaparecidas, pero hay testigos de un vuelo de piedra para verter la lluvia lejos de la fachada (Figura 14. ANEXO I).

<sup>52</sup> Además de la detallada descripción, aporta una serie de planos del estado del edificio, además de otros planos del posible estado original. ANEXO I: Documentación gráfica y Fotográfica complementaria. GARCÍA PULIDO, L. J. *Op.Cit.* pp. 29-32

<sup>53</sup> Según documentos antiguos, el Azud del molino recogía el agua del *Arroyo Maleza* y de un arroyo proveniente de la *Fuente de Juan Díaz*. ARCHIVO HISTÓRICO MUNICIPAL DE TORREDONJIMENO. Caja del año 1738. Libro de Actas Capitulares del año 1738, Cabildo del 1 de julio.

<sup>54</sup> GARCÍA PULIDO, L. J. *Op.Cit.* pp. 29-32

<sup>55</sup> *Ibidem.*

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

En cuanto al Cubo del molino, este se encuentra construido con sillares de piedra, formando un cubo circular de 1'5 metros de diámetro. La profundidad del cubo pudo ser de entre 6 y 12'5 metros, en función de la bibliografía consultada.<sup>56</sup> Actualmente el cubo se encuentra cegado por escombros, hecho que dificulta su observación completa.

En cuanto a los paramentos del molino, están contruidos con sillarejo unido con argamasa (Figura 15. ANEXO I), esta estructura estaría enfoscada de cal coloreada con almagra. En un inicio podríamos imaginarnos la estructura de color ocre, donde resaltarían la cartela fundacional (Figura 16) y los sillares escuadrados que traban las esquinas y las ventanas. Estos sillares escuadrados presentan diferentes marcas de cantería<sup>57</sup>. Actualmente los paramentos del molino presentan restos de este enfoscado, con el sillarejo a la vista y con algunas marcas de cantería visibles en los sillares (Figura 17. ANEXO I).



FIGURA 13. Vista del Caz hacia el cubo del molino. Fotografía de Autor.



FIGURA 16. Vista de la cartela fundacional. Fotografía de Autor.

El alzado principal del edificio se encuentra orientado hacia el Oeste (Figura 18), en paralelo con el curso del arroyo. Hoy en día se presentan cuatro aperturas en el alzado, tres de ellas enmarcadas en piedras escuadradas y probablemente de época de construcción. La cuarta apertura, sin enmarcar, alargada verticalmente e invadiendo casi por completo el paramento de la planta baja, fue practicada posteriormente<sup>58</sup>, seguramente con la intención de aportar más luz a la sala de molienda<sup>59</sup>. Bajo este paramento, en el lecho del arroyo, se encuentra la salida de agua del *Socaz* del molino, hoy completamente cubierta por una espesa vegetación (Figura 19. ANEXO I).

El alzado norte, se compone de tres planos, partidos por una imposta que marca la planta superior. En este alzado se encuentran varias aperturas originales y posteriores, entre ellas dos saeteras, una gárgola de desagüe y un orificio practicado a posteriori casi a ras de suelo de la sala superior. En el segundo plano de este alzado norte se perciben otras dos aperturas, una saetera original y un orificio a modo de ventana que conecta con las escaleras de acceso a la planta superior (Figura 20. ANEXO I). Este alzado hoy en día se encuentra cubierto casi en su totalidad por espesa vegetación.

<sup>56</sup> La altura del cubo pudo ser de entre 6 metros [LATORRE GARCÍA, J. La industria giennense en la ilustración: los molinos de aceite y harina. En: *Congreso "La Ilustración y Jaén"*, Jaén: U.N.E.D., Centro Asociado "Andrés de Vandelvira". 1996. Real Sociedad Económica Amigos del País. pp. 261-282] y 12'5 metros [GARCÍA PULIDO, L. J. *Op.Cit.* pp. 29-32]

<sup>57</sup> Marcas de cantería, de al menos cuatro hermandades gremiales.

<sup>58</sup> Esta apertura probablemente se realizó tras la reconquista del Reino Nazarí, a partir de 1492, cuando el territorio perdió su carácter fronterizo.

<sup>59</sup> GARCÍA PULIDO, L. J. *Op. Cit.* pp. 29-32



FIGURA 18. Vista del alzado oeste del edificio. Fotografía obtenida de: <https://listarojapatrimonio.org/ficha/molino-del-cubo/#gallery-2>

El alzado sur (Figura 21), se encuentra dividido por una imposta horizontal al igual que el alzado norte, además presenta otras dos saeteras. En la zona inferior se observan restos de paramentos, pudieron haber formado parte de unas dependencias anexas de construcción posterior. Estas dependencias se conectaban con el interior del molino por un hueco practicado en este alzado del molino, que hoy en día se encuentra tapiado en parte del grosor del muro.

El alzado este, corresponde a la parte trasera del Cubo y parte del *Caz*, que actualmente se encuentra cubierto en gran parte por espesa vegetación.

En cuanto al interior del molino, como se ha mencionado anteriormente, se divide en dos salas, la sala baja y la sala superior. En la sala baja es donde se realizaban las operaciones de molienda y donde se situaban los artilugios necesarios para ello (Figura 22). Actualmente se encuentra completamente vacía, con una apertura en el suelo que conecta con el *Cárcavo*, relleno por escombros (Figura 23. ANEXO I). En esta sala inferior, cubierta por una bóveda de cañón, existen señales de la existencia de una sala a media altura realizada con vigas de madera (Figura 24. ANEXO I), que daría acceso a las saeteras.



FIGURA 21. Vista del alzado Sur. Fotografía de Autor.

Conectando esta sala con la sala superior se encuentra una apertura a unos tres metros de altura, que da acceso a unas escaleras de caracol gravemente dañadas (Figuras 25 y 26. ANEXO I). La forma de acceso a estas escaleras de caracol se realizaría seguramente mediante una escalera de madera basculante hoy desaparecida.

La sala superior, de dimensiones similares a la inferior, pero de menor altura, se encuentra cubierta igualmente con una bóveda de cañón (Figura 27). Este espacio se destinaba a otras labores relacionadas con la molienda,

además de posiblemente ser destinada a la vivienda del molinero. En el suelo de esta planta se pueden observar unos orificios practicados que conectan la sala superior con la sala baja (Figura 28. ANEXO I).

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

Estos orificios podrían cumplir numerosas funciones tanto defensivas como prácticas para la labor del molinero<sup>60</sup>.

Como cabría de esperar debido a la inclusión de este Bien en La Lista Roja del Patrimonio, se encuentra en un estado de conservación muy comprometido. Derivado principalmente del abandono sufrido por la falta de necesidad de utilización como molino.



FIGURA 22. Vista del paramento interior Sur, donde se alojarían los artilugios de molienda. Fotografía de autor.

Debido a este abandono y a otras prácticas realizadas sobre el edificio, como la modificación de los paramentos originales, practicando orificios en ellos (Alzado Oeste, Norte y Sur), ha propiciado un estado delicado para la conservación de la estructura. Este hecho se manifiesta a modo de grietas en su alzado Oeste. Además de estas modificaciones y el peligro de colapso estructural, hay más alteraciones y deterioros de carácter antrópico. Como son los actos vandálicos realizados en el interior del edificio, presentando graffías, tanto incisas como pintadas, por la totalidad de los paramentos interiores del molino.



FIGURA 27. Vista del paramento interior Oeste, donde se ve la situación interna de las ventanas. Fotografías de Autor.

<sup>60</sup> Estos orificios pudieron estar relacionados con el sistema de levado de la escalera de acceso a la planta superior. O también pudieron estar relacionados con la transmisión del giro del rodezno a través de cuerdas y poleas para alimentar un sistema mecanizado de cernido de la harina. GARCÍA PULIDO, L. J. *Op. Cit.* pp. 29-32

Por otro lado, la acción de la naturaleza también ha influido en su estado actual de conservación. Gran parte de su estructura se encuentra cubierta por una densa vegetación, que se asienta en la estructura del edificio y sus elementos externos.

### 5.1.3. Legislación aplicable y protección legal.

En cuanto a la protección legal y la legislación aplicable, en primera instancia, se debe referenciar la Constitución Española de 29 de diciembre de 1978. En los artículos 44 y 46 de la citada Constitución, se establece la promoción y tutela de la cultura y además se garantiza la conservación y promoción del enriquecimiento del Patrimonio Histórico, Cultural y Artístico de los pueblos de España y de los Bienes que lo integran, respectivamente.

Según el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, dependiente de la Consejería de Cultura y Patrimonio Histórico de la Junta de Andalucía, *El Molino del Cubo*, aparece inscrito como Bien de Interés Cultural (BIC)<sup>61</sup>, con la tipología Jurídica de Monumento en el Boletín Oficial del Estado (BOE) a fecha de 11 de diciembre de 1985.

Conforme se establece en la ley 16/1985 del patrimonio Histórico Español, en el artículo 12.1, expone: “Los Bienes declarados de interés cultural serán inscritos en un Registro General dependiente de la Administración del Estado...”<sup>62</sup>. En este caso el molino en cuestión no aparece en el portal Web del Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España, encargado del mencionado Registro General. Sin embargo, esta exigencia queda cubierta por la Disposición adicional 11ª de la Ley 30/1994, de 24 de noviembre, de Fundaciones e incentivos fiscales a la participación privada en actividades de interés general.

Lo establecido en el artículo 15.1 de la ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, define Monumento como: “...aquellos bienes inmuebles que constituyen realizaciones arquitectónicas o de ingeniería, u obras de escultura colosal siempre que tengan interés histórico, artístico, científico o social.”<sup>63</sup>

Continuando con el contenido de la misma ley, de aplicación en todo el territorio Nacional, se hace hincapié en el Título IV sobre la protección de los Bienes muebles e inmuebles. Del mismo modo, se encuentra sujeto a otros Títulos de la presente ley y de los artículos contenidos en los mismos. Como es el Título VI Del Patrimonio Etnográfico, asemejándose a lo redactado en el Artículo 47.1, con las características del Bien en estudio.

Por otro lado, el Bien en estudio se encuentra dentro del ámbito de aplicación de la Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía. La cual en su Artículo 6 constituye el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz, mencionado anteriormente y en su Artículo 13 dispone el inventario de Bienes Reconocidos del Patrimonio Histórico Andaluz.

Esta Ley se trata de una ley muy completa, afectando directamente a este inmueble lo dispuesto en los títulos I (Protección del Patrimonio Histórico), II (Conservación y Restauración), III (Patrimonio Inmueble) y VI (Patrimonio Etnológico). Lo cual no excluye la obligatoriedad de cumplimiento de lo dispuesto en los demás Títulos de esta Ley.

En última instancia asegurar el cumplimiento de estas leyes corresponde a los órganos establecidos según las distintas leyes. [(Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. Art. 2) (Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía. Art. 3 y 4)].

---

<sup>61</sup> Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. Título I. Art. 9-13. Se ve afectado de igual modo por los Art.11-23 del Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, modificado por el Art. 2.1-12 del Real Decreto 64/1994, de 21 de enero.

<sup>62</sup> Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.

<sup>63</sup> *Ibidem*.

## 5.2. Aplicación de la metodología BIM para la puesta en valor.

La aplicación de dicha metodología, con la intención de la puesta en valor y la conservación del Elemento Patrimonial, puede encajar en cierto modo con la premisa de mínima intervención. Aun con el riesgo de caer en el pensamiento de John Ruskin sobre la trayectoria vital del arte, se puede pretender la conservación de Elementos Patrimoniales en riesgo, como es el caso, sin la estricta necesidad de intervención directa sobre la materia.

El deterioro y la puesta en riesgo de *El Molino del Cubo*, se ha producido por el abandono de su función primigenia. Debido a cambios en el ámbito socioeconómico y agrario del territorio, además, de su devenir histórico, se ha derivado en su actual estado de conservación.

Si bien es cierto que la metodología BIM se concibió para mejorar la eficiencia en la creación de nuevas edificaciones, con pequeñas variaciones en sus formas, se puede emplear para promover la conservación y la puesta en valor de los Elementos Patrimoniales de la *Lista Roja del Patrimonio*.

### 5.2.1. Dimensiones de la metodología BIM.

A continuación, se va a proceder al desarrollo de un modelo de proyecto de puesta en valor y conservación basado en la metodología BIM (Figura 29), con la intención de su interoperabilidad a cualquier Elemento Patrimonial de *La Lista Roja del Patrimonio*.

|    | PROPUESTA                            | BIM                               | HBIM*  |
|----|--------------------------------------|-----------------------------------|--|
| D1 | <b>Concepto.</b>                     | <b>Concepto.</b>                  | <b>Concepto.</b>   |
| D2 | <b>Documentación. Base de datos.</b> | <b>Vectorización del boceto.</b>  | <b>Documentación histórica.</b>  |
| D3 | <b>Obtención del Modelo 3D.</b>      | <b>Modelado 3D.</b>               | <b>Condiciones de modelos existentes. BIM preexistente/Captura de datos.</b>   |
| D4 | <b>Fases temporales.</b>             | <b>Planificación.</b>             | <b>Programación, Simulación en fase de proyecto, general y detallada. Validación visual. Valoración patrimonial.</b>   |
| D5 | <b>Estimación de costes.</b>         | <b>Estimación de costes.</b>      | <b>Estimación. Modelo en tiempo real y planificación de costes. Verificaciones ingenieriles, arquitectónicas y estructurales. Simulación virtual total de escenarios posibles.</b> |
| D6 | <b>Sostenibilidad.</b>               | <b>Sostenibilidad.</b>            | <b>Sostenibilidad. Análisis energético. Análisis alternativo del consumo energético. Seguimiento de los elementos sostenibles.</b>   |
| D7 | <b>Mantenimiento/seguimiento.</b>    | <b>Mantenimiento/seguimiento.</b> | <b>Aplicación de gestión de mantenimiento. Equipos multidisciplinares. Intercambio digital. Conservación Patrimonial.</b>  |

FIGURA 29. Tabla comparativa de las Dimensiones en las distintas metodologías. BIM: Simplificado. \*HBIM obtenido de: SANTIAGO SALAMANCA, P.M. ET AL. *Op. Cit.* Tabla de Autor.

#### D1. Concepto.

La intención de dicho Proyecto Modelo se basa en la divulgación, conservación y puesta en valor de los Elementos Patrimoniales de *La Lista Roja del Patrimonio*, mediante tecnologías digitales.

En esta primera *Dimensión* se establece la idea principal de la cual nace el proyecto en sí. El fin es generar un Proyecto Modelo que beneficie la conservación y puesta en valor de los Elementos Patrimoniales de *La Lista Roja del Patrimonio* sin necesidad de intervenir estrictamente sobre la materia de los mismos. De esta manera, sirve de herramienta conservativa para aquellos Bienes que se les otorga menor importancia desde la figura de los inversores.

La forma de conservación y puesta en valor que se propone en este proceso radica en los medios tecnológicos. Mediante una versión digital accesible de un modelo 3D interactivo de cada Elemento Patrimonial, se anexa la información necesaria para entender el conjunto Histórico-Artístico, Etnológico y Tecnológico del Bien (Figura 30). De esta forma se pretende salvaguardar el conjunto del Bien y todos sus valores, a pesar del mal estado de conservación de su materia física.

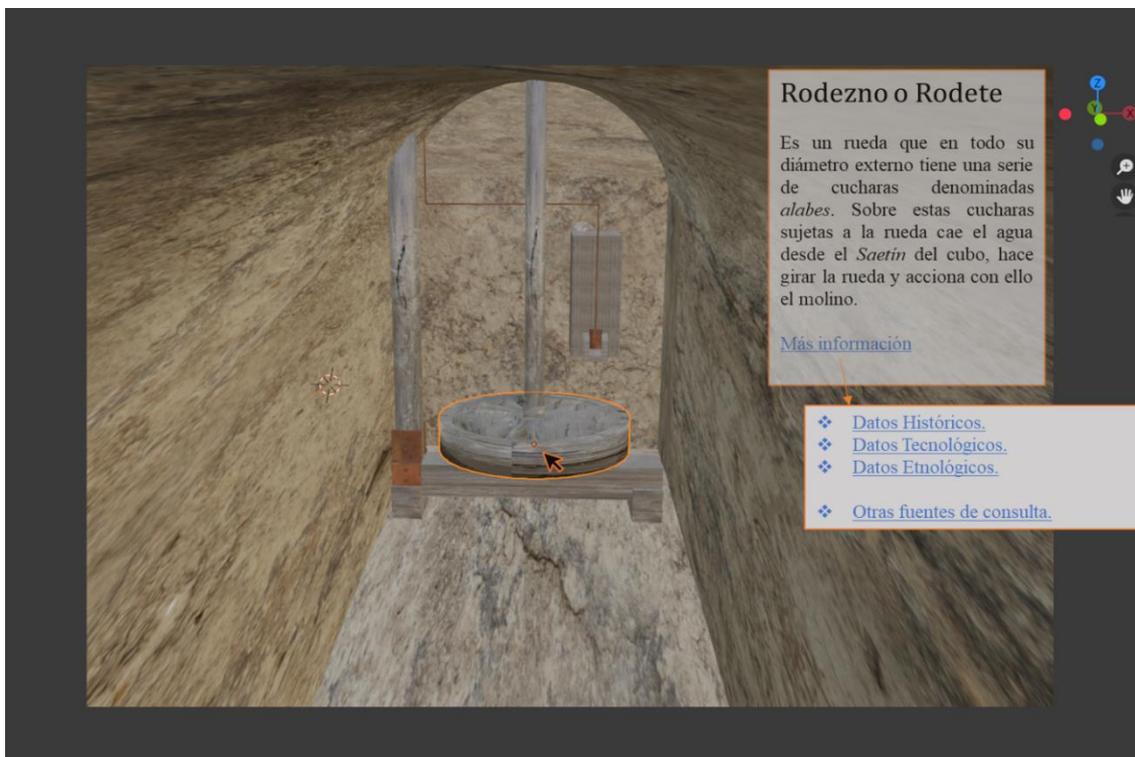


FIGURA 30. Imagen de ejemplo de funcionamiento del espacio digital accesible. Selección de un elemento y aparición de desplegables con enlaces. Imagen digital de Autor.

