



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ARTES Y DISEÑO

# **COLECCIONES 3D**

RECONSTRUCCIÓN DIGITAL TRIDIMENSIONAL  
PARA LA PRESERVACIÓN Y DIFUSIÓN DEL  
PATRIMONIO CULTURAL UNIVERSITARIO

**TESIS**

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE  
**MAESTRÍA EN DISEÑO Y COMUNICACIÓN VISUAL**

PRESENTA

**DANIEL RODRÍGUEZ PÉREZ**

TUTOR

**MAESTRA ÁUREA MARÍA EUGENIA QUINTANILLA SILVA**  
FACULTAD DE ARTES Y DISEÑO

MÉXICO D.F., SEPTIEMBRE DE 2015

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

MÉXICO D.F., 2015

---



## PREFACIO

### ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE DIGITALIZAR EL PATRIMONIO?

La conocida Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO hace referencia a un legado de monumentos y sitios de gran riqueza natural y cultural que pertenece a toda la humanidad. Los sitios inscritos en dicha lista adquieren su relevancia al cumplir una función “...de hitos en el planeta, de símbolos de la toma de conciencia de los Estados y de los pueblos acerca del sentido de esos lugares y emblemas de su apego a la propiedad colectiva, así como de la transmisión de ese patrimonio a las generaciones futuras”.<sup>[1]</sup>

Tras la necesidad de identificar parte de los bienes irremplazables de las naciones del mundo, siendo que su pérdida representaría un daño invaluable para la humanidad, se constituye la conservación del patrimonio como una actividad trascendental para el desarrollo de los países. A través de la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, es como interviene y coordina las acciones de sus socios desde 1972.

Por tal motivo, adaptándose al nuevo contexto en el que impera el desarrollo tecnológico, en 2003 la UNESCO publica las Directrices para la Preservación del Patrimonio Digital<sup>[2]</sup> en referencia al enorme tesoro de información producida hoy en día en prácticamente todas las áreas de la actividad humana y concebida para ser consultada por medio de una simple computadora.

Hay que precisar que actualmente la Lista de Patrimonio Mundial cuenta con 936 sitios inscritos, de los cuales México cuenta con 32 de ellos en lista (5 son bienes naturales y 27 son culturales). De tal forma que resulta ser el país de América Latina con más reconocimientos en dicho listado y el sexto a nivel mundial, sólo por detrás de Italia, China, España, Alemania y Francia.<sup>[3]</sup>

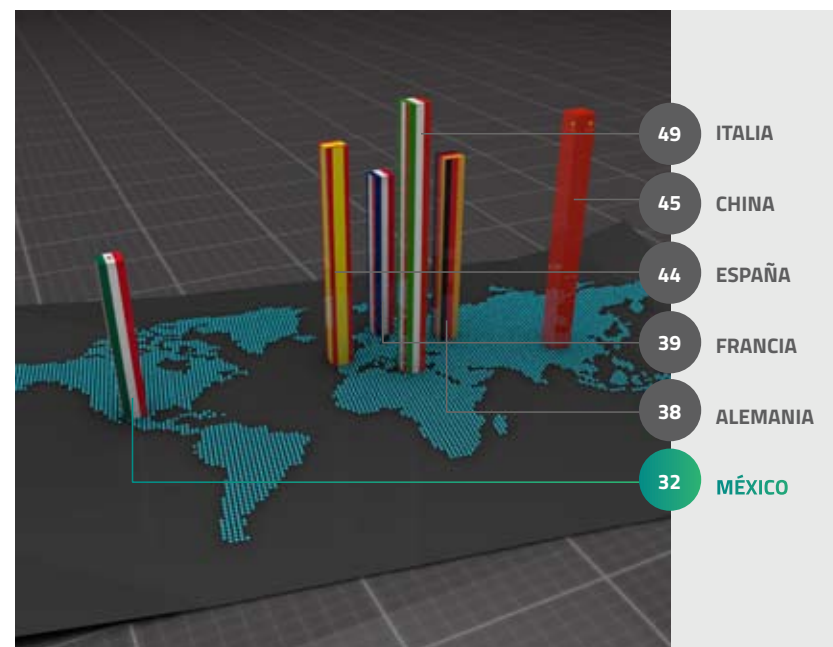


FIGURA P.1

Lista de sitios registrados como Patrimonio Mundial de la UNESCO (primeros seis lugares).

[1] **Patrimonio Mundial** (s.f.). Recuperado del sitio web de la Oficina de la UNESCO en México. Texto disponible en <<http://www.unesco.org/new/es/mexico/work-areas/culture/world-heritage>> [Consultado: junio de 2012]

[2] Biblioteca Nacional de Australia (2003). **Directrices para la preservación del Patrimonio Digital**. Organización de las Naciones Unidas. Texto disponible en <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001300/130071s.pdf>> [Consultado: mayo de 2015]

[3] *Ibidem*. [Consultado: agosto de 2012]

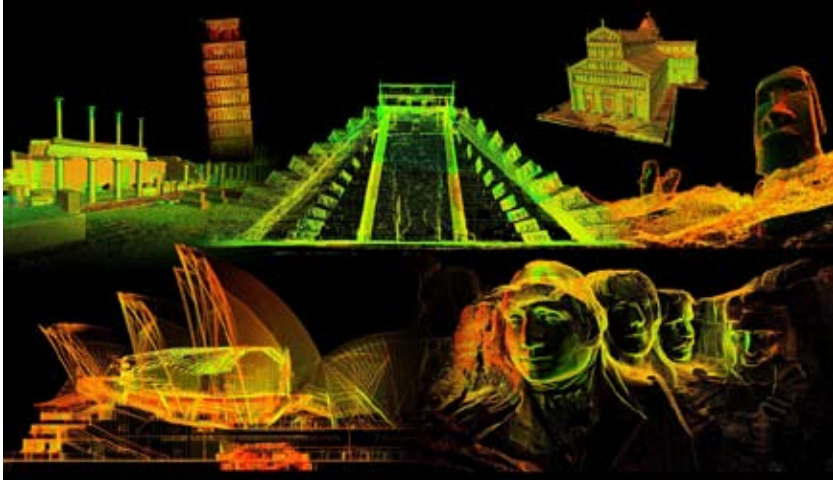


FIGURA P.2

Nubes de puntos del Patrimonio Cultural Mundial.  
Registros de Cyark Foundation.

Es así que la enorme vastedad y riqueza del patrimonio histórico y artístico de México constituye un ejemplo palpable de la pluralidad cultural que le compone, así como su auténtica singularidad con respecto al patrimonio del resto de naciones.

De tal forma que la recolección de archivos digitales del abundante patrimonio de México, que abarca desde monumentos históricos hasta obras artísticas, se empieza a convertir en una fuente muy valiosa de información. De ello que el interés por investigar, conservar y difundir tal patrimonio tenga una larga tradición en el país y en particular en la Universidad Nacional Autónoma de México, siendo un objetivo prioritario de su política cultural desde su fundación.

Bajo este precepto, tiene a su resguardo una serie de obras arquitectónicas, arqueológicas, documentales y artísticas que en su conjunto evidencian el nivel de desarrollo alcanzado por una sociedad en constante evolución. Es interesante señalar que con más de 450 años de antigüedad, la UNAM es una de las instituciones punteras en este sentido, pues ampara una colección que contempla más de 320,000 bienes<sup>[4]</sup>, la gran mayoría consecuencia de importantes sucesos en la historia del país.

Teniendo en cuenta lo anterior, en los últimos años y ante la creciente amenaza de pérdida o desaparición a la que está expuesto todo patrimonio cultural, se han desarrollado nuevas técnicas y políticas para su conservación y difusión, escenario bajo el cual los proyectos de digitalización se han constituido como una tarea prioritaria para las instituciones culturales que gestionan toda clase de bienes patrimoniales.

En este contexto, la UNAM ha procurado contribuir a la preservación digital de sus colecciones científicas, humanísticas y artísticas que se generan en el trabajo académico diario. Pues como decía en párrafos anteriores, la era digital ha influido en la cultura por medio de novedosas técnicas para conservar el patrimonio, en la reproducción masiva de obra y bienes e incluso forjando nuevas formas de creación artística.

**México, D.F., Septiembre 2014**

[4] **Patrimonio Cultural Universitario** (s.f.). Recuperado del sitio web del Centenario UNAM. Texto disponible en <<http://www.100.unam.mx>> [Consultado: julio de 2010]

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. AGRADECIMIENTOS</b>	<b>9</b>	<b>4. RECONSTRUCCIÓN DIGITAL TRIDIMENSIONAL PARA LA PRESERVACIÓN Y DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL UNIVERSITARIO</b>	<b>59</b>
<b>2. PRESENTACIÓN</b>	<b>11</b>	4.1 Colecciones 3D	59
2.1 Introducción	11	4.1.1 Planteamiento	59
2.2 Antecedentes	14	4.1.2 Justificación del planteamiento	60
2.3 Objetivos	15	4.1.3 Propuesta de realización	60
2.4 Fundamentos	16	4.1.4 Estandarización de procesos	61
2.5 Alcances	17	4.1.5 Optimización de los recursos	62
2.6 Viabilidad de producción	18	4.1.6 Ruta de producción	63
2.7 Impacto y contribuciones	20	4.1.7 Ruta crítica	63
		4.1.8 Notación de modelamiento gráfico	64
<b>3. DIGITALIZACIÓN PATRIMONIAL TERMINOLOGÍA, APLICACIONES Y MODELOS DE TRABAJO</b>	<b>23</b>	4.2 Protocolos de actuación	71
3.1 Panorama general	23	4.2.1 Etapas de producción	72
3.1.1 Precedentes tecnológicos	23	4.2.2 Modelo general de procesos	74
3.1.2 Contexto institucional	24	4.2.3 Modelo de actividades y decisiones	76
3.1.3 Directrices internacionales	26	4.2.4 Modelo de tareas	78
3.1.4 Leyes e instituciones	26	4.2.5 Matriz de información	80
3.1.5 Proyectos y programas de digitalización patrimonial	28	4.2.6 Rentabilidad económica	80
3.2 Necesidad de la digitalización patrimonial	35	4.3 Colección digital 3D BODEGA POSADA	82
3.2.1 Fines de la conversión digital	36	4.3.1 Metas planteadas	82
3.2.2 Ventajas y desventajas de la digitalización patrimonial	37	4.3.2 Consideraciones previas	82
3.2.3 Valor de un acervo digital	38	4.3.3 Formato de proyecto	83
3.2.4 Beneficios derivados	39	4.4 Formato de viabilidad	167
3.3 Documentación digital en tres dimensiones	40	4.4.1 ¿El pasado creado?	167
3.3.1 Terminología	41	4.4.2 Directrices y recomendaciones	170
3.3.2 Antiguos métodos	41	4.4.3 Formulario	172
3.3.3 Funciones	42	<b>5. DIFUSIÓN Y PROYECCIONES</b>	<b>175</b>
3.3.4 Productos & aplicaciones	42	<b>MEDIOS DE ACCESO A LOS MATERIALES GENERADOS</b>	
3.4 Técnicas de registro digital 3D	46	5.1 Integración a las colecciones universitarias	175
3.4.1 Visión artificial	46	5.1.1 Realidad institucional	175
3.4.2 GPS diferencial	47	5.1.2 Gestiones requeridas	176
3.4.3 Fotogrametría digital	48	5.1.3 Difusión cultural	176
3.4.4 Escáner láser 3D	50	5.1.4 Normativas patrimoniales	176
3.4.5 Análisis comparativo	54	5.1.5 Propuesta de divulgación	177
		5.1.6 Monitoreo y seguimiento	178



5.2	Repositorio universitario .....	179
5.2.1	Planteamiento .....	179
5.2.2	Necesidad .....	180
5.2.3	Características .....	180
5.2.4	Cuestiones técnicas .....	181
5.3	Didáctica tecnológica .....	182
5.3.1	Definición .....	182
5.3.2	Desarrollo de contenidos temáticos .....	183
5.3.3	Aplicaciones alternativas .....	184
5.3.4	Acciones estratégicas .....	186
5.3.5	Digitalización patrimonial como disciplina cooperativa .....	187
5.4	Perspectivas de la digitalización 3D .....	190
5.4.1	Virtualidad y experiencia artística .....	191
5.4.2	Virtualidad y educación .....	192
5.4.3	Virtualidad y cotidianeidad .....	192

## **6. CONCLUSIONES** **197**

6.1	Puntos de partida .....	199
-----	-------------------------	-----

## **7. FUENTES DE CONSULTA** **201**

7.1	Bibliografía .....	201
7.2	Páginas de Internet .....	202

## **8. GLOSARIO** **203**

## **9. APÉNDICE** **209**

---

# 1. AGRADECIMIENTOS

**"Cuando la gratitud es tan absoluta las palabras sobran"**

Álvaro Mutis

---

**ESTE TRABAJO ESTÁ DEDICADO A**

Oli, Rosy, Sabi, Delia, Javier, Andrés, Katia, Ximena, Arturo, Nena y Vaquita.

**POR SIEMPRE AGRADECIDO A**

Mis sinodales: Mtra. María Eugenia Quintanilla, Mtra. Laura Buendía, Mtro. Juan Carlos Miranda, Mtro. Fernando Lojero, Lic. Sabino Gaínza Kawano; así como a la Dra. Julia Osca Pons y el Dr. Juan Peiró.

---



## 2. PRESENTACIÓN

### 2.1 INTRODUCCIÓN

#### ¿EN QUÉ CONSISTE EL PROYECTO?

Es un hecho que, además de revolucionar la vida social, las comunicaciones, el entretenimiento y el trabajo moderno, la tecnología digital está transformando la manera en que se maneja el patrimonio cultural.

Gracias al desarrollo de nuevas técnicas de documentación digital y poderosas herramientas como la realidad virtual se ha demostrado en los últimos años la gran utilidad que significan las nuevas tecnologías en el campo de la preservación y difusión del patrimonio, poniendo a disposición de las instituciones culturales medios más eficaces para conservar, gestionar y publicar las colecciones que custodian, facilitando a su vez que diversas disciplinas (ya sean históricas, artísticas o científicas) aprovechen de forma óptima estos novedosos recursos.

Una de las técnicas de documentación que mejores resultados están ofreciendo es la digitalización, es decir, la transformación de documentos, objetos o espacios físicos a representaciones digitales (comúnmente imágenes o modelos virtuales) para su visualización y manipulación utilizando cualquier dispositivo electrónico. Un recurso que pretende constituirse como una alternativa eficiente a las técnicas tradicionales de documentación, o al menos, ser un complemento a las mismas.

El soporte digital ha permitido realizar copias de una cantidad impresionante de obra con alto valor patrimonial, lo que propicia el acceso a toda clase de materiales que se resguardan en las instituciones culturales, como documentos impresos (libros, revistas y periódicos), fotografías, patrimonio cinematográfico, objetos de museo, documentos de archivo o material audiovisual.

De entrada, los esfuerzos han sido dirigidos a producir colecciones digitales de documentos en formato bidimensional (textos, obra gráfica y fotográfica), al ser la clase de materiales más ordinarios en las bóvedas de esta clase de instituciones y que dadas sus propiedades ya existen procedimientos estandarizados a nivel internacional, siendo el escaneo por computadora y la fotografía digital las técnicas más socorridas.



**FIGURA 2.1**

BookEye 4  
Escáner de alta resolución para digitalización de libros.



FIGURA 2.2

Nube de puntos obtenida del Mount Rushmore. Cyark Foundation 2007.

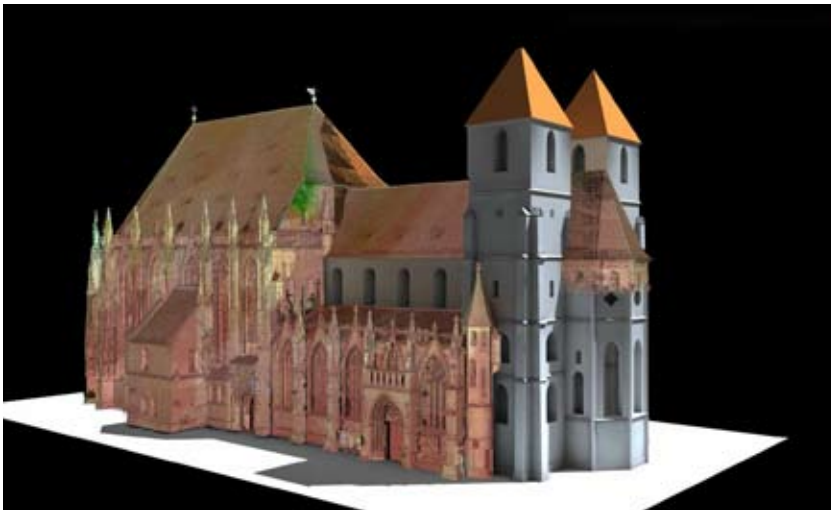


FIGURA 2.3

Reconstrucción digital 3D de la Iglesia del St. Sebald en Nuremberg, Alemania.

Sin embargo, hay que considerar que el patrimonio cultural también está compuesto por bienes arquitectónicos, piezas arqueológicas y artefactos artísticos, es decir, objetos tridimensionales. Evidentemente, esto implica procedimientos distintos en lo que a su captura métrica se refiere. Estamos hablando de objetos volumétricos, donde los instrumentos de registro no sólo deben recabar información de color en dos dimensiones, sino capturar valores en una tercera dimensión espacial. A dicho procedimiento de captura se le denomina, naturalmente, digitalización tridimensional, el cual está dirigido a generar modelos virtuales en tercera dimensión que representan de forma auténtica objetos del mundo real.

La digitalización de piezas y artefactos en 3D ofrece muchas ventajas, desde la precisión y rapidez con la que se puede documentar cualquier tipo de objeto u espacio, hasta producir catálogos, repositorios y bases de datos, y clasificarlos por medición y análisis precisos; incluso compartirlos con la comunidad de investigadores, lo que promueve la producción de valiosos acervos digitales en favor de la conservación, gestión y divulgación del patrimonio.

Ahora bien, es habitual considerar que la relación entre tecnología y patrimonio cultural comprende únicamente el proceso de la digitalización y catalogación de sus objetos; sin embargo, este proceso, que tanto está costando adoptar, es únicamente el primer paso hacia estándares y herramientas cada vez más depurados y completos que abren nuevas opciones para el estudio y análisis del patrimonio cultural. Por ello, la creación de metodologías (teóricas y prácticas) que permitan extraer todo el potencial que ofrecen estas nuevas tecnologías se hace más necesaria que nunca.

Es precisamente en este punto donde se vincula el actual tema con una de las necesidades básicas del quehacer académico y que actualmente se discute en la Facultad de Artes y Diseño de la UNAM: promover el uso responsable de las nuevas tecnologías aplicadas a la gestión y difusión del patrimonio, las cuales invariablemente deberán incorporarse para mejorar los procesos de investigación en el campo de la conservación y restauración de los bienes patrimoniales que se custodian en la institución.

Aprovechando su incipiente desarrollo, el proyecto que se presenta busca perfeccionar la aplicación de las tecnologías emergentes de digitalización tridimensional para, en primer lugar, salvaguardar el patrimonio cultural universitario pero también explorar todos los factores que intervienen en el proceso. Estoy hablando de los diferentes dispositivos de captura que

se utilizan para digitalizar colecciones en 3D, el manejo de las nubes de puntos obtenidas, las aplicaciones informáticas que se emplean para el procesamiento de los modelos digitales resultantes e incluso las plataformas destinadas a administrar los contenidos y delimitar su acceso.

La recuperación de todos estos datos está ideada para formular e implementar de forma práctica un modelo de trabajo basado en los recursos actualmente provistos por la UNAM, proceso que será convenientemente documentado con el objetivo de perpetuar sus resultados.

Dicho de otro modo, al documentar el proceso, lo que se espera es establecer directrices sólidas y criterios de actuación para la digitalización de colecciones 3D que garantice proyectos viables y bien fundamentados. La idea es reivindicar el uso de técnicas tradicionales a la vez que apostar por la aplicación de las tecnologías de vanguardia.

Esta maniobra es de una relevancia primordial para el trabajo que se realiza en la UNAM, pues un análisis preliminar sumado a la misma experiencia han puesto de manifiesto una grave problemática en el terreno de la gestión del patrimonio universitario: la tendencia a la dispersión de la información obtenida en la gran mayoría de proyectos realizados, quizás porque se trata de emprendimientos aislados e inconexos o por la supuesta incompatibilidad entre disciplinas que normalmente echan mano de estas tecnologías (arqueología, arquitectura, arte, medicina, etc.).

Lo único seguro es que las múltiples iniciativas de digitalización que se han emprendido en los últimos años se caracterizan normalmente por su inconsistencia y sobrada moderación –en términos de alcances e impacto a nivel institucional–, lo que genera graves situaciones como la duplicidad de datos pues cada proyecto es completamente independiente entre sí y rara vez se recupera la experiencia de los proyectos previos. Es como si cada uno iniciara desde cero y sus resultados estuvieran determinados a ser desaprovechados; ello sin contar el dispendio de recursos que implica esta dinámica.

Por lo tanto, esta investigación intenta demostrar que tal situación se debe en gran medida a la falta de eficiencia en la programación, ejecución y documentación de las actividades que intervienen en un proyecto de digitalización patrimonial (desde la planeación hasta el mantenimiento de las colecciones digitales). Como posible solución a dicha problemática, mi propuesta intenta establecer las bases para la construcción de una herramienta que, basada en un modelo documental e infográfico, sea capaz de acopiar, contener y gestionar toda la información generada.

A su vez procura poner a disposición el material respetando plenamente los derechos de propiedad intelectual ya que hasta el momento no existe ninguna política clara y exhaustiva en las dependencias culturales sobre la conservación del contenido digital, por lo que resulta indispensable la elaboración de estrategias concensuadas para la conservación a largo plazo y el acceso al material digital.

En el mismo orden de ideas, también pretende concentrar esfuerzos y ser la punta de lanza para la generación de nuevos proyectos mediante la estandarización de las nuevas tecnologías de digitalización 3D, lo cual nos permita alcanzar óptimos resultados e innovar en el campo de la preservación patrimonial en el contexto académico-universitario.

Desde luego reconozco que es posible que existan objeciones cuando hablo de establecer un modelo general de digitalización, pasando por alto que ningún conjunto de recomendaciones es capaz de satisfacer plenamente las necesidades y circunstancias específicas de cada dependencia de la universidad. También soy consciente de que se trata de un campo que cambia rápidamente por la continua evolución que experimentan las tecnologías y lo que es válido hoy no lo será para mañana.

De cualquier forma, no espero que estas directrices se consideren de manera irrefutable, sino de forma flexible; que se entiendan como una información susceptible de ser modificada y enriquecida, estableciendo una sana dinámica de reciprocidad con todas las áreas del conocimiento que puedan verse beneficiadas.

A fin de cuentas, lo que se busca es sentar las bases de una nueva disciplina destinada a favorecer la capacitación de personal calificado, capaz de responder a las necesidades de conservación de bienes culturales y de abordar proyectos bajo un alto nivel de calidad en la producción de modelos 3D, diseño multimedia y realidad virtual al servicio de la preservación y la difusión del patrimonio cultural, no sólo de la UNAM, sino de México.



FIGURA 2.4

Interior del Observatorio de Visualización y Realidad Virtual IXTLI. DGTIC, UNAM.



FIGURA 2.5

Proyecto IXTLI: Murales de Bonampak.

## 2.2 ANTECEDENTES

### ¿POR QUÉ INCORPORAR LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS?

De manera inevitable, el patrimonio cultural puede perderse más rápido de lo que es posible documentarlo, pues diversos factores como la degradación, el abandono o simplemente el paso del tiempo pueden ocasionar su irremediable pérdida. Esto se suma a que la preservación del patrimonio cultural es lenta ya que depende de las técnicas de documentación convencionales, las cuales son resultan insuficientes para acometer tan colosal empresa en la actualidad.

Aquí expongo el motivo por el cual las tecnologías digitales han venido a atender una necesidad urgente de conservación teniendo en cuenta que los procedimientos, métodos de reproducción tradicionales como la fotografía análoga, el dibujo o la cartografía se han visto rebasados por nuevos y mucho más eficaces procedimientos; por ejemplo, en este nuevo escenario, la utilización de dichas técnicas implica mucho mayor costo, tiempo y esfuerzo, aunado a que tampoco pueden llegar a ofrecer las cotas de perfeccionamiento que las tecnologías digitales nos pueden brindar actualmente.

Sin embargo, todavía no es posible afirmar que su implementación en el quehacer académico ha sido ni mucho menos completa, ya que en México la documentación y estudio a través de tecnologías digitales tiene un gran potencial que ha sido poco explorado con fines de investigación.

Partiendo de la anterior premisa, es como esta investigación nace en 2007 en el seno de la Antigua Academia de San Carlos, como un proyecto para el Observatorio de Visualización IXTLI, un complejo tecnológico diseñado para el desarrollo de ambientes virtuales y visualización científica en favor de las labores de investigación y enseñanza dentro de la UNAM.

Precisamente a través de la vinculación de la Escuela Nacional de Artes Plásticas y la entonces Dirección General de Servicios Cómputo Académico (DGSCA, actualmente DGTIC) es que se concentran los esfuerzos de ambas dependencias con la idea de generar materiales de alto valor tecnológico que impulsen la difusión de las colecciones patrimoniales que se resguardan en la Antigua Academia de San Carlos, siendo el proceso de reconstrucción tridimensional un paso fundamental para tal cometido y que se inserta en toda una estrategia de preservación digital a largo plazo.

## 2.3 OBJETIVOS

### ¿CUÁLES SON LAS METAS DEL PROYECTO?

#### General

Ante la necesidad de preservar y difundir el grandioso patrimonio que resguarda la Universidad Nacional Autónoma de México, se pretende aportar una guía de referencia para la planeación, construcción y administración de colecciones digitales 3D, a través de una propuesta metodológica y el desarrollo de técnicas de digitalización tridimensional que puedan replicarse por medio de la estandarización de los procesos, fundamentadas en la auténtica práctica y en base a los recursos disponibles en la actualidad.

Lo anterior materializado con la publicación de una colección digital 3D de piezas pertenecientes al acervo escultórico resguardado en la Bodega Posada de la Antigua Academia de San Carlos. Esto nos permitirá impulsar el conocimiento, difusión y acceso al patrimonio universitario por nuevos medios y materiales que se pueden incorporar a las colecciones existentes.

#### Particulares

- » Explorar y definir el estado de las acciones realizadas sobre digitalización del patrimonio cultural en México y en específico por la UNAM, mediante la investigación de las prácticas que anteriormente se han realizado.
- » Indagar la información disponible sobre los nuevos procedimientos de digitalización tridimensional, establecer una clasificación de los distintos métodos y delimitar nuestros alcances de acuerdo a los recursos humanos y técnicos con los que contamos.
- » Producir un conjunto de piezas virtuales que conformen la primer colección 3D generada a partir del procedimiento propuesto.
- » Generar un formato que facilite la realización de diagnósticos de viabilidad para proyectos de digitalización 3D que se pretendan implementar en el corto plazo.
- » Ofrecer soluciones respecto a los obstáculos tecnológicos, sociales, económicos y políticos que benefician la integración y conservación de una colección 3D dentro de las directrices institucionales que operan actualmente en la UNAM.



**FIGURA 2.6**

Modelo digital "Caballo desollado".  
Render por Daniel Rodríguez Pérez con motor Vray.



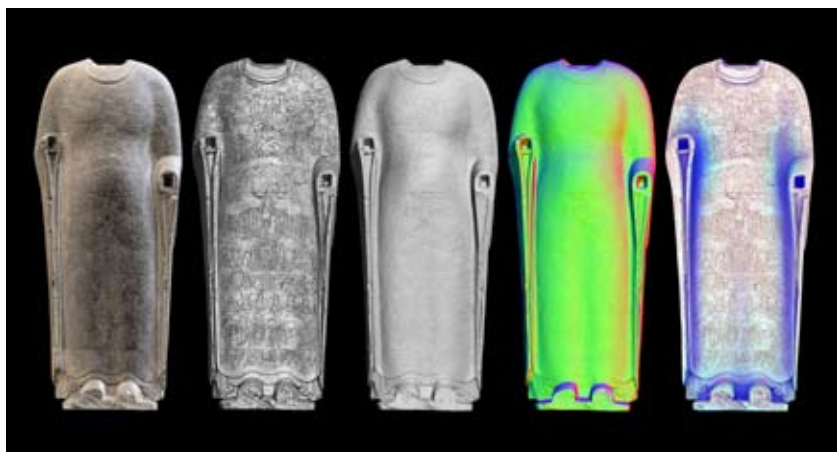


FIGURA 2.7

Explorador virtual de proyecto Smithsonian X 3D.

## 2.4 FUNDAMENTOS

### ¿CUÁL ES EL SUSTENTO TEÓRICO?

El presente proyecto se establece de manera multidisciplinaria pues se inscribe dentro de un concepto tan amplio como es la Virtualización del Patrimonio Cultural<sup>[1]</sup>, el cual supone el conocimiento de las técnicas de documentación, representación y digitalización importadas de disciplinas diversas como son la ingeniería, la arquitectura y el diseño, respaldado a su vez en estudios y análisis artísticos e históricos, pero eminentemente desde una plataforma tecnológica. Es decir, la tecnología concentra el trabajo de distintas áreas para favorecer la puesta en valor del patrimonio.

Si bien la digitalización tridimensional nace en los años 70 (con fines arqueológicos principalmente), su utilización ha estado condicionada por la evolución misma de las tecnologías de registro que se han perfeccionado a lo largo de décadas más recientes. Esto explica la relativa demora con la cual ambas áreas se han integrado de manera formal, tendiendo lazos gradualmente entre dos campos aparentemente opuestos.

Sin embargo, esta dinámica ha cambiado por completo a través de la cimentación de un fuerte vínculo entre la investigación, la docencia y las nuevas tecnologías. Bajo este enfoque, la propuesta pretende ser una aportación a los esfuerzos de preservación y de difusión patrimonial conjuntando varias ramas del conocimiento con el desarrollo de herramientas digitales, potenciando así sus efectos.

[1] **Tecnología al servicio del patrimonio** (s.f.). Recuperado del sitio web de Patrimonio Virtual. Texto disponible en <<http://www.patrimoniovirtual.com>> [Consultado: enero de 2015]

## 2.5 ALCANCES

### ¿HASTA DÓNDE SE PRETENDE LLEGAR?

Como decía, en México la documentación digital utilizando la tecnología de escaneo láser 3D tiene un enorme potencial que ha no ha sido explorado del todo, por lo que concretar una propuesta metodológica para la digitalización de bienes inmuebles y artístico-escultóricos del patrimonio cultural universitario puede resultar un paso significativo hacia el aprovechamiento definitivo de estos recursos tecnológicos en favor de las tareas sustantivas de conservación y restauración del patrimonio que se desarrollan en la UNAM.

Estoy hablando de un proyecto de investigación aplicada y de innovación tecnológica. Se trata de explorar nuevas experiencias de usuario mediante procesos de colaboración creativa y aprovechando diversos recursos como el diseño de interacción o la visualización asistida por computadora con el fin de crear nuevas formas de hacer y de pensar.

Bajo esta premisa la presente iniciativa busca desarrollar herramientas de apoyo para la documentación del patrimonio histórico y cultural en resguardo de la Universidad Nacional. En concreto, implementar una metodología aplicada a la captura de datos por medio de escáner láser y técnicas de edición avanzada para la difusión de un acervo escultórico de acceso restringido.

La finalidad es, en primer lugar, consolidar un modelo de trabajo sencillo y accesible que nos permita responder no sólo a la tarea citada sino, a su vez, trazar políticas integrales que doten de coherencia a todo proyecto de digitalización patrimonial, unificando criterios que nos resuelvan las limitaciones tecnológicas y de gestión de la información.

Pero también se busca desarrollar nuevas áreas de investigación, conceptos, productos y servicios que promuevan la colaboración interdisciplinar para la implementación responsable de las tecnologías de punta (dado que las herramientas digitales sólo son útiles en función del beneficio que traerán a sus distintos usuarios).

Como consecuencia, esto fomentaría la creación de aplicaciones y materiales para investigadores de todas las áreas así como el desarrollo de recursos didácticos que urgen en las aulas universitarias dada la creciente demanda tecnológica de las nuevas generaciones de estudiantes.



**FIGURA 2.8**  
Laboratorio de digitalización y producción digital.  
Smithsonian X 3D.

## 2.6 VIABILIDAD DE PRODUCCIÓN

### ¿ES POSIBLE ACOMETER EL PROYECTO?

Diversas instituciones culturales a nivel mundial han tenido en cuenta el avance de la tecnología cuando se trata de manejar materiales digitales 3D, innovando en la manera en que se almacenan, organizan y distribuyen gran cantidad de bienes e información. Estos resultados eran inconcebibles hace sólo algunos años pero los proyectos desprendidos han tenido como objetivo común el aprovechamiento del potencial de estas técnicas digitales para ampliar y enriquecer el acceso a toda clase de materiales.

Por supuesto México también ha desarrollado en los últimos años diversos proyectos de digitalización destinados a documentar el patrimonio cultural y por ende se han incorporado los sistemas láser de gran precisión en el proceso de documentación digital.

Sin embargo, es un hecho que estos esfuerzos han corrido a cargo de iniciativas extranjeras, como el caso de Google o la Fundación Cyark con sede en los Estados Unidos, la cual entre algunos de sus proyectos en curso, posee uno titulado “Ciudades sagradas del México Antiguo”, siendo un equipo foráneo de técnicos operadores y expertos en la utilización del escáner 3D quienes trabajan en el registro de las principales ciudades prehispánicas de nuestro país con la validación del INAH.<sup>[1]</sup>

Si atendemos al hecho de que el proceso de digitalización, como cualquier técnica, no es un fin sino un medio, la obtención de una mejor información no depende de contar con el más costoso escáner 3D, ni contar con las técnicas más avanzadas. Se trata de comprender la complejidad del espacio u objeto a digitalizar, ya que esto es lo que obliga a los equipos a familiarizarse con las herramientas pero también con determinadas condiciones e implicaciones sociales: conocer las colecciones, tener establecidos los procesos y sus estimaciones, comprender a los usuarios que atenderá y quienes finalmente tendrán acceso a la información.

En cualquier proyecto de digitalización se deben ponderar las posibilidades económicas para poder asumir los gastos de adquisición, mantenimiento y actualización del equipo requerido. Sin embargo, reitero que la infraestructura más costosa y novedosa no siempre garantiza el éxito de un proyecto.

Lo que facilita la generación de colecciones digitales útiles y funcionales es una adecuada planeación de los recursos. Tan sólo fusionando las técnicas de forma complementaria con el mejor conocimiento del patrimonio se pueden conseguir los resultados deseables y acordes a las necesidades de cada caso de estudio.

La experiencia de haber colaborado con la Dirección General del Patrimonio Universitario, y al tener acceso a varios de los acervos que administra y entender los lineamientos y políticas bajo los cuales se rige, nos otorga una ventaja de competencia y capacidad en este esfuerzo particular.

Por tal motivo, este versátil proyecto universitario estará impulsado por un importante trabajo multidisciplinario en actividades de investigación (escultores, restauradores y curadores expertos en la materia) y producción en procesamiento gráfico y recursos visuales (diseñadores gráficos, fotógrafos y modeladores), facilitando la comprensión y análisis de los complejos temas a explorar, así como incentivar el desarrollo de diversos productos (publicaciones de arte, modelos 3D, plataformas interactivas hasta documentaciones fílmicas).

Sobre estas bases la idea es establecer un grupo universitario capaz de manipular las nuevas técnicas de captura y reconstrucción digital, sin dejar de ser asequibles a toda clase de usuarios; fomentar la capacitación especializada de grupos de trabajo nacionales para la documentación, registro y difusión de contenidos digitales 3D, ya que siendo México el sexto país a nivel mundial con mayor patrimonio cultural tenemos el compromiso no sólo de preservarlo y difundirlo, sino de conocerlo.

Por otro lado, evidentemente un factor de gran importancia que merece atención en la digitalización de colecciones artísticas es la infraestructura tecnológica. Los requerimientos técnicos para poder acatar esta clase de reto, estamos en una posición provechosa pues se han logrado grandes avances en materia de escáners 3D en los últimos años.

[1] **Digitalizan ciudades del México Antiguo** (2012). La Jornada, lunes, 17 de septiembre. Texto disponible en <[http://www.inah.gob.mx/images/stories/Boletines/BoletinesPDF/article/6126/proyecto\\_inah\\_cyark.pdf](http://www.inah.gob.mx/images/stories/Boletines/BoletinesPDF/article/6126/proyecto_inah_cyark.pdf)> [Consultado: enero de 2014]

El constante desarrollo tecnológico ha permitido que ahora estos dispositivos se puedan desplazar de formas más versátiles, lo cual permite modificaciones en el registro de lugares y objetos donde anteriormente no se tenía acceso.

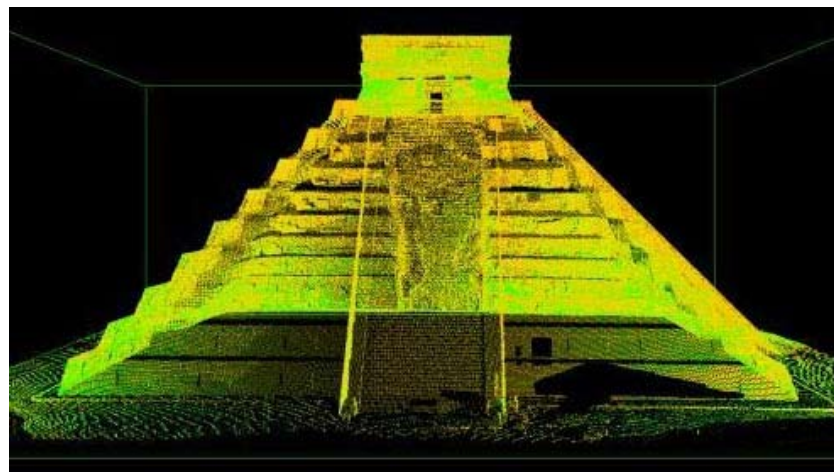
Habrá que recalcar la importancia de la utilización de tales dispositivos para los fines del proyecto, pues las formas reveladas a partir del escáner 3D conservan el mismo nivel de detalle que la figura original, ahorrándonos importantes cantidades de tiempo y de recursos.

Por medio del láser escáner modelo Vivid 910 Konika Minolta, en custodia del Departamento de Visualización Científica de la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la Información y Comunicación (DGTIC), así como las aplicaciones informáticas para el procesamiento de los datos capturados, se plantea cubrir las necesidades técnicas de captura tridimensional.

El registro fotográfico no representará mayor desafío, puesto que el proceso de captura de modelos es tan rápido y sencillo como tomar una foto digital. Tales registros son capturados simultáneamente utilizando cámaras digitales comunes, simplemente pre-calibradas y alineadas al escáner 3D. También es preciso destacar que se cuenta con el adiestramiento especializado en el uso de las herramientas descritas, respaldado por múltiples ensayos y prácticas en auténticos proyectos desarrollados para diversas dependencias de la UNAM.

Por último, se cuenta con el apoyo de los recursos técnicos, humanos, servicios e infraestructura del Observatorio de Visualización Ixtli, la primer sala académica con tecnología de realidad virtual inmersiva en México administrada por la misma UNAM y que cuenta con programas de capacitación y actualización en las áreas de visualización científica, procesamiento visual de información y ambientes virtuales.

Este soporte nos permitirá planificar cursos especializados en el uso de software y hardware exclusivo para texturizado, modelado y animación 3D relativos a este proyecto, a fin de contar con las mejores herramientas para poder realizar esta primera publicación.



**FIGURA 2.9**  
Levantamiento 3D de pirámide en Chichen itzá.  
Por Cyark Foundation.



**FIGURA 2.10**  
Escáner 3D VIVID 910.

## 2.7 IMPACTO Y CONTRIBUCIONES

### ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS POTENCIALES?

Con este proyecto se busca contribuir en la innovación de herramientas tecnológicas y modelos de trabajo que se puedan aprovechar para proyectos futuros, y que eventualmente permitan diseñar una agenda de trabajo colectiva en tareas de preservación patrimonial para facilitar el acceso, el manejo y la interacción con los usuarios.

Y no sólo limitarse al ámbito cultural y artístico, pues el proceso de reconstrucción virtual resulta también de interés para otras áreas de investigación histórica y social, así como a diversas disciplinas como la arquitectura, la ingeniería, la informática, el diseño y la cinematografía entre muchas otras, dando pie al desarrollo de una nueva clase de instrumentos para los programas de enseñanza.

Por ejemplo, en el campo específico de las Artes Plásticas se podrían crear Museos Virtuales con exposiciones itinerantes de bajo costo donde únicamente se exhiban piezas en 3D reconstruidas a partir de proyectores digitales, con representaciones estereográficas de las mismas, con el fin de dar a conocer el patrimonio histórico y cultural sin necesidad de mover las piezas de su lugar original y consiguiendo al mismo tiempo un impacto visual importante, sorprendiendo a los visitantes con atractivos materiales aparte de la mera contemplación de la pieza. Al mismo tiempo también pueden servir en la creación de inventarios de obra en un sistema común e inteligible para el personal comisionado, facilitando su consulta y manutención.

Para la Arqueología, el proceso puede replicarse en cualquier sitio y con cualquier colección de piezas que requieran documentación dentro o fuera de las bóvedas de museos o hallazgos que no presentan condiciones para una intervención física de forma inmediata. Y para llevar estos materiales a cualquier espacio, desde el estudio de investigación hasta un aula como recurso didáctico.

Entre los proyectos arquitectónicos y urbanísticos, también se ofrece la posibilidad de realizar intervenciones de índole de planeación a través de simulaciones virtuales de fraccionamientos o zonas conurbanas ya trazadas y pobladas pero que requieren rehabilitación o adecuaciones de mobiliario y construcción.

En fin, las aplicaciones son múltiples y muy variadas, extendiéndose a casi cualquier disciplina científica y artística, lo que eventualmente puede facilitar las relaciones de transversalidad entre las diversas áreas del conocimiento y la creación de nuevas técnicas de documentación, análisis, divulgación y puesta en valor.

No está de más recalcar que esta propuesta pretende establecer un vínculo entre la investigación, la docencia y las nuevas tecnologías en favor de la promoción de nuestra cultura, cumpliendo de manera integral las tres funciones sustantivas de la UNAM en beneficio no sólo de la comunidad universitaria sino de la sociedad en general.



FIGURA 2.11

Holografía digital como recurso museográfico.





## 3. DIGITALIZACIÓN PATRIMONIAL

### TERMINOLOGÍA, APLICACIONES Y MODELOS DE TRABAJO

#### 3.1 PANORAMA GENERAL

##### PATRIMONIO Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

El Patrimonio, comúnmente identificado con la herencia, es en sí mismo un concepto que alude a la historia, que entronca con la esencia misma de la cultura y es asumido directamente por diversos grupos locales. Se constituye como la síntesis simbólica de los valores identificativos de una sociedad que los reconoce como propios. En otras palabras, es la tradición común del pasado de una comunidad, con la que transmite toda su erudición a las generaciones presentes y futuras.<sup>[1]</sup>

Desde un enfoque general se podría considerar patrimonio al entorno natural, cultural y monumental de un área determinada y como el reflejo de la actividad humana que nos documenta sobre la cultura material, histórica y artística de distintas épocas y que, por su condición ejemplar y representativa del desarrollo de la cultura, es necesario conservar.

De ello se deduce el que el término patrimonio cultural adquiera un carácter dinámico y flexible, pues cuenta con evidentes características de vulnerabilidad y con un marcado carácter no renovable. Como consecuencia de este proceso surge el concepto de sostenibilidad, con lo que se busca diseñar y aplicar modelos de desarrollo sustentable para el ámbito cultural. De ahí que actualmente proliferen proyectos de digitalización patrimonial.

Ahora bien, para comenzar a definir y encauzar el objeto de estudio resultará necesario delimitar un panorama general y lo ideal sería meditar con respecto al campo que se va a intervenir. Si planteamos una reflexión sobre la digitalización de bienes patrimoniales en el contexto mexicano tendríamos que partir de la identificación y construcción de un panorama general sobre los recursos digitales de naturaleza cultural, que nos permitan definir y clarificar los problemas y la realidad de la digitalización en México,

sobre todo ante el vacío de directrices institucionales que ha obstaculizado la tarea de dar coherencia y sentido a las políticas sobre este tema.

En este sentido la digitalización de colecciones artísticas y culturales se está enfrentando a un panorama de problemáticas que no han sido resueltas del todo y que -a pesar de los esfuerzos realizados por cada institución que pone en marcha esta clase de proyectos- requieren todavía de un mayor estímulo para garantizar que las necesidades que impone la digitalización del patrimonio cultural tanto en México como en el mundo se atiendan cabalmente.

Antes de desglosar los aspectos que comprenden el panorama que se plantea (que ayudarán al lector a reflexionar sobre estas cuestiones), me permitiré introducir la idea del *patrimonio cultural digital*. Si es posible explicarlo de manera eficaz, servirá para fundamentar la consciencia de que el acervo digital de la humanidad es de gran relevancia.

##### 3.1.1 PRECEDENTES TECNOLÓGICOS

Es a partir de 1960 que da comienzo el desarrollo de los recursos que actualmente se denominan tecnologías digitales (informática, vídeo y telecomunicaciones), lo que ha establecido nuevas necesidades y una dinámica cultural sin precedentes que ha terminado por modificar las formas de trabajo en bibliotecas, archivos y museos, sitios que sólo habían considerado el empleo de esas tecnologías para crear bases de datos para compilar grandes cantidades de información y que en su momento no podían ser considerados como documentos electrónicos.

Por otra parte, las opciones de conservación y reproducción de los acervos -bajo custodia de estas instituciones-, se limitaban únicamente al papel o el microfilm, que hoy conocemos como medios analógicos.

[1] Basado en NIGLIO, O, et al. (2014). **Restauración y Protección del Patrimonio Cultural**. México: Aracne, Esempi di Architettura. pp.33-34.



Más adelante, en concreto al inicio de la década de los años ochenta, las redes telemáticas se popularizan generando con ello la fusión de la informática con las telecomunicaciones para crear, consultar, modificar y almacenar toda la información contenida en computadoras ubicadas en distintos lugares.

De esta forma se comienzan a reproducir digitalmente imágenes: desde documentos con valor histórico y cultural hasta sonidos, justamente para conservarlos pero también para difundirlos. Esto permitió el acceso a toda la información producida por los últimos avances científicos, facilitó los procedimientos para la educación y permitió la producción de toda clase de productos recreativos.

Los medios analógicos paulatinamente pasaron a ser digitalizados con el impulso de las nuevas tecnologías, como el escáner (que aparece en 1990), el uso de computadoras portátiles y principalmente el desarrollo de Internet; también con el primer navegador gráfico Mosaic, y más adelante las cámaras digitales, los protocolos de comunicaciones TCP/IP, los formatos de archivo (JPG, TIFF, etc.) y los discos compactos DVD.



**FIGURA 3.1**  
Digitalización de colecciones bibliográficas.

La penúltima evolución la encontramos cuando surgen las técnicas de digitalización, las cuales han venido a mejorar los procedimientos de captura, almacenamiento, gestión y conservación de archivos. Un proceso que en su momento implicó que se asimilaran nuevas formas de administrar la información y de las cuales emerge una nueva cultura de la imagen caracterizada por cuatro variables dinámicas siempre propias de un objeto de índole digital: "*la virtualización, interactividad, simultaneidad e intertextualidad, entre otros factores variables*".<sup>[2]</sup>

Partiendo de estas propiedades, los datos digitalizados adquirieron la cualidad de generar *metadatos* -es decir, datos que describen otros datos- los cuales ofrecen valores añadidos a la información existente, dado que un documento puede complementarse, por ejemplo, con estudios asociados o análisis comparativos.

En la actualidad, estos recursos implican múltiples beneficios para los usuarios pues las instituciones que custodian bienes culturales pueden ofrecer información contextualizada que facilite la comprensión de cualquier archivo desde diferentes enfoques. Además, como cualidad añadida, puede ser consultada por todo tipo de persona en cualquier parte del mundo gracias a las redes que se han trazado con las nuevas tecnologías.<sup>[3]</sup>

### 3.1.2 CONTEXTO INSTITUCIONAL

Al analizar el entorno que rodea los proyectos de digitalización en México, lo que se observa es un vacío en cuanto a normas institucionales se refiere, lo que ha evitado dotar de coherencia y sentido a las políticas de digitalización.

Por ello la reflexión sobre este tema debe surgir de la identificación y construcción de un panorama general a partir de los recursos digitales de naturaleza cultural que ya existen en estos momentos y los proyectos que los han generado. En este sentido, nos enfrentamos a una intrincada problemática dada la enorme complejidad que implica su ejecución.

[2] Jacob Bañuelos. (2005). **Digitalización del Patrimonio Cultural**. Razón y Palabra, vol. 10, del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Estado de México, México. Texto disponible en <<http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=199520624019>> [Consultado: marzo de 2013]

[3] Basado en **Panorama de la digitalización de bienes culturales** (s.f.). Grupo de Investigación en Políticas Culturales del Seminario de Digitalización del Patrimonio del IIE-UNAM. Texto disponible en <<http://imagedigital.esteticas.unam.mx/>> [Consultado: julio de 2013]

A pesar de los grandes esfuerzos de cada institución en promover iniciativas de digitalización, es evidente que se requieren aún mayores estímulos y fomentos que garanticen las condiciones necesarias para responder a los grandes desafíos que enfrentan las labores de digitalización del patrimonio en México.

A partir de esta premisa, me permito partir para comenzar a definir cuál sería la finalidad, los beneficios y las desventajas de la digitalización en un nivel nacional pues en México el concepto no ha sido completamente asimilado e incorporado a nuestro léxico común y aún menos como una disciplina que puede ofrecer importantes perspectivas, lo cual ha generado confusiones que irremediablemente afectan sus resultados.

En un contexto donde impera la globalización, resulta conveniente atender a la instrucción, orientación y lineamientos ya establecidos por otros organismos de dimensión regional y sobre todo de alcances internacionales como lo es la Unión Europea, la cual ha logrado consolidar una plataforma que se traduce en múltiples redes, programas y documentos que sirven para crear acuerdos y consensos sobre temas de digitalización de bienes culturales.



**FIGURA 3.2**  
Digitalización con escáner CopyBook.

Precisamente de esta clase de acciones es como han ido surgiendo criterios y directrices que buscan dotar de coherencia y afinidad a los trabajos de digitalización, así como una serie de normativas y redes humanas e institucionales que sustentan y extienden las funciones que cubren los proyectos de esta clase, sobre todo pensando a largo plazo.

Por ejemplo, existen múltiples prácticas y estudios que podemos considerar relevantes sobre proyectos de digitalización en espacios culturales -museos, bibliotecas, academias y/o archivos históricos y artísticos- entre los que destacan interesantes proyectos como la iniciativa europea denominada MINERVA (Ministerial Network for Valorising Activities in Digitisation)<sup>[4]</sup> o la Biblioteca Gallica<sup>[5]</sup>, que se han encargado de poner a disposición de manera gratuita acervos de alto valor patrimonial y cantidades muy considerables. Estamos hablando de cerca de 90,000 obras de las cuales se desprenden más de 250,000 imágenes y recursos sonoros. En cuanto a materiales que se generan en países hispano parlantes destacan la Biblioteca Cervantes Virtual, la Biblioteca Nacional Argentina<sup>[6]</sup> y la Memoria Chilena<sup>[7]</sup>.

En lo que respecta al contexto mexicano, actualmente se cuenta con avances significativos en la digitalización de documentos en dos dimensiones como son textos y fotografías. Son varias las instituciones que se han encargado de otorgarle a los esfuerzos de digitalización una prioridad importante para conservar el patrimonio que tienen en resguardo, por medio de la conversión de los bienes en soportes digitales que eviten en la medida de lo posible su manipulación, lo que ha prolongado la vida de los documentos en cuestión.

Este es el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México a través de las dependencias pertinentes como la Dirección General de Patrimonio Universitario. Espacios donde se ha pretendido aprovechar los lineamientos ya existentes para la creación y gestión de materiales digitales en favor de la docencia, la investigación y la difusión de la cultura.

[4] Texto disponible en <<http://www.minervaeurope.org>> [Consultado: septiembre de 2013]

[5] Texto disponible en <<http://gallica.bnf.fr>> [Consultado: septiembre de 2013]

[6] Texto disponible en <<http://www.bibnal.edu.ar>> [Consultado: octubre de 2013]

[7] Texto disponible en <<http://www.memoriachilena.cl>> [Consultado: octubre de 2013]

### 3.1.3 DIRECTRICES INTERNACIONALES

La relevancia de la digitalización vista desde el ámbito patrimonial es una preocupación que ha motivado numerosas acciones que buscan no sólo definir al patrimonio cultural digital y a la misma documentación electrónica, sino generar las condiciones que permitan a las generaciones futuras recuperar y disfrutar de las aportaciones culturales de las sociedades contemporáneas.

Entre tales intenciones sería fundamental recuperar el trabajo de la UNESCO, que ha llegado a las siguientes conclusiones:

- » Las publicaciones digitales deben ser objeto de depósito legal.
- » Los documentos electrónicos tangibles (discos ópticos y magnéticos) pueden ser tratados como los materiales impresos y audiovisuales.
- » Los archivos disponibles en línea precisan un análisis y procedimiento especial debido a sus características como objetos virtuales.
- » Las publicaciones electrónicas requieren del establecimiento, casi simultáneo a su recopilación, de un programa de preservación que incluya una minuciosa organización y una dotación suficiente de todo clase de recursos.
- » Resulta conveniente establecer acuerdos con los productores de los documentos digitales con el fin de compaginar sus derechos, tanto de sus creadores como de los lectores.

Por su parte, existen otras guías como el antes citado proyecto MINERVA, el cual se basa en los denominados “Principios de Lund” elaborados en el 2001. Este proyecto representa otro esfuerzo que se distingue por dos características: ser el resultado concreto de la colaboración y el intercambio entre Estados e instituciones y aportar consideraciones que pueden ser empleadas y aplicadas por cualquier proyecto de digitalización. Entre estas consideraciones se pueden distinguir las siguientes:

- » Evaluación de la calidad de los sitios culturales en Internet, con el objetivo de facilitar el acceso a los recursos digitales.
- » Identificación de las buenas prácticas en el seguimiento de los proyectos de digitalización.
- » Evaluación comparativa de las políticas, programas y proyectos de digitalización, en tanto la adopción de una guía común.

De acuerdo a lo anterior resulta evidente que todo proyecto de digitalización debe cumplir con una serie de requisitos legales y permisos para la reproducción de los recursos culturales que se planean registrar e intervenir, siendo que constituyen a un importante legado de la sociedad. Ampararse en una serie de directrices correctamente establecidas nos permitirá contemplar las políticas culturales públicas correspondientes que faciliten el acceso a los bienes patrimoniales, siendo que es un hecho irrefutable el derecho cultural de todos los ciudadanos, sin tampoco perder de vista que el acceso abierto a estos recursos por medios digitales abre la posibilidad a que cualquier usuario utilice las redes, ya sea para copiar, distribuir, reproducir y hasta enlazar cualquier información sin impedimento legal, tema que debe ser resuelto en instancias legales.

### 3.1.4 LEYES E INSTITUCIONES

Es preciso tener en cuenta que las instituciones culturales más comunes son los archivos, las bibliotecas y los museos, aunque también hay que añadir a las instituciones educativas (como las universidades) así como las instancias gubernamentales. Desde este marco es posible analizar las medidas emprendidas según los retos que ha implicado la introducción de las tecnologías digitales en sus actividades cotidianas.

En los últimos años, los proyectos de digitalización acometidos en estos espacios se han desarrollado con mayor complejidad y comprensión de todo lo que significa iniciar y llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza. Si se estudia la evolución del fenómeno, es claro que se ha experimentado un cambio abrupto -por consiguiente accidentado- que aún así ha producido un cúmulo de conocimientos y experiencias que se rescatan y asimilan para emprendimientos posteriores. Así cada proyecto nuevo mejora aspectos como la estructuración más oportuna de sus componentes y recursos.

En el ámbito académico existen muchos y muy variados proyectos concluidos, tanto en proceso como en diseño, que son visibles y comprobables pero que presentan aún problemas conceptuales. Lo que conduce a un cuestionamiento muy concreto: ¿para qué digitalizar?

Es esta una pregunta de difícil respuesta, pues existen diversas versiones según el punto de vista de cada usuario, pero analizarlo bajo una visión general ayudará a entender cómo éstas visualizan sus estrategias o carencias de preservación, el tipo de acceso a sus materiales y la función social que cumplen sus acervos.

Ahora bien, aún cuando esta clase de instituciones resguardan gran parte del patrimonio cultural, no es en formato de propiedad exclusiva sino su función es custodiar, conservar y sobre todo difundir sus contenidos; esto les convierte únicamente en intermediarias entre los usuarios y la obra. Por ello es que la digitalización se convierte en una poderosa herramienta para potenciar de manera significativa la divulgación de los acervos.

En este contexto, toda reproducción de un bien patrimonial, sea facsimilar o digital, requiere necesariamente de un control específico por las implicaciones legales y comerciales que se derivan del objeto reproducido. Consideración que parece no aplicar para los objetos patrimoniales que se han digitalizado en archivos, bibliotecas y museos en los últimos años.

La cuestión de la reproductibilidad tiene una vinculación directa con las políticas culturales y la función social de las instituciones de custodia. En lo que a regulaciones se refiere, y aunque en el Código Fiscal de la Federación del año 2000 se establecen las reglas para reconocer los documentos digitalizados o microfilmados en igualdad a los físicos, existe un síntoma muy evidente y es precisamente la carencia de políticas claras en las instituciones encargadas de la cultura en México, lo que obstaculiza de manera seria el acceso y la divulgación de los materiales. Esto desemboca no sólo en una falta de cooperación interinstitucional sino en problemas relacionados a los recursos técnicos compatibles, como el diferente grado de conocimientos técnicos y la discordancia entre quienes organizan, diseñan y ponen en práctica los proyectos.

Lo que se observa es una práctica aislada y dispersa entre instituciones comprometidas con proyectos de digitalización, que los hacen finalmente incompatibles. Posturas que no ayudarán a superar la brecha que se padece en cuanto a gestión cultural de bienes culturales.

Si se logran compaginar esfuerzos comunes, en los que cualquier reproducción de un bien patrimonial pueda ser administrado bajo un régimen regulado y respetando todas las implicaciones legales y comerciales derivadas de los objetos digitalizados, será posible dar un paso muy grande en pos del acceso expedito del patrimonio, pues como señala acertadamente Ernesto Priani, *“no puede ser el resultado de un esfuerzo individual”*.<sup>[8]</sup>

[8] Erika Ortega. (2012). **Proyectos de digitalización para investigación digital**. De Blog colectivo de la Red de Humanidades Digitales de México. Texto disponible en <<http://humanidadesdigitales.net/blog/2012/08/09/proyectos-de-digitalizacion-para-investigacion-digital/>> [Consultado: septiembre de 2013]

### 3.1.5 PROYECTOS Y PROGRAMAS DE DIGITALIZACIÓN PATRIMONIAL

En las siguientes páginas me permitiré desglosar y analizar algunos de los proyectos de digitalización previamente realizados a partir de una perspectiva genérica.

Para ello quisiera hacer referencia a un texto que engloba esta visión que planteo en el que convergen los esfuerzos en un proyecto de digitalización común. El documento al cual hago alusión es el número de julio de 2012 de la gaceta del Fondo de Cultura Económica, el cual publica una serie de artículos sobre el posible planteamiento de una Biblioteca Digital Nacional de México.<sup>[9]</sup>

Es importante rescatar la manera en que se plantea este panorama pues como he mencionado no parecen existir muchas instituciones con una visión integradora de su misión y proyección social. Tampoco existen por parte del Estado políticas claras en el ámbito de la digitalización de bienes documentales, lo que tiene efectos distorsionantes en los productos digitalizados una vez reunidos en bases de datos. Lo cual nos lleva a dos cuestionamientos cruciales:

#### ¿Qué hacer con lo ya digitalizado?

#### ¿Permito su acceso a través de la red?

Son estos los aspectos más relevantes que se deben atender. Como parte de esta inquietud, sería pertinente hacer una revisión a los proyectos de digitalización actualmente disponibles en todo el mundo y su importancia para llevar a cabo investigaciones que se desprenden de estos.

Tal exploración se dividirá en tres niveles de estudio según su repercusión -internacional, nacional y académico- para que sea posible detectar las problemáticas particulares y los mecanismos planteados para solucionar los diversos obstáculos encontrados.

[9] Texto disponible en <[http://www.fondodeculturaeconomica.com/subdirectorios\\_site\\_jul\\_2012.pdf](http://www.fondodeculturaeconomica.com/subdirectorios_site_jul_2012.pdf)> [Consultado: noviembre de 2013]

## PROYECTOS INTERNACIONALES

Los siguientes son algunos de los proyectos más destacados:

### Biblioteca Digital Mundial

[www.wdl.org/es](http://www.wdl.org/es)



Partiendo de iniciativas a gran escala y con alcances a nivel internacional tenemos a la Biblioteca Digital Mundial, propuesta que básicamente hace acopio y permite la consulta de imágenes digitales a manera de presentación museística.

Entre sus principales ventajas es la posibilidad de realizar búsquedas especializadas de toda clase de textos, pudiendo incluso acceder a fondos reservados que no son únicamente de interés para investigadores especializados.

La creación de este archivo general nace de la propuesta del Bibliotecario del Congreso de los EE.UU. James H. Billington para la UNESCO en 2005, con la idea de crear una colección disponible a través de Internet que asegurara el fácil acceso a los bienes culturales desde diversos puntos del mundo y que promoviera el entendimiento entre las diferentes culturas, lo que en teoría aumentaría las capacidades de los países en desarrollo e impulsaría la diversidad, todo ello en concordancia con los objetivos estratégicos de la UNESCO. A partir del estudio realizado por varios expertos en la materia, se detectó la poca producción de contenido cultural digitalizado de dichos países, entre los que se encuentra México, siendo manifiesta la carencia de recursos para acometer esta clase de retos, tanto para digitalizar como para exponer a gran escala los bienes digitales. Por ejemplo, es común hallar colecciones publicadas en sitios web que resultan ser poco atractivos para los usuarios, mucho menos funcionales.

Es en este punto donde se comienzan a establecer una serie de directrices entre instituciones para desarrollar y contribuir con contenidos adecuados al prototipo de una Biblioteca Digital Mundial, con la participación de individuos de más de cuarenta países.

Al resultar en un éxito lo que continuó fue el desarrollo de una versión pública y de libre acceso por parte de bibliotecas locales, la cual incluye artículos de alta calidad que manifiestan el valor que tiene la herencia cultural de los países del mundo.