## D2. Documentación. Base de datos.

En esta segunda *Dimensión*, el objetivo es realizar una base de datos de toda la información relevante en relación con el Bien en estudio. De este modo se debe realizar un análisis en profundidad de distintas fuentes, con la intención de albergar en esta base de datos digital toda la información interrelacionada.

Las materias sobre las cuales se propone en principio realizar esta recogida y análisis de la información son: Información Histórica, Información Artística, Información Etnológica e Información Tecnológica. En el caso que fuera necesario añadir o modificar alguno de estos campos se podrá realizar sin perjuicio para el conjunto del proyecto, pues a mayor cantidad de información recogida en esta base de datos, aumentará la calidad de la información en las siguientes *Dimensiones* del proyecto.

Estando toda esta información interrelacionada, es difícil establecer unos criterios generales de clasificación de la información en sus diferentes facetas, por tanto, a continuación, se procede a organizar en cierto modo la información por secciones (Figura 31), sin olvidar la importancia de la interrelación de estos distintos tipos de información en un CDE.

En este caso de estudio la información Artística carece de presencia, dado el carácter funcional y tecnológico del elemento, por tanto, se considera que no es necesaria esta sección.

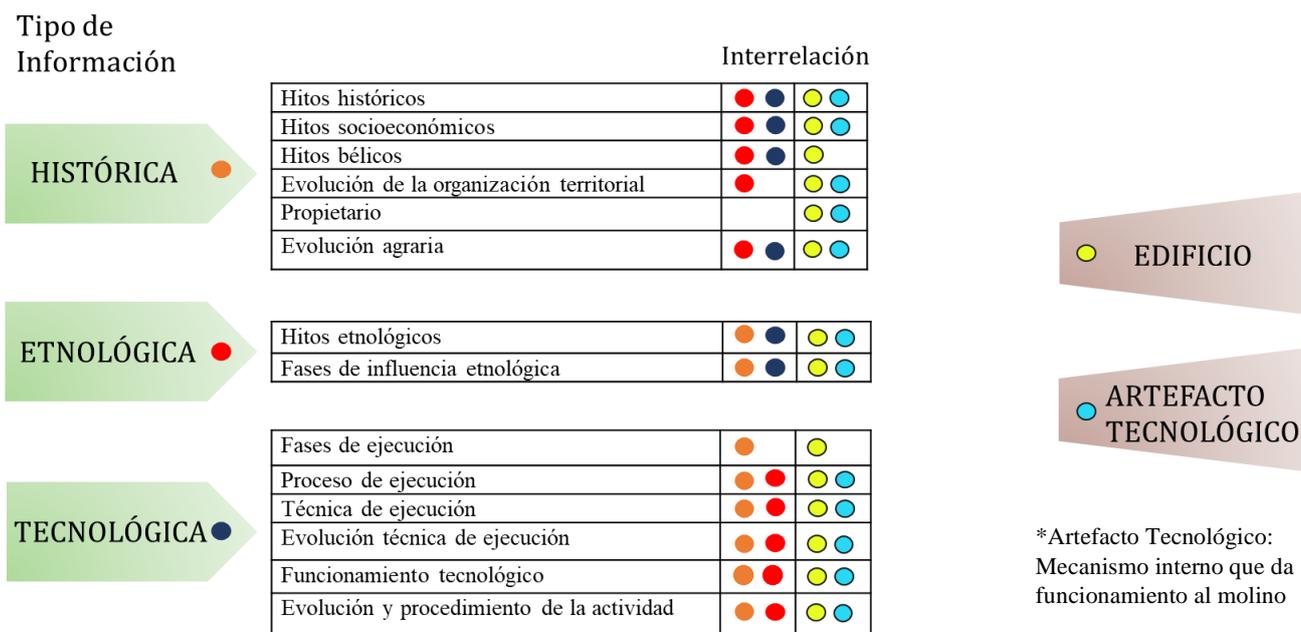


FIGURA 31. Gráfico descriptivo de la interrelación de información de la base de datos en el caso de estudio. Gráfico de Autor.

### D3. Obtención del Modelo 3D.

En la tercera *Dimensión*, se comienza el proceso de modelado u obtención del modelo 3D a través de distintos recursos. Se puede realizar el levantamiento del edificio en cuestión a partir de planos en 2D o bien se puede obtener un modelo de nube de puntos mediante fotogrametría o escaneado laser. En cuanto a las técnicas fotogramétricas y escaneado laser, existen diferentes formas de obtención del modelo a través de los recursos tecnológicos actuales, que no trataremos en este trabajo.

En cuanto al modelado digital, la información obtenida para este modelado se debe recopilar en la *Dimensión* anterior. De este modo, una vez realizado el pertinente análisis y tratamiento de la información se puede proceder al modelado desde cero del Elemento Patrimonial.

Durante este proceso de modelado, se incorpora la información al modelo y se comparte entre los integrantes del proyecto mediante un CDE, de manera que el resultado final corresponda con la información obtenida sobre el mismo y cada una de las características del edificio recogidas mediante este análisis previo queden reflejadas en el modelo obtenido.

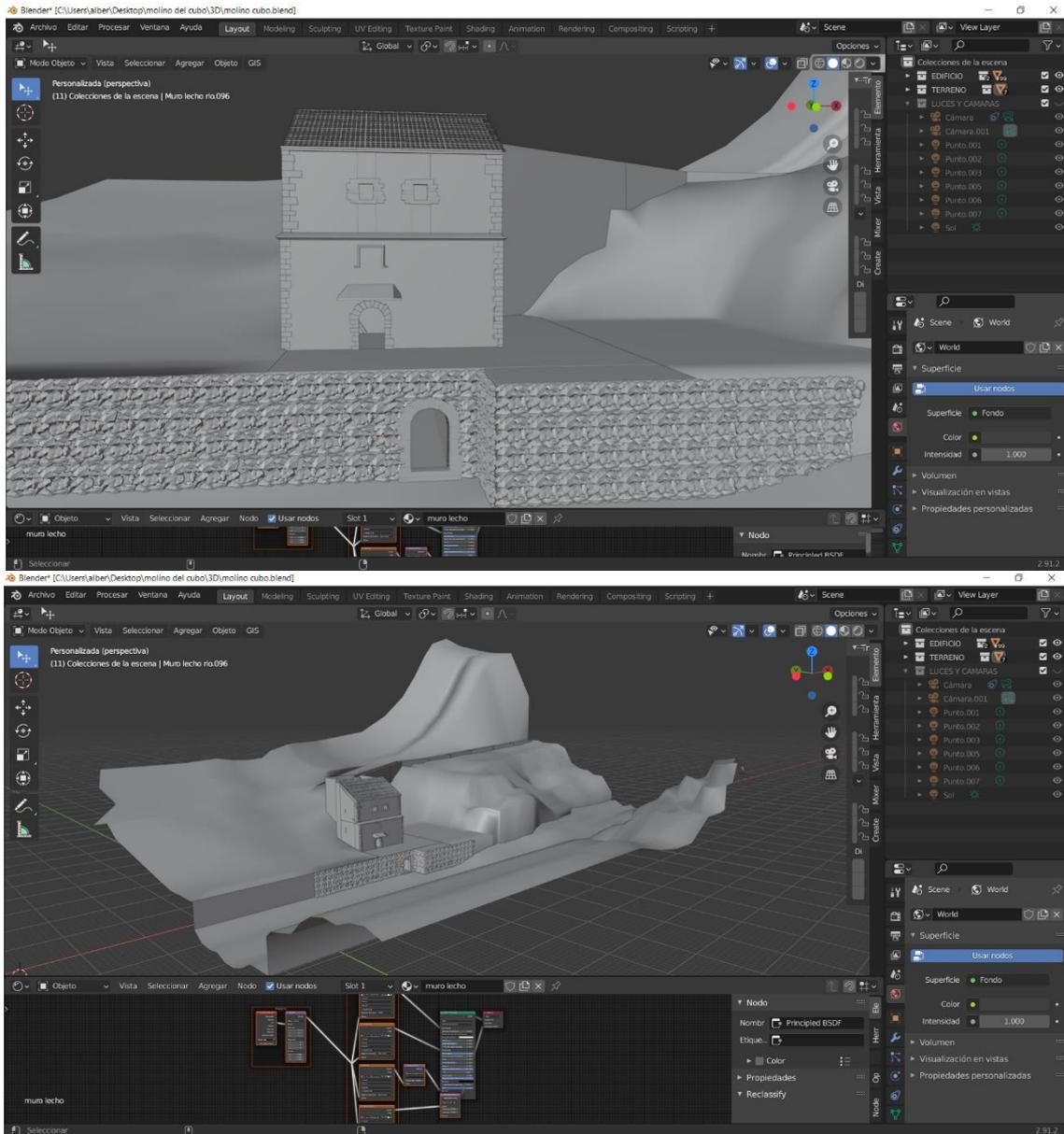
En el caso de *El Molino del Cubo*, se ha optado por el levantamiento del modelo desde cero en base a unos planos en 2D preexistentes.<sup>64</sup> Debido a la falta de recursos económicos y tiempo no se ha podido llevar a cabo el proyecto como tal, pero si se ha podido realizar un prototipo del modelado del edificio (Figuras 32 y 33). Para este modelado se ha empleado un programa informático de edición 3D, *Blender 3.1*.

Si se introducen los conceptos LOD y LOI en esta *Dimensión* en relación con el modelado realizado, se puede establecer el LOI en el nivel más bajo (LOD-100), pues este programa de edición no es el más apropiado para la realización de modelos BIM. En cuanto al LOD, se podría establecer en el LOD-200 en cuanto a información Gráfica.

<sup>64</sup> GARCÍA PULIDO, L. J. *Op. Cit.*

# Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.



FIGURAS 32 Y 33. Capturas del prototipo del modelado del Molino del Cubo en el programa Blender 3.1. Imágenes de Autor.

Para desarrollar este modelo de manera apropiada dentro de la metodología propuesta, se debe realizar el proceso de modelado en otros programas informáticos<sup>65</sup> que permitan aumentar el LOD y el LOI, además de facilitar el proceso de intercambio de información mediante CDEs existentes.

## D4. Fases temporales.

Normalmente, en esta cuarta *Dimensión* es donde se introduce el factor Tiempo en el proyecto de una nueva construcción. En este caso, se modifica esta *Dimensión* con el fin de introducir el factor Tiempo desde un punto de vista histórico del elemento patrimonial. Es decir, con la información obtenida en la segunda

<sup>65</sup> Algunos programas informáticos empleados en modelado 3D BIM son: *ArchiCAD* (Graphisoft), *REVIT* (Autodesk), *Allplan* (Nemetschek), *Aecosim* (Bentley Systems), *Vectorworks* (Nemetschek) y *Edificius* (ACCA Software).

# Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

*Dimensión*, se realiza un eje cronológico en cual se establecen las relaciones existentes entre los distintos tipos de información a lo largo del ciclo de vida del edificio.

Con este eje de información cronológica, se establece un cronograma del ciclo de vida del edificio y sus circunstancias. Dicho cronograma, se refleja en el modelo 3D ejecutado, de forma que se pueda comprender de manera visual y más facilitada el paso del tiempo en el edificio y el cómo este y su entorno se ha visto modificado o alterado por sus circunstancias.

De este modo, la información obtenida en dicho proceso añadida a la información existente en el modelo 3D, resultaría en una explicación gráfica del paso del tiempo, como si de un *time-lapse* se tratase.

Aplicado a este caso de estudio, se realizaría el eje cronológico desde la fecha de construcción, 1437, hasta hoy en día, 2022. En dicho eje cronológico se resalta la información influyente en el contexto del elemento patrimonial, como pueden ser: Modificaciones geográficas y orográficas, agrarias, constructivas, tecnológicas, culturales, hidrográficas, etc. A continuación, se muestra un pequeño eje cronológico con algunas fechas significativas, que han podido influenciar modificaciones tanto en el entorno del molino, como en su actividad y en edificio en sí. (Figura 34)

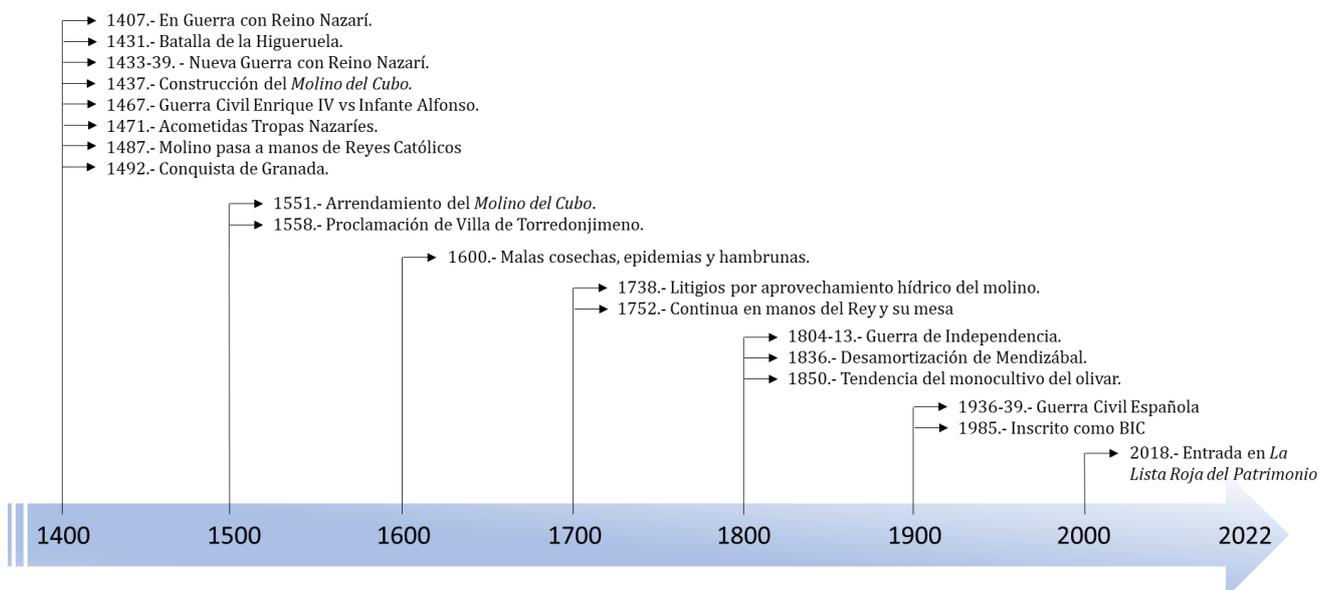


FIGURA 34. Eje cronológico del entorno del *Molino del Cubo*. Gráfico de Autor.

Por otro lado, esta modificación realizada en la intencionalidad de la cuarta dimensión del BIM, no es con otra finalidad que la de facilitar la comprensión de las estrategias seguidas para la conservación y puesta en valor. La adopción de estas estrategias no excluye a esta cuarta dimensión de ocuparse del mismo modo del factor tiempo en lo que es el desarrollo del proyecto. Es decir, sigue siendo la encargada de unir todos los elementos en el tiempo de ejecución del proyecto mediante organigramas de tiempo de ejecución e hitos dentro del proyecto.

## D5. Estimación de costes.

Como en todo proyecto, la sección de estimación de costes es fundamental, en este caso, se engloba dentro de una de las *Dimensiones*. Por un lado, se reflejan los costes del propio proyecto de implementación de la metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor del Elemento Patrimonial en cuestión.

Como se trata de un proyecto que no interviene directamente sobre el Bien, los costes que priman en este caso son los relacionados con la búsqueda y generación de información. Es decir, se eliminan los costes de material como tal, a excepción de aquellas herramientas y soportes digitales que se necesiten para la elaboración de los contenidos de las *Dimensiones*.

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

Por otro lado, esta *Dimensión* no solo responde a la generación de un presupuesto para el propio proyecto. También se pueden emplear los datos obtenidos en las 7 *Dimensiones*, con el fin de realizar una estimación de costes para un proyecto de intervención del Bien.

La semejanza de las *Dimensiones* aquí propuestas, con las contenidas en los proyectos de intervención en los cuales se emplea la metodología HBIM<sup>66</sup>, facilitan la propia creación de futuros proyectos de intervención mediante esta metodología. Se pueden reutilizar tanto la información histórica, como el modelo tridimensional, para agilizar los procesos de los futuros proyectos de intervención.