Entre las características principales de este proyecto se destacan:

- » **Metadatos congruentes:** como datos sobre otros datos que se pueden guardar, intercambiar y procesar por medio de una computadora, cada elemento del acervo digital se encuentra descrito por una consistente serie de datos e información de diversas clases, desde geográficos, temporales, temáticos, etc, cualidad del sitio que facilita su exploración y aumenta su exposición.
- » **Descripciones:** hay que destacar las reseñas que se pueden encontrar ligadas a cada uno de los artículos de la biblioteca, las cuales explican a detalle la importancia de cada uno y proveen un contexto para el usuario, avaladas por la redacción de los expertos en cada materia, lo que invariablemente provoca el interés por el patrimonio de todos los países.
- » **Multilingüismo:** el poder encontrar información en varias lenguas ha fortalecido el desarrollo del sitio y, aunque complica en cierto modo su mantenimiento, lo aproxima a su universalidad.
- » **Desarrollo tecnológico:** el proyecto ha generado una serie de herramientas de última generación, lo que ha significado grandes avances en aplicaciones para catalogación y sitios multilingües.
- » **Colaboración:** es importante establecer redes de cooperación por lo que el proyecto pone especial énfasis en la apertura a todos los aspectos que lo integran (participación global, la distribución de la tecnología y acceso a los contenidos).

Por último, es igualmente importante destacar que el impulso que ha significado para crear centros de digitalización, aún cuando muchos de los colaboradores -principalmente en los países en desarrollo- no se encuentran totalmente capacitados, tanto en personal como en equipamiento.

Con todo se ha convertido en una importante herramienta para la UNESCO para fortalecer las capacidades de nuevos proyectos en los sitios marginados del mundo, lo que termina por nutrir no sólo a la Biblioteca Mundial, sino a otros esfuerzos naciones e internacionales.

Europeana  
www.europeana.eu/



Otro de los proyectos que se ha constituido como un consorcio internacional, creado inicialmente en 2005, de acceso libre y cuyos fondos incluyen material bibliográfico, audiovisual, geográfico, artístico (pinturas), prensa, archivos sonoros, entre otros, todos bajo derechos de autor.

Dotado de un presupuesto de 120 millones de euros y promovido por la Comisión Europea de Sociedad de la Información y Medios, supervisado y coordinado por la Fundación Biblioteca Digital Europea (EDL Foundation, European Digital Library Foundation) con sede en Ámsterdam. Al igual que la Biblioteca Mundial es una plataforma accesible en diversos idiomas, lo que provocó incluso la clausura del servicio ya que rebasó su capacidad.

La plataforma está pensada como una importante fuente de materiales a disposición de las industrias creativas y de la información que se encargan del desarrollo de nuevos productos y servicios. También busca extender sus beneficios al turismo y reforzar los nuevos métodos de enseñanza.

Es exactamente en función de la actualización de las demandas por parte de los usuarios, que la plataforma está en constante progreso pues se plantea el desarrollo de nuevas herramientas. Por ejemplo, permitir que los investigadores puedan verter comentarios lo cual enriquece los contenidos, al igual que todo usuario interesado puede ofrecer en aportaciones sobre diversas áreas del conocimiento.

Otra de las particularidades que es interesante considerar es la descentralización de la biblioteca, pues está proyectada para no alojar toda la información en una única estructura, sino que se constituya como un punto de enlace a distintas bases de datos de toda Europa, lo que evitará la limitación de búsqueda para los usuarios. Para ello es claro que ha reúne las aportaciones de varias instituciones culturales europeas, siendo la Biblioteca Nacional de los Países Bajos las estructura operativa que funciona como soporte para la red conformada.

Centro de Competencia en Digitalización IMPACT  
www.digitisation.eu/



De creación más reciente (2012), se trata de una organización sin ánimo de lucro con el objetivo de reunir un grupo significativo de instituciones (universidades, bibliotecas públicas y privadas, fundaciones, empresas tecnológicas y centros de investigación) para generar un trabajo activo en la preservación, gestión y difusión del patrimonio cultural para la generación de archivos digitales.

Con sede en la Biblioteca Nacional de Francia y en la Universidad de Alicante, donde se realizan las gestiones administrativas, el asesoramiento en cuestiones de propiedad intelectual y se coordinan nuevos proyectos de investigación con el fin de mejorar la calidad de las transcripciones de textos. Cuenta con la experiencia de más de diez años pues se funda simultáneamente con la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, pionera en la reproducción y edición digital de textos, lo que continúa siendo poco frecuente hoy en día.

Uno de los grandes valores de este proyecto es el enfoque puesto en promover que los procesos de digitalización sean más rápidos, eficientes y baratos a través de optimizar las herramientas que adaptan los contenidos intelectuales a las nuevas formas de acceso a la información y para lo cual cuentan con la colaboración de algunas de las bibliotecas más importantes de Europa.

Algunos otros atributos a destacar son la plataforma de exposición, los formatos para evaluación de herramientas y el plan de actuación (que contempla talleres, exposiciones, etc), los cuales resultan vitales para una correcta implementación.<sup>[10]</sup>

[10] Basado en **La Universidad de Alicante acoge el Centro de Competencia IMPACT** (2012). Texto disponible en <http://web.ua.es/es/actualidad-universitaria/diciembre2012/la-universidad-de-alicante-acoge-el-centro-de-competencia-impact.html> [Consultado: noviembre de 2013]

## PROYECTOS NACIONALES

### Archivo General de la Nación

[www.agn.gob.mx](http://www.agn.gob.mx)



En México también hay ejemplos de proyectos que integran documentos digitales para su resguardo y consulta. El más completo y visible hasta el momento es el Archivo General de la Nación, el cual contiene más de 4.5 millones de imágenes, pues actualmente se digitalizan los volúmenes completos del Fondo Documental de Tierras y el Diario del Imperio.

En parte, la consulta de este sistema sólo se puede realizar en las instalaciones del AGN aunque hay otros disponibles en línea como los fondos de la Independencia, la Red de Archivos Históricos Mexicanos, Mapas, Planos e Ilustraciones, Revolución y Constitución federal de 1857.

El pasaje de los fondos documentales al formato digital no sólo permite una mejor preservación sino que posibilita que varios usuarios puedan visualizar y seleccionar de manera sencilla y rápida los materiales fotográficos, audiovisuales y bibliográficos de su interés con una calidad superior.

Asimismo, se prevé en el mediano plazo que los contenidos digitalizados sean publicados en la página web del AGN para dar aún más accesibilidad. Debido a la gran cantidad de recursos de valor patrimonial que posee el AGN, múltiples investigadores han optado por establecer criterios de selección a la hora de intervenir los archivos, teniendo en cuenta la descripción que poseen, el nivel de consulta y el estado de conservación de los fondos, otorgándole prioridad a los que se encuentran ante un mayor riesgo físico.

### Hemeroteca Nacional Digital de México

[www.hndm.unam.mx](http://www.hndm.unam.mx)



En este mismo orden, el proyecto de la HNDM representa el acceso virtual al más completo patrimonio hemerográfico de México. Se trata de un portal donde las publicaciones periódicas emergen de las valiosas bóvedas para circular y exponerse a sus destinatarios. Contiene 9 millones de páginas provenientes de más de 900 títulos de publicaciones periódicas. Algunos títulos son accesibles solamente desde la misma Hemeroteca.

---

## CONACULTA

[www.dgb.conaculta.gob.mx/info](http://www.dgb.conaculta.gob.mx/info)

Es esta una colección digital que cuenta con textos de dominio público, disponibles para préstamo electrónico. Nace a partir de la Ley General de Bibliotecas y el Programa Nacional de Cultura 2007-2012, la cual dicta que la Dirección General de Bibliotecas de CONACULTA tiene el compromiso de ampliar las modalidades de acceso gratuito a los distintos medios y fuentes de información, de manera particular, a través de los desarrollados por las nuevas tecnologías.

Para ello ofrece una gama de recursos electrónicos en las diferentes áreas del conocimiento dirigido a todo tipo de público: niños, jóvenes y adultos; estudiantes y profesores de los diferentes niveles educativos; autodidactas e interesados en aprender un oficio.

Dichos recursos comprenden libros electrónicos; enciclopedias en línea; bases de datos con información científica, tecnológica y humanística, así como cursos de idiomas y de capacitación para el trabajo.

---

Universidad Nacional Autónoma de Nuevo León  
<http://cd.dgb.uanl.mx/>



Los documentos de esta colección forman parte de los acervos bibliográficos a resguardo de la Biblioteca Universitaria Raúl Rangel Frías, la Capilla Alfonsina Biblioteca Universitaria, el Centro Regional de Información y Documentación en Salud de la Facultad de Medicina y la Biblioteca José Juan Vallejo de la Facultad de Derecho y Criminología de la UANL.

Tiene como principal antecedente e inspiración el programa Memoria del Mundo de la UNESCO, cuyo propósito es asegurar la preservación del patrimonio documental de importancia nacional y regional. La Colección Digital de la UANL está integrada actualmente por 13,408 títulos con 18,494 volúmenes.

El objetivo es difundir los documentos mediante el acceso electrónico al texto completo de los mismos, a la vez que contribuir a su conservación. Está conformada por documentos editados durante los siglos XVI al XIX, en español, italiano, francés y latín, así como por las tesis de posgrado (maestría, especialidad y doctorado) generadas en la UANL y por otros documentos de interés para la investigación.

Primeros Libros  
<http://primeroslibros.org/>



Primeros Libros es uno de los casos más particulares e interesantes que existen a nivel nacional pues el proyecto de Impresos Mexicanos del Siglo XVI construirá una colección digital de los primeros libros producidos en México antes de 1601.

La relevancia de su contenido -principalmente compuesto por monografías- es que representan las primeras impresiones realizadas en el Nuevo Mundo y proporcionan fuentes primarias para estudios enfocados a una gran variedad de temas académicos. Son aproximadamente 220 títulos únicos que se han acopiado con la colaboración de instituciones alrededor del mundo, la mayoría concentradas en México y Estados Unidos.

Como proyecto piloto son dos los objetivos principales:

- » Construir una colección digital de aproximadamente cincuenta y ocho tomos de los primeros libros resguardados por los participantes del proyecto.
- » Demostrar las ventajas de las tecnologías digitales, los estándares de metadatos y la digitalización, así como la importancia de la colaboración interdisciplinaria en esta clase de proyectos.

Algunos de los ejemplares que componen la colección son:

- » Once de los primeros libros resguardados por la Biblioteca Palafoxiana en Puebla.



- » Cuatro resguardados por la Biblioteca Lafragua en Puebla.
- » Uno de los primeros libros resguardados por la Biblioteca Franciscana en Cholula.
- » Dieciséis resguardados por Benson Latin American Collection en The University of Texas.
- » Dieciocho resguardados por Cushing Library en Texas A&M.
- » Ocho resguardados por la Biblioteca Histórica Marqués de Valdecilla de la Universidad Complutense de Madrid.

Otro punto interesante es que está diseñado para incentivar la colaboración entre las instituciones interesadas al publicar continuamente estándares para la digitalización de libros, de ficheros de imagen subsecuentes y para la distribución de materiales.

---

## PROYECTOS UNIVERSITARIOS

### Dirección General de Bibliotecas UNAM

[www.dgbiblio.unam.mx/](http://www.dgbiblio.unam.mx/)



Dentro de la UNAM también se han realizado diversos esfuerzos de rescate para facilitar el acceso a una parte del patrimonio bibliográfico universitario, en especial a los libros alojados en sus diversas dependencias.

El primer intento -en forma- fue organizado por el Departamento de Procesos Técnicos de la Dirección General de Bibliotecas en 2010 con el fin de recabar y catalogar la totalidad de los fondos antiguos distribuidos en las 134 bibliotecas que componen el Sistema bibliotecario de la UNAM, en su mayoría resguardados por la Biblioteca Central. El material digitalizado de los libros, algunos de ellos ejemplares únicos, está disponible vía internet

a través de la interfaz de la Dirección General de Bibliotecas y organizado en fichas del catálogo general, en el cual incluso se pueden consultar las imágenes de los libros.

En este inventario se pueden hallar todos los volúmenes que se han catalogado hasta la fecha, tanto del Fondo Antiguo de la Biblioteca Central como del fondo reservado de la Biblioteca Antonio Caso de la Facultad de Derecho y de la Biblioteca Rafael García Granados del Instituto de Investigaciones Históricas, entre otras. Es preciso aclarar que son muchas más las sedes donde se encuentran a resguardo valiosas colecciones por lo que al momento de redactarse el presente escrito hay en marcha múltiples iniciativas. Asimismo, actualmente está bajo consideración someter la colección digital a procesamiento vía OCR, lo cual otorgará a la base de datos una mayor funcionalidad e interacción con los usuarios.<sup>[11]</sup>

### Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información (IIBI)

[www.cuib.unam.mx/](http://www.cuib.unam.mx/)



El Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas tiene su origen en la Coordinación Académica de la Dirección General de Bibliotecas, en donde un grupo de académicos avocados a estudiar y resolver problemas en bibliotecología impulsaron la creación de este Centro.

La UNAM, sensible a la necesidad de profundizar en el estudio de la disciplina, emite por acuerdo del entonces Rector Dr. Octavio Rivero Serrano, el 14 de diciembre de 1981, la creación del Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas (CUIB), adscrito a la Coordinación de Humanidades como una entidad académica de investigación.

---

[11] Guillermo Morales (2012). **El catálogo del Fondo Antiguo**. Dirección General de Bibliotecas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Texto disponible en <<http://elfondoantiguo.blogspot.mx>> [Consultado: junio de 2013]

El IIBI forma parte del Subsistema de Investigación en Humanidades y sus objetivos principales son:

- » Realizar investigación teórica y aplicada en Bibliotecología y la Información, así como acrecentar el conocimiento original en estos campos; crear conocimiento de frontera en Bibliotecología y la Información.
- » Desarrollar investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria.
- » Aportar soluciones a los problemas nacionales y mundiales vinculados a la Bibliotecología y de la Información, con base en la investigación, la elaboración de políticas públicas e intervenciones sociales.
- » Apoyar la formación de recursos humanos de alta especialización en la educación superior.
- » Difundir y divulgar los productos de investigación del Instituto en el país y en el extranjero, apoyar y asesorar a la UNAM en aspectos relacionados con la Bibliotecología y la Información.

Para llevar a efecto sus actividades académicas de investigación y formación de alto nivel en el posgrado de Bibliotecología y Estudios de la Información, el Instituto cuenta con la siguiente infraestructura:

- » Una biblioteca altamente especializada, con un acervo integrado por 20,543 volúmenes de libros, 24,680 fascículos de revistas, 1,918 volúmenes de tesis, 900 audiovisuales y 3,639 documentos del Archivo Vertical.
- » Colecciones electrónicas que cuentan con: 80 títulos de monografías publicadas por el IIBI, 58 números de la Revista Investigación Bibliotecológica, que por su calidad ha sido integrada a los principales índices, entre los cuales se puede mencionar el Social Science Citation Index (SSCI), Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica de CONACYT y la iniciativa Library and Information Science Abstracts (LISA).
- » 40 carteles de eventos académicos realizados por el instituto y 30 títulos de revistas especializadas en el área en texto completo y acceso abierto.

Han sido diversas las sedes destinadas para el funcionamiento del Centro. Inicialmente, el espacio asignado para el desarrollo de sus funciones fue el segundo nivel del patio central del antiguo Colegio de San Ildefonso,

posteriormente en octubre de 1988 el Centro se traslada a la Torre II de Humanidades donde ocupa los pisos 12 y 13. Diez años después -con el incremento de la planta académica- los espacios resultaron insuficientes, por lo que en 1998 se le otorga el piso 11 de la misma Torre.

A finales de 1999 se inicia la remodelación de los tres pisos y el Centro traslada sus oficinas de forma temporal al tercer nivel del edificio ex coordinación de los CCH. En agosto de 2002 el Centro regresa a sus espacios originales con mejores condiciones para desarrollar sus funciones.

### Coordinación de Colecciones Universitarias Digitales (CCUD)

<http://ccud.unam.mx/>



La UNAM genera año con año multitud de conocimientos en todas sus áreas de investigación, desde datos científicos hasta catálogos culturales, que en su conjunto conforman las colecciones universitarias, un vasto patrimonio de información primaria generada por el trabajo cotidiano de su personal académico.

Este acervo, extraordinariamente extenso en su cobertura temporal, espacial y temática, se encuentra almacenado en las diversas colecciones que custodian en conjunto las entidades académicas. Para acopiar, integrar, homologar, actualizar y facilitar el acceso a dicha compilación, es que se crea en 2013 la Coordinación de Colecciones Universitarias Digitales (CCUD) por acuerdo del rector José Narro Robles.

Su misión se concentra en tres puntos muy claros:

- » Desarrollar una plataforma transdisciplinaria de datos para la administración, consulta y difusión de los acervos digitales universitarios. Coordinada por una Unidad Central, se encarga de la ciber infraestructura y el desarrollo de software.

- » Diseñar y promover el uso de herramientas tecnológicas que ayuden a administrar e integrar las colecciones universitarias y así contribuir al progreso del quehacer académico.
- » Difundir en la comunidad académica, las instituciones de gobierno y la sociedad en general, los acervos universitarios que contienen información primaria que resulta de la investigación científica, humanística y artística.

Como coordinación adscrita a la Secretaría de Desarrollo Institucional de la UNAM, la CCUD se enfoca en las versiones digitales de las colecciones universitarias, definidas como el conjunto de datos primarios de la misma clase reunidos y clasificados por su valor académico, artístico o patrimonial, lo que se traduce en una aportación muy relevante para los proyectos de digitalización.



FIGURA 3.3

Esquema de funcionamiento CCUD.

Algunas de sus labores más destacadas son:

- » Acceso a herramientas de administración, edición, captura y publicación de datos.
- » Limpieza de datos.
- » Estandarización de los datos.
- » Análisis de datos.
- » Visibilidad.
- » Estabilidad (en línea y respaldos).
- » Integración con otras colecciones.
- » Participación en consorcios nacionales e internacionales.
- » Indicadores de producción académica (certificados).
- » Apoyo para la elaboración de proyectos (DGAPA, CONACyT, etc).

### Red de Acervos Digitales UNAM (RAD UNAM)

[www.rad.unam.mx/](http://www.rad.unam.mx/)



De reciente creación, este interesante proyecto está enfocado a facilitar un buscador para la consulta y recuperación de recursos -en formato digital- producto de la actividad académica de la UNAM, comúnmente depositados en Repositorios Universitarios digitales (RUs) de dependencias adscritas al proyecto de RAD-UNAM.

El objetivo del proyecto es crear una red de bases de datos en apoyo a las dependencias que requieran herramientas para manejar y diseminar recursos digitales en conjunto, para ser recuperados y consultados a través de cualquier computadora o dispositivo móvil. En este sentido es parte del programa institucional "Toda la UNAM en línea" [12].

[12] Texto disponible en <http://www.unamenlinea.unam.mx> [Consultado: mayo de 2015]

De esta forma, la red de Repositorios Universitarios complementa y fortalece un esfuerzo a nivel universitario para mejorar la presencia de la UNAM en Internet y los medios de difusión derivados.

RAD-UNAM es un grupo multidisciplinario formado por programadores, diseñadores gráficos, bibliotecarios, investigadores y editores y se encuentra organizado por una coordinación general, una coordinación técnica y por el conjunto de responsables técnicos y contenidos de los distintos RUs.

Los Repositorios Universitarios son herramientas que todavía están en desarrollo por lo que pretende generar vinculación entre dependencias para investigar y documentar mejores prácticas, desarrollar documentación técnica y apoyar para generar un mayor interés y conciencia por la importancia del manejo de recursos académicos digitales.

Por último, uno de los grandes aciertos de este proyecto es la interesante oferta que supone participar, siendo un proceso bastante sencillo ya que cuenta con un sistema perfectamente organizado para incorporar nuevos contenidos, lo que facilita y fomenta su constante actualización.

Es tan que asequible que cualquier dependencia de la UNAM que produzca materiales digitales de consulta puede participar en la red siguiendo solamente tres pasos:

- » Crear un Repositorio Universitario (RU) que utilice el protocolo OAI-PMH.
- » Nombrar un responsable técnico.
- » Participar en las reuniones generales de RAD-UNAM.

Cada uno de estos se encuentran desglosados en el portal oficial RAD-UNAM para su correcta implementación. Es tan completa que incluso podemos encontrar asesoría técnica con respecto al software requerido.

## 3.2 NECESIDAD DE LA DIGITALIZACIÓN

### LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE PATRIMONIO

¿Por qué digitalizar el Patrimonio?

Definir con claridad una posición concreta sobre los procesos de digitalización patrimonial implica delimitar qué tipo de red queremos y para qué la queremos, en donde el objetivo primordial debería ser facilitar el acceso social a los bienes patrimoniales. La oferta debería integrar recursos de calidad y libres para todo usuario, como un derecho social de acceso a la información custodiada en las instituciones tanto públicas como privadas.

La conservación y preservación del patrimonio de orden cultural se manifiesta como una faceta a tener muy en cuenta en el futuro próximo a nivel de proyectos de digitalización, casi a un nivel prioritario. Y el patrimonio artístico entra dentro de esta línea de trabajo tanto por su necesidad intrínseca para la investigación histórica como por su creciente valorización social. La evolución que han tenido las bibliotecas digitales y los repositorios institucionales son factores vitales a atender.<sup>[1]</sup>

Las funciones de un proyecto de digitalización son variadas y pueden complementarse. La decisión de digitalizar documentos y objetos de valor patrimonial puede facilitar su acceso, siendo este el motivo principal y el más obvio, pues es más que evidente la alta demanda por parte del nuevo perfil de usuarios, además de la necesidad de quienes se encargan de controlar el acceso a una obra, o mejor dicho a una determinada colección. De esta manera la digitalización actúa en favor de la preservación del documento original.

Sin embargo, por otro lado vemos que este cambio de soporte propone únicamente preservar el patrimonio, muchas veces sin difundirlo propiamente. Es rara la ocasión en que uno puede consultar en la red todos los documentos que han sido digitalizados, siendo más frecuente su consulta a través de discos compactos que pueden ser accedidos solamente dentro de cada institución o bien, adquiriéndolos por compra.

[1] Vicenç Allué Blanch. (s.f.). **Digitalización del patrimonio bibliográfico veterinario: necesidad, reto y oportunidad.** Facultat de Veterinaria UAB. Texto disponible en <<https://ddd.uab.cat/pub/artpub/2007/80268/digpatbibvet.pdf>> [Consultado: enero de 2014]



**FIGURA 3.4**  
Digitalización bibliográfica.



**FIGURA 3.5**  
Digitalización de bienes artísticos.

De ello se desprende la continua búsqueda de herramientas para mejorar el acceso bajo una mayor calidad de los recursos destinados a un grupo creciente de usuarios (investigadores, docentes y público en general). He de recalcar que reducir la manipulación y el uso de materiales originales delicados o utilizados intensivamente para crear una copia de seguridad contribuirá significativamente para la íntegra conservación del material deteriorado.

De manera simultánea, se pretende ofrecer a las instituciones culturales oportunidades para el desarrollo de la infraestructura tecnológica que promueva la formación técnica de su personal; también impulsar el desarrollo de recursos colectivos, compartiendo intereses comunes con otras instituciones para crear colecciones virtuales e incrementar el acceso a nivel internacional y que rentabilicen las ventajas económicas de un enfoque social.

Siguiendo esta premisa se pueden aprovechar las oportunidades financieras como, por ejemplo, las posibilidades de inversión privada para adquirir recursos tecnológicos de punta e implementar programas de digitalización capaces de generar un beneficio significativo para las comunidades académicas.

Para ello resulta pertinente determinar por qué se aventura uno en un proyecto de digitalización: disponer de un objetivo claro, el mismo que determinará el proceso y los costes. Ya que la digitalización supone un trabajo intenso y caro, es importante establecer de modo preliminar el propósito y delimitar el conjunto de necesidades que se pretenden satisfacer.<sup>[2]</sup>

### 3.2.1 FINES DE LA CONVERSIÓN DIGITAL

En primer lugar, la finalidad de todo proyecto de digitalización es aportar un acceso generalizado a una comunidad de usuarios concretos. Sin embargo, las necesidades son distintas de acuerdo a la institución que lo implementa. Por ejemplo, si es privada, su enfoque será dirigido a un grupo de usuarios y necesidades muy específicas. Si se trata de una institución pública, caso de la Universidad Nacional, deberá satisfacer a una población mayor con demandas muy variadas.

[2] Basado en **Directrices para proyectos de digitalización de colecciones y fondos de dominio público, en particular para aquellos custodiados en bibliotecas y archivos** (2012). Del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Texto disponible en <<http://elfondoantiguo.blogspot.mx>> [Consultado: junio de 2013].

Para precisar las necesidades que resuelve la digitalización patrimonial, esencialmente las englobaré en cinco resultados relacionados entre sí:

- » Preservar la información original con el fin de prolongar su vida útil en condiciones óptimas durante el mayor tiempo posible.
- » Conservar la información como medida destinada a determinar las posibilidades de restauración de los documentos.
- » Reducir la manipulación y el uso de los materiales para prevenir su deterioro y eventualmente garantizar su rehabilitación.
- » Mejorar el acceso a documentos de distintas instituciones que se refieren a una determinada materia.
- » Ampliar la disponibilidad de los materiales como apoyo a la educación y a otros proyectos de investigación.

### 3.2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DIGITALIZACIÓN

Evidentemente, el proceso de conversión digital ofrece ciertas ventajas que a su vez implican inconvenientes para cumplir los cometidos que he mencionado anteriormente. Entre estas detecto las siguientes:

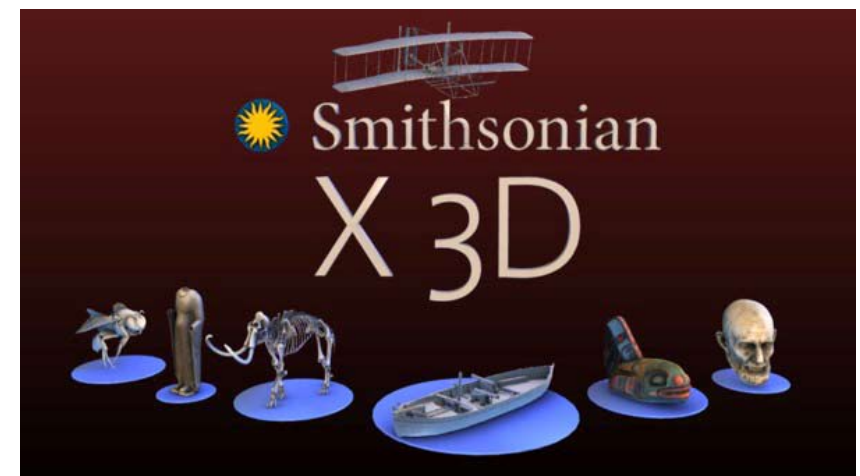
#### Ventajas

- » Asegurar la conservación de la información de manera duradera, adaptada y actualizada a los usos y necesidades de la actualidad y pensando a largo plazo.
- » Proteger los documentos del deterioro físico que impliquen un riesgo para los mismos, por ejemplo suciedad, agua, rayones o golpes.
- » Facilitar su consulta y acceso en todo momento a través de los diversos medios digitales disponibles actualmente y de los medios futuros, así como su conversión a los formatos más utilizados.
- » Reducir el espacio físico que ocupan.
- » Garantizar la disponibilidad para su consulta.
- » Evitar los desplazamientos de los puestos de trabajo y cualquier zona geográfica, lo que asegura el ahorro de tiempo en búsquedas.
- » Ofrecer los archivos de forma simultánea para varios usuarios a la vez, sin necesidad de copias físicas.
- » Distribuir el contenido total o parcialmente, por medios electrónicos de forma inmediata y evitando el envío de reproducciones físicas.

- » Controlar el acceso a los mismos.
- » Permitir el uso de la información en modo editable (comúnmente textos), permitiendo, por ejemplo, su exportación.
- » Servir como copias de seguridad, lo que evita el desgaste de los originales, su robo o pérdida.
- » Evitar riesgo de destrucción involuntaria.
- » Si es el caso, brindar la posibilidad de imprimir copias exactas del original.

#### Desventajas

- » Poca capacitación del personal para su conservación y manipulación.
- » Incapacidad de digitalizar toda clase de documentos u obra ya sea por características físicas o derechos de autor.
- » Obsolescencia de los recursos técnicos dada la constante evolución tecnológica.
- » Eventuales daños a objetos frágiles.
- » Disminución de la propiedad intelectual.
- » En algunos casos, el uso individual, es decir, que el lector no tenga la posibilidad de debatir, compartir ni intercambiar conocimientos.



**FIGURA 3.6**  
Catálogo de modelos 3D online del Museo Smithsonian.

### 3.2.3 VALOR DE UN ACERVO DIGITAL

Llevar a cabo un proyecto de digitalización requiere contar con un volumen mínimo de información. De no ser así, su valor como fuente documental será demasiado bajo para atraer lo suficiente a usuarios reales o potenciales. En tanto, el provecho y beneficio de un acervo digital dependerá de sus contenidos, tanto de su utilidad intelectual como de su calidad en términos de rendimiento.

Estos en efecto son factores variables pues las expectativas de los usuarios serán más exigentes con el correr del tiempo y tomando en cuenta que son muchos y muy diversos los factores que intervienen en un proyecto de digitalización, sobre todo en el caso del patrimonio cultural el cual se caracteriza por su multiplicidad de formas. El recurso digital deberá ser lo suficientemente provechoso para satisfacer las actuales y futuras necesidades. En este caso sería bastante interesante revisar si en los proyectos realizados en México se han cumplido los objetivos en referencia a otros países con mayor acceso -por medios digitales- a los bienes patrimoniales.

Para ello procuro definir a mayor detalle cada uno de los elementos que considero determinan el valor de un acervo digital:

- » **Contenido:** cualquiera que sea el objetivo al implementar un proyecto de digitalización, la selección de los materiales que le contendrán se basará siempre, en mayor o menor medida, en el contenido. De hecho el valor intelectual es la cuestión básica en toda clase de selección: **¿justifica el contenido de tal documento -su valor para el posible usuario- la inversión de esfuerzos, costes y otros recursos que son necesarios?**

Bajo estas condiciones, todo proyecto debiera tener sus propios principios de valor basados en los objetivos específicos que persigue. Estrictamente, en el caso de la digitalización con fines patrimoniales, la importancia de los archivos contenidos en un acervo digital podrían medirse por su trascendencia cultural y su vigencia histórica; sin embargo, se corre el riesgo de utilizarlos como parámetros subjetivos, situación que se observa en la digitalización indiscriminada y sin un criterio definido en muchas de las prácticas documentadas.

Por lo tanto, una cuestión importante -si la selección se basa en el contenido- sería determinar si vale la pena digitalizar una colección

al completo o únicamente una fracción de la misma. Normalmente, el valor de los documentos de archivos y colecciones es mayor en su conjunto que como partes individuales sacadas de su contexto. Aunque existen los casos en que los documentos individuales tienen por sí mismos un valor significativo para la investigación.

- » **Utilidad:** es realmente importante determinar desde un inicio los objetivos reales y medibles del proyecto, pues uno de los mayores obstáculos para generar colecciones digitales que resulten útiles para los usuarios se debe a una planeación ambigua, desde la elección incorrecta de los equipos, los bajos parámetros, la falta de planes de conservación y rutas de producción bien definidas, hasta la definición del tipo de publicación, todos estos factores que nos permitan asegurar de manera correcta la recuperación y manutención de la información.

Hay que destacar lo anterior ya que trazar correctamente un orden en los procedimientos permitirá definir las estrategias más convenientes en beneficio del trabajo académico.

- » **Calidad:** los resultados se encuentran directamente relacionados con los recursos utilizados, desde los medios técnicos para captura hasta las herramientas informáticas destinadas a procesar el material; también se relacionan con la correcta gestión de estos pues a fin de cuentas la digitalización de documentos está dirigida a facilitar su acceso. Establecer estándares de calidad uniformes es una manera de asegurar el mejor aprovechamiento posible para dichos recursos.

Por supuesto esto puede medirse analizando las reacciones y el interés de los usuarios, siendo una prioridad que resulten fáciles de usar, ya sea por medio de interfaces gráficas o bases de datos interactivas.