### D6. Sostenibilidad.

Actualmente en todo proyecto es imprescindible tener presente la sostenibilidad. En este sentido la eficacia y eficiencia de los procesos llevados a cabo es fundamental. Esta *Dimensión* funciona como una herramienta de control sobre las demás procurando evitar la pérdida de recursos y el desperdicio.

En esta propuesta en concreto, se centra en la implementación y control de técnicas eficientes de análisis y puesta en común de información, además de la reutilización de recursos, minimizando los costes y el tiempo de los procesos. Por ejemplo, el modelo 3D realizado para la puesta en valor y conservación de estos Elementos Patrimoniales, es una pieza clave en un futuro proyecto de intervención, pues la reducción del tiempo en el proceso de trabajo es casi total.

Al igual que la *Dimensión* anterior, el peso de esta, recae principalmente en la posibilidad de un futuro proyecto de intervención sobre los Bienes analizados mediante esta metodología. Mediante esta propuesta se ahorra tiempo a la hora de aplicar la Metodología HBIM en un proyecto de intervención, pues al tener la información ya recogida y analizada de cara a un proceso de intervención se pueden realizar mediciones más precisas y propuestas más concretas.

Por último, a modo de resumen comparativo, se muestra un gráfico de porcentaje de reutilización de estos datos y recursos generados en una posible futura intervención sobre el Bien estudiado (Figura 35). Se trata de un gráfico de porcentajes aproximado, con la intención de mostrar las mayores diferencias entre las dimensiones del proyecto aquí expuesto y el Proyecto de intervención según la metodología HBIM.

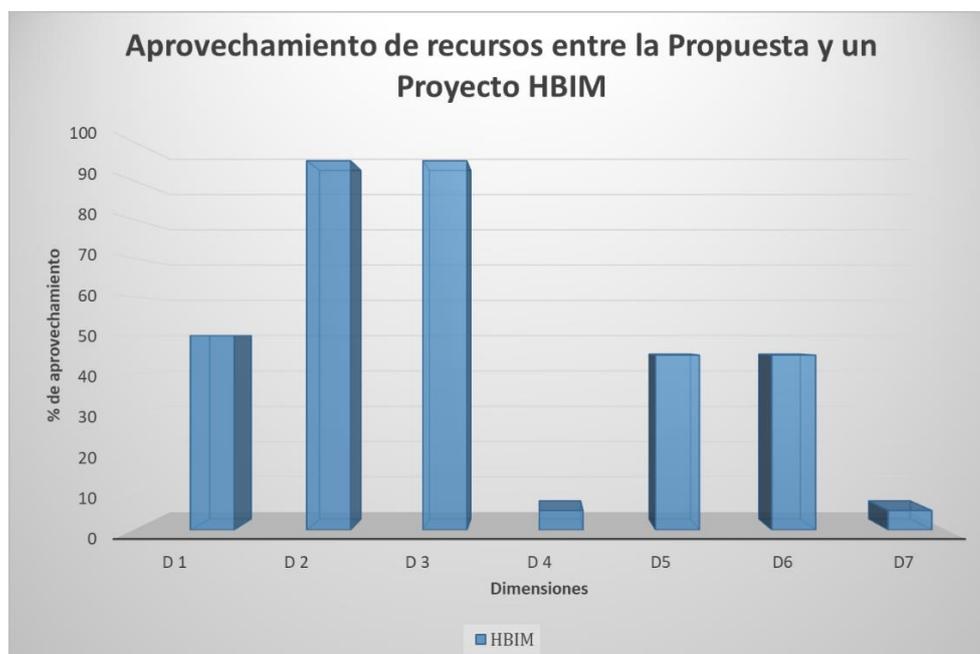


FIGURA 35. Gráfico de aprovechamiento de recursos entre la Propuesta y un proyecto HBIM de intervención. Gráfico de Autor.

<sup>66</sup> Ver apartado 5.2.1. Dimensiones de la metodología BIM.

# Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

## D7. Mantenimiento/seguimiento.

En cuanto al Mantenimiento, esta *Dimensión*, en este caso está destinada al mantenimiento y seguimiento informático de los recursos en línea, con la intención de que estos datos recogidos, analizados y procesados durante las demás *Dimensiones*, se encuentren actualizados y en funcionamiento.

Al encontrarse estos modelos de datos en plataformas digitales, accesibles desde la nube para cualquier usuario, necesitan de un mantenimiento informático para que los cambios que se producen en sistemas operativos y procedimientos informáticos no devalúen la implementación de esta metodología, y sigan permitiendo la correcta lectura de sus archivos.

Por tanto, esta *Dimensión* toma parte desde el principio, tratando de usar los formatos de archivos con mayor compatibilidad entre equipos y sistemas, con la intención de su interoperabilidad en cualquier dispositivo, garantizando de este modo una fácil y rápida difusión entre usuarios.

A continuación, se muestra un gráfico de las distintas *Dimensiones* intervinientes en este proyecto a modo de resumen (Figura36). Este gráfico reúne cada paso o característica que se lleva a cabo en cada uno de los procesos que se engloban en las *Dimensiones*. la conjunción de estas siete dimensiones engloba las principales características del proyecto aquí redactado, considerándose los pilares fundamentales del proyecto.

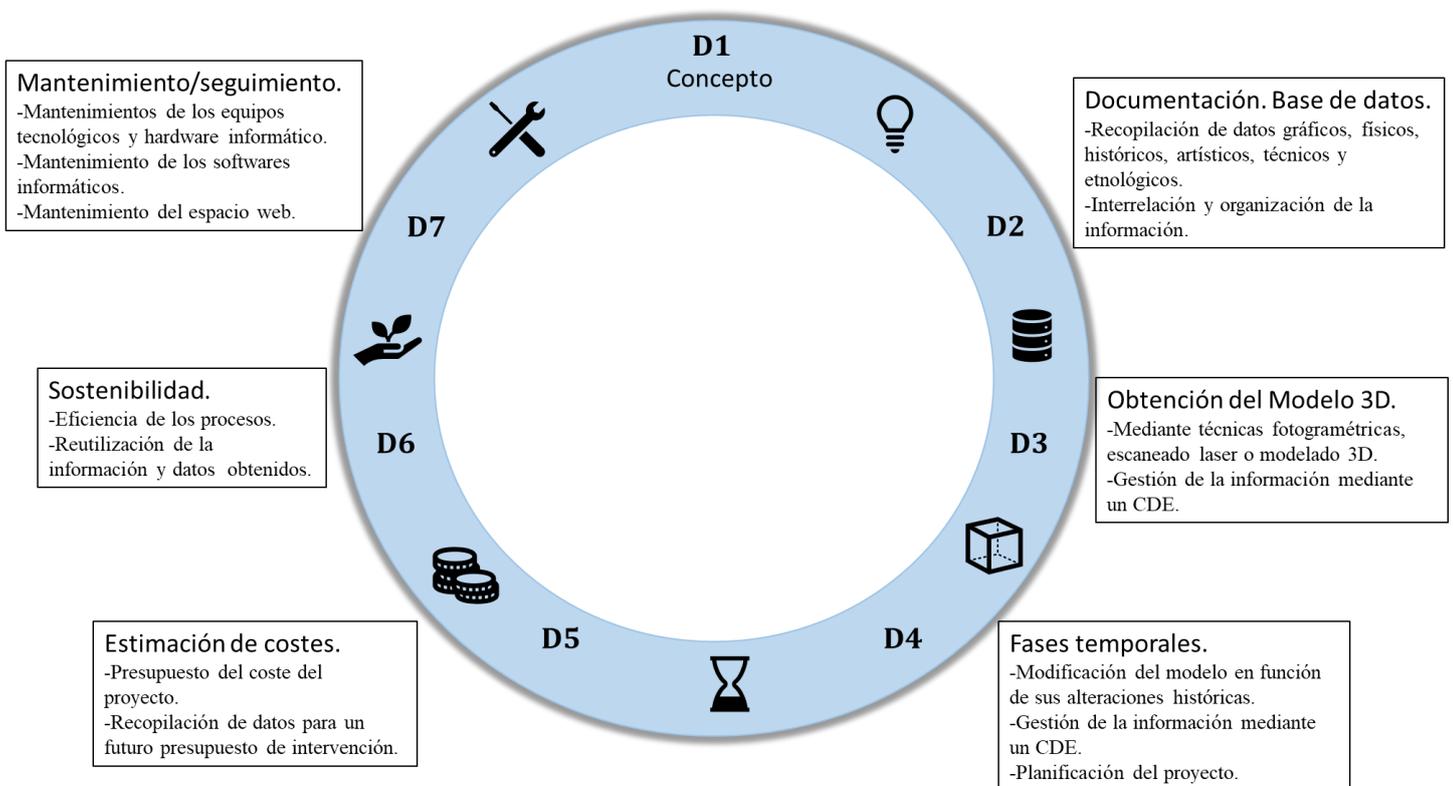


FIGURA 36. Gráfico Resumen de las Dimensiones BIM en este Proyecto. Gráfico de Autor.

### 5.2.2. Necesidades del proceso de implementación.

Para la implementación de esta metodología de trabajo en el contexto de la Conservación y la Restauración del Patrimonio, es necesario conocer y estar formado en la metodología BIM. Actualmente existen multitud de guías de implementación de la metodología en el campo de la Arquitectura (Figura 37), que en cierto modo son aplicables a nuestro campo. Debido a la similitud de trabajo entre el HBIM y el BIM, comparten multitud de procesos y formas de trabajo, exceptuando la finalidad del mismo. Aun así, muchas de las herramientas de gestión son similares.

| TÍTULO  | ORGANISMO                           | PAÍS           | AÑO  | DOCUMENTO |
|---|-------------------------------------|----------------|------|-----------|
| The VA BIM Guide v1.0 [27]                                  | Department of Veterans Affairs      | Estados Unidos | 2010 | Guía      |
| BIM Project Execution Planning Guide v2.1 [2]               | The Pennsylvania State University   | Estados Unidos | 2011 | Guía      |
| BIM Management Plan Template [28]                           | NATSPEC                             | Australia      | 2012 | Plantilla |
| BIM Essential Guide For BIM Execution Plan [29]             | Building and Construction Authority | Singapur       | 2013 | Plantilla |
| Singapore BIM Guide v2 [30]                                 | Building and Construction Authority | Singapur       | 2013 | Guía      |
| The Uses of BIM v0.9 [6]                                    | The Pennsylvania State University   | Estados Unidos | 2013 | Guía      |
| Building Information Modelling (BIM) Standard & Guide [31]  | Florida International University    | Estados Unidos | 2014 | Guía      |
| uBIM D1-D13 [32]  | Building SMART Spanish Chapter      | España         | 2014 | Guía      |
| Building Information Modelling (BIM) Execution Plan [33]    | University of Cambridge             | Reino Unido    | 2015 | Plantilla |
| CIC Building Information Modelling Standards Draft 6.2 [34] | CIC (Construction Industry Council) | Hong Kong      | 2015 | Guía      |

FIGURA 37. Tabla de guías y plantillas para la implementación y uso del BIM y el BEP (BIM Execution Plan) obtenido de: COMPADRE DEL RIO, C. *Guía para la redacción de un BEP para el desarrollo de un proyecto en BIM. Aplicación para un proyecto de instalaciones en un edificio inteligente.* [en línea]. Trabajo Final de Grado. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid. 2018.

# Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

A continuación, se muestran unos gráficos descriptivos de la hoja de ruta a seguir en la implementación de la metodología BIM Según el autor Manoel Gonçalves da Rocha Jimenez (Figura 38).

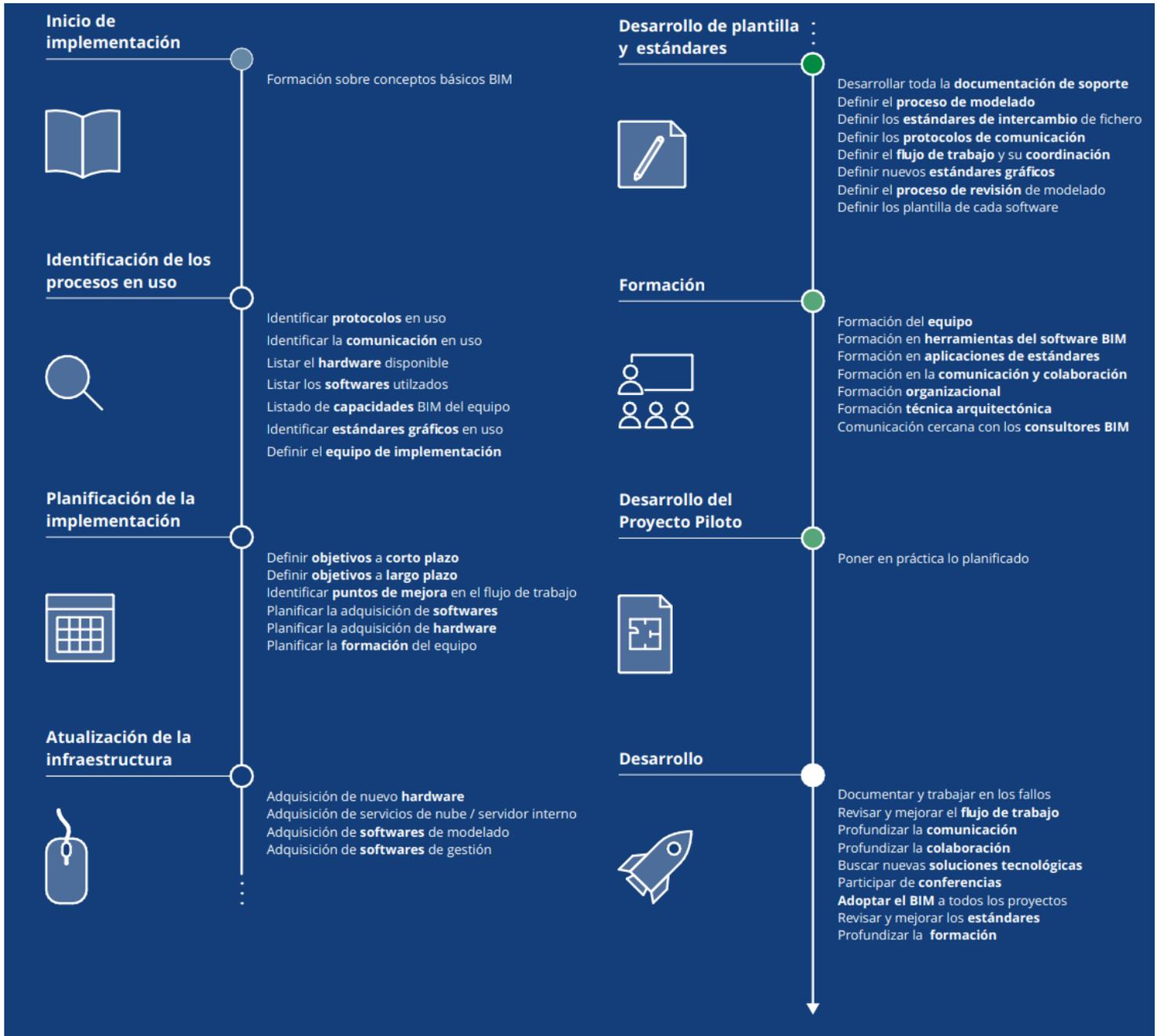


FIGURA 38. Hoja de Ruta en la implementación BIM. Obtenido de: GONÇALVES DA ROCHA JIMENEZ, M. *Guía Visual de Implementación BIM para arquitectos en España*. [en línea]. Trabajo Final de Grado. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2019. pp. 38-39

Una vez realizada la implementación de la metodología en el equipo de trabajo siguiendo la hoja de ruta mostrada. Se deben tener en cuenta otra serie de necesidades a la hora de redactar un proyecto con metodología BIM. Debido al intrincado mundo BIM, es necesario realizar un plan previo para la ejecución de un proyecto estableciendo ciertos criterios. A este tipo de planes se les conoce como BEP (BIM Execution Plan o Plan de Ejecución BIM). Los BEP necesitan de una serie de definición de tareas, conocidas como *WorkFlow* o Flujo de operaciones (Figura 39).<sup>67</sup>



FIGURA 39. Contenidos BEP. Ordenados en sentido de agujas del reloj. Obtenido de: COMPADRE DEL RIO, C. *Op. Cit.*

Del mismo modo, en relación con este *WorkFlow* mencionado anteriormente, la forma de plasmar este flujo de operaciones en la redacción de un BEP es mediante diferentes categorías de información disponible para los integrantes de los equipos del proyecto. Esta información y la forma de organización de la misma es el eje principal por el cual se organizará el proceso de trabajo dentro de la metodología BIM en un proyecto de ejecución. Para considerar que un BEP se encuentra completo, se deben tener presentes las siguientes catorce categorías de información.<sup>68</sup>

- ❖ Información básica acerca del plan de ejecución BIM.
- ❖ Información del proyecto.
- ❖ Personas clave del proyecto.
- ❖ Objetivos del proyecto.
- ❖ Roles organizacionales.
- ❖ Diseño de proceso BIM.
- ❖ Requerimientos de información.
- ❖ Procedimientos colaborativos.
- ❖ Procedimientos de control de calidad.
- ❖ Necesidades de infraestructuras digitales.
- ❖ Estructura del modelo.
- ❖ Entregables del proyecto.

<sup>67</sup> COMPADRE DEL RIO, C. *Guía para la redacción de un BEP para el desarrollo de un proyecto en BIM. Aplicación para un proyecto de instalación en un edificio inteligente.* [en línea]. Trabajo Final de Grado. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid. 2018.

<sup>68</sup> ZULUETA PÉREZ, P.; ET. AL. PLAN DE EJECUCIÓN BIM (PEB): UNA APROXIMACIÓN PRÁCTICA DESDE UN ENTORNO ACADÉMICO. En: *22nd International Congress on Project Management and Engineering*. Madrid. 2018.

- ❖ Archivos de intercambio de información BIM.
- ❖ Estrategia de entrega.

Una vez expuesta la forma de implementación de la metodología, y las necesidades de gestión y coordinación de la información por generar, se puede establecer una serie de puntos clave. Estos puntos clave, formaran parte del BEP de nuestro Proyecto:<sup>69</sup>

- A. DETALLES DEL PROYECTO.
  - A.I. INFORMACIÓN DEL PROYECTO.
  - A.II. DESCRIPCIÓN.
  - A.III. FASES E HITOS.
  - A.IV. EQUIPO.
    - A.IV.I. CONTACTOS DEL EQUIPO BIM.
    - A.IV.II. ROLES Y RESPONSABILIDADES.
- B. ALCANCE DEL BIM.
  - B.I. USOS BIM.
  - B.II. TECNOLOGÍAS. HARWARE Y SOTFWARE.
  - B.III. GESTIÓN DE INFORMACIÓN.
    - B.III.I. ESTANDARIZACIÓN.
    - B.III.II. ENTORNO COMÚN DE DATOS (CDE).
    - B.III.III. ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN.
- C. ORGANIZACIÓN DEL MODELO.
  - C.I. LENGUAJE DEL PROYECTO.
  - C.II. UNIDADES DEL PROYECTO.
  - C.III. PRECISIÓN ANOTATIVA.
  - C.IV. ARCHIVO UNICO DEL SISTEMA DE REFERENCIA (URS).
  - C.V. ORIGEN DE COORDENADAS.
  - C.VI. TIPOS DE MODELOS Y NOMENCLATURA.
- D. NIVEL DE DETALLE.
- E. ARCHIVOS A EXPORTAR Y ENTREGABLES.

**A. DETALLES DEL PROYECTO.**

En este apartado del proyecto es en el cual se incluye la información relevante a la realización del proyecto; Equipo, roles y responsabilidades, fases e hitos, forma de contacto con los integrantes del equipo, etc.

**A.I. INFORMACIÓN DEL PROYECTO.**

Se trata de una tabla a modo de ficha técnica del proyecto en la cual se establece información en relación con las fechas de inicio y fin de proyecto, el nombre del mismo, nombre del director del proyecto y código de proyecto.

---

<sup>69</sup>ZAMORA MELO, R. E. *Guía BIM para BIC. Metodología BIM enfocada a proyectos de intervención BIC.* [en línea]. Trabajo Final de Grado. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2021. CONSEJERIA DE FOMENTO INFRAESTRUCTURAS Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. JUNTA DE ANDALUCIA. *Plantilla del plan de ejecución BIM, tipo exigido para pliegos de licitación de redacción de proyectos y ejecución de obras (anexo 2 del PTP). Plantilla de pre-PEB de la AOPJA. S.f.* ANÓNIMO. *TYPICAL BIM EXECUTION PLAN.* S.f. (ANEXO II: BIM EXECUTION PLAN)

#### **A.II. DESCRIPCIÓN.**

Consiste en una descripción del propósito del proyecto y lo que se realizará en el mismo. Esta descripción puede tratar desde un proceso de intervención *In-Situ*, hasta lo propuesto en el proyecto de este trabajo, una conservación y puesta en valor a pesar de la degradación de la materia física.

#### **A.III. FASES E HITOS.**

Esta fase del proyecto es fundamental, pues se establecen una serie de requisitos mínimos para llegar a unos hitos que marcan el avance del desarrollo del proyecto. En función de los hitos establecidos en el proyecto, para cada uno de ellos se debe establecer una fecha de inicio y fin, además del responsable de la realización del trabajo para cumplir dicho hito. También es fundamental establecer en que formato de archivo se va a trabajar cada una de las fases que componen estos hitos.

#### **A.IV. EQUIPO.**

##### **A.IV.I. CONTACTOS DEL EQUIPO BIM.**

Como en todo proyecto, y en este caso con mayor importancia, es necesario facilitar la comunicación de los integrantes de los distintos equipos que forman el proyecto. En este sentido es fundamental la realización de un directorio que mantengan en contacto a los miembros del equipo del proyecto. En este directorio se introducen los datos de contacto de las personas del equipo.

##### **A.IV.II. ROLES Y RESPONSABILIDADES.**

En cuanto a los roles y responsabilidades, es necesaria la repartición de tareas en el proyecto BIM, en este sentido son cuatro las figuras fundamentales que debe tener todo proyecto BIM:

- Director BIM: Esta figura es la encargada de gestionar el proyecto y alcanzar los objetivos y expectativas del mismo.
- Gerente BIM: Es la figura responsable de los contenidos y calidad digital y estructural del proyecto BIM. Coordina la colaboración interdisciplinar dentro del proyecto.
- Coordinador BIM: Este rol es el encargado de la coordinación del proyecto dentro del modelo colaborativo interdisciplinar, garantizando el cumplimiento de los requerimientos del BEP. Puede haber tanto coordinadores como disciplinas se encuentren en el proyecto.
- Modelador BIM: Esta figura es la encargada y responsable de realizar el modelado del proyecto.

#### **B. ALCANCE DEL BIM.**

##### **B.I. USOS BIM.**

En este apartado se definen los usos BIM según aparecen en la *GUÍA VISUAL de Implementación BIM para arquitectos en España* de Manoel Gonçalves da Rocha Jimenez.<sup>70</sup>

##### **B.II. TECNOLOGÍAS. HARWARE Y SOTFWARE.**

Este apartado se encarga de especificar los softwares y hardware que van a ser empleados en el proyecto, permitiendo el trabajo colaborativo.

---

<sup>70</sup> GONÇALVES DA ROCHA JIMENEZ, M. *Guía Visual de Implementación BIM para arquitectos en España*. [en línea]. Trabajo Final de Grado. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2019.

### **B.III. GESTIÓN DE INFORMACIÓN.**

#### **B.III.I. ESTANDARIZACIÓN.**

La organización dentro de un proyecto es fundamental, sobre todo cuando se refiere a organización y jerarquización de información. En este sentido, este apartado establece las normas guía para la generación de información dentro del proyecto, de manera que se encuentre estandarizada y se pueda visualizar de una manera uniforme.

#### **B.III.II. ENTORNO COMÚN DE DATOS (CDE).**

Herramienta de colaboración interdisciplinar mediante la cual se comparten archivos y datos entre todos los integrantes del equipo. En este apartado se establecen las características básicas de uso además de establecer sus requisitos mínimos, con el fin de su accesibilidad y organización. Se trata de la base de colaboración entre los integrantes el equipo.

#### **B.III.III. ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN.**

En este apartado se establecen las estrategias de comunicación entre los equipos y los roles principales dentro del proyecto BIM. Además de que se establece la comunicación entre estas figuras mediante una serie de reuniones.

### **C. ORGANIZACIÓN DEL MODELO.**

#### **C.I. LENGUAJE DEL PROYECTO.**

Este apartado es el encargado de definir el idioma en el cual se realizará el proyecto.

#### **C.II. UNIDADES DEL PROYECTO.**

Este apartado establece el sistema métrico empleado en el proyecto.

#### **C.III. PRECISIÓN ANOTATIVA.**

En este apartado se establece la precisión anotativa dentro del proyecto.

#### **C.IV. ARCHIVO UNICO DEL SISTEMA DE REFERENCIA (URS).**

Se trata de un archivo que contiene toda la información relevante en cuanto a coordenadas y georreferencias, previo a la realización del modelado del edificio.

#### **C.V. ORIGEN DE COORDENADAS.**

En este apartado se incluyen los datos de localización, coordenadas y sistema geodésico de proyección de los puntos de origen proyecto.

#### **C.VI. TIPOS DE MODELOS Y NOMENCLATURA.**

El proceso de modelado de los objetos y formas tridimensionales, se realizan por partes. Para la unificación de estos modelos y para evitar su disociación se establecen una serie de nomenclaturas en función de la disciplina a la que pertenezcan. De esta manera es más fácil acceder a los modelos por parte de los demás integrantes del equipo.

### **D. NIVEL DE DETALLE.**

En este apartado se desarrollan y especifican los niveles de detalle en relación con el proceso del proyecto.

### **E. ARCHIVOS A EXPORTAR Y ENTREGABLES.**

En este apartado se establecen los archivos entregables y los archivos a exportar de cara a la colaboración para la finalización del proyecto.

Tras la exposición y breve explicación de estos puntos clave redactados en base a diferentes plantillas de elaboración de BEP y de Guías de implantación BIM, se debe resaltar, que estos puntos son solo a título orientativo. Es decir, si se llegase a la necesidad de modificar dichos puntos para mejorar la adaptación al proyecto, lo único que se debería seguir teniendo presente en la redacción de los nuevos puntos o en la modificación de los actuales, son las catorce categorías de información imprescindibles para la realización de un BEP.

### 5.2.3. Análisis DAFO de la propuesta de aplicación.

Finalizada la exposición de la propuesta de implementación de dicha metodología, debemos ser conscientes de las limitaciones que existen y se pueden producir, al igual que de aquellas situaciones o características que puedan favorecer a dicho proyecto. Para ello se ha desarrollado un sistema de análisis comparativo desde diferentes puntos de vista.

Este sistema de análisis DAFO, analiza los aspectos intrínsecos (Debilidades y fortalezas) y extrínsecos (Amenazas y Oportunidades) tanto positivos para la propuesta como negativos para la misma.

A continuación, se muestra el análisis DAFO realizado en base a la propuesta de implementación de la metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrantes de *La Lista Roja del Patrimonio*. (Figura 40)

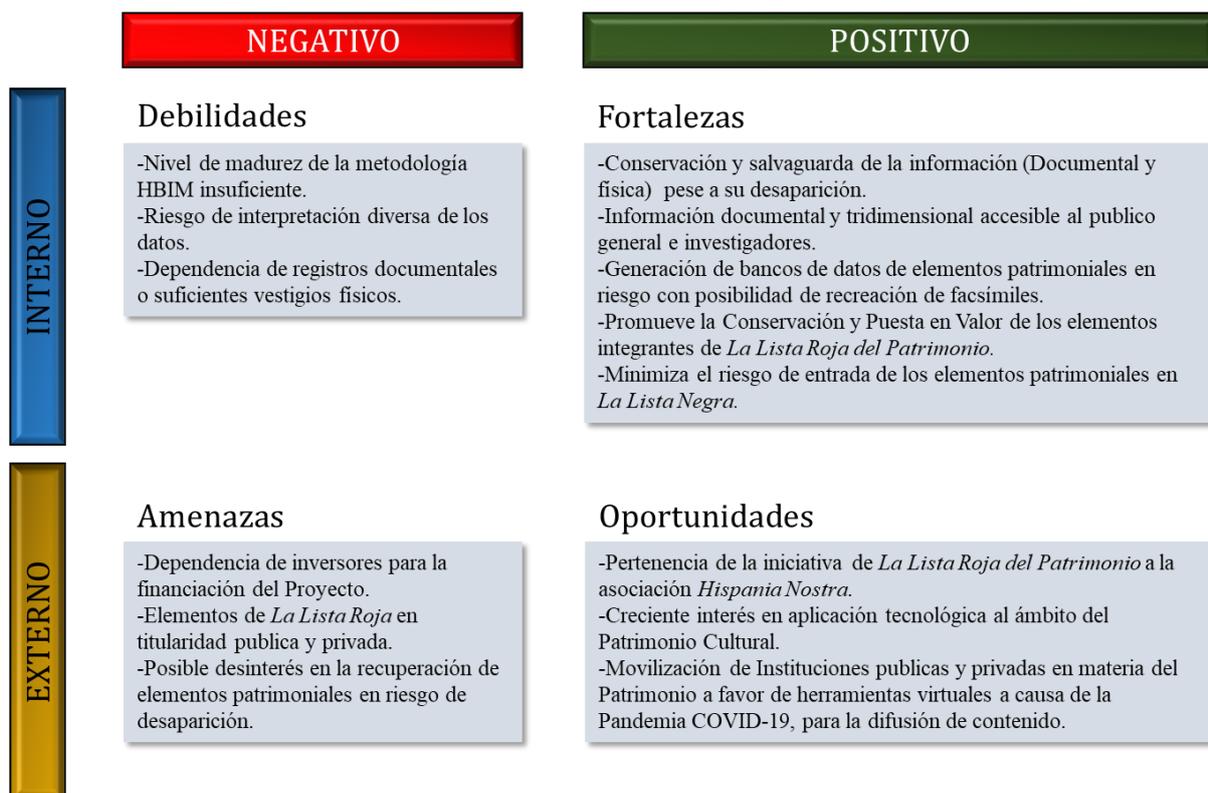


FIGURA 40. Resumen análisis DAFO. Gráfico de Autor.

➤ INTERNO

En cuanto al análisis interno del propio proyecto, se contemplan dos aspectos, uno negativo (Debilidades) y otro positivo (Fortalezas). La comparación de los resultados de análisis en estos dos aspectos aportara una idea global del estado de la propuesta de proyecto a realizar, estableciendo los puntos débiles y fuertes del mismo. De este modo siendo conscientes de las limitaciones, se puede emprender un proceso de mejora de las mismas. Además, se pueden emplear las fortalezas destacadas para suplir o emplear como punto de apoyo a las debilidades detectadas.

#### DEBILIDADES

En el sector de la Arquitectura, hoy en día se sigue implementando la metodología BIM dentro del proceso de construcción de una nueva edificación. La implementación de esta metodología y el proceso de aprendizaje que supone para los equipos de expertos que deben estar formados en dicha metodología, en el campo de la arquitectura, ingeniería y construcción; siguen centrados en el soporte, la capacitación y la educación necesarias para alcanzar el Segundo Nivel de Madurez BIM.<sup>71</sup>

Extrapolando este hecho al sector de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, el Nivel de Madurez BIM alcanzado es indudablemente inferior. Esto se ve evidenciado por la falta de capacitación, educación y disponibilidad de los soportes para el sector en concreto.<sup>72</sup>

En este sentido, este es un hecho que confiere cierto grado de debilidad, pues para lograr un buen resultado en dicho proyecto, en primer lugar, es necesario la implementación de la metodología BIM mediante la educación, la capacitación de los equipos y la dotación de *software* y herramientas digitales para la completa eficacia del proceso.

Otro punto clave y preocupante del proceso, es la posibilidad de interpretación diversa de los datos obtenidos en los procesos de análisis y estudios documentales. Si bien, los estudios se deben basar en métodos científicos, hay ciertos aspectos que pueden ser interpretables. Estos aspectos pueden causar modificaciones en el modelo final en función de la interpretación que se realice de ellos.

Por otro lado, para el correcto desarrollo de este plan de conservación y puesta en valor de elementos en riesgo, se precisa de registros documentales y de vestigios físicos para la recogida de información. En algunos casos, los Elementos Patrimoniales a estudiar pueden carecer de registros documentales que aporten información suficiente al estudio o bien que estos documentos se encuentren disociados por el paso del tiempo.

En esta misma línea, el estudio de los vestigios físicos desde un punto de vista arqueológico es necesario para la recogida de datos que aporten mayor claridad al desarrollo del proyecto. Algunos de los elementos de *La Lista Roja del Patrimonio*, pueden carecer de suficientes vestigios físicos para realizar correctamente esta recogida de información, necesaria para realizar el modelo 3D, necesario para el progreso del proyecto.

---

<sup>71</sup> SANTIAGO SALAMANCA, P.M. ET AL. *Op. Cit.* pp.1078.

<sup>72</sup> *Ibidem.*

## FORTALEZAS

La implementación de la metodología BIM como herramienta conservativa y de puesta en valor, tal y como se desarrolla en este trabajo, asegura la salvaguarda de la información documental y física en medios digitales, a pesar de la desaparición física material del Elemento Patrimonial en cuestión. Mediante este proyecto modelo, se guarda y se pone a disposición del público general toda la información tanto documental como física en un repositorio digital accesible desde cualquier dispositivo.

Del mismo modo, se facilita la consulta de información documental y gráfica de los Elementos Patrimoniales, de cara a estudios venideros por parte de investigadores, asegurando la pervivencia de estos elementos en el tiempo a pesar de su estado de ruina.