He de aclarar que los datos vertidos en esta sección servirán para el posterior desarrollo de una herramienta de evaluación y diagnóstico para proyectos de digitalización, el cual es uno de los cometidos más relevantes del presente proyecto.<sup>[3]</sup>

[3] Basado en GARCÍA, Alberto, et al. (2004). **Digitalización y divulgación digital de acervos antiguos**. Reporte técnico. Universidad de las Américas, Puebla. Texto disponible en <<http://ict.udlap.mx/projects/cudi/udlabuap/reporteFinalCudi.pdf>> [Consultado: junio de 2013]

### 3.2.4 BENEFICIOS DERIVADOS

#### Utilidad para el campo de la preservación y la gestión patrimonial

Es importante comprender que digitalizar no es lo mismo que preservar, pero la conversión digital contribuye positivamente en la preservación de los documentos cuando la copia digital previene el desgaste del original, cumpliendo estándares de calidad y perdurabilidad.

El patrimonio requiere de un manejo cuidadoso destinado a resguardarlo de aquellos intereses particulares que tienden a ponerlo en riesgo, por lo que la utilidad de la digitalización extiende sus beneficios a la gestión pues le libera de diversas limitaciones, como pueden ser las precarias condiciones medioambientales que afectan su almacenamiento, como en el caso de países en vías de desarrollo ubicados en zonas tropicales.

Ahora bien, la digitalización no significa ahorro en los costes de gestión de las colecciones ya que una copia digital no puede sustituir a su original, pero sí puede aportar en la creación de repositorios donde los facsímiles digitales puedan ser protegidos, organizados, catalogados y posteriormente consultados de manera ordenada y eficiente.

Un objetivo básico en la gestión del patrimonio es crear una amplia conciencia pública y el reconocimiento de los sitios del patrimonio cultural. La accesibilidad al patrimonio cultural facilita al público la oportunidad de visitar sitios y estudiarlos con una detallada y actualizada información histórica, cuando a menudo eran difíciles de inspeccionar debido a la naturaleza estática y a las limitaciones de espacio impuestas por medios excesivamente rígidos; sin embargo, con la vertiginosa evolución de las tecnologías de la información, los profesionales del patrimonio cultural cuentan ahora con la oportunidad de ampliar el acceso del público en general a través de una gama impresionante de recursos multimedia.

#### Utilidad para el campo de la educación

Los diversos proyectos de digitalización han tenido especial utilidad para la docencia, pues han contribuido a que académicos, alumnos y hasta responsables políticos aprovechen las ventajas de los avances tecnológicos en materia de difusión cultural, especialmente en los ámbitos de la enseñanza a distancia y la innovación en medios de comunicación aplicados a la educación.

En este sentido se pueden definir tres beneficios fundamentales:

- » Potenciar la asimilación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la docencia y la enseñanza a distancia.
- » Garantizar que el desarrollo de las TIC y los productos y servicios multimedia tenga en cuenta los aspectos de la educación.
- » Favorecer el acceso a métodos y recursos educativos de calidad.

Conformar un sistema educativo virtual puede significar grandes ventajas a largo plazo, como generar modelos flexibles, en los cuales el usuario construye su propio modo de aprendizaje y no es necesario que interactúe físicamente con los materiales. Además pone a su alcance toda clase de materiales de estudio y desde cualquier sitio a través de la red.

Esta clase de aprendizaje, desarrollado con el apoyo de las nuevas tecnologías de la información (Internet, computadoras y sistemas de comunicación), se le conoce hoy en día como e-learning o "aprendizaje a distancia de manera electrónica" y tiene grandes perspectivas a futuro para solucionar muchos de los problemas que tienen los responsables de la educación a nivel mundial para acercar a la población los beneficios de la enseñanza con la mayor calidad posible.

#### Utilidad para el campo de la investigación y la divulgación

Un tercer beneficio de la digitalización patrimonial es promover el aprovechamiento de los avances tecnológicos generados por empresas y centros de investigación en favor del quehacer académico, sobre todo en el aspecto técnico, al facilitar el acceso al conocimiento que deriva de los últimos avances científicos y tecnológicos y que se está comenzando a aplicar en bibliotecas, museos y archivos de todo el mundo.

Asimismo, el carácter digital de la información favorece su difusión y consulta por parte de los investigadores desde puntos distantes sin necesidad de desplazarse físicamente, acciones todas ellas que deben entenderse como estrategias novedosas y versátiles.



### 3.3 DOCUMENTACIÓN DIGITAL 3D

#### DEL PLANO AL OBJETO

Como ya había aclarado en el apartado introductorio, el concepto de Patrimonio también incluye elementos de naturaleza tridimensional como son edificios históricos, espacios públicos o sitios arqueológicos, así como objetos diversos de valor artístico y cultural como colecciones escultóricas, numismáticas, o bienes inmuebles; por tanto los procesos de digitalización no se han limitado al registro de patrimonio cultural documental y a crear colecciones virtuales de libros y objetos museísticos escaneados, sino que se han desarrollado en paralelo técnicas de documentación en tres dimensiones, principalmente para el registro de espacios y toda clase de objetos.

La documentación digital 3D se caracteriza fundamentalmente por su grado de precisión y exactitud en su intento de representar objetos de la realidad, mientras que la documentación tradicional elaborada en dos dimensiones nunca podrá llegar a representar de manera exacta un mundo que posee tres dimensiones; es por eso que la documentación digital 3D supone un avance significativo en el proceso de documentación del patrimonio de índole cultural.

El concepto de la digitalización 3D se define como la generación de un modelo informático tridimensional a partir de referenciar un objeto del mundo real, con el fin de asegurar su conservación al estar en condiciones de reproducirlo virtualmente. Dicho modelo puede procesarse en un sistema informático no solamente para generar imágenes y animaciones, sino también para realizar cálculos, estudiar sus propiedades o editarlo.

El objetivo principal de la reconstrucción 3D es obtener un modelo a partir de una imagen, es decir, imitar la capacidad que tienen los seres humanos de ver un objeto en 3D cuando se le muestra una imagen del objeto en 2 dimensiones. Esto se concibe como algo necesario para conseguir un lenguaje gráfico de comunicación entre la computadora y el ser humano.<sup>[1]</sup>



FIGURA 3.7

Conversión de edificio a nube de puntos.

[1] Basado en TORRES, J.C., et al. (2010). *Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio*. UGIIG. Grupo de Investigación en Informática Gráfica de la Universidad de Granada. España. Volumen 1 Número 1. ISSN: 1989-9947.

La digitalización 3D nace como una herramienta habitual en el campo de la arqueología aunque ahora sus aplicaciones se están extendiendo a otras áreas del conocimiento que requieren de esta tecnología para producir materiales útiles a la investigación desde su particular enfoque.

Por ejemplo, tiene aplicaciones industriales, como puede ser la navegación de un mecanismo robótico (detección virtual de espacios para planificar sus movimientos sin necesidad de ayuda humana). También es útil para determinar magnitudes como distancias, superficies o volúmenes, lo cual puede ser aplicable a controles de calidad pues se pueden verificar con alta precisión las formas de los objetos fabricados.

Una aplicación en el ámbito cultural es la digitalización de museos o monumentos históricos para crear visitas virtuales a las cuales los usuarios pueden acceder desde Internet, aunque en tiempos recientes sus usos se han extendido para recrear escenas históricas, restauración de edificios y monumentos antiguos, incluso se ha podido ilustrar la vida de ciertos personajes relevantes y sus vestimentas, alimentos y herramientas habituales. Todo ello integrado en un entorno virtual que puede visualizarse a partir de imágenes 3D estereoscópicas, que sirven para generar un entorno digital fiable y de alto valor histórico.

Los usos son muy variados, sin embargo, aún no hemos presenciado el máximo potencial de esta tecnología por lo que sus beneficios se extienden cada día a muchas más disciplinas. Para ahondar en este punto, en los siguientes apartados pretendo ofrecer un análisis sobre algunos de los rubros cruciales en el procesamiento de los modelos obtenidos con la técnica de reconstrucción, así como una revisión a las aplicaciones usuales de dichos modelos y por último definir un marco conceptual.

### 3.3.1 TERMINOLOGÍA

La digitalización tridimensional es el proceso mediante el cual se convierte la medición analógica de las dimensiones tridimensionales espaciales de un objeto en una serie de coordenadas numéricas (X, Y, Z), lo que genera gráficos con la capacidad de simular volumen. Esto es posible gracias a que la computadora interpreta estos valores y los representa a través de polígonos que finalmente modelan la forma del objeto.

En otras palabras, es básicamente el proceso de convertir las dimensiones espaciales y materiales de un objeto en un modelo virtual, lo que nos da la capacidad de manipular y adaptar objetos del entorno

para su visualización, estudio e incluso para su reproducción. Entonces, para llevar a cabo el proceso de digitalización 3D, será necesario partir de cualquier modelo físico -elaborado con cualquier tipo de material- y utilizar sistemas de registro tridimensional para producir un modelo virtual que posteriormente pueda ser procesado en una computadora.

### 3.3.2 ANTIGUOS MÉTODOS

Si bien es un hecho que el interés por este proceso surge en el campo de la arqueología y resulta ser tan antiguo como la informática gráfica, su utilización ha estado condicionada por la evolución de las tecnologías de registro y por el desarrollo de aplicaciones diseñadas para su visualización y edición, pues atendamos al hecho de que independientemente de la tecnología utilizada, la digitalización implica la captura de diversos datos del objeto (dimensiones, superficies, morfologías, materiales) y un procesamiento computacional de tales registros.

Precisamente por esto uno de los primeros métodos usados para la reconstrucción digital en arqueología ha sido el modelado directo a partir de medidas realizadas sobre el yacimiento a documentarse. El uso de este método implica que la toma de datos consista en realizar (previamente) un conjunto de mediciones. De tal suerte que el procesamiento informático se reduce a generar el modelo digital con un programa de diseño 3D.<sup>[2]</sup>

Si nos atenemos a este modelo de trabajo es fácil añadir al modelo digital elementos que se han perdido por el paso del tiempo, es decir, reconstruirlo, aún cuando resultará sumamente complejo reproducir con fidelidad el objeto en su estado actual.

Por este motivo, está técnica se ha usado esencialmente para la recreación virtual de ciudades y edificios. Un ejemplo bastante interesante es el proyecto "Italica virtual".<sup>[3]</sup>

[2] Basado en ELEÁZAR, Jaramillo, et. al. (2007). **Inspección de piezas 3D: Revisión de la literatura** en Revista Ingeniería e Investigación, diciembre, vol. 27, No. 003, Universidad Nacional de Colombia, pp. 118-126.

[3] GRANDE LEÓN, Alfred. (2002). **Italica Virtual, un proyecto educativo que hace Historia.** PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. ISSN 1136-1867, Año nº 10, Nº 40-41, 2002, págs. 241-247. Texto disponible en <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=291833>> [Consultado: enero de 2014]

### 3.3.3 FUNCIONES

Como ya decía, la función básica de registrar un objeto en 3D es generar un modelo digital a partir del mismo, de tal forma que se pueda editar o reproducir, sin embargo, los alcances del uso de la digitalización tridimensional estarán determinados por su capacidad de automatizar y estandarizar el proceso. Por ello las necesidades que cubre normalmente son el control de calidad industrial, verificación de piezas y prototipos, diseño de moldes, entre otros.

Ahora bien, las técnicas de digitalización que se han desarrollado en los últimos años están diseñadas para capturar cantidades más altas de puntos de referencia con mayor precisión y velocidad, permitiendo realizar registros más exactos sobre distintos tipos de objetos, de diversas dimensiones, geometrías e incluso texturas, lo que ha potenciado su utilización en tareas de recuperación patrimonial.<sup>[4]</sup>

Asimismo existen diferentes sistemas de captura 3D que se pueden organizar en dos grandes grupos: sistemas con contacto o sin contacto con el objeto a digitalizar y que explicaré más a detalle en el siguiente subcapítulo.

### 3.3.4 PRODUCTOS & APLICACIONES

La cantidad de productos que pueden generarse a través de las técnicas de reconstrucción tridimensional es amplia y muy variada; de hecho, su incidencia en actividades cotidianas, la mayoría de ellas materializadas en objetos que utilizamos diariamente, han sido diseñados y producidos a partir de modelos digitales. Desde proyecciones arquitectónicas pasando por recorridos virtuales hasta contenidos para la industria del entretenimiento como son los gráficos creados para películas y efectos especiales, pero especialmente en videojuegos.

Para ser más preciso, desglosaré algunas de las aportaciones más novedosas y algunos de los medios de creación más socorridos que se benefician de la técnica de reconstrucción 3D y cuya demanda crece día con día de manera exponencial:

#### Representaciones fotorrealistas

También denominado renderizado fotográfico, es el término utilizado para referirse al proceso de generar imágenes o videos por medio de cálculos de iluminación que parten de un modelo 3D generado en alguna de las múltiples aplicaciones de modelado y edición 3D (Maya, Blender, 3DS Max, Cinema 4D, etc).

Dicho de otro modo es un proceso computacional para generar espacios o personajes 3D que se encuentren formados por estructuras poligonales (unidades que componen el modelo digital) y que se pueden utilizar para simular distintos comportamientos: iluminación, texturas o materiales, así como la conducta física representada con animaciones, caso de la simulación de colisiones y fluidos, ambientes o estructuras que pretenden simular fenómenos de manera verosímil.

Actualmente, los requerimientos de los usuarios de estos procesos han propiciado la generación de nuevos productos y servicios enfocados en implementar lo que se denomina la virtualización de la infraestructura, es decir, modelos digitales que simulan estructuras arquitectónicas. Actividad que se enfrenta a diversas dificultades para visualizar y gestionar esta clase de recursos gráficos, por lo que la naciente industria centra sus esfuerzos a través del desarrollo de nuevos motores gráficos que permitan crear escenas fotorrealistas de manera más eficiente, rápida y accesible para todo usuario, como una dinámica que permita optimizar los recursos destinados a dicha actividad, tomando en cuenta que la calidad (realismo) de las imágenes es el valor distintivo.

#### Animaciones

Otra de las industrias ampliamente beneficiada por la digitalización 3D es la producción de animaciones, siendo una de las técnicas más empleadas y con mayor auge en tiempos actuales en producciones cinematográficas extendiéndose a las televisivas y a otros medios digitales.

Principalmente explotada para animar elementos tridimensionales, desde personajes hasta escenarios, también se sirve de diversas herramientas de edición que permiten expresar ideas y conceptos gráficamente con imágenes en movimiento y en una tercera dimensión espacial que le otorgan cualidades difíciles de igualar a través de la animación 2D.

[4] Basado en MELERO J. et al. (2005). **Combining SP-octrees and impostors for the visualisation of multiresolution models**. Computer & Graphics, vol. 29, pp: 225-233.

Productos visibles en anuncios, películas, televisión, páginas web, entre otros; específicamente en productos comerciales, diseño de personajes, efectos especiales, videos corporativos, educativos e institucionales, que siguen los mismos procedimientos de producción (guión, storyboard, set up, texturización, render, audio) y que pueden generarse (o renderizarse) en tiempo real, es decir, mientras se ejecuta el procesamiento de datos. Este es el caso de los videojuegos o sesiones de realidad virtual inmersiva, eso sí, consumiendo gran cantidad de memoria para su procesamiento pero que se ven recompensados con un destacado dinamismo, velocidad de respuesta y gran variedad de ángulos y movimientos.

### Sistemas de visualización científica

Una de las áreas que también es auxiliada por estas técnicas de reconstrucción 3D es la visualización científica, en su cometido de transformar datos de origen científico y abstracto en imágenes y animaciones que ilustren de la manera más explícita posible los fenómenos que se desean describir, procesos fundamentales en el manejo, enseñanza y difusión de la información que se genera en las diferentes áreas de investigación.

Son elementos desarrollados a un nivel visual, la cual es la manera más sencilla de comunicar datos, especialmente cuando es compleja o se maneja a grandes cantidades, para el análisis y estudio de diversas disciplinas y que simplifican la comunicación entre estas. Los obstáculos a los que se enfrenta en este caso es la dificultad de generar gráficos en tiempo real, al manejarse grandes cantidades de datos que hacen más difícil visualizarlas en simultáneo.

### Recreaciones

Un modelo digital es una herramienta muy precisa de medición por lo que resulta realmente valiosa cuando el objeto a estudiar necesita replicarse o rehabilitarse. Los casos más comunes son los edificios de valor histórico o ciudades perdidas como son las zonas arqueológicas. Al sumar los componentes que arrojan diferentes estudios (históricos, arquitectónicos, artísticos), es posible completar la información no existente en la actualidad. Un interesante trabajo que expone dicha utilidad ha sido el proyecto que se ha realizado en la ciudad romana de Pompeya, destruida hace siglos al ser sepultada por la actividad volcánica del Monte Vesubio.



**FIGURA 3.8**  
Render arquitectónico fotorrealista.



**FIGURA 3.9**  
Escaneo 3D del filme "El Señor de los Anillos".  
Cabeza de Uruk-Hai por Hal hal8998.

De la antigua Pompeya ya han sido modeladas viviendas y calles a partir de los diversos registros que han perdurado a lo largo del tiempo, en combinación con datos recogidos de estudios arqueológicos, arquitectónicos e históricos. Es así como dicho modelo es fiel a los restos actuales pero la fracción reconstruida es producto de la interpretación.

### Simulaciones

También resulta común la generación de modelos espaciales para guías virtuales por medio de funciones interactivas y de animación. Más allá de las tradicionales visitas a museos (como extensión de estos), es realmente interesante la posibilidad que se abre para el acceso a espacios u objetos que por diversos factores (delicadeza, riesgos, confidencialidad, deterioro) restringen su interacción con el público en general.

Un ejemplo muy cautivador son las cuevas prehistóricas colmadas de invaluables pinturas rupestres, halladas en años recientes, que por medio de registros con escáner 3D y fotografías digitales han podido ser reconstruidas con total exactitud sin la necesidad de hacer contacto físico, lo cual implicaría un desgaste y su eventual pérdida.<sup>[5]</sup>

### Modelos de Realidad Virtual

Otro manejo es la producción de escenarios virtuales, los cuales se emplean para desarrollar aplicaciones médicas, arquitectónicas, psicológicas o aeroespaciales, en los que se simulan procesos industriales, biológicos o incluso militares. Últimamente se ha añadido la reproducción virtual del patrimonio natural y cultural, como uno de los campos de aplicación potencialmente más interesantes pues mediante reproducciones fidedignas es posible conservar pero también revalorizarlo.

Por medio de modelos digitales se hace posible la interacción minuciosa con espacios que tampoco tienen la posibilidad de ser manipulados sin implicar un deterioro. Un caso que ilustra este punto son las reconstrucciones de fachadas de gran valor estético, que permiten al usuario explorarlas a detalle en proporciones milimétricas, siendo algo imposible si se realiza en el sitio original.

### Impresión tridimensional

Estas aplicaciones se han dirigido principalmente a disciplinas como la ingeniería o la arquitectura, sin embargo, a últimas fechas la tecnología de impresión tridimensional ha permitido realizar réplicas precisas a partir de la generación de modelos virtuales de piezas artísticas y arqueológicas, favoreciendo la conservación de sus originales. La condición que deben cumplir es que los modelos contemplen una máxima precisión geométrica.

Para los restauradores resulta muy útil cuando se han modelado -digitalmente- áreas faltantes, para posteriormente imprimir en 3D como un prototipo; también es posible modelar mundos virtuales que funcionen como reproducciones minuciosas y que gracias a las impresoras 3D puedan traducirse a maquetas muy detalladas.

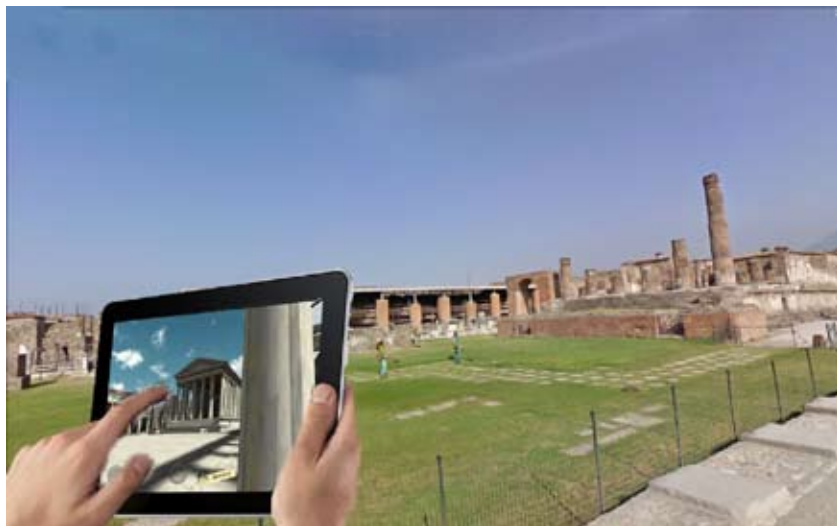
### Análisis

El poder disponer de información detallada a través de un modelo 3D permite realizar distintas exploraciones al objeto referenciado, como hacer mediciones, estudiar sus propiedades materiales y de composición, incluso cálculos físicos que arrojen datos sobre su estado de conservación.

### Documentación

Como he puntualizado anteriormente, una de las problemáticas esenciales en el tratamiento, conservación y recuperación del patrimonio es la manera en que se gestiona la documentación. A partir de la implementación de metodologías de registro y manejo bien instituidas, pueden proponerse modelos para la integración de la información, por medio del desarrollo de bases de datos, interfaces de visualización, recursos multimedia, ya sea para su catalogación o difusión.

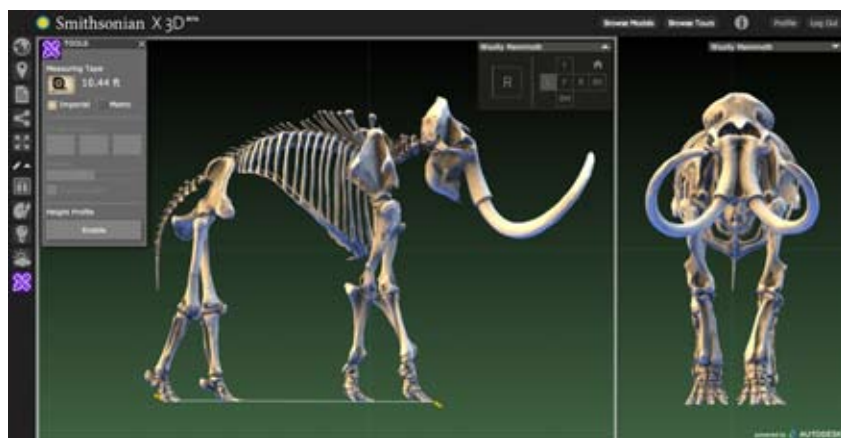
[5] Basado en PAPAGIANNAKIS, G. et al. (2005). **Mixing Virtual and Real scenes in the site of ancient Pompeii**. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 16 (1), 11–24.



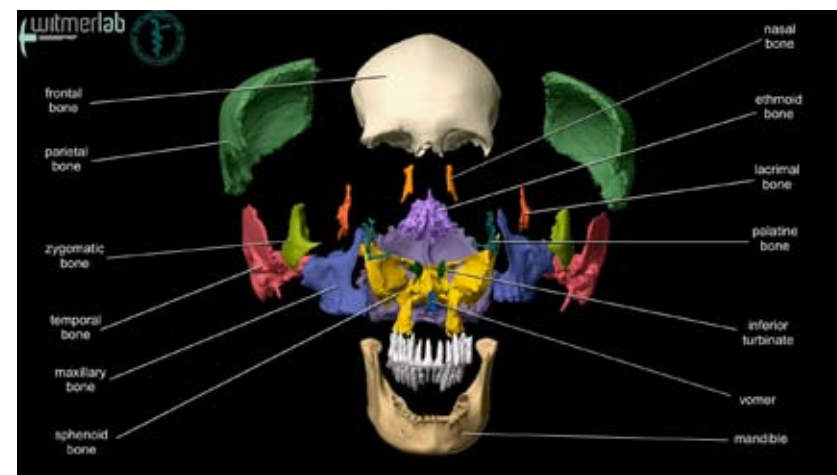
**FIGURA 3.10**  
Reconstrucción digital de la antigua ciudad de Pompeya por realidad aumentada.



**FIGURA 3.12**  
Impresión 3D por compactación.



**FIGURA 3.11**  
Autodesk Powers 3D Explorer para Instituto Smithsonian.



**FIGURA 3.13**  
Modelo anatómico interactivo.

## 3.4 TÉCNICAS DE DOCUMENTACIÓN 3D

### EXPLORANDO NUEVOS MÉTODOS DE REGISTRO

Durante los últimos años diversos centros de investigación tecnológica se han dado a la tarea de desarrollar y mejorar técnicas de documentación 3D con la finalidad de digitalizar objetos en respuesta a las necesidades de distintos ámbitos, de tal suerte que son diversos los procedimientos empleados para la digitalización 3D que pueden aprovecharse para la conservación y restauración del patrimonio. Los cuales habría que diferenciar de los aplicados a otras industrias como es el cine o los videojuegos.

Es precisamente en el contexto de la gestión patrimonial donde se ha generado un diálogo particular con profesionales de las disciplinas artísticas, en concreto museógrafos y restauradores, quienes se encuentran en una posición provechosa para proponer nuevas formas de explotar estas técnicas en favor del quehacer artístico.

Siendo manifiesto el incesante progreso en materia de técnicas desarrolladas para captura en tres dimensiones resulta imprescindible atender ciertos cuestionamientos:

- » ¿Cuáles son las últimas tecnologías para digitalizar una pieza y estudiar su evolución y restaurarla por medios virtuales?
- » ¿Cuáles son las opciones tecnológicas disponibles para la creación de reproducciones en 3D del objeto original, ya sea para su difusión, para generar réplicas o para su estudio y restauración?
- » ¿Es posible compatibilizar estas tecnologías o por el contrario nos ofrecen soluciones distintas y por tanto deben adecuarse al proyecto mismo?
- » ¿Las técnicas aún deben perfeccionarse para documentar con mayor detalle, definición y precisión los espacios y objetos?

Para desvelar estas cuestiones, en adelante propongo un recorrido por el conjunto de técnicas más empleadas en la actualidad acompañadas de breves descripciones, ya sea de las experiencias y estrategias de intervención en proyectos que hacen uso de estas, así como alguna terminología específica que permita determinar sus virtudes e inconvenientes según sea la naturaleza del proyecto.

#### 3.4.1 VISIÓN ARTIFICIAL

En los últimos años, los algoritmos para la reconstrucción de objetos reales en 3D han recibido una atención significativa, no sólo en la visión artificial, sino también como herramientas para una variedad de aplicaciones en medicina, fabricación, robótica, arqueología y otros campos que requieren modelado en tres dimensiones de ambientes reales.

El esquema básico de un sistema de visión artificial se compone de una cámara que captura imágenes del mundo físico conectada a una computadora que hará los cálculos necesarios, mostrando al usuario el resultado mediante una pantalla.

Uno de los objetivos de la visión artificial es conseguir que una computadora analice una escena real como lo haría una persona. Para ello es necesario calcular un algoritmo que, por medio de una captura fotográfica, genera un modelo tridimensional analizando las características de cada imagen, de tal forma que se podrá detectar, localizar y reconocer los componentes del objeto a partir de un conjunto de imágenes. Dicho proceso es realizado con un programa que crea mallas en tres dimensiones imitando la geometría del objeto la cual en primera instancia se obtiene con una cámara de visión estereográfica.

El proceso de análisis de la imagen consta de varias etapas:

- » **Adquisición de la imagen:** se obtiene la imagen adecuada del objeto en estudio.
- » **Preprocesamiento:** con el fin de mejorar la calidad de la imagen obtenida se emplean ciertos filtros digitales que eliminan el ruido en la imagen.
- » **Segmentación:** se identifican por módulos tanto el objeto como los objetos a capturar.
- » **Extracción de características:** se detectan los atributos de interés del objeto.
- » **Interpretación:** por último se lleva cabo una interpretación del objeto.

Cuando se habla de procesamiento de imágenes, el concepto de detección de características se refiere a la obtención de información de la imagen las cuales se organizan en subconjuntos del dominio de la imagen, a menudo bajo la forma de puntos aislados, curvas continuas o regiones conectadas.

Aunque no existe una definición exacta sobre qué constituye una característica, se puede definir como una fracción relevante de una imagen (interest point). Lo que es un hecho es que se suelen utilizar como punto de partida para muchos algoritmos de visión por computadora. Ahora bien, debido a que éste se basa en dichas características, el algoritmo será tan preciso como sea el dispositivo utilizado como detector. Y es que un buen detector debe localizar la misma característica en dos o más imágenes diferentes de la misma escena, es decir, detectar elementos comunes por repetición.

Otra propiedad importante es la exactitud (ya que debe detectar la característica en el píxel correcto) y la estabilidad (debe detectar la característica después de que la imagen haya sufrido algún tipo de transformación geométrica como rotación o cambio de escala).<sup>[1]</sup>

### 3.4.2 GPS DIFERENCIAL

El GPS (Global Positioning System) Diferencial tiene como mayor virtud de captura la exactitud. Ese tipo de receptor, además de obtener y procesar la información vía satelital, recibe y procesa, simultáneamente, otra información adicional procedente de una estación terrestre situada en un lugar cercano y reconocido por el receptor. Es decir, el registro se capta y se maneja con dos sistemas.

El gran valor de esta información complementaria es que permite corregir las inexactitudes que se puedan introducir en las señales que el receptor recibe de los satélites. En este caso, la estación terrestre transmite al receptor GPS los ajustes que son necesarios realizar en todo momento, éste los contrasta con su propia información y realiza las correcciones mostrando en su pantalla los datos correctos con una gran exactitud.

[1] Basado en VILÁ UBIETO, Karen (2004). *Reconstrucción 3d de Modelos Utilizando Técnicas de visión artificial. Proyecto fin de carrera*. Escuela técnica superior de ingeniería (ICA). Universidad Pontificia Comillas.  
 Texto disponible en <<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4a4534627aa56.pdf>>  
 [Consultado: abril de 2015]

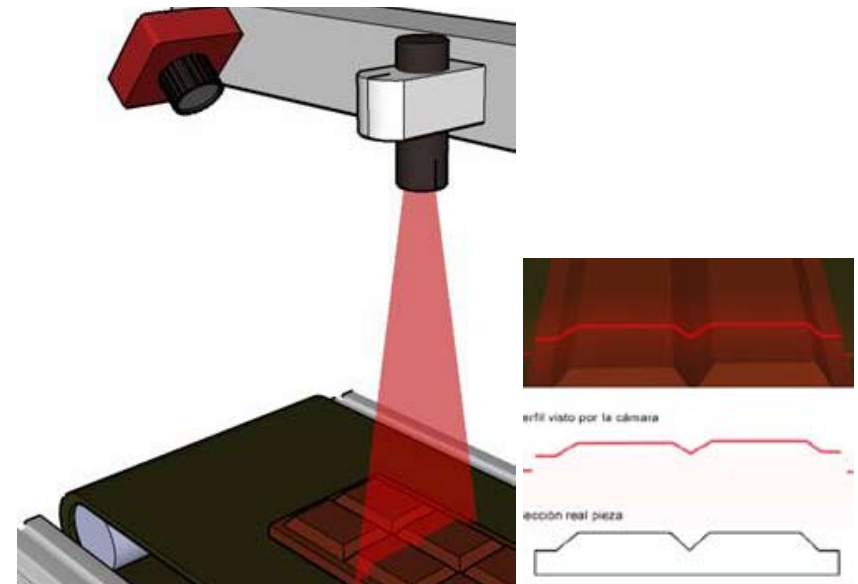


FIGURA 3.14

Principio de escaneo 3D por visión artificial.



FIGURA 3.15

Teodolito Electrónico Topcon DT 200.



A pesar de la avanzada tecnología que requiere, el funcionamiento de esta clase de sistemas resulta relativamente sencillo. El margen de error de un receptor GPS normal puede estar entre los 60 y los 100 metros de diferencia con la posición que muestra en su pantalla.

El único inconveniente del GPS Diferencial es que la señal que emite la estación terrestre cubre solamente un radio aproximado de unos 200 kilómetros, así como la dificultad de uso que supone utilizarlo bajo condiciones climáticas adversas o zonas de espesa vegetación. No obstante ese rango es más que suficiente para realizar registros de gran amplitud, lo que le convierte en una herramienta muy útil para la documentación de espacios de vastas dimensiones (como es un yacimiento arqueológico), grandes estructuras arquitectónicas o para prospecciones de carácter topo o etnográfico.

Existen también receptores GPS mucho más sofisticados que funcionan recibiendo múltiples señales de radiofrecuencia. En esos dispositivos el margen de error no sobrepasa los 25 centímetros.

### 3.4.3 FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

Una de las alternativas que mejores garantías ofrece actualmente como método de documentación y obtención masiva de datos es la fotogrametría digital, técnica que consta de la medición sobre imágenes digitales, de las cuales se pueden obtener características geométricas de áreas u objetos.

En otras palabras, es crear modelos 3D a partir de imágenes 2D mediante el cálculo de relaciones matemáticas que determinan la posición exacta de cada cámara en el momento en el que fue tomada cada imagen y conectando puntos similares en cada una de las ellas. Ya que las imágenes son capturadas por medios fotográficos, la medición se realiza a distancia, sin necesidad de hacer contacto físico con el objeto.

El principio en el que se sustenta es la visión estereoscópica propia del ser humano: si obtenemos la información de una fotografía tendremos una idea de la geometría del objeto en dos dimensiones. Si la información se obtiene de dos fotos, las áreas comunes se solapan para tener visión estéreo, o dicho de otro modo, información tridimensional.

La fotogrametría digital significa un gran aporte para la reconstrucción virtual pues con su desarrollo crecen las posibilidades de explotación de las imágenes, a la vez que se simplifican las tecnologías, permitiendo con ello la generación automática de modelos digitales.

Es por ello que esta tecnología ha sido aprovechada por una cantidad creciente de usuarios debido a que la mayoría del software desarrollado para procesar los datos goza de licencia libre, por lo que es posible obtener resultados de calidad profesional y de manera gratuita. En este sentido una de sus grandes ventajas es el bajo desembolso económico que significa con respecto a otros medios como es el escáner 3D, aunque es notable el descenso de precios que han sufrido este tipo de dispositivos.

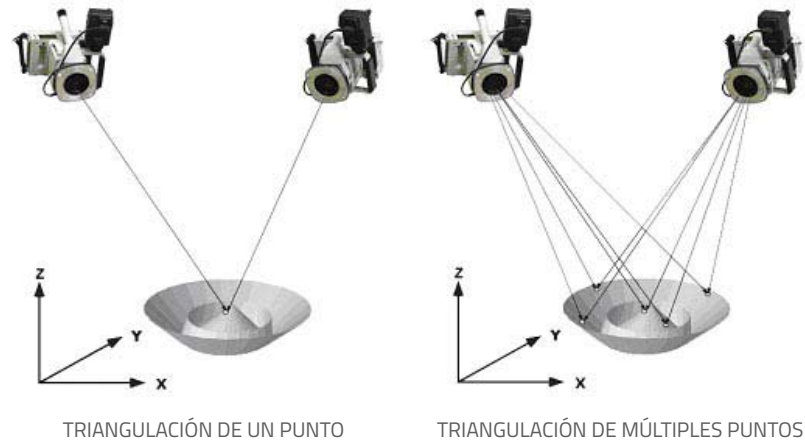
Asimismo los últimos programas desarrollados para procesar los datos obtenidos con la técnica son cada día más precisos y pueden manipularse con relativa facilidad, aún cuando el registro fotográfico no sea perfecto. Quizás el detalle que se debe prevenir cuando se trata de registrar espacios amplios es la iluminación natural, la cual puede generar sombras que podrían producir zonas de poca o nula información.

En cambio el único inconveniente que supone esta técnica son las estrategias de calibrado de los equipos fotográficos designados y una correcta toma de imágenes. Requerimientos que se pueden cubrir perfectamente si se cuenta con un potente equipo fotográfico o en su defecto un fotógrafo habilidoso.

Aún con todo, es recomendable distinguir entre los dispositivos orientados a la documentación de objetos -hablo de distancias muy reducidas- y aquellos que permiten registrar grandes volúmenes a una mayor distancia. La decisión radica en la cantidad de información que se desee capturar.<sup>[2]</sup>

Un ejemplo sencillo es cuando se pretende digitalizar un yacimiento arqueológico y también los objetos que se encuentran en el sitio, desde utensilios hasta piezas artísticas. Esta clase de trabajo -en teoría- requiere la combinación de técnicas distintas y complementarias, las cuales se pueden determinar en relación a la capacidad de trabajo del dispositivo (el rango de registro máximo) o las dimensiones del objeto a escanear.

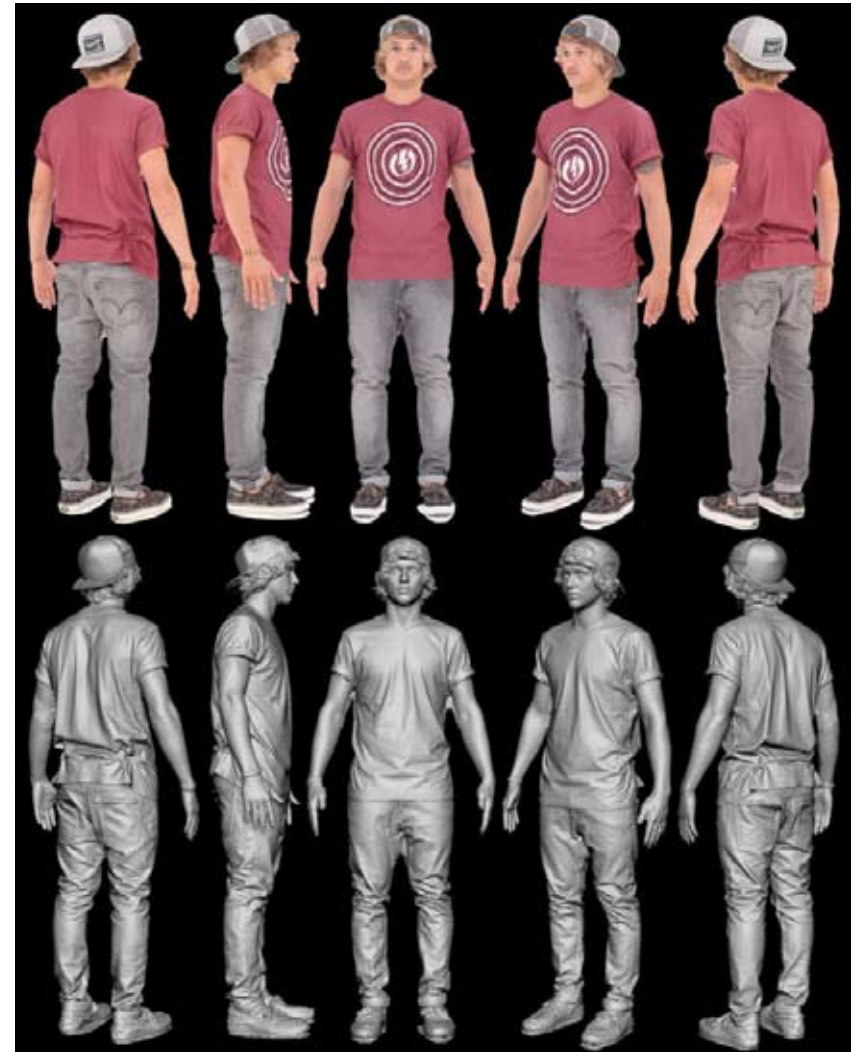
[2] Basado en LERMA, J. L., et. al. (2010). **Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the upper Palaeolithic cave of Parpallò as a case of study**. Journal of Archaeological Science, 37 (3). pp. 499-507.

**FIGURA 3.16**

Principio de captura fotográfica en diversas posiciones.

**FIGURA 3.17**

Estudio de postproducción digital 3D: INFINITE REALITIES.  
Rendlesham, Suffolk, UK.

**FIGURA 3.18**

Registro de modelo completo por fotogrametría.  
Por INFINITE REALITIES.

### 3.4.4 ESCÁNER LÁSER 3D

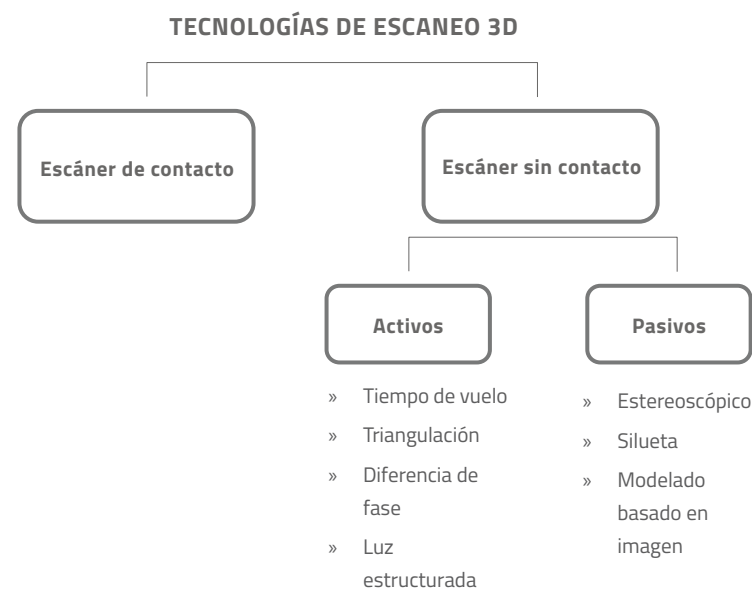
El escaneado tridimensional es la tecnología diseñada para registrar automáticamente una nube de puntos -que puede ser utilizada para definir con precisión la forma de un objeto- mediante un dispositivo denominado escáner 3D. Lo que realiza este dispositivo es básicamente analizar elementos del mundo real para obtener datos de su forma y eventualmente de su color, para procesar posteriormente en una computadora y de esta manera construir un modelo digital 3D.

El proceso consta en crear primero una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie del objeto, lo que se traduce en un gran número de puntos (estamos hablando de millones por registro). Del registro se genera un fichero de datos que representan el conjunto de puntos obtenidos por el dispositivo, identificados habitualmente en coordenadas tridimensionales (X,Y,Z). Imaginemos que cada punto equivale a un pixel, el cual contiene información específica de color pero también una posición en el espacio.

Sin embargo, aún cuando resulte válida esta comparación, hay que decir que los escáneres 3D funcionan de manera distinta con respecto a una cámara digital fotográfica. Al igual que éstas, manejan un campo de visión en forma cónica, pero mientras una cámara reúne información de color acerca de las superficies dentro de su campo de visión, los escáneres 3D reúnen información acerca de su geometría, lo que resulta en un modelo compuesto por la nube de puntos, el cual describe la posición en el espacio tridimensional de cada punto analizado.

Por ejemplo, si se define un sistema esférico de coordenadas y se considera como el origen el mismo escáner, cada punto que es capturado y analizado se asocia con una coordenada y una distancia. Así es como estas coordenadas esféricas describen completamente la posición tridimensional de cada punto que compone el modelo, en un sistema que es relativo al escáner.

Ahora bien, es importante aclarar que es poco probable que un único escaneo produzca un modelo completo del espacio u objeto. En casi todas las situaciones se requieren múltiples tomas, en algunos casos cientos de barridos, desde diferentes posiciones y direcciones con respecto al objeto. Esto con la finalidad de obtener información de cada uno de sus lados. Incluso, si es posible, de su base pues cada zona faltante de registrar podría generar problemas al momento de procesar la información.



Por esta razón es que, posterior al registro, los escaneos se someten a un sistema común de referencia para ser integrados en un solo modelo, proceso denominado comúnmente como alineación o empalme de información. El cometido es transformar las coordenadas específicas de cada toma en coordenadas generales de un solo modelo, es decir, crear a partir de las tomas individuales un prototipo completo y unificado.<sup>[3]</sup>

Es pertinente aclarar que aunque la nube de puntos sirve para la visualización y medición directa del espacio u objeto escaneado, los puntos se utilizan para extrapolar su forma, procedimiento que se conoce como reconstrucción digital. Si el escáner también está diseñado para captura de color, entonces la superficie del objeto puede visualizarse con una textura simulada. La mayoría de los casos servirá para crear un modelo sólido, ya sea una malla poligonal, superficial NURBS o un sólido CAD.

[3] Basado en TEJADO Sebastian, José María (2005). *Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: Las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico* en Iberia: Revista de la antigüedad, No. 8, universidad de la Rioja, España, pp. 135-160.

### Tecnologías de escaneo 3D

Existen dos clases de escáners 3D: aquellos que registran medidas por contacto con el objeto y aquellos que las obtienen sin tocarlo. Asimismo, los escáners sin contacto se dividen en dos clases distintas: activos y pasivos. Cada tipo contempla ventajas e inconvenientes de acuerdo al objeto en cuestión.

Para ilustrar de mejor forma, presento en adelante una clasificación de la variedad de tecnologías que contemplan las dos grandes categorías en que se dividen los escáners 3D:

#### A. Escáner de contacto

Este tipo de escáner es muy preciso porque ejecuta los cálculos mediante contacto físico, el cual se realiza al apoyar el elemento de medida (normalmente una punta de acero duro o un zafiro) sobre la superficie del objeto. Una serie de sensores internos permiten determinar la posición espacial del palpador cada vez que entra en contacto con el objeto, generando la nube de puntos que corresponde a cada toque. Los ejemplos más comunes son las CMM (Máquina de medición por coordenadas) o un brazo de medición (Figura 3.19).

Es preciso aclarar que trabajar con este tipo de escáner trae consigo múltiples inconvenientes, principalmente en el registro de obra patrimonial. Uno es que resultan procesos muy lentos ya que es necesario capturar una alta cantidad de puntos que finalmente se traducen en un arduo trabajo manual. La otra desventaja que suponen es el contacto mismo con la pieza, siendo que casi siempre se trata de objetos frágiles y de gran valor, situación que le pone en riesgo de ser dañada o modificada. Por ello el uso de los escáners por contacto se inclina más a procesos de fabricación.<sup>[4]</sup>

#### B. Escáner sin contacto

Esta tecnología funciona de manera que no es requerido el contacto físico con el objeto a escanear. Para llevar a cabo este método de exploración se utiliza algún tipo de radiación -ya sea emitida por el artefacto o capturada directamente del ambiente.



**FIGURA 3.19**  
Escáner 3D FARO por contacto físico.



**FIGURA 3.20**  
Documentación arqueológica con escáner láser 3D del Instituto Smithsonian.

[4] Basado en BERNARDI, Fausto (2002). **The 3D Model Acquisition Pipeline** en Computer Graphics Forum, Vol. 21, No. 2, pp. 149-172.



FIGURA 3.21

Escáner tiempo de vuelo Leica Geosystems.

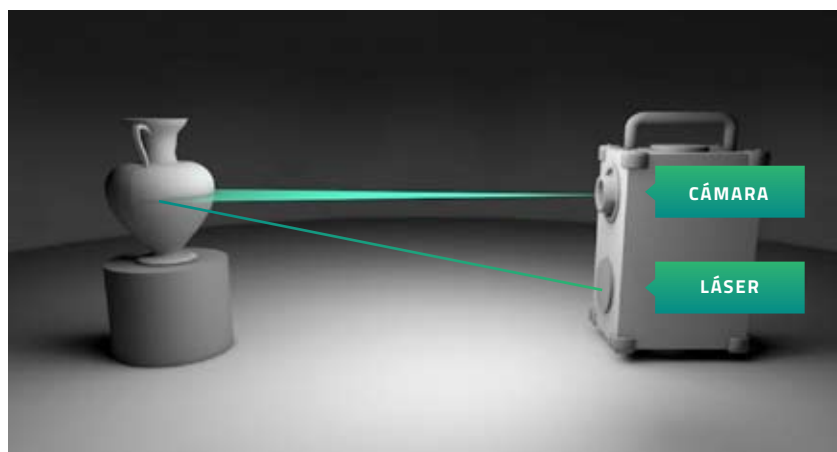


FIGURA 3.22

#### MÉTODO DE ESCANEADO POR TRIANGULACIÓN

Se describe un triángulo cuyos vértices son la el disparador láser, la cámara fotográfica y el punto de contacto sobre la superficie del objeto.

De acuerdo a estas características, se pueden dividir en dos grandes categorías:

### B1. ACTIVOS

Son aquellos escáners que emiten alguna clase de señal y analizan los datos que retornan para capturar la geometría de un objeto o escena. Normalmente utilizan radiaciones electromagnéticas (desde ondas de radio hasta rayos X) o ultrasonidos.

Se pueden catalogar de la siguiente manera:

#### Tiempo de vuelo

Esta clase de escáners se utilizan normalmente para registrar estructuras arquitectónicas (edificios, puentes, plazas) o formaciones rocosas ya que emplean un rayo láser que mide la distancia al primer objeto que encuentra en su trayectoria, siendo estos artefactos capaces de cubrir amplios recorridos.

El registro lo realiza determinando la distancia existente entre la fuente emisora del láser y la escena, cronometrando el tiempo de viaje (ida y vuelta) del pulso de luz hasta que es capturado por un detector. Se trata de un cálculo simple: al conocer la velocidad de la luz, el tiempo de viaje determina la distancia del viaje de la luz, la cual es dos veces la distancia entre el escáner y la superficie que se encuentra registrándose.

Si definimos que el tiempo de viaje completo equivale a  $T$ , entonces la distancia será igual a  $(\text{velocidad luz} \times T)/2$ . De esta fórmula podemos deducir que un escáner tiempo de vuelo depende de la precisión con la que puede medir el tiempo de recorrido (tomando en cuenta que la luz tarda aproximadamente 3,3 picosegundos en recorrer un milímetro).

#### Triangulación

Se refiere a un escáner activo que utiliza también una fuente de rayo láser para examinar el objeto, incidiendo sobre éste utilizando como complemento una cámara, cuya función es detectar la ubicación del punto del láser en el momento preciso en que colisiona sobre la superficie a escanear.

La técnica es conocida como triangulación precisamente porque el punto láser, la cámara y el emisor forman un triángulo. La ecuación se obtiene partiendo de conocer el lado del triángulo que corresponde a la distancia entre la cámara y el emisor del láser y el ángulo del vértice que hace esquina con el mismo emisor. La tercer variable necesaria (el ángulo del vértice de la cámara) puede ser determinada cuando se captura la ubicación del punto láser (Figura 3.22). Partiendo de estos tres valores es que se pueden definir el resto de las dimensiones de la figura triangular y, por tanto, la posición de cada uno en el espacio, cálculo que realiza el dispositivo de forma múltiple y en tiempos muy breves.

Uno de los grandes valores de este sistema de medición es la elevada precisión (hasta milésimas de milímetro), aunque se encuentra condicionada por el ángulo del vértice que resulta opuesto al escáner pues cuanto más se aleje de los 90° más baja resultará la exactitud de la captura, situación que limita realizar capturas de objetos con grandes dimensiones.<sup>[5]</sup>

### Diferencia de fase

Se trata de un sistema que, como indica su nombre, mide la diferencia de fase entre la luz que se emite y la que se recibe, utilizando dicha medida para hacer una estimación de la distancia al objeto. El haz láser emitido es continuo y de potencia modulada, por lo que la velocidad de adquisición es muy alta, consiguiendo un volumen de escaneo que oscila entre los 100,000 y un millón de puntos registrados por segundo, en función del nivel de detalle que se requiera.

En cuanto a precisión y rango, su capacidad es intermedia, lo que le sitúa como una solución entre el largo alcance de los dispositivos de tiempo de vuelo y la alta precisión de los escáners por triangulación.

Su alcance ronda hasta 200m en condiciones de poco ruido (baja iluminación ambiental) y su error habitual ronda los 2 mm por cada 25 m de distancia al objeto. La precisión también depende de la frecuencia utilizada, pero de manera inversa al alcance, por lo que son complementarios, lo que obliga a encontrar un punto de valores óptimos entre ambos, o en su defecto a emplear dos frecuencias distintas.

[5] Basado en COCK, Juan Diego (2000). **El método de la triangulación aplicado en un escáner láser, para objetos tridimensionales** en Revista Universidad Eafit, octubre-diciembre, No. 120, Universidad Eafit, Medellín, Colombia, pp. 25-31.

### Luz estructurada

Este procedimiento consiste en proyectar un patrón de luz sobre el objeto para posteriormente analizar la deformación del patrón que se produce por la geometría que configura la escena. En esta caso, el modelo resultante puede ser unidimensional o en dos dimensiones.

La característica que le diferencia del resto de métodos activos es la velocidad con que realiza los registros. En lugar de escanear un punto a la vez, se realiza un registro múltiple e incluso el campo entero del panorama de forma inmediata. Esto reduce o hasta puede eliminar el problema que significa la deformación causada por el movimiento en la escena, pudiendo escanear -en algunos casos- objetos en movimiento en tiempo real.



**FIGURA 3.23**  
Escáner láser 3D de registro móvil.

Este tipo de escaneo por luz estructurada todavía se encuentra en una fase muy activa de investigación, con muchos estudios publicados al año, por lo que podemos esperar notables mejoras en el corto plazo.<sup>[6]</sup>

## B2. PASIVOS

A diferencia de los escáners activos, los pasivos no emiten ninguna clase de radiación por sí mismos, en cambio funcionan detectando la radiación reflejada por el ambiente, generalmente la luz que resulta visible aunque también pueden utilizarse otros tipos como la luz infrarroja.

Una ventaja con respecto a otros escáners es que son herramientas baratas, ya que en la mayoría de los casos no requieren de un hardware en particular. Los tipos más comunes se dividen en:

### Estereoscópicos (Visión estéreo)

Los sistemas estereoscópicos utilizan el mismo principio de la fotogrametría, ya que determinan la distancia de cada pixel a partir de la medida de paralaje entre dos imágenes. Para ello se emplean dos cámaras fotográficas o de video, levemente separados entre sí, observando un mismo objeto o escena.

Analizando las pequeñas diferencias entre las imágenes captadas por cada dispositivo es como se determina la distancia entre cada punto en común. Es decir, este método se basa en el funcionamiento de la visión estereoscópica humana.

### Siluetas

En este caso el registro se realiza utilizando bosquejos creados por una sucesión de fotografías alrededor de un objeto tridimensional contra un fondo muy bien contrastado. Dichas siluetas se estiran y son cotejadas para determinar una aproximación visual del casco del objeto. El problema con esta técnica es que no permite detectar algunas clases de concavidades (como el interior de un tazón).

## Modelado basado en imagen

Como uno de los recursos para agotar las posibilidades de registro de datos, existen métodos capaces de reconstruir un objeto por medio de la identificación de ciertas características y formas por medio de un conjunto de retratos.

Estos métodos también se basan en los fundamentos de la fotogrametría y recurren a procesos semejantes a la metodología aplicada en la fotografía panorámica, excepto que las fotos se obtienen de un objeto situado en un espacio tridimensional para replicarlo en vez de hacer un registro de un punto en el espacio para replicar el ambiente circundante.

Simplemente a modo de conclusión, destacar que el procesamiento de los datos generados por los escáners láser sigue siendo complejo y la utilidad de los modelos obtenidos es aún limitada; por lo que debemos esperar mejoras sustanciales en los próximos años que pueden ser previstas y por qué no encauzadas (desde un punto de vista tecnológico) hacia aplicaciones más específicas como la digitalización del patrimonio.

### 3.4.5 ANÁLISIS COMPARATIVO

Las diferentes técnicas de reconstrucción existentes presentan varias ventajas pero también inconvenientes; por lo tanto, dependiendo del fin de la reconstrucción virtual, algunas serán más apropiadas que otras. Por ello antes de elegir la más adecuada habría que partir de las necesidades de cada proyecto y de los recursos disponibles.

Por ejemplo, si se desean generar modelos 3D de espacios, estructuras y objetos de una manera hiper precisa y rápida lo ideal sería contar con un escáner láser en detrimento de la fotogrametría. Es un hecho que dadas las bondades que nos ofrecen ambas técnicas representan una ventaja competitiva en el procesamiento de los datos generados, pero son distintos los tiempos de operación y el personal requerido.

Apoyado en distintos modelos y estudios que confrontan las diferentes técnicas, presento a continuación una tabla comparativa a fin de revelar la validez de cada una. Esta herramienta eventualmente puede servir para ilustrar de mejor manera los usos recomendados, que faciliten la elección de la tecnología que mejor se adapte al proyecto en cuestión, entendiendo que la combinación de técnicas puede ser lo ideal, ya que no son excluyentes entre sí.

[6] Basado en ROCCHINI, C., et. al. (2001). *A low cost 3D scanner based on structured light*, en: A. Chalmers, T.-M. Rhyne (Eds.), EUROGRAPHICS 2001, vol. 20, No.3, Blackwell Publishing, pp. 299-308.

TECNOLOGÍA	MEDICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USOS RECOMENDADOS
<b>MEDICIÓN POR COORDENADAS</b>	Contacto	<p>Captura de datos relativamente fácil.</p> <p>Alta precisión.</p>	<p>Peligro de dañar o modificar el objeto.</p> <p>Trabajo manual.</p> <p>Alto coste del equipo.</p> <p>Métodos no aplicables en objetos frágiles.</p>	<p>Inspección de objetos para control de calidad.</p> <p>Diseño de partes y ensamblajes.</p>
<b>VISIÓN ARTIFICIAL</b>	Sin contacto	<p>Alta precisión gracias al algoritmo basado en características.</p> <p>Estabilidad.</p>	<p>Depende de la calidad del detector utilizado.</p>	<p>Inspección, monitorización y selección en las tareas de control de calidad y de automatización de procesos.</p> <p>Análisis de elementos finitos.</p> <p>Medicina.</p>
<b>GPS DIFERENCIAL</b>	Sin contacto	<p>Rapidez de captura.</p> <p>Fiabilidad.</p> <p>Pueden utilizarse varias estaciones de referencia.</p>	<p>Depende de una correcta configuración de los satélites.</p> <p>Sistema costoso.</p> <p>Dificultad de uso en zonas urbanas.</p> <p>Conocimiento de uso especializado.</p> <p>No puede emplearse en zonas cerradas.</p>	<p>Topografía y geodesia.</p> <p>Navegación terrestre, marítima y aérea.</p> <p>Búsqueda y rescate.</p>



TECNOLOGÍA	MEDICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USOS RECOMENDADOS
<b>FOTOGRAMETRÍA</b>	Sin contacto	<p>Software libre.</p> <p>Facilidad de visualización.</p> <p>Texturizado con alta calidad fotográfica.</p> <p>Reducción de los costos de operación.</p> <p>Poco trabajo de campo.</p> <p>Se pueden realizar estudios comparativos (en el caso de registros múltiples).</p> <p>Aplicable a objetos que se mueven o escenas dinámicas.</p>	<p>Problemas con vegetación.</p> <p>Requiere equipo y personal especializado.</p> <p>Requiere control de campo.</p> <p>Requiere de elevado volumen de almacenamiento.</p>	<p>Topografía (cartografía).</p> <p>Patrimonio cultural.</p> <p>Arqueología.</p> <p>Ingeniería.</p> <p>Urbanismo.</p> <p>Estudios biomecánicos y antropométricos.</p>
<b>ESCÁNER 3D TIEMPO DE VUELO</b>	Sin contacto Activa	<p>Registro a extensas distancias con alta precisión.</p> <p>Muy útil para el registro de grandes estructuras.</p>	<p>Su rango de precisión no es tan exacto como otras técnicas.</p>	<p>Topografía (cartografía).</p> <p>Arquitectura.</p>
<b>ESCÁNER 3D TRIANGULACIÓN</b>	Sin contacto Activa	<p>Altamente confiable.</p> <p>Grado de precisión máximo (micrómetros).</p>	<p>Archivos muy pesados.</p> <p>Texturas capturadas de baja calidad y de aplicación manual.</p> <p>En ocasiones deben hacerse correcciones al modelado.</p> <p>Campo de acción limitado.</p>	<p>Patrimonio cultural.</p> <p>Realidad virtual.</p> <p>Efectos especiales.</p> <p>Videojuegos.</p>

TECNOLOGÍA	MEDICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USOS RECOMENDADOS
<p><b>ESCÁNER 3D LUZ ESTRUCTURADA</b></p>	<p>Sin contacto Activa</p>	<p>Gran precisión. Rapidez en el registro (escaneos múltiples). Sistema flexible.</p>	<p>Problemas con superficies transparentes y reflexivas. Alto costo del equipo. Necesita ambiente muy controlado. Depende de la geometría del objeto.</p>	<p>Realidad virtual. Escaneado corporal. Ingeniería civil. Arquitectura. Recreación de escenarios.</p>
<p><b>ESCÁNER 3D DIFERENCIA DE FASE</b></p>	<p>Sin contacto Activa</p>	<p>Rapidez en el registro. Alto volumen de puntos por registro.</p>	<p>Precisión depende de frecuencia utilizada.</p>	<p>Arquitectura. Patrimonio histórico. Ingeniería Inversa.</p>
<p><b>VISIÓN ESTÉREO SILUETA MODELADO BASADO EN IMAGEN</b></p>	<p>Sin contacto Pasiva</p>	<p>Rápida captura. Coste reducido. Requieren poco hardware.</p>	<p>Menor exactitud. Problemas con ciertas texturas. Sensible a ambigüedades en el objeto.</p>	<p>Sitios web. CAD (diseño asistido por computadora). CAE (Ingeniería asistida por computadora). Telepresencia. Realidad virtual.</p>



## 4. RECONSTRUCCIÓN DIGITAL TRIDIMENSIONAL PARA LA PRESERVACIÓN Y DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL UNIVERSITARIO

### 4.1 COLECCIONES 3D

#### PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DOCUMENTACIÓN DIGITAL 3D DE BIENES PATRIMONIALES

El problema del acceso y disfrute de objetos patrimoniales tan valiosos como los que resguarda la UNAM parece ser una cuestión de simple solución cuando en realidad no lo es.

De entrada, no puede ser sencillo el planteamiento de las problemáticas y efectos que conllevan su disfrute social pues implican directamente el reconocimiento tanto de derechos humanos fundamentales (incluidos los sociales y culturales), como de otros aspectos derivados, ya sea la infraestructura disponible, la voluntad política, los recursos humanos o los obstáculos financieros.

En tan complejo escenario, de grandes magnitudes y amplios alcances (tanto dentro como fuera de la UNAM), es sumamente importante que los proyectos de digitalización patrimonial -como el que se sugiere en el presente escrito-, aspiren a establecer firmes metodologías y modelos de trabajo; ya sea que surjan de las teorías derivadas de las tecnologías de la información como de la auténtica práctica y la documentación de los procesos, en cierto modo carentes de sustento cuando no se les otorga el debido seguimiento.

En otras palabras, me refiero a la impetuosa necesidad de que todos estos factores sean alineados, no solamente para acometer iniciativas aisladas, sino con la firme decisión de garantizar la continuidad de las acciones emprendidas, lo que invariablemente favorecerá el acceso a los bienes patrimoniales y la generación de nuevo conocimiento.

Y por qué no decirlo, también para impulsar el nivel de relación, vinculación y colaboración entre dependencias, entre grupos académicos y de investigación, docentes e incluso entre estudiantes provenientes de diversas áreas del saber.