La creación de estos repositorios digitales, con bancos de información sobre los Elementos Patrimoniales de *La Lista Roja del Patrimonio*, facilita el estudio de los mismos. Al haberse realizado un estudio de cada elemento en profundidad para su digitalización y difusión al público en general, en el caso que se precise, se contiene toda la información relevante a la tecnología constructiva y materiales a disposición del público. Este hecho puede facilitar la creación de facsímiles<sup>73</sup> de los elementos, en un futuro, con intenciones didácticas.

Dicho Proyecto Modelo, complementa la función de *La Lista Roja del Patrimonio*, pues promueve la conservación y puesta en valor de sus Elementos Patrimoniales desde una perspectiva tecnológica más actual.

Por último, la aplicación de este proyecto sobre los elementos de la mencionada lista minimiza el riesgo de entrada de los mismos en *La Lista Negra*. Siendo una herramienta de conservación y puesta en valor novedosa, fomenta la conservación de estos elementos sin intervenir directamente sobre su estado de ruina, siendo de este modo más respetuoso con los elementos patrimoniales y el devenir de su historia.

## ➤ EXTERNO

El análisis externo del Proyecto Modelo de implementación de la metodología BIM, contempla del mismo modo aspectos negativos (Amenazas) y positivos (Oportunidades). Este análisis se centra en el contexto de aplicación del proyecto, analizando los factores externos del mismo que pueden ser un punto de apoyo para su desarrollo o un motivo de desestimación del mismo.

## AMENAZAS

La implementación de la metodología BIM en un proceso de trabajo dentro de un proyecto, no es una tarea fácil, pero del mismo modo tampoco es barata. Dicha implementación conlleva al principio grandes costes de dinero y tiempo para la formación de los equipos, la capacitación y la dotación de soportes necesarios. Como gran parte de los proyectos, este en concreto necesita de una serie de inversores en el mismo que aporten la financiación necesaria para el desarrollo del proyecto.

---

<sup>73</sup> Según la RAE: facsímil. 1. Como sustantivo masculino, 'reproducción exacta de un escrito o un dibujo'. Esta definición también es extrapolable del mismo modo a la reproducción de cualquier objeto, tratándose en este caso de bienes inmuebles.

Dadas las cantidades de dinero necesarias para realizar una correcta implementación del BIM<sup>74</sup>, la búsqueda de inversores puede suponer una amenaza externa al proyecto que dificulte y amenace su ejecución.

Por otro lado, cabe destacar que algunos Elementos Patrimoniales de *La Lista Roja del Patrimonio* se encuentran en titularidad privada, frente a otros que se encuentran en titularidad pública. Este hecho dificulta aún más la amenaza mostrada anteriormente, pues es un hecho preocupante para la financiación. Aunque también dificulta el proceso de toma de datos *In-Situ*, por la necesidad de colaborar con distintas figuras en el proceso de obtención de permisos para la recogida de datos.

Además, otro aspecto destacable es el posible desinterés de recuperación de algunos de los elementos patrimoniales. Debido al abandono sufrido y a su actual estado de conservación, se puede deducir que estos Elementos Patrimoniales, se encuentran desbordados de desinterés por parte del propietario, ya sea la propiedad de titularidad pública o privada. Esta posible falta de interés, puede ser un punto de inflexión negativo en la implementación de la mencionada metodología para la recuperación digital del Patrimonio incluido en esta lista.

#### OPORTUNIDADES

La pertenencia de la iniciativa, de *La Lista Roja del Patrimonio*, a la Asociación *Hispania Nostra*, de ámbito europeo y con sede en España puede ser una oportunidad estratégica para el lanzamiento del proyecto. Al proponerse dicho proyecto como una herramienta complementaria a la mencionada iniciativa, la Asociación autora de la misma puede ser un punto de apoyo para lograr la ejecución del Proyecto Modelo.

Por otro lado, en esta etapa histórica y social de creciente desarrollo tecnológico y el auge de la aplicación de este sobre multitud de campos, favorece la propuesta de implementación de la metodología BIM como herramienta conservativa y de puesta en valor del patrimonio. Esta afirmación se ve respaldada, por el creciente interés en la aplicación de la metodología BIM en los sectores de la Construcción, la Ingeniería y la Arquitectura.

A causa de la Pandemia COVID-19, desde las Instituciones Culturales, tanto de titularidad pública como privada, se ha impulsado una campaña de acercamiento de la Cultura y el Arte a través de los medios digitales. Estando presente la imposibilidad de visitar espacios y centros culturales, se ha incentivado el traspaso de acciones culturales a medios digitales, lo cual es un punto a favor para el desarrollo de esta conservación y puesta en valor a través de medios digitales.

---

<sup>74</sup> Siguiendo la hoja de ruta mostrada en el apartado: 5.2.2. Necesidades del proceso de implementación.



## CONCLUSIONES

Para concluir, es necesario mencionar el intrincado mundo de la metodología BIM y la necesidad de su extenso y amplio conocimiento para la aplicación de dicha metodología a un proyecto. En este sentido, la posibilidad de aplicación y de implementación de dicha metodología depende en gran medida del conocimiento sobre esta por parte del equipo. Para ello se concluye que, en primer lugar, se debe realizar una educación teórico-práctica del equipo de trabajo encargado de la aplicación del proyecto aquí expuesto. Con este fin se ha detallado a lo largo del trabajo la hoja de ruta a seguir para una correcta implementación.

Además de la necesidad de un equipo de trabajo formado en la metodología BIM o HBIM, también es necesario un avance en el nivel de madurez BIM, tal y como se ha expresado en puntos anteriores del trabajo.

Por otro lado, sin contar con las necesidades que conlleva la implementación de la metodología BIM en un entorno de trabajo, las cuestiones de conservación y puesta en valor de los Elementos Patrimoniales de la *Lista Roja* y la elaboración de un método de recopilación y almacenamiento de la información referente a los Elementos Patrimoniales, queda cubierto una vez sea posible la completa aplicación de la metodología de trabajo a este proyecto.

La aplicación teórica de la metodología como tal es relativamente sencilla, la complejidad se hace presente en la aplicación práctica de la misma por las cuestiones destacadas en párrafos anteriores. Por tanto, la viabilidad de dicho proyecto depende directamente de la posibilidad de formación en metodología BIM de un equipo de trabajo que desarrolle la propuesta.

Del mismo modo, como se ha observado en el Análisis DAFO, existen varios puntos que favorecen y desfavorecen la ejecución del proyecto aquí presentado, que dependen directamente de la educación en BIM.

Por último, este trabajo deja abiertas varias vías para continuar con el estudio tanto de viabilidad como de aplicación de la propuesta. En este sentido, a continuación, se enumeran las posibles futuras vías de estudio para lograr la implementación de la metodología BIM como herramienta conservativa y de puesta en valor a través del proyecto aquí expuesto:

- ❖ Estudio de Desarrollo de Madurez HBIM
- ❖ Elaboración de una hoja de ruta específica para la formación de un equipo de trabajo especializado en metodología HBIM aplicado a la conservación y puesta en valor de los elementos patrimoniales integrantes de *La Lista Roja del Patrimonio*.

Además de estas dos líneas de trabajo que quedan abiertas, en el desarrollo de estas es seguro que surgirán nuevas problemáticas a resolver y nuevas líneas de trabajo y de investigación relacionadas.

En el ámbito de la educación universitaria y otros tipos de formación para los/as Conservadores/as-Restauradores/as, es necesario comenzar con la implementación de planes educativos que contemplen asignaturas referentes a la metodología de trabajo BIM o HBIM. Debido a la complejidad de implementación de este método de trabajo en entornos laborales a causa de la necesidad de formación previa en materia BIM, mediante la introducción de esta metodología en el desarrollo del proceso educativo de estas figuras, se puede facilitar el desarrollo del nivel de madurez BIM y de implementación de esta metodología de trabajo en el ámbito de la Conservación-Restauración.

## BIBLIOGRAFÍA

- **AIA.** Instituto Americano de Arquitectos. [en línea]. E-202-2008: Building Information Modeling Protocol Exhibit. 2008.
- **ANÓNIMO.** De 0 a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM? En: *Biblus ACCAsoftware*. S.f. [en línea]. [consulta: 08-02-2022]. Disponible en: <https://biblus.accasoftware.com/es/de-0-a-3-que-son-los-niveles-de-madurez-bim/>
- **ANÓNIMO.** *TYPICAL BIM EXECUTION PLAN*. S.f. (ANEXO II: BIM EXECUTION PLAN)
- **ARCHIVO HISTÓRICO MUNICIPAL DE TORREDONJIMENO.** Caja del año 1551. Libro de Actas Capitulares del año 1551, Cabildo del 18 de enero.
- **ARCHIVO HISTÓRICO MUNICIPAL DE TORREDONJIMENO.** Caja del año 1738. Libro de Actas Capitulares del año 1738, Cabildo del 1 de julio.
- **ASOCIACIÓN HISPANIA NOSTRA.** *Estatutos Hispania Nostra*. Cap. 1 art.2.1. 27 de junio de 2018. [en línea]. [consulta: 14- 12-2021]. Disponible en: <https://www.hispanianostra.org/wp-content/uploads/2021/04/Certificado-Estatutos-23102018.pdf>
- **ASOCIACIÓN HISPANIA NOSTRA.** ¿Quiénes somos? En: *Lista Roja del Patrimonio*. S.f. [en línea]. [consultado: 14- 12-2021]. Disponible en: <https://listarojapatrimonio.org/quienes-somos/>
- **ASOCIACIÓN HISPANIA NOSTRA.** Criterios de inclusión. En: *Lista Roja del Patrimonio*. S.f. [en línea]. [consultado: 14- 12-2021]. Disponible en: <https://listarojapatrimonio.org/criterios-de-inclusion/>
- **BIMETRICLAB.** Episodio 6: Una comprensión sistemática de BIM. [en línea]. En: *Espacio LEAN BIM*. 2016. [consulta: 09- 02-2022]. Disponible en: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-6-una-comprension-sistematica-de-bim/>
- **CASTILLO ARMENTEROS, J. C.; CASTILLO ARMENTEROS, J. L.** La organización militar de la Orden de Calatrava en el Alto Guadalquivir a través de las investigaciones arqueológicas. [en línea]. En: *Arqueología y territorio medieval*. N° 10.2. Jaén: Universidad de Jaén. 2003. Grupo de Investigación del Patrimonio Arqueológico de Jaén. pp.187.
- **CATASTRO DEL MARQUES DE LA ENSENADA.** Archivo General de Simancas. 1750-1754 [en línea]. Obtenido de: Portal de Archivos Españoles (PARES).
- **COMPADRE DEL RIO, C.** *Guía para la redacción de un BEP para el desarrollo de un proyecto en BIM. Aplicación para un proyecto de instalaciones en un edificio inteligente*. [en línea]. Trabajo Final de Grado. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid. 2018.
- **CONSEJERIA DE FOMENTO INFRAESTRUCTURAS Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. JUNTA DE ANDALUCIA.** *Plantilla del plan de ejecución BIM, tipo exigido para pliegos de licitación de redacción de proyectos y ejecución de obras (anexo 2 del PTP)*. Plantilla de pre-PEB de la AOPJA. S.f.

- **FORERO LEÓN, D.** *Mejora del modelo Historic Building Information Modeling (HBIM) para la gestión de fases histórico-constructivas. Aplicación al caso de la nave de la iglesia de San Juan del Hospital en Valencia.* [en línea]. Tesis Final de Máster. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 2018.
- **GARCÍA PULIDO, L. J.** El sistema defensivo del Molino del Cubo (Torredonjimeno, Jaén). Un molino fortificado por la Orden de Calatrava en la Frontera con el Reino Nazarí. En: *Castillos de España*. Nº132. 2004. pp. 23-33.
- **GÓMEZ TEIXEIRA, R.** *Metodologías BIM aplicadas al patrimonio* [en línea]. Tesis Doctoral. Vila Nova de Cerveira, Escola Superior Gallaecia. 2019.
- **GONÇALVES DA ROCHA JIMENEZ, M.** *Guía Visual de Implementación BIM para arquitectos en España.* [en línea]. Trabajo Final de Grado. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2019.
- **LASTANOSA, P. J. DE.** *Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas.* [en línea]. 1600-1700. BNE. Signatura: Mss/3372-Mss/3376.
- **LATORRE GARCÍA, J.** La industria giennense en la ilustración: los molinos de aceite y harina. En: *Congreso "La Ilustración y Jaén"*, Jaén: U.N.E.D., Centro Asociado "Andrés de Vandelvira": Real Sociedad Económica Amigos del País. 1996. pp. 261-282
- **MADOZ, P.** *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar.* Tomos XI y XV. 1846-1850. BNE.
- **MARTÍN RODRÍGUEZ, A.** *Predicción de deterioro y Conservación Preventiva mediante sistemas BIM de la muralla del Recinto I del Real Alcázar de Sevilla (Casas 7 y 8 del Patio de Banderas).* [en línea]. Trabajo Final de Grado. Sevilla: Universidad de Sevilla. 2017.
- **NORMA ISO 19650-1:2018.** Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles.
- **OLIVER FAUBEL, I.** *Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de grado en arquitectura técnica/ingeniería de edificación. Diseño de una propuesta.* [en línea]. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia. 2015.
- **SANTIAGO SALAMANCA, P.M.; ET AL.** Pasado presente y futuro de los HBIM (Heritage/Historic Building Information Models). [en línea]. En: *Actas de las XXXIX Jornadas de Automática*. Badajoz. 2018. pp. 1077-1084.
- **SUCCAR, B.** Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. En: *Automation in Construction*. Australia. 2009. pp. 357-375
- **VIGUERAS GONZÁLEZ, M.** La tecnología de los molinos de rodezno en la época de Felipe II. [en línea]. En: *De la tradición al futuro: III Jornadas Nacionales de Molinología*. Cartagena. 2002. ISBN 84-606-3210-5
- **VV.AA.** BIM aplicado al Patrimonio Cultural, Documento 14. [en línea]. En: *Guía de usuarios BIM de Building Smart Spain Chapter*. 2018.

## **Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.**

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

---

- **ZAMORA MELO, R. E.** *Guía BIM para BIC. Metodología BIM enfocada a proyectos de intervención BIC.* [en línea]. Trabajo Final de Grado. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2021.
- **ZULUETA PÉREZ, P.; ET. AL.** Plan de ejecución BIM (PEB): Una aproximación práctica desde un entorno académico. En: *22nd International Congress on Project Management and Engineering.* Madrid. 2018.

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |         |
|---|---------|
| <b>FIGURA 1.</b> Fotografía del Sitio web de la Lista Roja del Patrimonio. Mapa interactivo. Obtenido de: <a href="https://listarojapatrimonio.org/">https://listarojapatrimonio.org/</a>   | Pág.10  |
| <b>FIGURA 2.</b> Gráfico descriptivo del proceso de entrada y salida de Elementos Patrimoniales de <i>La Lista Roja del Patrimonio</i> . Gráfico de autor.  | Pág.12  |
| <b>FIGURA 3.</b> Fotografía del Sitio Web de <i>La Lista Roja del Patrimonio</i> . Ficha técnica del bien. <a href="https://listarojapatrimonio.org/ficha/molino-del-cubo/">https://listarojapatrimonio.org/ficha/molino-del-cubo/</a>  | Pág.13  |
| <b>FIGURA 4.</b> Diagrama de Venn para modelo de responsabilidades de difusión e Interoperabilidad de los Campos BIM. Obtenido de: GÓMEZ TEIXEIRA, R. <i>Metodologías BIM aplicadas al patrimonio</i> [en línea]. Tesis Doctoral. Vila Nova de Cerveira, Escola Superior Gallaecia. 2019. | Pág.15  |
| <b>FIGURA 5.</b> Relación LOD/ BIM/Modelo Tradicional. 2015. Interpretación de Oliver Faubel de la correspondencia entre fases. Obtenido de: OLIVER FAUBEL, I. <i>Op. Cit.</i>  | Pág.18  |
| <b>FIGURA 6.</b> Gráfico descriptivo de la Norma ISO 19650-1:2018. Gráfico obtenido de: ANÓNIMO. <i>Op. Cit.</i>  | Pág.20  |
| <b>FIGURA 7.</b> Comparativa entre la imagen del estudio y una reproducción realizada por el autor.   | Pág.24  |
| <b>FIGURA 8.</b> Dibujo esquemático del Rodezno y sus componentes. Obtenido de: VIGUERAS GONZÁLEZ, M. <i>Op. Cit.</i>   | Pág..26 |
| <b>FIGURA 9.</b> Dibujo esquemático del mecanismo completo de los molinos de Rodezno. Obtenido de: VIGUERAS GONZÁLEZ, M. <i>Op.Cit.</i>   | Pág.27  |
| <b>FIGURA 10.</b> Dibujo esquemático del embalse en forma de cubo de los molinos hidráulicos. Obtenido de: LASTANOSA, P. J. DE. <i>Op. Cit.</i>   | Pág.28  |
| <b>FIGURA 11.</b> Plano Topográfico con la localización del Molino del Cubo. Obtenido de GARCÍA PULIDO, L. J. <i>Op.Cit.</i>  | Pág.29  |
| <b>FIGURA 12.</b> Fotografía de los refuerzos ataludados presentes en el paramento del Caz. Fotografía de Autor.  | ANEXO I |
| <b>FIGURA 13.</b> Vista del Caz hacia el cubo del molino. Fotografía de Autor.  | Pág.30  |
| <b>FIGURA 14.</b> Fotografía del vuelo de piedra de la fachada principal para alejar el agua de lluvia de la misma. Fotografía de Autor.  | ANEXO I |
| <b>FIGURA 15.</b> Fotografía de detalle de la composición de sillarejo de los paramentos. Fotografía de Autor.  | ANEXO I |
| <b>FIGURA 16.</b> Vista de la cartela fundacional. Fotografía de Autor.   | Pág.30  |
| <b>FIGURA 17.</b> Fotografía de algunas de las marcas de cantería presentes en las piedras talladas. Fotografía de Autor.   | ANEXO I |
| <b>FIGURA 18.</b> Vista del alzado oeste del edificio. Fotografía obtenida de: <a href="https://listarojapatrimonio.org/ficha/molino-del-cubo/#gallery-2">https://listarojapatrimonio.org/ficha/molino-del-cubo/#gallery-2</a>  | Pág.31  |

## Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

|  |         |
|--|---------|
| <b>FIGURA 19.</b> Fotografía de la salida de agua por el Cárcavo cubierto de vegetación. Fotografía desde el lecho del río. Fotografía de Autor.   | ANEXO I |
| <b>FIGURA 20.</b> Fotografía del orificio realizado a la altura de las escaleras en la cara norte. Fotografía de Autor.  | ANEXO I |
| <b>FIGURA 21.</b> Vista del alzado Sur. Fotografía de Autor.   | Pág.31  |
| <b>FIGURA 22.</b> Vista del paramento interior Sur, donde se alojarían los artilugios de molienda. Fotografía de autor.  | Pág.32  |
| <b>FIGURA 23.</b> Fotografía del Cárcavo colapsado de escombros. Fotografía de Autor.  | ANEXO I |
| <b>FIGURA 24.</b> Fotografía de los espacios donde encajaban las vigas de madera que componían la segunda altura de la planta baja. Fotografía de Autor.   | ANEXO I |
| <b>FIGURA 25.</b> Fotografía de las escaleras desde la parte superior. Fotografía de Autor.  | ANEXO I |
| <b>FIGURA 26.</b> Fotografía del acceso a las escaleras desde la planta baja. Fotografía de Autor.   | ANEXO I |
| <b>FIGURA 27.</b> Vista del paramento interior Oeste, donde se ve la situación interna de las ventanas. Fotografías de Autor.  | Pág.32  |
| <b>FIGURA 28.</b> Fotografía de los orificios que conectan el piso alto con la planta baja. Fotografía de Autor.   | ANEXO I |
| <b>FIGURA 29.</b> Tabla comparativa de las Dimensiones en las distintas metodologías. BIM: Simplificado. *HBIM obtenido de: SANTIAGO SALAMANCA, P.M. ET AL. <i>Op.Cit.</i> Tabla de Autor.   | Pág.34  |
| <b>FIGURA 30.</b> Imagen de ejemplo de funcionamiento del espacio digital accesible. Selección de un elemento y aparición de despleables con enlaces. Imagen digital de Autor.   | Pág.33  |
| <b>FIGURA 31.</b> Gráfico descriptivo de la interrelación de información de la base de datos en el caso de estudio. Gráfico de Autor.  | Pág.36  |
| <b>FIGURAS 32 Y 33.</b> Capturas del prototipo del modelado del Molino del Cubo en el programa Blender 3.1. Imágenes de Autor.   | Pág.37  |
| <b>FIGURA 34.</b> Eje cronológico del entorno del Molino del Cubo. Gráfico de Autor.   | Pág.38  |
| <b>FIGURA 35.</b> Gráfico de aprovechamiento de recursos entre la Propuesta y un proyecto HBIM de intervención. Gráfico de Autor.  | Pág.39  |
| <b>FIGURA 36.</b> Gráfico Resumen de las Dimensiones BIM en este Proyecto. Gráfico de Autor.   | Pág.40  |
| <b>FIGURA 37.</b> Tabla de guías y plantillas para la implementación y uso del BIM y el BEP (BIM Execution Plan) obtenido de: COMPADRE DEL RIO, C. <i>Guía para la redacción de un BEP para el desarrollo de un proyecto en BIM. Aplicación para un proyecto de instalaciones en un edificio inteligente.</i> [en línea]. Trabajo Final de Grado. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid. 2018. | Pág.41  |
| <b>FIGURA 38.</b> Hoja de Ruta en la implementación BIM. Obtenido de: GONÇALVES DA ROCHA JIMENEZ, M. <i>Guía Visual de Implementación BIM para arquitectos en España.</i> [en línea]. Trabajo Final de Grado. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2019. pp. 38-39   | Pág.42  |

**Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio. Caso de estudio El Molino del Cubo.**

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.

---

**FIGURA 39.** Contenidos BEP. Ordenados en sentido de agujas del reloj. Obtenido de: PÁG.43  
COMPADRE DEL RIO, C. *Op. Cit.*

---

**FIGURA 40.** Resumen análisis DAFO. Gráfico de Autor. PÁG.47

# ANEXOS



## ANEXO I: Documentación gráfica y fotográfica complementaria.

Fotografías complementarias del *Molino del Cubo*:



FIGURA 12. Fotografía de los refuerzos ataludados presentes en el paramento del Caz. Fotografía de Autor.



FIGURA 14. Fotografía del vuelo de piedra de la fachada principal para alejar el agua de lluvia de la misma. Fotografía de Autor.

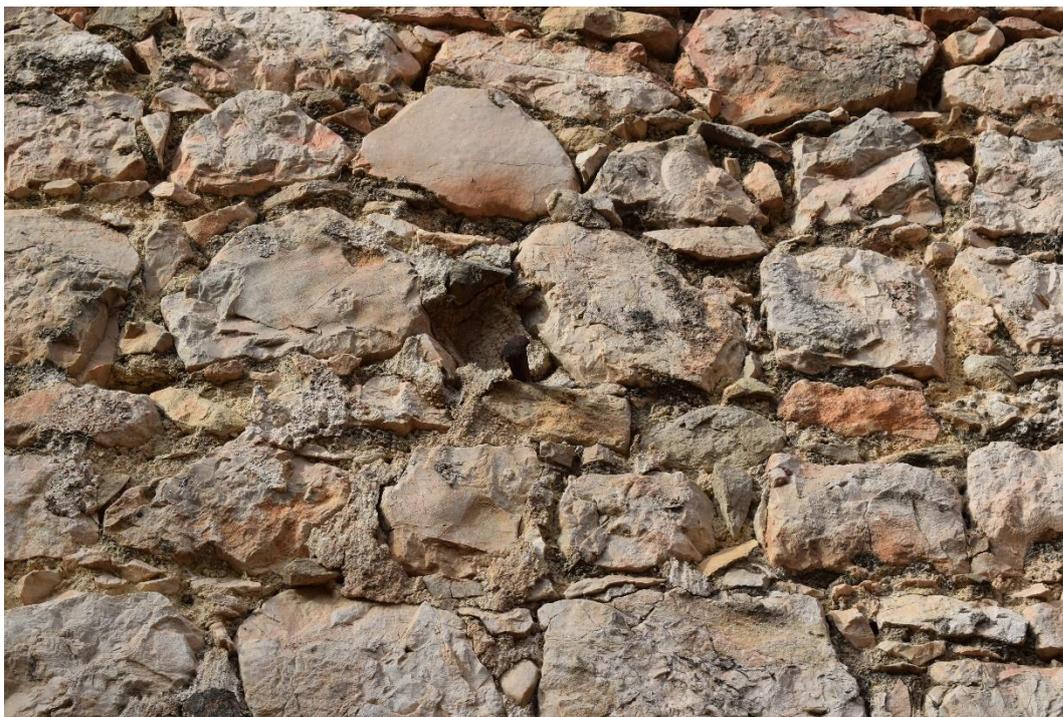


FIGURA 15. Fotografía de detalle de la composición de sillarejo de los paramentos. Fotografía de Autor.



FIGURA 17. Fotografía de algunas de las marcas de cantería presentes en las piedras talladas. Fotografía de Autor.



FIGURA 19. Fotografía de la salida de agua por el Cárcavo cubierto de vegetación. Fotografía desde el lecho del río. Fotografía de Autor.



FIGURA 20. Fotografía del orificio realizado a la altura de las escaleras en la cara norte. Fotografía de Autor.



FIGURA 23. Fotografía del Cárcavo colapsado de escombros. Fotografía de Autor.



FIGURA 24. Fotografía de los espacios donde encajaban las vigas de madera que componían la segunda altura de la planta baja. Fotografía de Autor.



FIGURA 25. Fotografía de las escaleras desde la parte superior. Fotografía de Autor.



FIGURA 26. Fotografía del acceso a las escaleras desde la planta baja. Fotografía de Autor.



FIGURA 28. Fotografía de los orificios que conectan el piso alto con la planta baja. Fotografía de Autor.

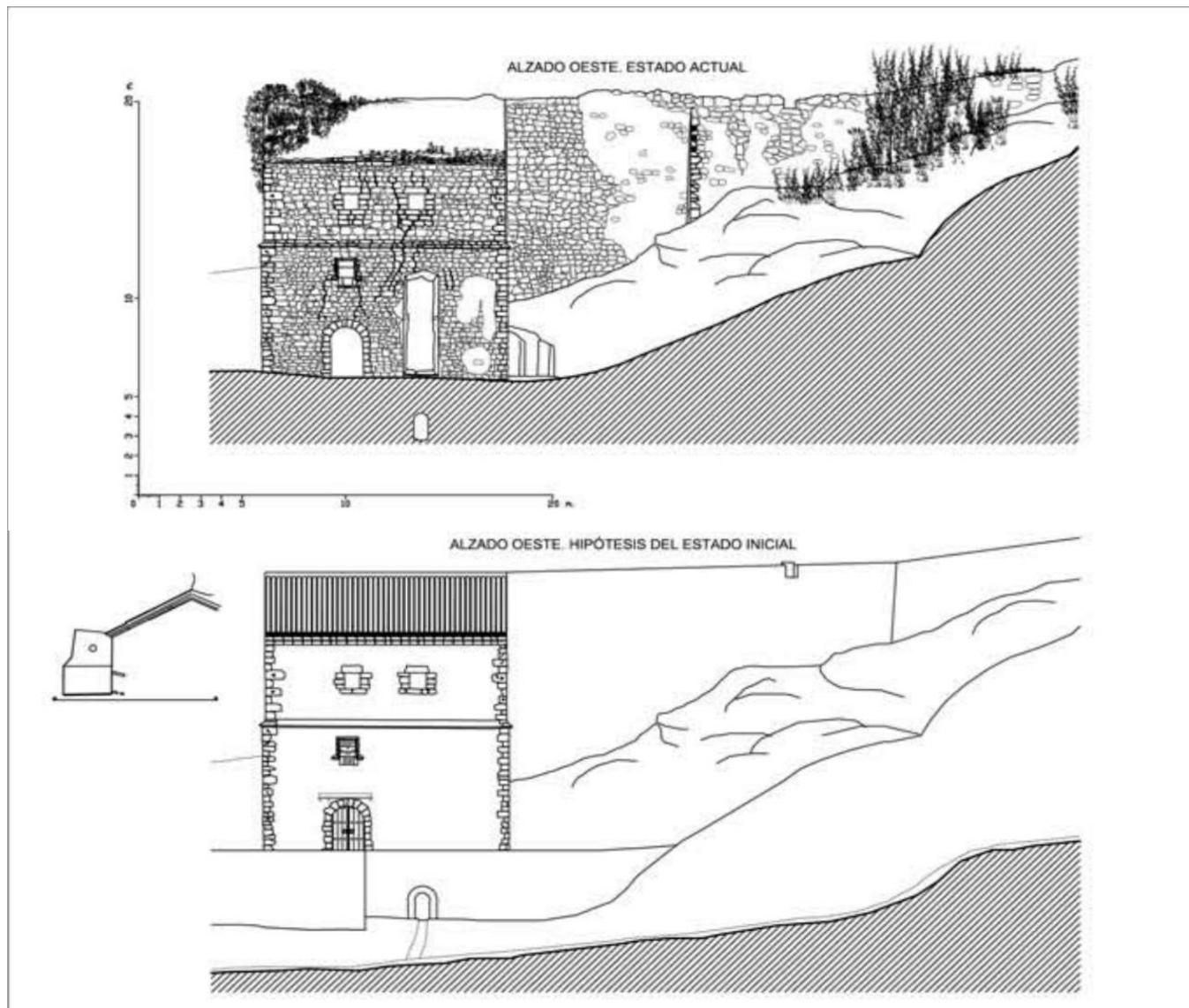
A continuación, se muestran una serie de planos descriptivos del Molino del Cubo: El alzado Oeste, en su estado actual y una reconstrucción de la hipótesis inicial; el alzado Norte, en su estado actual y una reconstrucción de la hipótesis inicial; el alzado Sur, en su estado actual y una reconstrucción de la hipótesis inicial. Todos estos acompañados de su plano en planta para situar la vista. Además, se añaden otros planos de corte Longitudinal y de corte Transversal en su estado actual y una reconstrucción de la hipótesis inicial.

Los planos descriptivos han sido obtenidos de: GARCÍA PULIDO, L. J. 2004. El sistema defensivo del Molino del Cubo (Torredonjimeno, Jaén). Un molino fortificado por la Orden de Calatrava en la Frontera con el Reino Nazarí. En Castillos de España. N°132. Pp. 23-33.

**Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio.  
Caso de estudio El Molino del Cubo.**

ANEXOS

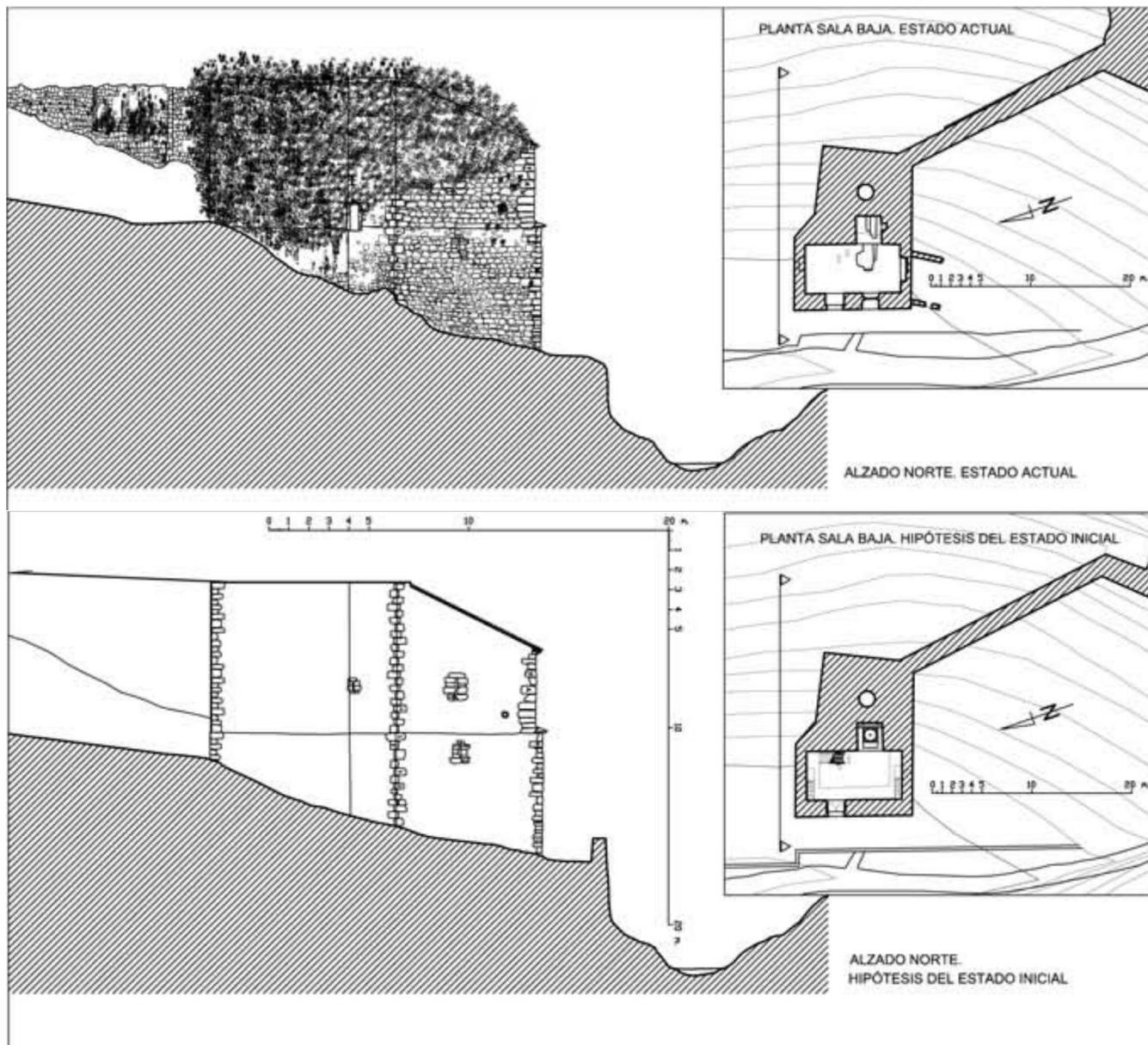
Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.



Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio.  
Caso de estudio El Molino del Cubo.

ANEXOS

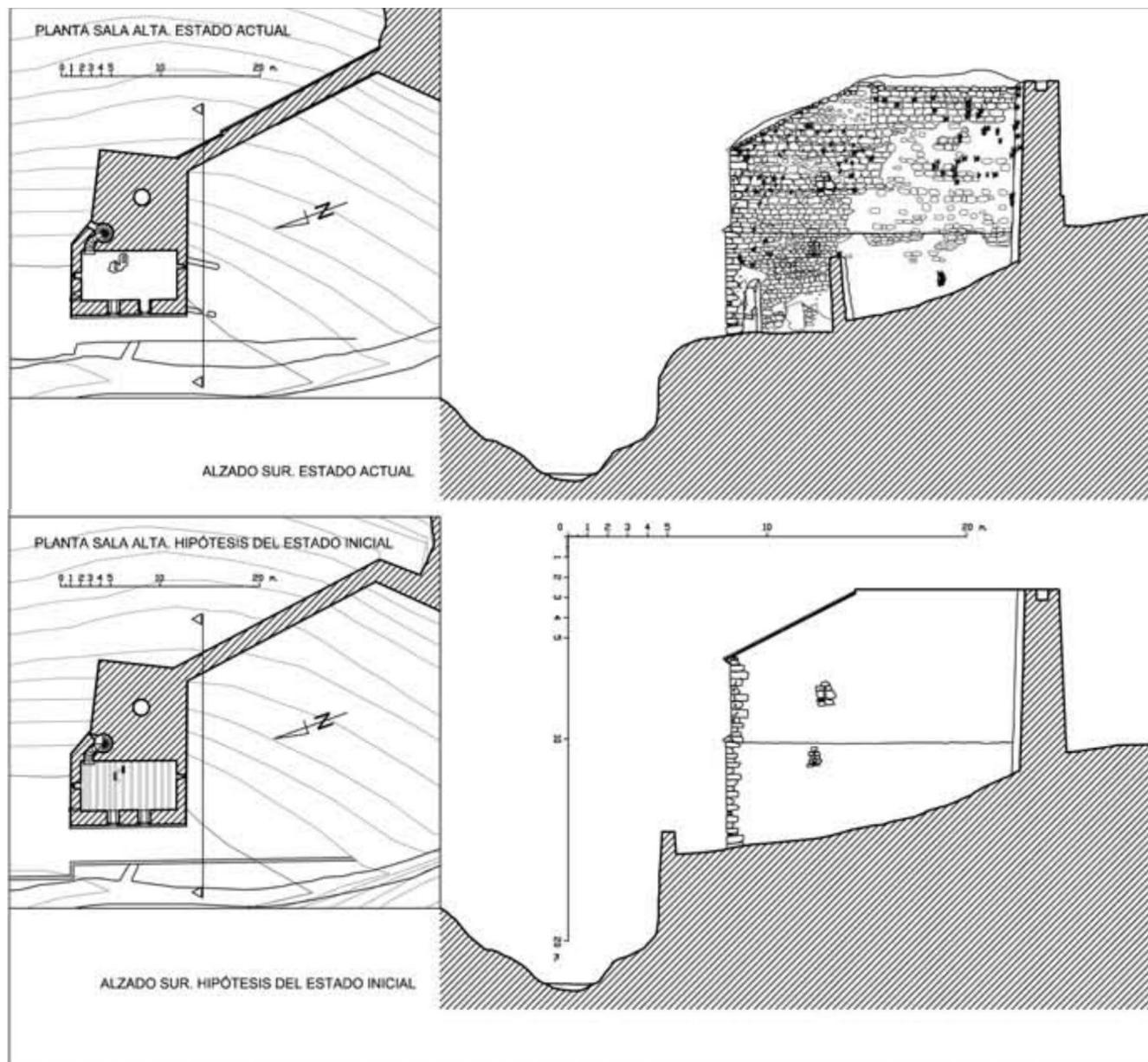
Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.



Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio.  
Caso de estudio El Molino del Cubo.

ANEXOS

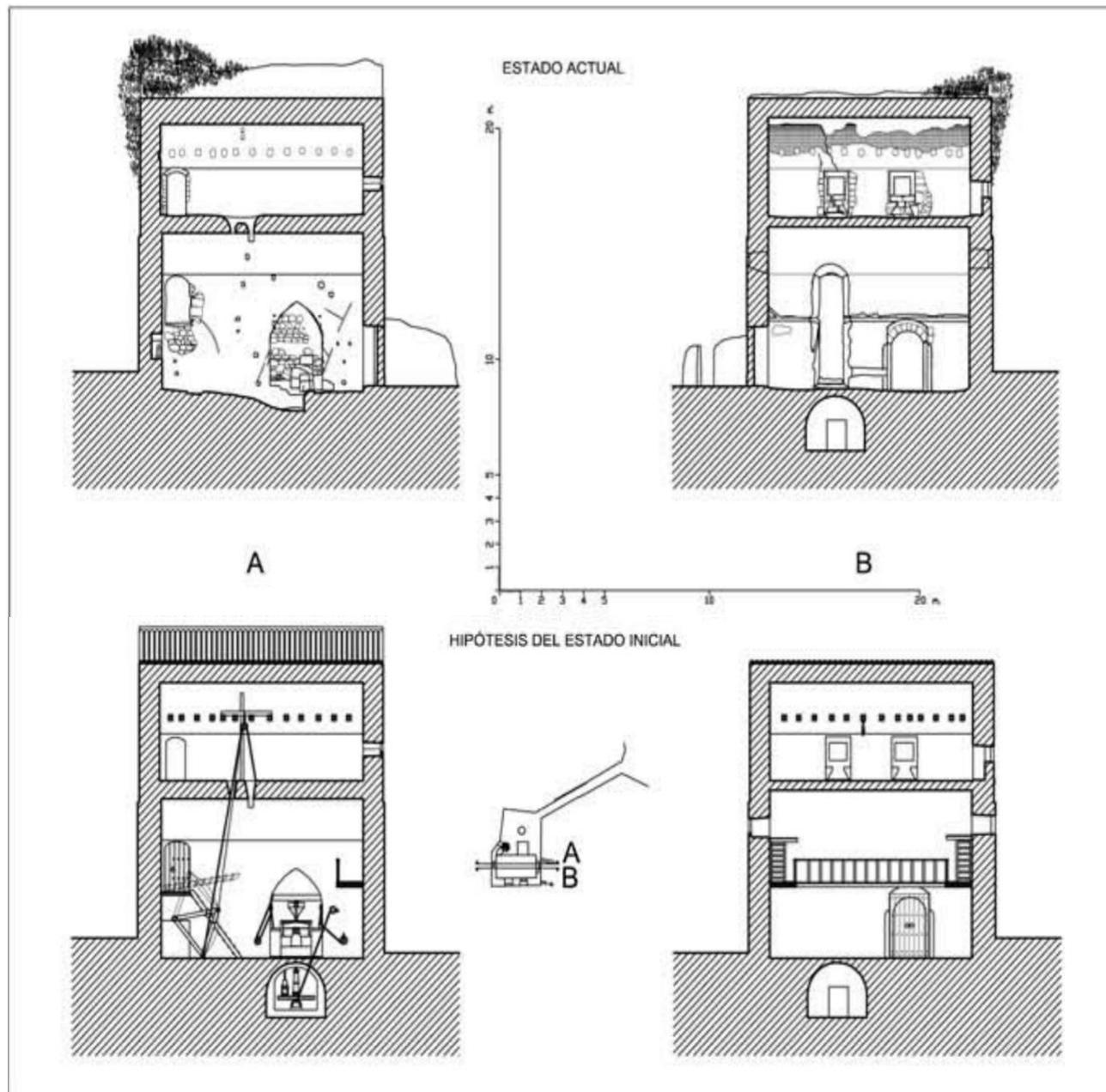
Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.



Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio.  
Caso de estudio El Molino del Cubo.

ANEXOS

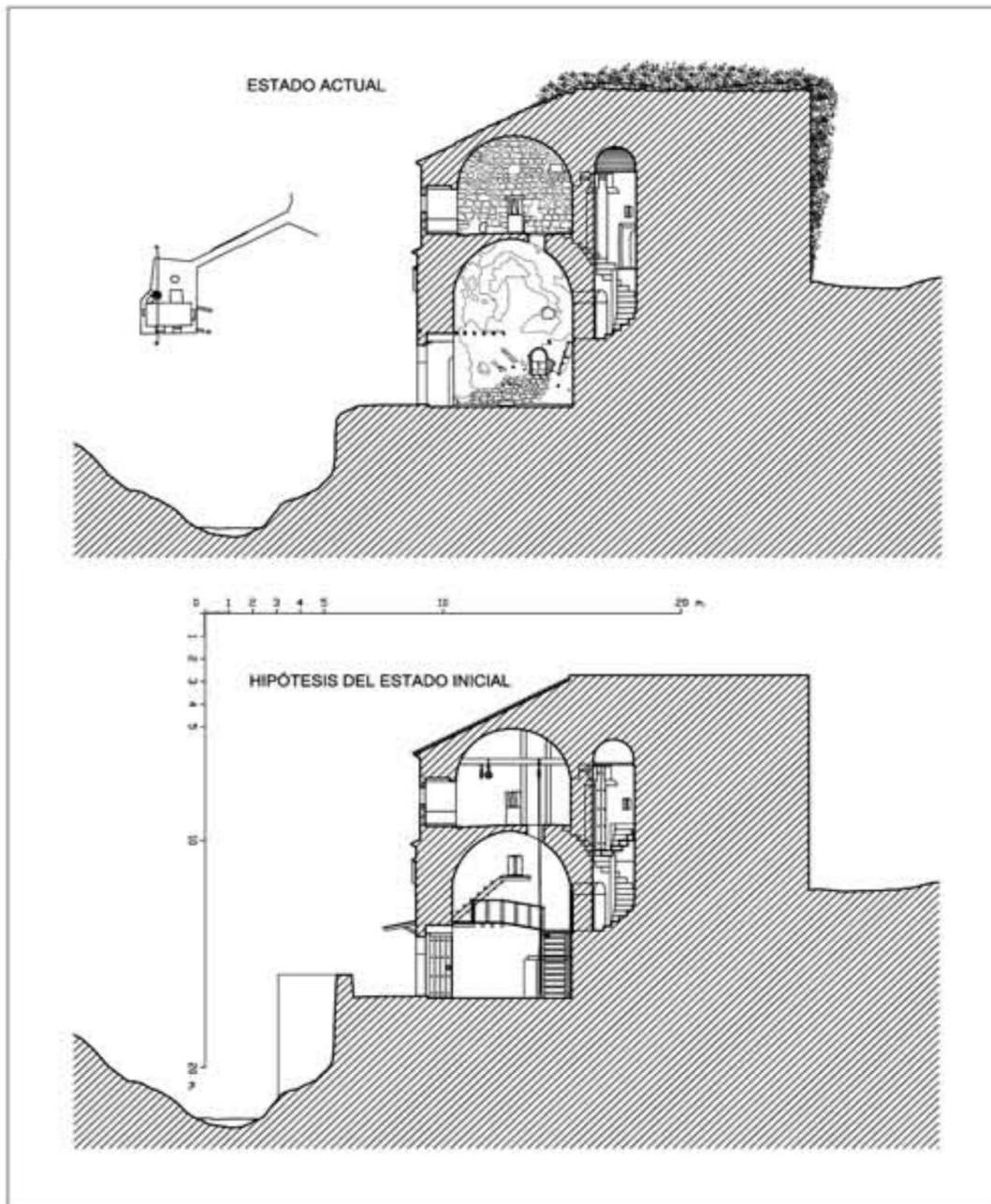
Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.



**Implementación de la Metodología BIM como medida conservativa y de puesta en valor de los Bienes integrados en la Lista Roja del Patrimonio.  
Caso de estudio El Molino del Cubo.**

ANEXOS

Trabajo Final de Máster. Alberto Sáez Cañada.



## ANEXO II: BIM EXECUTION PLAN.

A continuación, se adjunta un documento de 22 páginas. Este documento es una plantilla elaborada para la realización del Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan [BEP]). No se ha podido localizar al autor del documento en cuestión, razón por la cual se anexa como información complementaria, pues ha servido de base para elaborar el apartado 5.2.2. Necesidades del proceso de implementación.

# PROJECT NAME

## BIM EXECUTION PLAN

| PROJECT INFORMATION        |                              |  |
|----------------------------|------------------------------|--|
| CLIENT                     | XX XXXXX                     |  |
| PROJECT NAME               | XX XXXXX                     |  |
| PROJECT NUMBER             | XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX |  |
| DATE                       | XXXXXXXX 2016                |  |
| PROJECT LOCATION & ADDRESS | XXXXX, XXXXX.                |  |

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCTION .....                                | 3  |
| SECTION A: PROJECT DETAILS .....                  | 4  |
| A1: PROJECT INFORMATION.....                      | 4  |
| A2: PROJECT DESCRIPTION.....                      | 4  |
| A3: PROJECT SCHEDULE, PHASES & MILESTONES .....   | 5  |
| A4: PROJECT BIM TEAM CONTACTS .....               | 6  |
| SECTION B: BIM SCOPE .....                        | 7  |
| B1: BIM USES .....                                | 7  |
| B2: BIM STANDARDS & SOFTWARE .....                | 8  |
| B3: BIM TARGETS .....                             | 9  |
| B4: PROJECT MEETINGS .....                        | 10 |
| SECTION C: MODEL ORGANIZATION .....               | 11 |
| C1: PROJECT LANGUAGE.....                         | 11 |
| C2: PROJECT UNITS .....                           | 11 |
| C3: ANNOTATIVE PRECISION .....                    | 11 |
| C4: UNIQUE REFERENCE SYSTEM FILE (URS) .....      | 11 |
| C5: PROJECT BASE POINT .....                      | 12 |
| C6: SHARED COORDINATE SYSTEM .....                | 12 |
| C7: PROJECT FILE STRUCTURE DIAGRAM.....           | 12 |
| C7: PROJECT REVIT FILE NAMING .....               | 13 |
| C8: REVIT MODEL TYPES.....                        | 14 |
| C8.1: REVIT MODEL NAMING BY DISCIPLINE .....      | 15 |
| C9: WORKSETS .....                                | 16 |
| SECTION D: MODEL LEVEL OF DETAIL .....            | 17 |
| D1: MODEL CONTENTS .....                          | 17 |
| SECTION E: COLLABORATION.....                     | 19 |
| E1: FILE COORDINATION & PROJECT COORDINATION..... | 19 |
| E2A: REVIT FILES – EXPORT .....                   | 20 |
| E3A: CAD CONTENT – EXPORT REVIT TO CAD .....      | 20 |
| E3B: CAD CONTENT – IMPORT CAD TO REVIT .....      | 20 |
| E4: COORDINATION & CLASH DETECTION .....          | 21 |
| SECTION F: APPENDICES .....                       | 22 |

## INTRODUCTION

The purpose of this document is to record the agreed strategies and process for the whole team working on this BIM project with AEC team. It is to serve as a reference and record of the collaborative process throughout the life of the project, and it is expected to evolve from the start to the end of the BIM process.

BIM is more than a set of computer models, but a mindset and process which is at the origin of an integrated project team.

This document is addressing project workflows, model creation, model authors and model ownership & cross project data sharing.

The need for communication increases along the implementation of the BIM process and this document is one small part of the project submission.

This document will support communication among the different teams, obliged to adapt this BIM strategy; otherwise potential efficiencies will be lost.

No single member of the team shall make a decision regarding how the whole team shall work without prior consultation with the whole team.

This serves to ensure that work efforts are not duplicated by other team members avoiding costly task redundancy.

| REVIEW                    | DATE OF REVISION | RELEASE DATE    |
|---------------------------|------------------|-----------------|
| Original Version : Ind. 0 | XXXXXXXXXX       | Initial Version |
|                           |                  |                 |
|                           |                  |                 |
|                           |                  |                 |



### A3: PROJECT SCHEDULE, PHASES & MILESTONES

| PROJECT PHASE/MILESTONE                                | ESTIMATED START DATE | ESTIMATED WORKING TIME | RESPONSABILITY | FILE FORMAT |
|--|----------------------|------------------------|----------------|-------------|
| Preliminary Design (SCHEMATIC DESIGN)<br>LOD 200       | XXXXXX               | X months               | AEC Team       | RVT         |
| Detailed Design (DETAIL DESIGN)<br>LOD 200             | XXXXXX               | X months               | AEC Team       | RVT         |
| Design Development (DETAIL DEVELOPMENT)<br>LOD 300/350 | XXXXXX               | X months               | AEC Team       | RVT         |

## A4: PROJECT BIM TEAM CONTACTS

| ROLE                 | ORGANIZATION     | BIM Contact Person | EMAIL | PHONE |
|----------------------|------------------|--------------------|-------|-------|
| Architect            | XXXXX Architects |                    |       |       |
| Partner Architect    | XXXXX Architects |                    |       |       |
| Structural Engineer  |                  |                    |       |       |
| MEP Engineer         |                  |                    |       |       |
| Civil Consultant     |                  |                    |       |       |
| Landscape Consultant |                  |                    |       |       |
| Others               |                  |                    |       |       |

## SECTION B: BIM SCOPE

This section lists the BIM uses for the project and the party, or parties, responsible for completing that use and any output defined for that use.