#### 4.1.1 PLANTEAMIENTO

La digitalización tridimensional se constituye como una estructura sistémica en la que los usuarios plasman sus decisiones respecto a qué registrar, cómo hacerlo y con cuáles técnicas de recolección y análisis de información se ejecutará. Estos factores se vinculan como un conjunto de acciones interrelacionadas que están dirigidas a lograr un óptimo resultado dentro de plazos bien delimitados y de acuerdo a los recursos disponibles.

El presente proyecto pretende concretar una metodología para la digitalización de objetos y espacios de alto valor cultural e histórico, con el objetivo de posibilitar la representación virtual fotorrealista de los mismos, por lo que un requisito importante es que los modelos 3D sean geoméricamente precisos, así como estar texturizados a partir de imágenes digitales de alta calidad.

A dicho proceso se le denominará Reconstrucción Digital 3D del Patrimonio Cultural Universitario, el cual procura establecerse como un eficaz modelo de trabajo que pueda ser automatizado para ser replicado en futuros proyectos que así lo requieran.

Es pertinente aclarar que la metodología propuesta parte de datos meramente teóricos pero también de un ejercicio experimental desarrollado con recursos del Departamento de Visualización Científica de la DGTIC, por lo que el presente proyecto parte de recabar información sobre proyectos similares para coordinarlos con los recursos que se tienen a la mano en la UNAM; por tanto, a partir de la experiencia se estará en condiciones de afianzar un consistente flujo de trabajo que favorezca la producción de modelos virtuales útiles para la docencia y la investigación.

#### 4.1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PLANTEAMIENTO

La ejecución de un proyecto de digitalización 3D aplicado al patrimonio cultural requiere cubrir básicamente dos exigencias: la automatización del procesamiento de las nubes de puntos y el desarrollo de software que aproveche la potencialidad de los modelos digitales, por lo que afianzar un modelo de trabajo estandarizado repercutirá en múltiples beneficios. La evolución de dicha estandarización deberá llevar a la creación de sistemas integrales de gestión de la información, que trabajen en un modo análogo a como lo hace una base de datos, lo que permitirá:

- » Preservar el conocimiento y la experiencia.
- » Generar herramientas para medir el desempeño en cada práctica.
- » Detectar la relación entre las acciones y los resultados obtenidos en cada fase del proceso.
- » Suministrar una base para el mantenimiento y mejoramiento de los procedimientos.
- » Proporcionar nuevas bases para la capacitación y entrenamiento del personal involucrado.
- » Proveer medios alternativos para prevenir la recurrencia de errores.
- » Minimizar la variación de resultados.
- » Disponer de una base para diagnóstico y auditoría de proyectos futuros.

Debidamente elaborado, hacer un planteamiento integral que parta de un detallado análisis permitirá seleccionar la estrategia y el programa más adecuado y que mejor se acople a las necesidades del proyecto a ejecutar.

#### 4.1.3 PROPUESTA DE REALIZACIÓN

La conceptualización de un proyecto de digitalización 3D es eminentemente un proceso de comunicación entre los usuarios y los generadores de información. Por lo tanto, es muy importante estructurar dicho proceso involucrando a los beneficiarios, a la plantilla o personal de la institución, a los diversos expertos que puedan contribuir a enriquecer la información e incluso a otros tutores y supervisores en la redacción y confección de un proyecto piloto.

El proceso inicial de conceptualización puede demorar el curso del proyecto y, por lo tanto, encarecer de manera considerable el presupuesto preestablecido de los recursos necesarios; sin embargo, su utilidad será de un valor diferencial a largo plazo.

En una primera fase del proceso de conceptualización se analizará la situación, identificando las necesidades de la institución (o grupo de instituciones) y formulando ideas para satisfacer tales requisitos. La etapa de diseño del proyecto presentará una visión amplia para actuar sobre dichas necesidades y, finalmente, el plan del proyecto definirá los pasos necesarios para alcanzar los objetivos deducidos.

A partir de este ejercicio se pueden obtener algunas pautas para estructurar el proceso de diseño de un proyecto de digitalización, ya sea a través de un consenso acerca de la propuesta de proyecto o a partir de estimaciones realistas; incluso mediante el planteamiento de una gestión efectiva que divida las tareas en partes manejables (a modo de eslabones de una cadena productiva).

La experiencia recabada dentro del Departamento de Visualización Científica, dependiente de la DGTIC, ha dictado que una de las mayores demandas por parte de diversas dependencias y áreas de investigación de la UNAM es la prestación de servicios especializados para realizar reconstrucciones tridimensionales, siendo este laboratorio responsable de aportar recursos, ofrecer asesorías y diseñar programas de capacitación para la comunidad universitaria en materia de producción de contenidos virtuales.

Precisamente una de las primeras prácticas -de carácter profesional- fue realizada dentro de la Bodega Posada en el año 2010, ensayo que ha demostrado que la tecnología láser escáner puede ser una alternativa eficiente a las técnicas tradicionales de captura métrica, o al menos ser un complemento a las mismas.

En este caso preciso, hubo que identificar las necesidades preliminares del usuario para marcar la pauta y los criterios rectores del procedimiento. Por ejemplo, la complejidad de las formas y la gran valía cultural de las piezas que componen la colección escultórica resguardada en las instalaciones de la Antigua Academia de San Carlos les convierten en elementos que requieren ser recreados con la mayor precisión y cuidado posible, por lo que utilizar un escáner láser 3D se volvió un requisito fundamental para llevar a buen término el proyecto.

Ahora bien, la dificultad para generar modelos que resulten precisos y fieles a su referencia física puede depender de ciertas circunstancias que pueden innovarse y perfeccionarse a partir de la práctica y el cabal conocimiento de las tecnologías disponibles, no sólo se trata de recurrir a un escáner 3D y esperar que el aparato resuelva las dificultades. El escaneo láser es una técnica óptima para estas aplicaciones dada su capacidad de realizar capturas geométricas de máxima exactitud, pero no es posible saber sus alcances hasta no llevar el proyecto al terreno práctico.

En el presente proyecto, la novedad se manifestará en la manera en que se articularán las distintas técnicas de documentación y sus resultados pero también en el cómo se resolverá la problemática de gestión del patrimonio digitalizado, pensando en la factores relevantes como la sostenibilidad de los modelos digitales obtenidos y su integración social.

Asimismo, al consolidar un procedimiento estandarizado planteo la posibilidad de trazar políticas integrales que doten de coherencia a los diversos proyectos de digitalización del patrimonio cultural que se realizarán en el futuro próximo, compartiendo y unificando criterios que resuelvan las limitaciones tecnológicas y de manejo de la información. Dinámica que se relaciona con el aprovechamiento de la información y los recursos generados, ya que indispensablemente y de forma paralela se fomentará la creación de nuevos medios de administración del patrimonio cultural para recopilar, diagnosticar, catalogar y caracterizar la obra existente, aunado a la generación de nuevo conocimiento científico.

De tal suerte, este material será una herramienta de trabajo para favorecer el proceso de socialización de la valiosa obra artística en custodia de la UNAM, lo que permitirá potenciar la labor de promoción sociocultural y por ende del patrimonio nacional, una dinámica de interdependencia que seguramente provocará efectos positivos sobre los recursos patrimoniales y los acervos donde éstos se custodian.

#### 4.1.4 ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS

Implementar un estándar puede ser entendido como la definición clara de un modelo, un criterio o una medida general, así como establecer los requisitos mínimos aceptables para la operación de procesos específicos; todo ello con el fin de asegurar la calidad de un determinado servicio. Los estándares facilitan la tarea de determinar el comportamiento esperado y deseado tanto del usuario como del ejecutante y por lo tanto son utilizados como

guías para evaluar su funcionamiento y lograr el mejoramiento continuo de productos y/o servicios. Un considerable beneficio al establecer estándares es poder contar con una referencia para identificar oportunamente las variaciones presentadas en el desarrollo de los procesos y aplicar las medidas correctivas que resulten necesarias para enriquecer las prácticas venideras.<sup>[1]</sup>

Es importante recalcar que un proceso que mantiene las mismas condiciones produce los mismos resultados y de una manera adecuada a las necesidades específicas que se han planteado.

Por tanto, si se desea obtener resultados consistentes es necesario estandarizar las condiciones de trabajo, entre las que destacan:

- » Materiales y suministros técnicos.
- » Métodos y modelos de trabajo.
- » Recursos humanos.

Una vez acordado el mejor método para acometer la tarea, se documenta en un estándar tomando en cuenta los siguientes aspectos clave:

- » Definir, reclutar y capacitar a los miembros participantes.
- » Mantener actualizados los estándares impuestos, ya que es común cambiar estructuras o funciones.
- » Establecer criterios básicos, gráficos y sencillos, procurando que no resulten ajenos a la realidad.
- » En contraparte, no pretender contar con estándares muy sofisticados y manuales que resulten ininteligibles.
- » Como herramienta de autoevaluación, tener en cuenta los puntos de vista de todos los involucrados y cuestionar la necesidad de cada una de las actividades.

En el caso que nos atañe, la estandarización del proceso de digitalización tridimensional nos permitirá lograr un comportamiento estable para generar productos (modelos) bajo una calidad homogénea y en posibilidad

[1] Basado en OPS/OMS (s.f.). **Manual de Orientación en la Aplicación de Estándares para la Atención de la Salud**. Superintendencia de Salud. Chile.  
 Texto disponible en <[http://www.supersalud.gob.cl/568/articles-4530\\_Manual\\_AA\\_pdf](http://www.supersalud.gob.cl/568/articles-4530_Manual_AA_pdf)>  
 [Consultado: enero de 2015]

de optimizar los recursos que nos ofrece la institución. La idea es elevar la eficiencia del proceso -eliminando todas las actividades innecesarias- y buscar la secuencia más lógica, con el fin de mantener la tarea lo más sencilla posible, siempre y cuando se asegure el cumplimiento del objetivo.

#### 4.1.5 OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS

Como ya resulta evidente, poner en marcha un proyecto de digitalización tridimensional es una tarea compleja, tanto en el aspecto técnico como a nivel logístico y organizativo, por lo que es recomendable realizar siempre un análisis de los factores críticos que pueden influir de manera general. Me refiero a la gestión de los recursos humanos y técnicos como los dos grandes rubros a valorar:

##### Equipos de trabajo

La determinación del personal, de las autoridades y de las dependencias involucradas en colaboración ofrecerá una pauta para adquirir y actualizar la infraestructura necesaria para acometer el proyecto así como precisar la inversión requerida; aparte de la ejecución técnica, existen toda una serie de actividades a realizar para la adecuada gestión del mismo, tanto en lo referente a documentación como a nivel económico-financiero.

El objetivo es configurar de manera profesionalizada un sólido equipo de trabajo que sea capaz de abordar proyectos con altos niveles de calidad, tanto en los aspectos técnicos (modelado 3D, diseño multimedia y realidad virtual) como en la parte operativa (capacidad de gestionar toda clase de información y captar asesoramiento en las diferentes áreas de investigación). Si es posible apuntalar esta empresa, se podrán gestar múltiples propuestas innovadoras y formalmente completas, lo que propiciará una dilatada aptitud en gestión de proyectos de digitalización tridimensional.

Para que esto suceda, resultaría pertinente contemplar una serie de consideraciones complementarias pero la vez fundamentales:

- » Identificar y seleccionar las herramientas de financiamiento, tanto de la institución beneficiaria como de los usuarios potenciales.
- » Detectar a los colaboradores estratégicos.
- » Contemplar las gestiones legales, financieras y de seguimiento del proyecto que eventualmente pudieran dificultar o detener el proceso.

#### Obstáculos tecnológicos

En el escenario de la digitalización patrimonial, hallamos que diversas instituciones públicas cuentan efectivamente con una amplia gama de metodologías y procedimientos para digitalizar y organizar el material producido; sin embargo, aún faltan por resolver una serie de problemáticas comunes que dificultan el arraigo de los resultados obtenidos.

Según el análisis realizado, el par de inconvenientes más recurrentes y que eventualmente pueden ser resueltos por medio de la aplicación de estándares de producción son los siguientes:

- » La primera y más evidente es la falta de cooperación interinstitucional, lo que provoca divergencias en relación a sus colecciones y con los recursos técnicos que pudieran ser compatibles.
- » La segunda es la falta de planeación, situación que parece derivar del diferente grado de conocimientos técnicos y la desconexión entre quienes organizan, diseñan y ponen en práctica los proyectos; también puede atribuirse a la exigua capacidad de respuesta frente a las rápidas transformaciones en el ámbito de la tecnología.

Estandarizar los procesos será de gran ayuda pensando a futuro pues salta a la vista que los esfuerzos en el pasado han sido infructuosos al tratar de aplicar sistemas de mejora -en especial los proyectos desarrollados dentro de la UNAM- y que en general son iniciativas independientes y desvinculadas entre sí, situación que propicia que se muestren serias reservas acerca de la utilidad de la estandarización, pues se corre el riesgo de burocratizar los procedimientos e invertir demasiados recursos en tareas que a corto plazo no aportarán ningún beneficio evidente.

#### 4.1.6 RUTA DE PRODUCCIÓN

Una vez definidas las características del proyecto, el siguiente paso es fijar un plan de trabajo que establezca a grandes rasgos la secuencia de pasos necesarios para alcanzar el objetivo que nos hemos planteado, especificando con precisión los tiempos y los recursos que serán requeridos para una óptima ejecución.

Dicha acción, comúnmente asentada en lo que se denomina como ruta de producción, puede entenderse como un plan de acción a largo plazo y general que acerca los objetivos estratégicos a objetivos más tangibles y alcanzables, simplificando el modelo de trabajo en pequeños planes de acción mucho más concretos.

En un proceso de producción como el que se pretende afianzar, una ruta de producción puede facilitar la tarea de especificar las operaciones que se realizan dentro de cada etapa productiva, pues se puede prever toda la información relevante y específica, como pueden ser los operadores involucrados, el tipo de recursos requeridos y los productos esperados, su relevancia en el flujo de trabajo, tiempos de entrega, inicio o término de procesos, así como la detección de las decisiones tomadas en cada etapa; todo lo anterior con el fin de obtener el tiempo efectivo del proceso de producción.

Existen ejemplos muy interesantes que se pueden observar en otras prácticas de digitalización 3D, los cuales documentan métodos similares (con un mismo fin); sin embargo cada uno desarrollado de forma muy específica. Esto es interesante ya que -a nivel técnico- influye de manera significativa el área de aplicación, siendo que la mayoría de las iniciativas de digitalización 3D son aún limitadas.

Por lo tanto, basados en la teoría, análisis y conjeturas realizadas sobre proyectos previos, en el siguiente subcapítulo el cometido es hacer un desglose de las etapas de producción que se planearon pero que a la vez se modificaron y adecuaron según las necesidades que surgieron sobre la marcha en esta práctica particular.

Mencionar esto resulta relevante pues se trata de descubrir los elementos novedosos que se implementaron originalmente, con la intención de plantear un procedimiento relativamente sencillo y accesible a los usuarios directos, pero también comprensible para todo beneficiario indirecto, como pueden ser investigadores ávidos de sacar provecho a estos innovadores recursos.

#### 4.1.7 RUTA CRÍTICA

Como se ha descrito, una ruta de producción nos aporta una guía de trabajo a modo de proyección por lo que se constituye como un instrumento de planeación que, añadido a un proceso de estandarización del modelo de trabajo, permite establecer claramente los objetivos y las metas requeridas para su consecución, así como detectar todos los componentes involucrados (técnicos, económicos, políticos, etc).

El empleo de una ruta crítica es el paso subsecuente para una adecuada aplicación y aprovechamiento de los recursos durante un tiempo crítico y a un costo óptimo, al tratarse de un proceso administrativo que contempla la organización, dirección y control de todas las actividades requeridas para la ejecución del proyecto.

Se trata de un mecanismo muy útil pues brinda gran flexibilidad y adaptación de los medios y recursos disponibles ya que se enlaza con los estudios preliminares del usuario y los procesos de planeación para formular y establecer -de manera minuciosa- todas las etapas de operación y las consideraciones técnicas necesarias, así como una extensa lista de posibles resultados.

El método es ampliamente utilizado por diversas disciplinas debido a que resulta provechoso en el cálculo y realización de tareas determinadas, desde labores de construcción, estudios económicos, planeación de carreras universitarias, censos de población, estudios técnicos, etc.

La ruta crítica consta básicamente de dos ciclos:

- » **Planeación y programación:** el primer ciclo termina hasta que todas las personas directoras o responsables de los diversos procesos que intervienen en el proyecto están plenamente compenetrados con el desarrollo (tiempos, costos, recursos utilizados, coordinación, etc), tomando como base la ruta crítica diseñada.
- » **Ejecución y control:** el segundo ciclo concluye al tiempo de hacer la última actividad del proyecto, dando paso a los ajustes constantes debido a las diferencias que se presentan entre el trabajo programado y el realizado, situación sumamente común.

En resumen, el hecho de poder resumir en un sólo documento la representación general de todo el proyecto es una ventaja muy significativa, pues nos asiste para evitar omisiones, identificar contradicciones en la



planeación de actividades, para contemplar todos los suministros de manera ordenada y oportuna, logrando que el proyecto sea llevado a cabo con un mínimo de contratiempos innecesarios.

Me permito señalar que no se trata únicamente de desarrollar un plan y su programación traducidos en un diagrama, olvidando paulatinamente (o peor aún, ignorando) sobre la marcha las condiciones inestables que invariablemente ocurren en todo proyecto. El verdadero valor de la técnica resulta palpable cuando se aplica en forma dinámica.

Por tanto, es necesario recalcar también que los beneficios derivados de la aplicación del método de la ruta crítica se presentarán en relación directa a la habilidad y competencia con que se haya implementado.

Al mismo tiempo, hay que comprender que no se trata de un medio que resuelva problemas de índole administrativo; no obstante, resulta de gran ayuda para desarrollar el proyecto de una manera ordenada y balanceada de acuerdo a las necesidades y objetivos propuestos, lo que normalmente se traduce en procesos más eficientes y ejecutados en tiempos más cortos.

#### 4.1.8 NOTACIÓN DE MODELAMIENTO GRÁFICO

Para diseñar la ruta crítica del proyecto me he basado en una útil herramienta importada del ámbito mercantil: el sistema **BPMN (Notación para el Modelado de Procesos de Negocio)**, aprovechando que se trata de una notación gráfica estandarizada, es decir, un sistema de signos convencionales que nos permitirá concretar una completa representación visual del método, oportunamente sintetizado en un diagrama que condensa toda la red de actividades.

Pretendiendo conformar ordenadamente el modelo de trabajo, uniendo el diseño y la implementación, el procedimiento consistirá en ilustrar gráficamente el conjunto de operaciones y sus interrelaciones, aspirando a lograr los mayores niveles de eficiencia y mejoramiento de los procesos. En otras palabras, se pretende agilizar la competencia técnica y la capacidad de respuesta del equipo de trabajo.

La notación gráfica cuenta con una virtud muy relevante: su carácter como lenguaje universal. Se trata de que sea fácilmente entendible por todos los usuarios, sean de cualquier disciplina, área de investigación o nivel de formación, bajo ciertos parámetros mínimos claro está. Y por supuesto, los beneficiarios que monitorearán y finalmente gestionarán los productos resultantes.

Una de las premisas del modelo de trabajo que se propone está enfocada a organizar las tareas asignadas a cada uno de los participantes activos: artistas, restauradores, gestores, operadores técnicos, modeladores tridimensionales, programadores y fotógrafos, así como los directores o responsables de proyecto, quienes pueden definir en conjunto las etapas de acuerdo al pliego de peticiones dispuesto por la institución solicitante.

Tal segmentación del trabajo permitirá activar y por lo tanto optimizar los tiempos asignados para la consecución de los resultados, a la vez que aprovechar e impulsar el adiestramiento de cada miembro.

Otra finalidad importante es determinar criterios y parámetros para evaluar los resultados preliminares conforme al flujo de actividades y así poder localizar posibles fallas y reiniciar en las fases correspondientes.

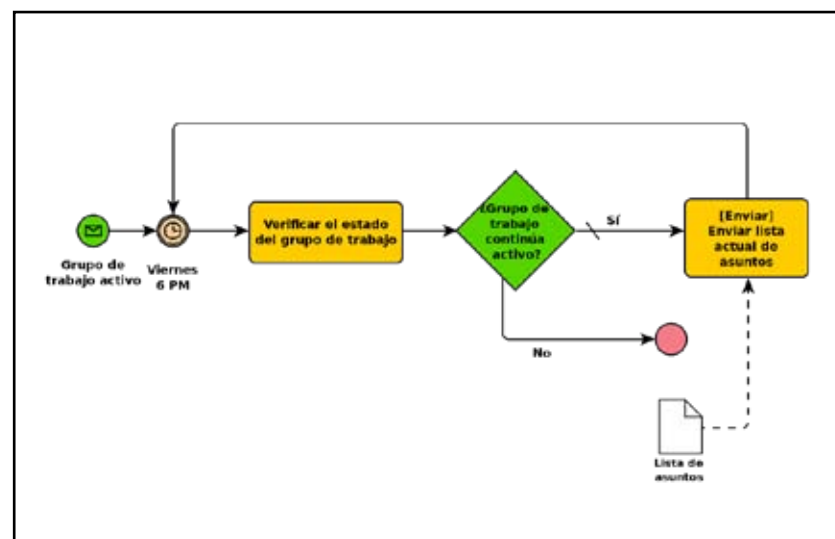


FIGURA 4.1





Ejemplo diagrama de flujo BPMN.  
Por comunidad-bpmn.blogspot.com



## CODIFICACIÓN GRÁFICA

Los objetos básicos que describen en su conjunto los procesos y que están contenidos en la notación del modelo de trabajo tienen definiciones claras por lo que su comprensión facilitará su integración al presente proyecto. Acto siguiente desglosaré tales elementos y describiré sus componentes de acuerdo a una sencilla clasificación, relacionado con su respectivo código gráfico:

### CG1. Elementos básicos



Los modelos de trabajo están conformados por una serie de elementos fundamentales que funcionan como eslabones de una cadena general de producción y se integran por:




OBJETO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
<p><b>PROCESOS</b></p>	<p>Son secuencias de pasos, tareas o actividades que tienen como objetivo generar un producto (industrial) o crear un valor para el usuario (calidad). Pueden ser medidos y están orientados al rendimiento, tienen resultados específicos, responden a alguna acción específica e implican un elemento de entrada que será transformado en otro objeto.</p>	
<p><b>SUB PROCESOS</b></p>	<p>Se trata de una actividad no terminal que puede estar compuesta de otros subprocesos y tareas, lo que permite hacer refinamientos sucesivos en el desarrollo del modelo.</p>	
<p><b>ELEMENTOS PRODUCTIVOS</b></p>	<p><b>Entrada:</b> elementos que entran al proceso y serán modificados o consumidos durante el proceso. <b>Salida:</b> los productos obtenidos o en su defecto desperdicios.</p>	
<p><b>CONTROLES</b></p>	<p>Son productos de medición o indicadores que sirven para determinar la eficiencia de los componentes del proceso.</p>	

SUMINISTROS	Representan recursos que se adicionan al proceso sin la intención de transformarlos o consumirlos, por ejemplo, herramientas técnicas.	
METAS	Son los resultados esperados y medibles correspondientes a cada procesos y actividad que colaboran para alcanzar el objetivo de más alto nivel.	

**CG2. Objetos de flujo**



Son los principales elementos gráficos que definen el comportamiento de los procesos:

OBJETO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
EVENTO	<p>Es un acto o incidente que detona un proceso; al tener especializaciones, pueden valer para iniciarlo, terminarlo o detenerlo en un punto intermedio, lo que permite hacer modelos muy depurados según las condiciones específicas que intervienen durante su ejecución. Podemos detectarlos según 3 tipos:</p> <p><b>Evento de inicio:</b> activa la ejecución de un proceso y crea un identificador de éste.</p> <p><b>Evento intermedio:</b> detiene el flujo de acciones hasta que ocurra una condición esperada o dispara acciones de excepción si ciertas condiciones se cumplen.</p> <p><b>Evento final:</b> es la última acción que ocurre dentro del proceso y que normalmente genera un producto.</p>	
ACTIVIDAD	Conjunto de tareas que deben llevarse a cabo a fin de transformar los elementos de entrada en elementos de salida.	

TAREA	<p>Es la acción concreta que se debe realizar para obtener un resultado deseado y que debe cumplirse en un tiempo determinado. Es el desglose terminal de un proceso, es decir, la unidad elemental del trabajo, por lo que también pueden contar con varias especializaciones. Podemos distinguir 6 clases:</p> <p><b>Tarea de usuario:</b> es una acción ejecutada por un ser humano y que se completa en cierta cantidad tiempo. No puede descomponerse en un nivel más fino.</p> <p><b>Tarea de servicio:</b> utiliza algún tipo de servicio, como puede ser una aplicación automática.</p> <p><b>Tarea de recepción:</b> acción requerida para recibir un mensaje y completar una tarea.</p> <p><b>Tarea de envío:</b> acción requerida para enviar un mensaje a una actividad específica y completar una tarea.</p> <p><b>Script:</b> es un tarea automática en la que un servidor ejecuta un archivo o guión de órdenes. No tiene interacción humana ni se conecta con un servicio externo.</p> <p><b>Manual:</b> tarea que no necesita la ayuda de algún motor de ejecución técnica o alguna aplicación, como puede ser una secretaria que archiva documentos físicos.</p>	
LOOP	<p>Representa una estructura de control donde se repite "n" veces un subproceso o una tarea. Se puede establecer que la condición sea aplicada antes o después de la ejecución.</p>	
DECISIÓN	<p>Resolución que se toma entre diversas alternativas de avance en el tránsito del proceso. Surge como resultado de un proceso de mayor o menor complejidad y duración, siempre en función de la relevancia de la fase. Se dividen en:</p> <p><b>Exclusiva:</b> en un punto de bifurcación, selecciona un flujo entre las alternativas existentes. En un punto de convergencia, espera a que un flujo previo le active.</p> <p><b>Basada en evento:</b> decisión no basada en datos sino en eventos.</p> <p><b>Inclusiva:</b> en un punto de bifurcación, activa al menos un flujo. En convergencia, espera a todos los flujos previos para activar el siguiente.</p> <p><b>Paralela:</b> en bifurcación, todos los caminos salientes se activan simultáneamente. En convergencia, espera la terminación de todos los flujos incidentes para activar el siguiente.</p> <p><b>Compleja:</b> elemento de control. Por ejemplo, cuando algunas ramas desprendidas de la decisión deben esperar.</p>	



**CG3. Productos**

Son los objetos o servicios resultantes de los procesos:

OBJETO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
OBJETOS	Productos concretos que determinan la finalización del proceso.	
DATOS	Son los objetos producidos o requeridos por otras actividades del proceso.	



**CG4. Conectores**

Son los elementos que servirán para conectar los diferentes objetos de flujo con la finalidad de crear el esqueleto básicos del proceso:

OBJETO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
SECUENCIA DE FLUJO	Representa el tránsito de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio/término y muestran el orden de ejecución de los objetos de flujo.	
DEPENDENCIA	En los términos planteados se traduce como una activación condicionada por el resultado de un proceso o actividad previa.	




**CG5. Canales**

Los canales o swimlanes son un mecanismo que permite clasificar las actividades de manera visual para ilustrar las distintas categorías o responsabilidades:

OBJETO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
<b>POOLS (PISCINAS)</b>	Representación gráfica que actúa como contenedor de un proceso y sirve para hacer explícito dónde se está realizando y quién es responsable del mismo.	
<b>LANES (CARRILES)</b>	Es una partición o subdivisión de un pool, ya sea vertical u horizontal, lo que nos permite clasificar las actividades que ocurren dentro del proceso.	





**CG6. Artefactos**

Son elementos gráficos utilizados para proveer información adicional sobre el proceso:

OBJETO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
<b>OBJETOS DE DATOS</b>	Muestran la información requerida por una actividad, como entradas y salidas. Pueden contener documentos susceptibles de actualización durante el proceso. No afectan directamente los flujos ni productos, sólo los complementan.	
<b>ANOTACIONES</b>	Proporcionan datos adicionales sobre el proceso o actividades.	
<b>GRUPOS</b>	Se utiliza para agrupar un conjunto de actividades, ya sea para efectos de documentación o análisis.	

**CG7. Indicadores complementarios**

Son elementos que ocurren durante el flujo de los procesos y nos aportan información suplementaria que afecta directamente las relaciones generales y los objetivos específicos:

OBJETO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
<b>TEMPORIZADOR</b>	Esta figura representa un mecanismo de retraso dentro del proceso. Este tiempo puede ser definido como información extra del proceso (fecha o duración en cualquier unidad de tiempo).	
<b>ERROR</b>	Esta clase de evento siempre interrumpe la actividad a la que está asociada (cuando sea el caso) y sólo puede hallarse en la frontera entre actividades.	
<b>CANCELACIÓN</b>	Dentro de un subproceso, indicará que la transacción debe ser cancelada por una determinada condición y causará un evento intermedio.	
<b>TERMINACIÓN</b>	Nodo donde finaliza un proceso si es alcanzado satisfactoriamente y que permite avanzar al subsecuente.	

## 4.2 PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

### MODELOS GRÁFICOS PARA LA INTERPRETACIÓN DE DATOS

El proceso denominado Reconstrucción Digital 3D del Patrimonio Cultural Universitario, en su calidad de proyecto piloto, se define como un estudio exploratorio/predictivo. Me explico.

Al tratarse de una investigación que se inscribe dentro de un área o disciplina de naturaleza reciente, donde las teorías no están formuladas en forma precisa, las problemáticas que plantea la digitalización tridimensional no están siquiera suficientemente desarrolladas, lo que provoca que las prácticas realizadas consten de aproximaciones parciales.

Refiero un carácter exploratorio pues la estrategia de investigación que planteo consiste en la correcta detección y análisis de las observaciones.

Por ejemplo, al examinar a profundidad algunos de los supuestos teóricos, tal como la precisión geométrica o la representación fotorrealista, he definido tentativamente esquemas clasificadores que funcionan de manera provisional, todo esto con el fin de generar y validar dichas hipótesis que pondré a prueba a partir de la fase de producción.

Posteriormente, por medio del análisis de los componentes de la ruta crítica, estaré en condiciones de identificar los elementos comunes, es decir, cuando se determinan las partes o elementos que integran y se repiten durante el proceso.

En cuanto al término predictivo, estoy aludiendo a que el proyecto está basado en los conocimientos adquiridos y comprobados sobre las prácticas anteriormente efectuadas, conocimientos aplicados para trabajos futuros en la medida en que se explora y conoce el proceso, que cabe decir está ligado a condicionantes tecnológicos.

Por lo tanto, con base en estos datos, quizás se puede predecir el comportamiento futuro del fenómeno, lo cual tiene una gran importancia práctica. Aclaro esto pretendiendo ofrecer una mayor claridad en la formulación del problema que supone la digitalización tridimensional de un acervo patrimonial.



FIGURA 4.2

Digitalización del patrimonio arqueológico.



### 4.2.1 ETAPAS DE PRODUCCIÓN

Insisto, al momento de elegir los mejores recursos disponibles, hay que tener en cuenta los objetivos rectores del proyecto, que en este caso es obtener la representación más realista posible de las piezas patrimoniales que se han encomendado: la colección escultórica de la Bodega Posada.

Para ello, un requisito importante es que los modelos sean geoméricamente perfectos y estén correctamente texturizados; así que el principio fundamental girará en torno al manejo del escáner 3D, la clase de dispositivo más adecuada entre las tecnologías de registro y documentación que tenemos disponibles en la actualidad.

Ahora que, además de representar de forma precisa el conjunto de piezas, tratándose de una primer práctica que se realiza para registrar obra patrimonial en tres dimensiones en los acervos artístico-escultóricos de la UNAM, lo que se busca fundamentalmente es explorar las posibilidades que nos ofrece la técnica de escaneo 3D.