### B1: BIM USES

The BIM uses list what the models will be used to produce during this particular project.

This is part of the guide instructs the project team on modeling requirements.

| BIM USES                                      | GOAL DESCRIPTION   | RESPONSIBLE GROUP |
|---|--|-------------------|
| <b>Design Authoring</b>                       | Using BIM software to develop the design by creating a Building Information Model with a powerful database of properties and schedules.                        | AEC TEAM          |
| <b>Design Reviews</b>                         | Using the BIM model to periodically review the design with the stakeholders, communicate and coordinate changes, and solve design and constructability issues. | AEC TEAM          |
| <b>3D Coordination and Conflict Detection</b> | Using Clash Detection during the coordination to compare 3D models of building systems and eliminate major system conflicts prior to installation.             | AEC TEAM          |

## B2: BIM STANDARDS & SOFTWARE

Every company will have its own specific model standards and protocols. To enable true collaboration on a BIM, the team must be working from a single set of protocols. Consultants are requested to issue a copy of their in-house BIM protocols for team’s reference.

New versions of modeling software are released each year. These are not normally backwards compatible and so it must be agreed, at the start of any new project, that the latest version of the software, compatible for all parties, is used to take advantage of product efficiencies etc. This should be discussed if it is likely to pose an issue to the wider project team.

Once a model is started in one version, it is imperative that it is not upgraded to a newer version, unless (and following discussions among all parties,) by the express written agreement and sanctioned by the AEC Team BIM Managers.

Add-ons and external tools to Revit will include but are not limited to the Autodesk Subscription Extensions, Autodesk LABS Revit Search String, Autodesk Revit Model Review, Autodesk Work-Sharing Monitor, Autodesk NavisWorks Exporter, and Ideate BimLink.

The possibility of creating or modifying custom API tools is also available depending on complexity and time.

| DISCIPLINES              | COMPANY          | USING BIM | SOFTWARE               | BUILD VERSION                                      |
|--------------------------|------------------|-----------|------------------------|--|
| Architecture             | XXXXX Architects | YES       | Revit BDSP 2016        | 16.0.490.0<br>20150714_1515(x64)<br>Service Pack 2 |
| Structural               |                  | YES       | Revit BDSP 2016        |  |
| MEP                      |                  |           | XXX                    |  |
| Civil                    |                  |           | XXX                    |  |
| Landscape                |                  |           | XXX                    |  |
| Exterior Wall Consultant |                  |           | XXX                    |  |
| Lighting                 |                  |           | XXX                    |  |
| Coordination             |                  |           | NavisWorks Manage 2016 |  |
| Others                   |                  |           | XXX                    |  |

### B3: BIM TARGETS

This section is used to capture the objectives of the team at the outset of the BIM project.

- Legend "Priority":     **High:** The model is adjusted until the interfaces planned work  
                               **Average:** No return provided between model and calculation software  
                               **Low:** Possible Modeling  
                               **Null:** Objective excluded.

| OBJECTIVES  | PRIORITY | COMMENTS |
|---|----------|----------|
| Site modeling   | High     |          |
| Modeling of existing  | Null     |          |
| Architecture conception   | High     |          |
| Structure Engineering conception                                | High     |          |
| Engineering Air Conditioning - Ventilation – Heating conception | TBD      |          |
| Plumbing Engineering conception                                 | TBD      |          |
| HV LV Electricity Engineering conception                        | TBD      |          |
| Design review   | High     |          |
| Production of 2D deliverables                                   | High     |          |
| Structural calculation  | High     |          |
| Energy calculation  | Null     |          |
| Lighting calculation  | TBD      |          |
| Codification  | TBD      |          |
| Cost Analysis   | Low      |          |
| Extraction of quantities  | Average  |          |
| 3D Coordination   | High     |          |
| Construction system design                                      | Null     |          |
| Model to be delivered   | Null     |          |
| Implementation, visa and synthesis model                        | Null     |          |
| 4D planning   | TBD      |          |
| Maintenance model   | TBD      |          |
| Operating model   | TBD      |          |
| Occupation model  | TBD      |          |

## B4: PROJECT MEETINGS

At the earliest opportunity in the project lifecycle, it is important that the AEC project BIM team hold an initial BIM meeting. This meeting should introduce the concept behind this document and determine the collaboration on the BIM platform for the duration of the project.

As many members of the team should attend as possible, including all concerned stakeholders during design, construction and operation. The purpose of this meeting is to identify the scope of the BIM and outline the brief and the BIM deliverables.

The Project team should meet regularly throughout the project to review the BIM. It is suggested that these meetings are held separately to the main design team meetings and attendance should be by the persons identified as "BIM Contact Person" in table A4.

The sole purpose of these meetings shall be for the review of the BIM and the processes contributing to it. Subsequently, this document shall be updated and re-distributed to the team.

| Meeting Dates | Frequency of Subsequent Meetings | Location   | Required Attendees                |
|---------------|----------------------------------|------------|-----------------------------------|
| TBD by AEC    | TBD by AEC                       | TBD by AEC | BIM managers and project managers |
|               |                                  |            |                                   |
|               |                                  |            |                                   |
|               |                                  |            |                                   |
|               |                                  |            |                                   |
|               |                                  |            |                                   |

## SECTION C: MODEL ORGANIZATION

### C1: PROJECT LANGUAGE

The official language used for the BIM models is **English/XXXXX**, throughout all three phases.

Only administrative phase's deliverable require full **XXXX** in BIM models.

### C: REVIT MODEL TYPES

All Revit model should be **Central files** including listed worksets by discipline, using the Autodesk Etransmit tool to publish central files to partners.

### C3: PROJECT UNITS

The Metric system of units will be used throughout the project. Length unit is set to **Centimeters**.

Angles will be set to decimal degrees.

Printing length unit will be in millimeters.

### C4: ANNOTATIVE PRECISION

The Precision for length will have zero decimal places. Angular Dimensioning will have a precision of two decimal degrees (.00).

### C5: UNIQUE REFERENCE SYSTEM FILE (URS)

Project date and coordinates will be defined using a Unique Reference System (URS) file or files. The Unique Reference System is a Revit Project file dedicated for date elements and coordinate definitions for the entire project or specific buildings in the project.

It will contain:

- Grids
- Concrete levels
- Finished Floor levels
- Project Base Point
- Project Survey Point Definition
- True North definition

## C6: PROJECT BASE POINT

The project's Shared Coordinate System "**URS**" (**Unique Reference System**) shall be agreed upon by all parties prior to start of the project. The architectural model shall serve as basis for the entire BIM model. The BIM project shall adopt the established Project Shared Coordinate system across all BIM data file to allow them to be referenced without modification.

The agreed Project Base Point is: TBD by AEC Team

| X - East  | Y - North | Elevation | Angle to True North |
|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| 0000.0000 | 0000.0000 | 00.0000   | 000.000             |

## C7: SHARED COORDINATE SYSTEM

Once a shared coordinate system has been established (usually through survey), it will be used to establish the project shared coordinates in a shared site file. This will then be distributed to the team to create their proper respective shared coordinate systems.

The Shared Coordinate Point is: TBD by AEC Team

## C8: PROJECT FILE STRUCTURE DIAGRAM

**AEC** Revit files shall be linked across several central files to allow for the most efficient workflow process. Underlying every project structure shall be the main collector file where ALL worksets throughout the project must be listed. This ensures that the model can be strategically and partially opened for the whole lifecycle of the building model.

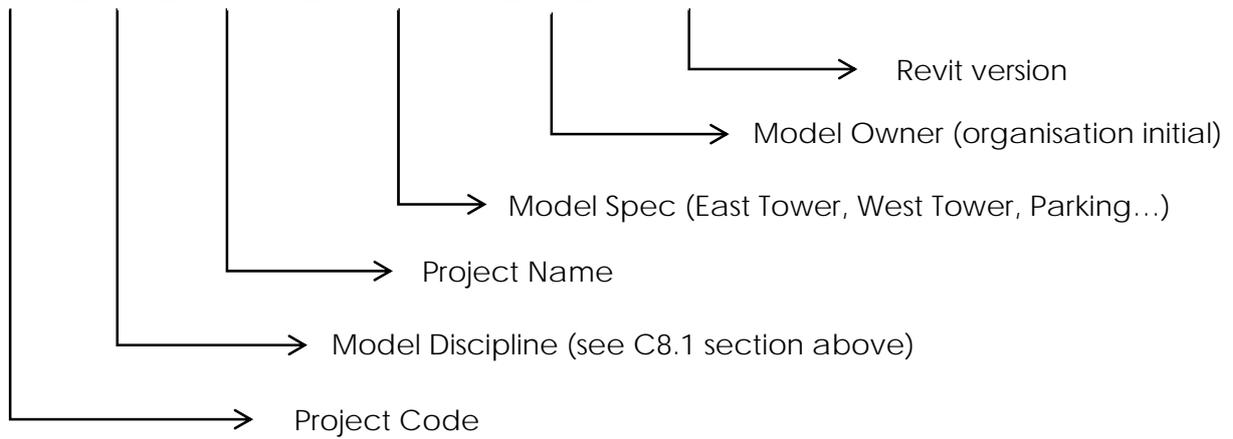
The project files structure is: TBD by AEC Team

## C7: PROJECT REVIT FILE NAMING

All files shall be named as listed in table C8.1 using the nomenclature described below.

### Revit model naming convention

**XXXX\_MH\_GS282\_E-TOWER\_XX\_R15.rvt**

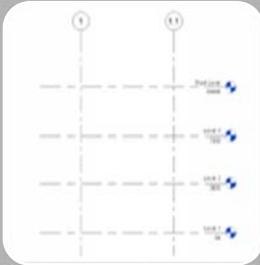


## C8: REVIT MODEL TYPES



### Base Models

- The **Base Model** is where all the 3D modeling is done.
- The project is usually divided in multiple base models to facilitate worksharing.
- Specific model division by every AEC team member will be determined and added to the BEP.



### URS (Unique Reference System) Model

- The **URS Model's** content is limited to the grids and the levels of a project, project base point and shared point.
- Typically, there is only one **Grids and Levels Model** on a project.
- All grids and levels within all the other models of a project are created from a copy/monitor from the **Grids and Levels Model**.



### Main/Sheet Model

- All the base models are linked inside the **Main Model**.
- The **Main Model** is where all the sheets are created.



### DWG Base Model

- The purpose of the DWG Base Model is to combine all the DWG files within a model that can be linked inside the Base Models.
- Linking DWG files within the Base Models can pollute the models with data that can reduce their performance.

## C8.1: REVIT MODEL NAMING BY DISCIPLINE

|    |                 |
|----|-----------------|
| AR | ARCHITECTURE    |
| ST | STRUCTURE       |
| MH | MECH HVAC       |
| MP | MECH PLUMBING   |
| ME | MECH ELECTRICAL |
| ID | INTERIOR DESIGN |
| LA | LANDSCAPE       |

## **C9: WORKSETS**

Worksets allow multiple users to simultaneously work on a model file through use of a Central File and synchronized Local copies.

The following are the Standard **XXXXX** Worksets. Specific projects may require modified, more, fewer, or different worksets. (STR, HVAC, Plumbing, Electrical LC, Electrical HC, Firefighting, Gaz)

The Main/Sheets\_Central file must contain every Workset contained throughout the whole project in order to maintain a master control throughout the model. This section identifies the worksets used in each discipline-specific model

**All Worksets by discipline must be listed in the Appendice F3**

## SECTION D: MODEL LEVEL OF DETAIL

### D1: MODEL CONTENTS

The 3D model will be developed to a Level of Detail (LOD) specified in the form of agreement set out and agreed upon from the start of the project, depending on the project phase, discipline and model element type. A complete Projected LOD Delivery Table can be found in the Appendix to this document. AIA Document E202-2008 will be used for the purposes of defining the term LOD, with a brief summary below:

| 100   | 200   | 300   | 350  | 400  | 500  |
|---|---|---|--|--|--|
| Model elements represent Overall Building Massing, indicating overall area, height, volume, location and orientation. | Model elements represent generalized systems that indicate approximate quantities, sizes, shapes and locations. | Model elements represent specific systems that indicate accurate quantities, sizes, shapes and locations. | Model elements represent specific systems that indicate accurate quantities, sizes, shapes and locations. Interface with other building systems. | Model elements represent specific systems that indicate accurate quantities, sizes, shapes and locations. In addition, they include complete fabrication, assembly and detailing information | Model elements represent as-build conditions |

#### LOD 100 - Conceptualization / Program of Requirements Phase

Overall building massing indicative of area, height, volume, location, and orientation may be modeled in three dimensions or represented by other data. The model may be analyzed based on volume, area and orientation by application if generalized performance criteria assigned to the representative Model Elements

#### LOD 200 - Schematic Design Phase

The Architectural model will show the general design and layout of the building structure and act as the baseline for all other subsystem designs, such as MEP and Structural models. The subsystem designs will be used to show the initial selection and layout of building components.

## **LOD 300 - Construction Documents Phase**

Model Elements are modeled as specific assemblies accurate in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-geometric information may also be attached to Model Elements.

## **LOD 350 – Issued for construction Phase**

Model Elements are modeled as specific assemblies accurate in terms of quantity, size, shape, location, orientation, and interfaces with other building systems. Non-geometric information may also be attached to Model Elements.

For information:

**LOD 400 - Bidding Phase** (not in AEC scope, should be in Building Contractor's scope)

The design models will be adjusted to reflect agency feedback. The Construction model will be enhanced and further used for estimating, scheduling, construction sequencing, trade coordination, and constructability analysis.

**LOD 400 – Construction** (not in AEC scope, should be in Building Contractor's scope)

The Architectural and Consulting Engineers' models will be revised throughout construction, based on owner directives and As Built comments. The models will always reflect the revised contract documents.

**LOD 500 - Facility Management** (not in AEC scope, should be in Building Contractor's scope)

The Architectural and Consulting Engineers' models will be used to represent the actual assembly of the building from construction.

## SECTION E: COLLABORATION

### E1: FILE COORDINATION & PROJECT COORDINATION

Sharing files and sending content to consultants shall be done via **TBD** or similar ftp site, to track access and submissions.

These files will then be downloaded for reference by all parties to ensure a coordinated design. Files downloaded will be linked by Shared Coordinates.

| Meeting Type                   | File Type | Project phase      | Frequency            |
|--------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|
| Model sharing for information  | REVIT     | SCHEMATIC DESIGN   | Weekly (each Friday) |
|                                |           | DETAIL DESIGN      |                      |
|                                |           | DETAIL DEVELOPMENT |                      |
| Model sharing for coordination | REVIT     | SCHEMATIC DESIGN   | Weekly (each XXXXXX) |
|                                |           | DETAIL DESIGN      |                      |
|                                |           | DETAIL DEVELOPMENT |                      |
| 3D Coordination                | REVIT     | SCHEMATIC DESIGN   | TBD by AEC Team      |
|                                |           | DETAIL DESIGN      |                      |
|                                |           | DETAIL DEVELOPMENT |                      |

## **E2A: REVIT FILES – EXPORT**

When exporting a file for external consultant coordination, the project BIM manager should complete the following actions prior to transferring the file for external consultants' use.

Refer to **XXXXX** Model Health Check list before exporting Revit model file.

## **E3A: CAD CONTENT – EXPORT REVIT TO CAD**

Revit to CAD export shall be limited to consultant coordination & information transfer and not for the purpose of **AEC TEAM** drawing production. All CAD exports shall be exported according to **XXXXX** CAD Standards.

## **E3B: CAD CONTENT – IMPORT CAD TO REVIT**

CAD Files are not to be linked directly into Revit project model, a Revit "Collector" DWG Base model file should be used and linked into the project model file.

This type of file is used at **XXXXX** and named: XX

Upon import, all files that are linked to the collector files shall be linked "Origin to Origin". CAD data should always be linked inside the current view only; this will avoid being shown automatically in all other applicable views. CAD files to be utilized for reference will be brought in with colors set to Black and White.

## **E4: COORDINATION & CLASH DETECTION**

For coordination and clash reporting, Revit models will be reviewed and coordinated using NavisWorks Manage at scheduled intervals in during the project.

An .nwd file shall be loaded onto the shared work area of the project and a clash detection shall be executed for each Revit model submission within NavisWorks Manage to be shared amongst the project parties.

Following the appropriate adjustment to the detection tolerance, each clash produced in the resultant report along with the .xml file shall be distributed and dealt with by the relevant party before the next model submission.

## SECTION F: APPENDICES

1. CSI MASTERFORMAT 2014
2. LOD SPECIFICATION / INFORMATION LEVEL OF DETAIL
3. WORKSETS
4. PROJECT ROLES AND RESPONSIBILITIES
5. MODEL EVALUATION CHECK LIST
6. CLASH DETECTION INFORMATION
7. MODELING STRATEGY
8. REVIT BEST PRACTICES