Más allá de que nos facilitará gran parte del trabajo dada su aguda precisión de captura y velocidad de ejecución, existen un sinnúmero de variables que pueden ser depuradas y afinadas, más relacionadas a las capacidades y destrezas del equipo de trabajo que al plano tecnológico, de entrada limitado por las cualidades innatas del escáner 3D.

El procedimiento lo denominé Reconstrucción Digital Tridimensional, del cual se desprenden tres etapas principales de producción y que de modo general se componen de las siguientes características:

#### PRE PRODUCCIÓN

Etapas en la cual será determinante la definición de objetivos, beneficios, ventajas y desventajas de la digitalización tridimensional del patrimonio universitario, así como el estudio exhaustivo del usuario, en este caso la UNAM y en específico la Escuela Nacional de Artes Plásticas, sede Antigua Academia de San Carlos, apoyándonos en todo momento en la asesoría de diversos expertos como curadores artísticos, arquitectos, editores, diseñadores, modeladores, fotógrafos e ingenieros en computación.

Igualmente, habrá que considerar que en México el concepto de digitalización 3D no ha sido completamente asimilado, lo que produce distintos resultados según sea la institución que implemente proyectos al respecto; situación que requerirá de una rigurosa planificación.

Para ello será importante partir de principios previamente comprobados; por ejemplo, atender a los lineamientos y directrices impuestos por distintos organismos, los cuales ya han consolidado plataformas y redes de información que dictan consensos sobre la digitalización 3D a escala mundial, base sobre la cual podemos despegar y establecer estructuras tecnológicas, normas institucionales y extender las funciones de los proyectos de digitalización a largo plazo.

#### PRODUCCIÓN

Una vez adquiridos y establecidos los recursos técnicos y humanos, podemos iniciar la etapa de producción que se compone de la captura digital tridimensional por medio de un escáner láser así como con registros fotográficos, para posteriormente procesarlos digitalmente y obtener modelos virtuales en alta resolución.

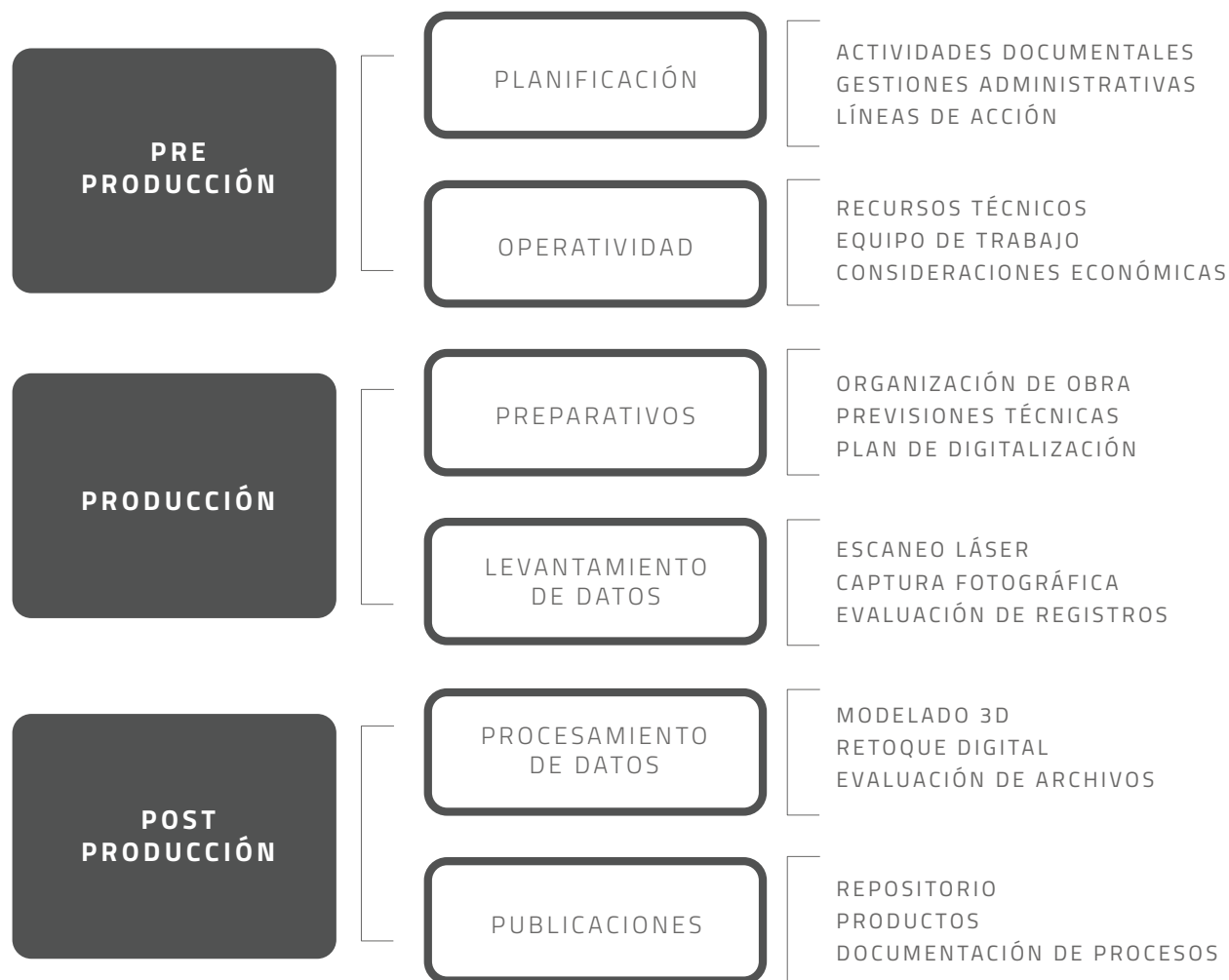
Esta etapa consta de varias fases y para tal cometido se desarrollará un esquema que contempla distintas actividades, desde documentación y organización de obra hasta consideraciones técnicas y de operación muy específicas, las cuales serán puestas a prueba por un proceso de experimentación en su calidad de proyecto piloto dentro de la UNAM.

En cuanto a la medición de resultados, en aras de optimizar el método cada que sea implementado, se plantea una herramienta de evaluación que actuará según parámetros calidad y pertinencia, que estimará diversos valores como pueden ser el nivel de representación fotorrealista, requisito indispensable de validez para efectos de conservación y rehabilitación.

#### POST PRODUCCIÓN

Etapas concluyentes que consisten en los procesos de edición de los contenidos que acompañarán a los productos generados y que concluirá con una publicación digital interactiva, que pasará a formar parte de los archivos de la Dirección General de Patrimonio Universitario (DGPU) y la Coordinación de Colecciones Universitarias Digitales (CCUD), con la idea de garantizar su interoperabilidad a nivel institucional.

En consecuencia, el ordenamiento de la información facilitará su administración y divulgación, asegurando que cualquier material pueda ser consultado, sirviendo para la docencia y la investigación, su acceso en bibliotecas públicas o simplemente para su consulta en línea.

**FIGURA 4.3**

Ruta de producción gráfica, la cual contempla los procesos en los cuales se desglosa la ejecución integral del proyecto.



FIGURA 4.4

La figura ilustra el proceso general del denominado Reconstrucción Digital 3D del Patrimonio Cultural Universitario como modelo de trabajo que pueda ser automatizado y eventualmente replicado en futuros proyectos.

- 1. PLANIFICACIÓN:** Un sitio o colección se elige en función de muchos factores, como la necesidad específica o su significado para la cultura humana y nacional.
- 2. OPERATIVIDAD:** Contemplar todos los elementos que componen la infraestructura y el personal requerido para la ejecución.
- 3. PREPARATIVOS:** Al llegar a la sede del proyecto, el equipo dispone de una variedad de métodos para recoger a fondo y documentar el sitio y la obra.
- 4. LEVANTAMIENTO DE DATOS:** Las colecciones previamente seleccionadas se registran por los medios necesarios. Estas incluyen técnicas tradicionales de captura, nuevos procesos fotográficos y escaneado láser 3D.
- 5. PROCESAMIENTO DE DATOS:** Para reconstruir digitalmente una obra original, la información obtenida por cada escaneo y fotografía debe ser registrada y alineada en un único sistema de coordenadas y sometida a procedimientos que posibilitan su presentación fotorrealista.
- 6. PUBLICACIÓN:** La obtención de refinados y detallados modelos 3D permite crear una multitud de productos, incluyendo planos, fotografía artística, interactivos y multimedia para su promoción educativa y cultural. Una vez que estos archivos se han creado se almacenan de forma segura en los acervos digitales habilitados por el equipo y son puestos a disposición de los administradores del patrimonio capturado.

#### 4.2.2 MODELO GENERAL DE PROCESOS

El empleo de una notación gráfica estandarizada, a su vez sustentada en un marco riguroso de interpretación, facilitará que los modelos de trabajo diseñados se puedan ejecutar y diferenciar claramente de acuerdo a secciones básicas (o submodelos) que conforman el modelo general propuesto: Se desglosan a partir de 3 niveles:

- » **Procesos**
- » **Actividades**
- » **Tareas**

Según esta definición, podemos afirmar que un proyecto está constituido por una serie de procesos interrelacionados que a su vez se desglosan en un conjunto de actividades (físicas o abstractas), las cuales en suma y siguiendo un desarrollo lógico, conforman y dirigen progresivamente a los objetivos planteados, lo que a grandes rasgos nos revela si el proyecto es viable, es decir, si satisface la necesidad prevista o si es costeable su realización. Dicho de otro modo, podemos considerar actividad a la serie de operaciones realizadas por una persona o grupo de personas en forma continua, sin interrupciones, con tiempos determinables de inicio y conclusión.

Según los datos arrojados por la ruta de producción, en el presente caso se proyectan 6 fases o actividades principales:

- 1. PLANIFICACIÓN**
- 2. OPERATIVIDAD**
- 3. PREPARATIVOS**
- 4. LEVANTAMIENTO DE DATOS**
- 5. PROCESAMIENTO DE DATOS**
- 6. PUBLICACIÓN**

Estas se hallan enlistadas en orden de ejecución, lo que nos ayuda a evitar su omisión pues son fácilmente detectables al visualizar el flujo correspondiente, todavía sin necesidad de indicar la cantidad de trabajo ni las personas implicadas.

En cuanto a las actividades específicas correspondientes a las 6 fases, estas se desglosan en:

## 1. PLANIFICACIÓN

- 1.1 Actividades documentales
- 1.2 Gestiones administrativas
- 1.3 Líneas de acción



## 2. OPERATIVIDAD

- 2.1 Recursos técnicos
- 2.2 Equipo de trabajo
- 2.3 Consideraciones económicas



## 3. PREPARATIVOS

- 3.1 Organización de obra
- 3.2 Plan de digitalización
- 3.3 Previsiones técnicas



## 4. LEVANTAMIENTO DE DATOS

- 4.1 Escaneo láser
- 4.2 Captura fotográfica digital
- 4.2 Evaluación de registros



## 5. PROCESAMIENTO DE DATOS

- 5.1 Modelado 3D
- 5.2 Retoque digital
- 5.3 Evaluación de archivos



## 6. PUBLICACIÓN

- 6.1 Repositorios
- 6.2 Productos
- 6.3 Documentación de procesos



### 4.2.3 MODELO DE ACTIVIDADES Y DECISIONES

El modelo de actividades, como siguiente subnivel, desglosa y detalla las acciones que componen cada proceso general y es el momento cuando más conveniente resulta aplicar la notación gráfica ya que dichas actividades discurren a la par con una serie de decisiones influidas por factores variables.

El esquema que presento está formado por flechas que representan actividades y uniones que simbolizan eventos, entendiendo que las conexiones implican una secuencia entre cada elemento, método que sirve para ilustrar las dependencias.

Por su parte, las uniones de flechas o eventos se presentan en la gráfica en forma de círculos y significan la terminación de las actividades que culminan en un evento determinado y la iniciación de las subsecuentes.

Puesto que es un modelo lógico, la configuración de las flechas no tiene importancia así como la dirección en la cual señala. El hecho significativo es que la flecha representa el principio de la actividad y la punta representa su terminación.

Aparte de la utilidad que significa desglosar con precisión cada actividad, el modelo sirve básicamente para asignar la duración correspondiente a cada una de ellas, que por consiguiente nos vale para calcular el tiempo total del proyecto.

No está de más mencionar algunas consideraciones importantes:

- » Ninguna actividad puede iniciar sin haber completado las tareas previas y de cuya ejecución depende.
- » Una vez iniciada, cada actividad se ejecuta sin interrupción, hasta ser terminada.
- » Existen actividades que excepcionalmente pueden iniciar independientemente de las antecesoras. Por ejemplo, la post producción de los modelos 3D podría iniciarse mientras todavía se realizan los registros con escáner 3D y fotográficos (si se dispone con el personal para ello).

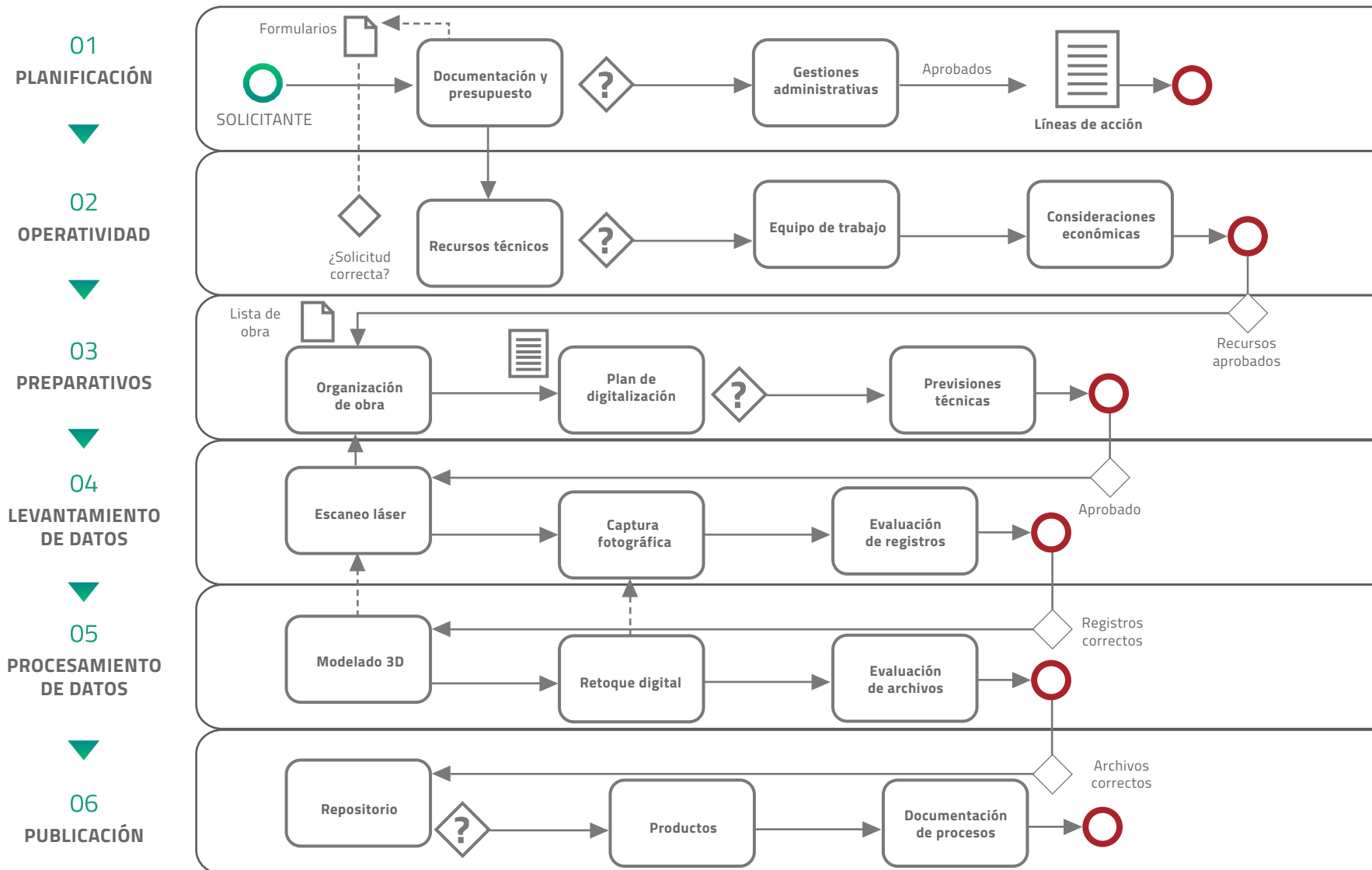


FIGURA 4.5

## MODELO DE ACTIVIDADES Y DECISIONES

La figura explica las etapas, sus enlaces y las correspondencias correlativas de cada una de las fases y las acciones oportunas.

#### 4.2.4 MODELO DE TAREAS

Como el nivel más depurado y minucioso del sistema, el modelo de tareas se entiende como una especificación de alto nivel de las acciones y requisitos que debe cumplir el flujo de trabajo para acometer las metas referentes a cada actividad.

Son precisamente estas tareas los componentes del sistema que resultan susceptibles a la automatización, puesto que se constituyen como operaciones con resultados concretos y son ejecutadas por personal especializado.

Para un mejor análisis, podemos dividir las tareas en:

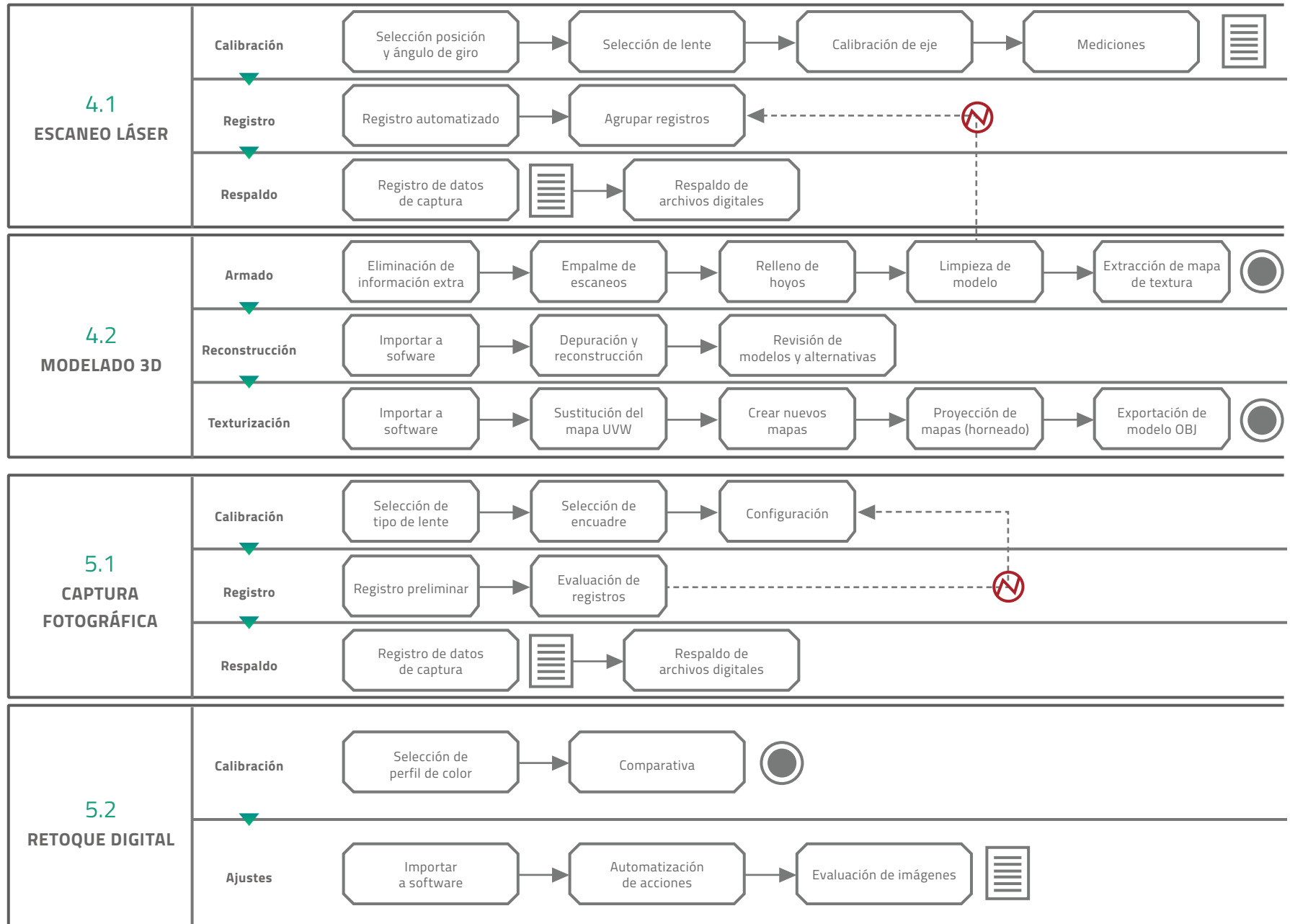
- » **Genéricas:** se emplean para representar una actividad de cualquier tipo.
- » **Humanas:** se utilizan para definir un formulario donde la persona encargada debe vaciar cierta información del proceso. También sirve para que dicha persona gestione todos los datos referentes a la actividad.
- » **Manuales:** se trata de tareas de índole físico y, por su condición, se encuentran fuera del alcance de la automatización. Un ejemplo podría ser cuando se organiza una reunión entre los colaboradores. Por lo general, para este tipo de tareas se diseña un formulario simple donde el usuario debe constar que la tarea ha sido ejecutada y se puede continuar con el proceso.
- » **Eventos intermedios:** se emplean para representar puntos donde el proceso requiere de la intervención de una persona para su ejecución; ya sea para iniciarla, aprobarla, aplazarla o incluso cancelarla. Para ello se puede contar con un formulario que avale la determinación.

De igual forma, este desglose detalla los datos que son manipulados por la tarea en curso y el estado en que se encuentra tanto a la entrada como a la salida de la actividad.

#### FIGURA 4.6 (página opuesta)

##### MODELO DE TAREAS

La figura detalla el modelo que contiene las tareas que se realizan dentro de cada actividad y que son aquellas que soportan el sistema de información. Cada una se inscribe dentro una plantilla de flujo que culmina con la ejecución de las actividades que en conjunto conforman un proceso.





#### 4.2.5 MATRIZ DE INFORMACIÓN

Ahora bien, aún determinando el orden y la dirección de las actividades, resulta imprescindible precisar las relaciones que guían a cada una de ellas. Es una acción que debe desarrollarse separadamente y que se fija de acuerdo a los objetivos, métodos y recursos disponibles.

Para definir la secuencia de actividades podemos echar mano de dos herramientas que se pueden complementar entre sí:

- » **Matriz secuencial:** define los responsables de los procesos que deben ejecutarse y cómo se enlazan según las actividades que realizarán, advirtiendo cuáles inician y concluyen cada uno de los procesos.
- » **Matriz de tiempos:** informa el tiempo de duración de cada actividad del proyecto. Mediante esta estimación, basada en la experiencia obtenida con anterioridad mediante una actividad experimental, se asigna el tiempo de duración, que también está fundamentada en la manera más eficiente para terminarla de acuerdo con los recursos disponibles.

En este proyecto, el desarrollo de la gráfica temporal ha sido configurado de acuerdo al cálculo normal de fechas previstas de realización para cada actividad así como los denominados tiempos flotantes y de holgura (cantidad de tiempo que una actividad puede retrasarse o permanecer inactiva sin afectar su óptima terminación). Tomar en cuenta estas variables resulta relevante cuando se quieren nivelar los requerimientos de mano de obra que se pueden automatizar, puesto que se trata de alcanzar lo antes posible los objetivos de la misma programación.

Asimismo, como ya he descrito, a medida que se presentan hechos o circunstancias imprevistas, tanto el diagrama de actividades como el de tareas nos proporciona el medio ideal para identificar y analizar cada una de las fases y los elementos implicados, situándonos en posición incluso de replantear o reprogramar el proyecto en curso, reduciendo al mínimo los efectos adversos de dichas contingencias.

Del mismo modo, cuando se presenta una oportunidad para mejorar la programación del proyecto, podemos determinar fácilmente qué actividades son susceptibles de ser optimizadas y eventualmente aceleradas en busca de enriquecer el proceso, tanto en tiempos como en mejor aprovechamiento de los recursos.

#### 4.2.6 RENTABILIDAD ECONÓMICA

Otra de las grandes ventajas cuando se utiliza el método de ruta crítica para administrar un proyecto consiste en nivelar las necesidades de recursos humanos y materiales a lo largo del mismo. Este método, al permitir planear varias alternativas de operación, ofrece una solución práctica al problema de programar de manera uniforme los recursos humanos y materiales requeridos.

Al preparar los diagramas preliminares (los cuales aún son aptos de ser modificados o enriquecidos sobre la marcha) se puede asegurar una correcta nivelación de los medios disponibles y calcular los tiempos de ejecución, datos indispensables para hacer un cálculo presupuestario, elemento básico para cualquier emprendimiento de proyecto pues es evidente que existe una relación directa entre el tiempo de realización y su costo.

Por ejemplo, una vez elaborado un plan de acción lógico, estimando el tiempo y recursos necesarios para llevar a cabo las diferentes actividades, es posible calcular los costos de mano de obra entre varias alternativas para seleccionar las opciones más económicas. Contrariamente, mientras un proyecto alcanza su punto óptimo de realización, es común que exista una desviación del costo, lo que provoca que este se eleve. Y es precisamente la situación que deseamos evitar.

Al estandarizar y automatizar los procesos y sus componentes es posible realizar mayor cantidad de trabajo real en menores tiempos, sin embargo debe efectuarse de una manera balanceada. Podría darse el caso de que la excesiva aceleración de los procesos implique mayores requerimientos, tanto de equipo como de mano de obra adicional, lo que producirá costos unitarios mayores y dificultará la eficiencia de la operación. Al revés, si el proyecto se ejecuta en un tiempo mayor que el óptimo de realización, su costo aumenta debido al incremento en los gastos fijos: supervisión, renta de equipo, etc.

Por ello, en el caso de un proyecto como el que se plantea, compuesto por numerosas actividades que dependen de un personal variado, sería de gran relevancia determinar los parámetros normales y acelerados de ejecución (calculando los costos de cada actividad realizada en tiempo estándar y acelerado), extrayéndola en una relación lineal. Esta relación nos serviría para deducir los efectos de las adecuaciones que surjan durante el proceso, pues vincula el incremento de costo a la compresión del tiempo.

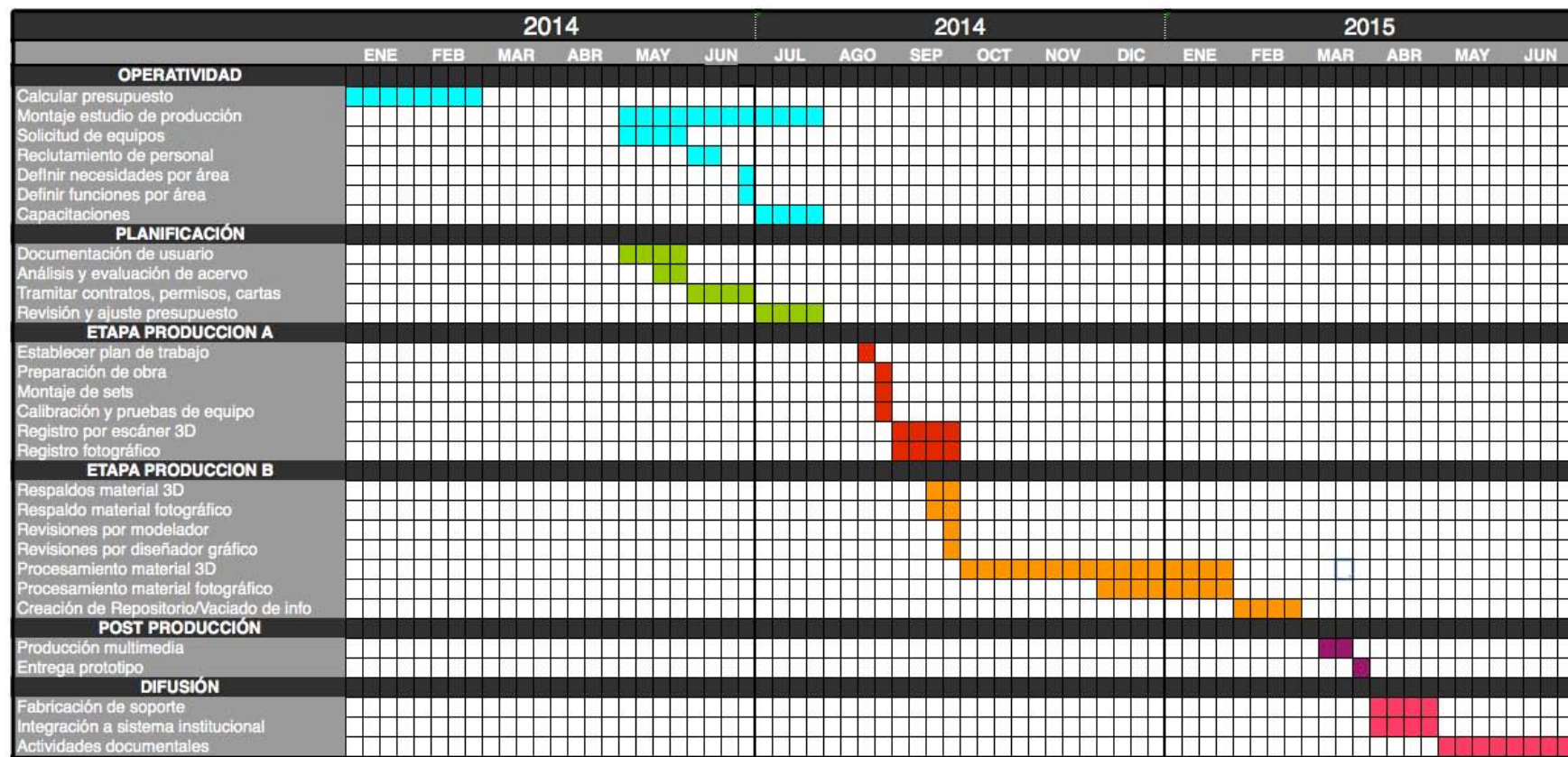


FIGURA 4.7

**MATRIZ DE INFORMACIÓN**

La figura enlista y programa las actividades distribuidas en un periodo de 12 meses agrupados en unidades semanales (tiempo mínimo considerado para la ejecución de cada actividad).

A su vez, estos se encuentran agrupados según meses, marcados en la parte superior de la gráfica, mientras que en la zona inferior se encuentran señalados los requerimientos temporales de mano de obra y aspectos técnicos.

Una vez que tenemos a nuestra disposición esta información, se pueden obtener conclusiones sobre diferentes alternativas de programación, cada una con su costo correspondiente (a tiempo estándar y acelerado).

## 4.3 COLECCIÓN DIGITAL 3D BODEGA POSADA

### IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE TRABAJO

A modo de introducción y antes de entrar en materia, sería conveniente justificar la necesidad de la digitalización de uno de los acervos más importantes y singulares en custodia de la UNAM, la cual fue el motivo original de este proyecto académico. Aunque más adelante se especificarán las distintas finalidades surgidas de esta práctica de digitalización 3D, es preciso aclarar que el primer requerimiento fue realizar copias digitales de los contenidos que se conservan en la Bodega Posada, uno de los acervos artísticos con sede en la Antigua Academia de San Carlos y por tanto de la Escuela Nacional de Artes Plásticas.

Si bien hace no muchos años las fotocopias en papel y en microfilm (por poner los ejemplos más elementales) han dado paso al formato digital, del cual se puede decir han asegurado la perdurabilidad en el tiempo (a largo plazo) de los archivos digitalizados, también habría que considerar las múltiples ventajas que supone en lo que a gestión se refiere, pues resultan sumamente significativas tanto para los administradores directos (curadores y supervisores de la Academia) como a nivel institucional a través de las diversas dependencias encargadas de la administración de bienes patrimoniales, caso de la Dirección General de Patrimonio Universitario.

De tal forma que, tomando como muestra el gran acervo escultórico y la gran variedad de estilos de escultura que se enseñan en la Escuela Nacional de Artes Plásticas, se decidió realizar un proyecto que involucrara estos dos factores con las nuevas tecnologías de captura tridimensional que se han desarrollado por diferentes grupos de investigación durante los últimos años.

#### 4.3.1 METAS PLANTEADAS

Esta maravillosa oportunidad de ingresar a las instalaciones de la Bodega Posada y documentar digitalmente sus contenidos se presentó en el año 2009 a través de una iniciativa conjunta entre la Secretaría de Apoyo y Vinculación de la ENAP (sede Academia de San Carlos) y el Departamento de Visualización Científica de la DGTIC, la cual consistió en una interesante práctica que pretendía tres objetivos fundamentales:

- » Elaborar un material digitalizado que contribuya a la socialización de la obra artística resguardada en la Antigua Academia de San Carlos, para la labor de promoción cultural de la misma UNAM.
- » Experimentar y delimitar los auténticos alcances de la tecnología disponible para captura digital en tres dimensiones, aprovechando la riqueza de formas y materiales que nos ofrece el valioso acervo contenido en la Bodega Posada.
- » Generar recursos de apoyo didáctico para los procesos de enseñanza-aprendizaje sobre captura y modelado tridimensional utilizando equipos de escaneo láser.

#### 4.3.2 CONSIDERACIONES PREVIAS

Antes de adentrarme en la aplicación de las técnicas de registro 3D y cómo éstas pueden emplearse para la enseñanza de diversos procesos artísticos (escultura en este caso particular), siendo objetivo primordial de esta primera experiencia, quisiera recalcar la importancia de comprender que la técnica de captura tridimensional ha de sustentarse en las bases teóricas fundamentales del modelado propios de la práctica escultórica, me refiero tanto al espacio, a la proporción, equilibrio, dinámica, etc.

Esta condición, que rige el cuerpo teórico presentado, está ligada al origen mismo del proyecto, el cual nació como una iniciativa auspiciada por el programa de desarrollo de aplicaciones de realidad virtual para el Observatorio de Visualización IXTLI en apoyo a la docencia e investigación en la UNAM. Como tal, este proyecto fue concebido fundamentalmente como un innovador medio para el análisis de la proporción y la composición áurea en las artes plásticas y su aplicación a la escultura, aprovechando toda la gama de recursos que nos ofrece la realidad virtual.

Cabe mencionar que al estimar los requerimientos que se debían tomar en cuenta para el desarrollo de este proyecto, se consideró necesario limitar el registro de piezas de acuerdo a consideraciones de orden técnico; es decir, la elección de obra a registrar debió supeditarse a las condiciones impuestas

por los recursos tecnológicos disponibles, en concreto por el escáner 3D y sus características específicas. En concreto me refiero a que se trata de un dispositivo diseñado para aplicaciones industriales, razón por la cual uno de los retos más importantes fue adaptarlo a las necesidades y métodos correspondientes a la preservación patrimonial.

Es preciso aclarar con franqueza que al tomar la decisión de registrar las esculturas que resguarda y administra la Antigua Academia de San Carlos, más allá de concentrarse en generar materiales didácticos de análisis detallado sobre diversos aspectos de la obra (ya sean periodos históricos a los que pertenecen, autorías, materiales, etc), el eje central del proyecto -el cual influyó de manera decisiva en el rumbo del mismo- ha sido el carácter experimental con el que se abordó.

Por eso el mejor ensayo posible fue digitalizar la colección Bodega Posada, tan rica y valiosa que la convierten en uno de los acervos únicos en su clase dada la variedad y complejidad de formas escultóricas de sus piezas.

Conviene precisar que lo anterior no quiere decir que el proceso de investigación del proyecto se haya desatendido; al contrario, esta postura nos obligó a tomar en cuenta múltiples bases teóricas inherentes a la práctica escultórica, como por ejemplo el estudio morfológico de las formas a escanear, la cual resultó de gran aporte a fin de poder representar digitalmente la obra de manera cabal (íntegra, proporcionada y geométricamente perfecta), y por tanto logrando grandes resultados plásticamente hablando.

A propósito de esto, reitero una vez más la importancia de establecer el modelo de trabajo diseñado como un proceso viable y perfectamente estructurado. La reconstrucción tridimensional de modelos es un servicio que se ha desarrollado con empeño en el Departamento de Visualización Científica de la DG TIC pensando en representar objetos geométricos poligonales, que representen de forma realista a objetos del mundo real y así disponer de un gran acervo digital de objetos tridimensionales para la comunidad universitaria, ya sea para fines culturales o científicos; incluso cualquier disciplina que pueda beneficiarse de estos recursos tecnológicos.

En cuanto a los productos resultantes del proyecto, también es importante mencionar que en primera instancia se planteó la producción de material didáctico para ser consultado vía Internet dentro del programa de educación a distancia de la Escuela Nacional de Artes Plásticas (a través de su campus virtual), con el añadido de algunas herramientas complementarias al material que se presentaría en el Observatorio de Visualización IXTLI.

Sin embargo, durante el transcurso del proyecto -conforme se fueron sumando nuevas actividades, algunas imprevistas en su arranque- su progresión fue tal que derivó no sólo en una gran cantidad de productos (como modelos 3D y aplicaciones interactivas), sino en nuevas investigaciones y proyectos en la materia, lo cual me permitió manifestar con satisfacción.

### 4.3.3 FORMATO DE PROYECTO

Una vez establecidos todos los elementos de planeación que he considerado pertinentes y de utilidad, en las siguientes páginas se presentan los datos recabados en la implementación del modelo de trabajo propuesto, pretendiendo ser lo más claro posible en la interpretación de los resultados obtenidos, así como en el análisis de las contingencias y las distintas soluciones, de tal forma que el usuario pueda contemplar y comprender el proceso de forma integral.

De igual forma, en pos de alcanzar un mejor rendimiento del mismo, presento el modelo de trabajo a manera de un sencillo (pero eficaz) esquema que plasma y condensa gráficamente el diseño de los procesos que componen el proyecto piloto.

Según el contexto analizado previamente, podemos decir que en México la digitalización del patrimonio cultural utilizando láser escáner está aún en una fase experimental. Es importante considerarlo pues ante cualquier iniciativa de actuación directa sobre el patrimonio se necesita conocer el elemento y disponer de una extensa documentación del mismo para proceder al diseño y planificación de los registros.

Dicha documentación debe ser completa, organizada, entendible, fiable y detallada para facilitar un desafío de estas magnitudes; difícil labor en el presente caso puesto que la obra de la Bodega Posada se caracteriza por su poca y casi nula información contextual más allá de los inventarios realizados en fechas disociadas y por administraciones muy diversas a lo largo de la historia de la Escuela Nacional de Artes Plásticas.

Por tanto, esta práctica describe una clase de proyecto que ha requerido de un extenso trabajo de búsqueda, análisis, identificación y comparación de datos, recabados en gran parte de proyectos de similares características (aunque ninguno idéntico), lo que resultó en un reto en cuanto a organización se refiere. Por ejemplo, además de los datos reunidos tanto de los solicitantes del proyecto (institución y sede), los acervos y la obra a registrar, así como los usuarios/beneficiarios del mismo, acumulados evidentemente

en una vasta compilación de archivos bibliográficos, catálogos e inventarios, dicha información constó de una abundante cantidad de materiales complementarios, entre los que puedo referir: planos, ortoimágenes, modelos 3D preliminares, aplicaciones de consulta online, estaciones de trabajo, etc. Me refiero a todo material disponible para facilitar los recursos y conocimientos necesarios para gestionar la digitalización de forma eficiente.

Esto es importante pues si analizamos las experiencias previas concluimos que el éxito del levantamiento de datos 3D depende más directamente de la planificación previa que del post-proceso realizado, muchas veces estéril ante una preparación deficiente.

Para un mejor entendimiento, a continuación presento la información desglosada que en su momento se reunió y organizó de la siguiente manera:

*NOTA: Se encuentra en desarrollo la aplicación (software) equivalente al modelo que se presenta en este documento, la cual funciona como una base de datos interactiva para el vaciado de información y que pretende ser una herramienta que facilite de manera significativa la labor de proyectos similares que se emprendan en el futuro.*

#### 4.3.4 PRE PRODUCCIÓN

##### 1.1

##### ACTIVIDADES DOCUMENTALES



Resulta obvio que los usuarios determinan de manera importante el modo en que se implementa un proyecto de digitalización, pero es tarea de la institución definir su papel. De hecho, las necesidades específicas de los usuarios pueden ser difíciles de conocer. Por ejemplo, si la institución que planifica un proyecto de digitalización es privada, es normal que lo enfoque a necesidades específicas y a un delimitado grupo de usuarios. Sin embargo, si se trata de una institución pública deberá satisfacer a una población mayor y con demandas más diversificadas.

Es común que exista un supuesto grupo de usuarios y que el objetivo de la institución sea incrementar sus servicios y extender su enfoque e influencia. El grupo de usuarios puede diferir, dependiendo del tipo de institución y de la misión de la organización.

Siendo que el usuario juega un papel importante en la decisión de poner en marcha un proyecto, resulta común y a la vez difícil definir cuál es ese papel. De acuerdo a la experiencia reunida en este proyecto, se puede suponer que esta situación tal vez ocurre porque las necesidades específicas de los usuarios pueden ser complejas de interpretar, principalmente en labores de digitalización, siendo que se trata de procedimientos relativamente novedosos.

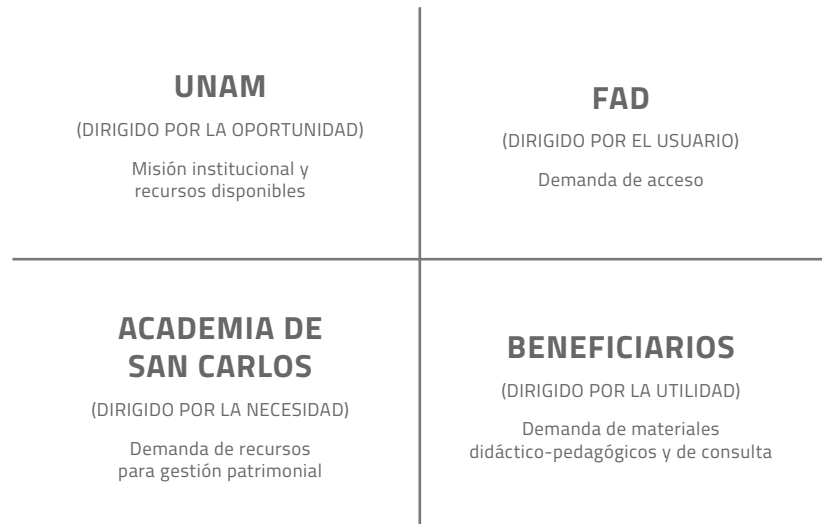
En la mayoría de los casos existe un supuesto grupo de beneficiarios y por tanto el objetivo principal de la institución es procurar sus servicios utilizando los mejores medios disponibles. Sin embargo, este grupo de usuarios puede ser altamente heterogéneo y al mismo tiempo cambiante, dependiendo del tipo de institución y de su misión como organización.

#### USUARIO

Refiriéndome al proyecto en cuestión, caso de la UNAM, las instituciones de educación superior en teoría deben estar enfocados en satisfacer las necesidades de su personal docente y de sus estudiantes. Y al mismo tiempo, como instituciones públicas y nacionales, deben satisfacer a una población mayor y más diversificada.

Es por ello que documentar y analizar de manera cabal a los usuarios del proyecto (ya sea en calidad de solicitante o de beneficiario) es muy importante pues influye no sólo en la selección del material a digitalizar sino también en las vías acceso a ese material.

Por lo tanto, en el siguiente cuadro (Figura 4.8) se organizan de acuerdo a una estructura lógica que contempla a los diversos agentes que componen el proyecto y que integra una serie de criterios que facilitan su definición como población y el desglose de sus necesidades específicas en referencia al proyecto de digitalización tridimensional que se presenta:

**FIGURA 4.8**

Módulos en que se divide el usuario en cuestión.

## UNAM

### (Dirigido por la oportunidad: misión institucional y recursos disponibles)

Inscrito dentro de su misión como la institución de educación superior más importante de México e Iberoamérica, la UNAM pretende preservar, promover y difundir la cultura nacional y los grandes valores de la cultura universal para enriquecer la formación de sus alumnos, beneficiar lo más ampliamente posible a la sociedad mexicana y finalmente fortalecer la identidad nacional. En otras palabras, su finalidad es extender, con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.

De acuerdo a esta premisa, diversos organismos universitarios se han dedicado en forma específica al cumplimiento de ese fin desde 1929, en especial en 1947, año en que se creó la Coordinación de Difusión Cultural, para promocionar las corrientes más significativas de la cultura de la comunidad universitaria.

Su tarea es fomentar y difundir la cultura en todas sus expresiones teatrales, literarias, cinematográficas, musicales y plásticas, a través de conciertos, cine clubes, exposiciones, mesas redondas, seminarios, publicaciones, conferencias, cursos, exhibiciones y concursos.

Dentro esta línea de acción, la UNAM tiene entre sus encomiendas el resguardo de una impresionante colección patrimonial que incluye desde obra arquitectónica y piezas arqueológicas, hasta obra artística y documental, fiel reflejo de la intensa actividad cultural de la cual la Universidad ha sido partícipe durante más de 450 años. Una cantidad de tiempo tan amplio y rico que se traduce en un acervo cultural de más de 320,000 bienes, todos custodiados pero no del todo gestionados. Es por esto que la digitalización de sus archivos debe considerarse una necesidad primordial si se desea proteger el patrimonio de la degradación u otros desastres que puedan ocasionar su pérdida y desaparición.

## FACULTAD DE ARTES Y DISEÑO

### (Dirigido por el usuario: demanda de acceso)

Los contenidos digitales ostentan un papel cada vez más protagónico en el impulso y desarrollo de las sociedades modernas, por eso la industria de producción digital despierta un enorme interés entre la población en general y de forma muy especial entre los emprendedores y todos los agentes implicados (creadores, productores, editores, distribuidores y operadores), tanto por las expectativas de crecimiento en el futuro próximo como por la enorme repercusión en los hábitos y en la forma de vida de los usuarios.

En este contexto se formula la demanda por acceder a los bienes patrimoniales de las naciones, por mucho tiempo inaccesibles pero actualmente en condición de reproducirse por nuevos medios dadas las condiciones establecidas por las tecnologías de la información.

No se puede obviar que la digitalización se ha constituido como motor necesario de los nuevos modelos institucionales encargados de la difusión de la cultura, pues indudablemente ha comenzado a modificar los procesos de conservación y restauración. Esta transformación impacta de manera directa en las relaciones que se generan entre las instituciones con grupos de investigadores, docentes, estudiantes o consumidores y lógicamente, al crecimiento de las mismas organizaciones.

En este sentido, la Escuela Nacional de Artes Plásticas, al ser depositaria de más de 60,000 bienes artísticos de las colecciones de escultura, pintura, stampa, dibujo, fotografía, numismática y bibliográfica que se resguardan en su mayoría en el edificio de la Antigua Academia de San Carlos, tiene como una de sus misiones principales el custodiar, enriquecer y difundir dicho acervo artístico y cultural.

Por tanto, la administración de la dependencia ha sido plenamente consciente de la relevancia de su conservación, rehabilitación y difusión, lo que ha fomentado que se atienda el asunto como uno de los aspectos más críticos, como es su distribución por medios digitales.

#### **FAD. SEDE ANTIGUA ACADEMIA DE SAN CARLOS**

**(Dirigido por la necesidad: demanda de recursos para gestión de archivos)**

Más allá de los proyectos de digitalización realizados en los acervos de la Antigua Academia de San Carlos, con mayor o menor éxito, existe la necesidad primaria de generar programas y planes para funcionar como una auténtica dependencia depositaria de colecciones, etapa que no debe pasarse por alto antes de centrar los esfuerzos en la difusión de los materiales derivados de la digitalización. Establecer estándares y criterios para el uso, el intercambio, la preservación y la evaluación de los recursos de información debiera ser el requisito prioritario y la base sobre la cual comenzar la planeación de proyectos de digitalización.



**FIGURA 4.9**

Antigua Academia de San Carlos, patio central.

Lo anterior con el fin de garantizar una buena explotación de los archivos digitales creados, contemplando aspectos tan básicos como la elección de formatos universales que faciliten el acceso en lugar de restringirlo. De nada sirve garantizar la supervivencia de los bienes si no se encuentran asociados a un sistema de índices y catálogos descriptivos correctamente organizados.

Cabe aclarar que este enfoque no omite la preservación de la obra como cometido principal de la institución, sino revela que la conservación no es estática, sino una actividad dinámica pues se compone de varios factores como:

- » La integridad de los datos (por tanto homologación).
- » La inevitable obsolescencia de los procesos (por tanto el constante desarrollo de nuevas estrategias de preservación).
- » El requerimiento de inversión constante (por tanto de la modernización de la infraestructura de la dependencia).

Es necesario tomar consciencia de que la digitalización no se limita a convertir objetos originales a medios electrónicos e implantar sistemas de referencia. Requiere un compromiso institucional sostenido y ordenado, postura que se vería reflejada en otras funciones de la misma.

#### **BENEFICIARIOS**

**(Dirigido por la utilidad: demanda de materiales didáctico/pedagógicos y de consulta)**

Dentro de las dinámicas organizacionales de las universidades, asimismo en la UNAM, existen dos ámbitos principales y claramente diferenciados con respecto a la gestión documental digital.

Uno se refiere a los archivos bibliográficos y colecciones documentales, comúnmente mejor gestionados pues se adecuan a los sistemas de organización que desde hace años funcionan en bibliotecas y acervos.

El otro tiene que ver con las tareas administrativas, es decir, con los medios de interacción de los usuarios con la información digitalizada y los trámites necesarios para controlar su acceso, faceta no verificada completamente. Y este problema se asocia directamente con un tercer componente que por su novedosa implementación no ha sido siquiera atendida con la minuciosidad que requiere.

Me refiero a la inserción de los productos generados. Ciertamente en la UNAM, el uso de las tecnologías de digitalización no es algo novedoso, pues ciertamente ha existido un interés y la consiguiente inversión en equipo técnico y personal cualificado. No obstante, no se han realizado las reflexiones pertinentes sobre los beneficiarios, lo que hace finalmente estéril el esfuerzo invertido en cada proyectos.

Es importante comprender que no se trata únicamente de garantizar la accesibilidad a los materiales, sino adecuar los resultados a las necesidades específicas, tanto de alumnos como de académicos e investigadores, que invariablemente reclaman servicios mucho más especializados a los que actualmente se ofertan. Esta acción contempla fomentar la educación fuera de las aulas, de promocionar a la institución y de gestar nuevas disciplinas acordes a los nuevos tiempos.

Por citar algunos ejemplos concretos, puedo mencionar que la reproducción de objetos del patrimonio universitario (ya sea mediante planos, modelos 3D, fotografía digital o incluso filmación) propicia importantes avances para la gestión y divulgación de sus acervos.

Se pueden resumir en la siguiente lista:

- » El servicio inmediato y directo de consulta en las diversas plataformas disponibles y potenciales.
- » Completar o mejorar los fondos documentales ya existentes (de preferencia temáticamente afines), repartidos entre varias dependencias.
- » Potenciar la accesibilidad y conformación de series documentales.
- » Asegurar los contenidos de un fondo frente a posibles destrucciones o pérdidas materiales.
- » Sustituir legal y definitivamente al original en el supuesto caso de eliminación autorizada.

Como valor añadido pero igualmente relevante, se puede destacar que -como ocurre en ámbitos mercantiles-, al implementar estrategias de producción y difusión se puede aportar mucho para mejorar la productividad, la eficiencia y la seguridad. Y más importante aún, el ahorro de costes de operación para la institución, circunstancia que en el entorno universitario (donde cada día existe mayor demanda de plazas tanto de alumnos como de personal docente), siempre resultará positivo e indispensable.

## ACERVO

Como ya he recalcado, el estudio a priori de los objetos a escanear es un factor fundamental para el buen desarrollo del levantamiento de datos. Aún cuando lo común es que la mayoría de casos exista poca o ninguna documentación y muchas veces la que hay disponible es inexacta.

Un correcto análisis previo sobre el espacio u objeto en cuestión puede evitar confusiones posteriores en múltiples factores, como el empalme de los distintos barridos láser, minimizar redundancias, optimizar los tiempos e incluso estimar imprevistos para cada proceso.

Por poner un ejemplo, para la captura de datos de un edificio histórico como es la Antigua Academia de San Carlos, se requeriría un primer croquis en planta, calculando la cantidad de posiciones de disparo (según el rango de registro del escáner) o la posición de objetos fijos que pudieran interferir el escaneo, como son las esculturas que ocupan el patio central. También se podría contar con un segundo croquis, esta vez de los datos recabados, es decir, asignar nombres a las distintas áreas con características arquitectónicas específicas, o bien, planos numerados, para así estimar precisiones y planear coberturas aproximadas del escáner sobre las fachadas según un plan específico. En otras palabras, contar con *targets* previamente ubicados.

El presente caso de estudio nos refiere a la digitalización del acervo Bodega Posada, en el cual se conserva la valiosa colección de vaciados en yeso y relieves de mediano y pequeño formato, toda la colección de numismática incluyendo troqueles, matrices, monedas, medallas y billetes, improntas y escayolas, punzones y clichés que se han acumulado a lo largo de los años de existencia de la academia.

La información disponible en la actualidad con respecto a los objetos que componen la colección de la Bodega Posada es incierta, ya que no existe oficialmente un registro certificado de la obra resguardada en el acervo escultórico, la mayoría de los datos referentes a las piezas son casi nulos, tanto en lo que se refiere a la autoría como la fecha exacta de producción.

Para paliar esta situación, nos hemos visto en la necesidad de hacer una exploración visual de sus contenidos. Asimismo, revisando los inventarios y registros de ingreso entre los documentos históricos de la Antigua Academia de San Carlos, ha sido posible determinar algunos datos relevantes de las piezas, como antigüedad aproximada o lugar de producción.





## OBRA

De acuerdo al análisis realizado con respecto a la obra contenida en la Bodega Posada, son tres las propiedades que centran nuestra atención:

- » **Material:** se trata de la técnica denominada vaciado en yeso opaco, empleada básicamente por una cuestión práctica. El yeso no es un material costoso y por lo tanto desde hace siglos se utiliza para hacer réplicas y reproducciones de obra escultórica. Generalmente, el procedimiento consiste en fabricar moldes a partir de la obra original, donde el yeso es vaciado con el propósito de esperar la solidificación del mismo. Esta característica general de la colección es una buena noticia para el plan de digitalización, puesto que la condición del material facilita significativamente la capacidad de registro de datos de las superficies. Se trata de materiales opacos, que en teoría no reflejarán el haz del láser, lo que se va a traducir en registros mucho más nítidos y precisos.
- » **Formatos de composición:** en este aspecto es importante considerar que las piezas no sólo se constituyen en una realidad física, con su presencia anatómica y sus movimientos, sino revela una condición espiritual, evocadora de sensaciones y susceptible de interpretaciones. La variedad de formatos de las piezas que componen la colección responden en general a modelos en los que predomina el naturalismo, la verosimilitud anatómica y un orden dinámico. Se intuye que estas características responden a la función didáctica e instructiva con que inicialmente se plantearon los contenidos de la colección, siendo que la anatomía y la fisiología son ramas del saber que influyen en el método de trabajo del escultor. Refiriéndolo al registro digital, es relevante determinar el eje de simetría de la escultura como el pivote central de los volúmenes, acción de gran ayuda al realizar capturas a proporción.
- » **Tamaño y escala:** el conjunto escultórico parece estar meditado con cuidado y proporcionado con el conjunto, de ahí que sea común hallar piezas duplicadas a escalas distintas, lo que también es una ventaja significativa dados ciertos límites de registro (me refiero a la capacidad de captura de superficies que nos ofrece el escáner 3D). Ante la imposibilidad de escanear esculturas de grandes proporciones (más de 2 metros), podemos registrar las copias en escalas que se ajusten a los parámetros permitidos para posteriormente hacer los ajustes pertinentes por medios digitales.



**FIGURA 4.10**  
**CUERPO DINÁMICO.** Colección Bodega Posada.

## 1.2

GESTIONES  
ADMINISTRATIVAS

La difusión digital del patrimonio, principalmente bibliográfico y documental, se encuentra en auge; sin embargo, bajo cierta perspectiva esto ha repercutido de manera negativa desde un punto de vista administrativo y legal, pues no se puede ignorar que un proyecto de digitalización está condicionado por un conjunto de factores de carácter normativo, jurídico y hasta político que si no son correctamente atendidos, pueden provocar el uso indebido de los materiales.

En primer lugar, es importante saber que para digitalizar un objeto o documento no es suficiente contar con las herramientas para realizarlo. Al contrario de lo que puede pensarse, el aspecto que mayor atención merece es de orden jurídico, es decir, los derechos de explotación y reproducción del documento. No es posible por ningún motivo pasar por alto la propiedad intelectual de la obra.

Esto es evidente cuando analizamos la cantidad de trámites que deben cumplirse para, por ejemplo, acceder a un acervo artístico como la Bodega Posada, la cual es administrada por diversas dependencias. Aún cuando se trate de patrimonio, que en esencia es propiedad de la comunidad y su acceso debiera estar asegurado, siempre existe un titular de los derechos de autor, el cual ostenta un poder legal para controlar la explotación de sus bienes, incluso cuando los fines son académicos y sin fines de lucro.

El riesgo real aumenta debido a la infinidad de medios con los que contamos hoy en día, principalmente por la ventana de exposición que implica el Internet, en la cual es muy fácil incurrir en deformaciones o usos indebidos aún cuando exista un estricto control. En definitiva, es trabajo de las instituciones, pero también de los productores de la información, el contemplar los mecanismos de acceso y canales de difusión del patrimonio digitalizado para asegurar que está protegido de la apropiación ilegal.

Los proyectos de digitalización se encuentran en proceso de maduración, lo que propicia que los medios de control contra usos incorrectos estén poco desarrollados; sin embargo, de su consideración depende el devenir de la digitalización misma.

Una vez explicado esto, se entiende el razonamiento por el cual el presente proyecto ha pretendido (desde su gestación) enmarcarse en este ámbito normativo, con la finalidad de establecer criterios comunes para la digitalización de la obra, adecuados por supuesto a las demandas del usuario y a sus disposiciones reglamentarias.

### Permisos

Todos los bienes artísticos y culturales adquiridos por las dependencias y entidades universitarias, así como toda obra resguardada en los múltiples acervos, se encuentran registrados en un gran inventario que regula la Dirección General de Patrimonio Universitario (DGPU), organismo que se encarga de *“planear, organizar, dirigir y controlar las funciones de registro, incremento, preservación, promoción y control de los bienes y derechos patrimoniales de la Institución, procurando la mayor eficiencia en su utilización y en los servicios que se proporcionen”*.<sup>[1]</sup>

Sin embargo, cada dependencia tiene sus propias regulaciones y en el caso de la FAD, en su sede de la Antigua Academia de San Carlos es la Jefatura de Curaduría quien ostenta la responsabilidad administrativa.

Se trata de la instancia responsable de la conservación, restauración e investigación de las colecciones patrimoniales y de la administración de los tres grandes acervos (Acervo Gráfico, Bodega Posada y Fondo Reservado), que contemplan en conjunto más de 70,000 bienes registrados ante la Dirección General de Patrimonio Universitario.

Asimismo, se encarga de las tareas de catalogación y restauración de las colecciones gráficas, documentales, escultóricas y fotográficas; por ende, tiene la encomienda de difundir los contenidos de los acervos por medio de la apertura a investigadores, tesis y público en general, que presenten un plan de trabajo debidamente justificado, entendiéndose que una de sus funciones es evitar la manipulación constante de las colecciones.

Por tal motivo, la Jefatura de Curaduría ha sido la instancia a quien hemos debido dirigir las solicitudes correspondientes para acceder, registrar y en su caso, explotar los materiales digitales que se generaron en el levantamiento de datos con escáner 3D.

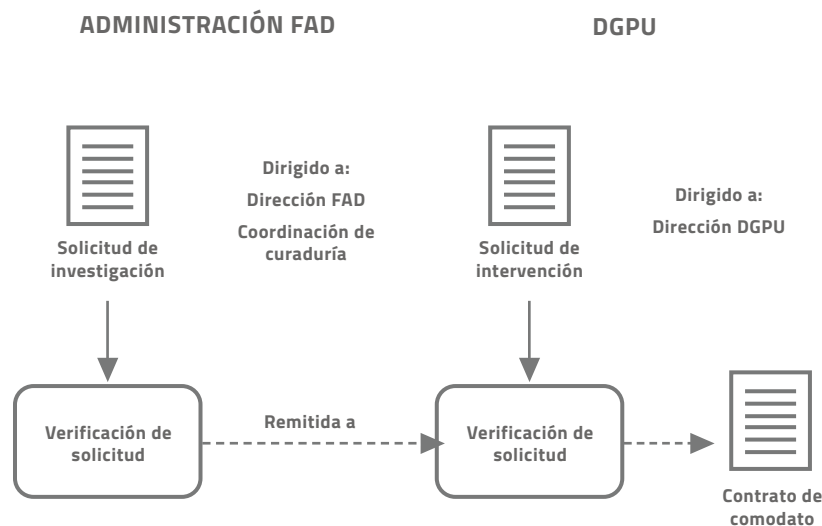
[1] Información disponible en  
<[http://www.patrimonio.unam.mx/patrimonio/index.php?dr=adm&cont=func\\_adm](http://www.patrimonio.unam.mx/patrimonio/index.php?dr=adm&cont=func_adm)>  
[Consultado: mayo de 2015]

### Guía de actuación administrativa

Inicialmente se pretendió, con la redacción de este protocolo de actuación, ofrecer unas pautas normalizadas para todos los archivos que estaba previsto producir, pautas que debieron ser fácilmente asumibles por todos los colaboradores y por los elementos externos al equipo de trabajo que, no hay que olvidar, no cuentan con conocimientos técnicos especializados en digitalización pero también en los aspectos legales involucrados.

Este documento no fue concebido con el propósito de promover la realización de proyectos de digitalización masivos en todos los acervos que maneja la UNAM, sino que se aspiraba a regularizar aquellos procedimientos de digitalización que ya se estaban llevando a cabo en las diversas dependencias de la universidad y que en muchos de los casos no contemplaron, por diversos motivos, los requerimientos administrativos.

En apoyo a esta situación y para facilitar la comprensión del flujo administrativo que debe sortearse en proyectos de esta naturaleza, presento en el esquema anexo (Figura 4.11) una gráfica que ilustra íntegramente los trámites necesarios para gestionar un proyecto de digitalización con el mayor apego posible a las disposiciones legales que rigen la UNAM.



**FIGURA 4.11**

Flujo de gestiones administrativas para acceder a acervos patrimoniales en la UNAM

### 1.3

#### LÍNEAS DE ACCIÓN



Entendiendo que el objetivo de cualquier programa de digitalización debiera ser el aprovechamiento íntegro de los archivos generados, un paso fundamental sería determinar los parámetros de calidad que tales archivos deben contemplar. Se trata de una especie de ejercicio para definir cuáles son las necesidades inmediatas a satisfacer.

Por ejemplo, un sitio o colección se elige en función de muchos factores, siendo quizás el más importante la necesidad específica o su significado para la cultura humana. Este ha sido la finalidad primaria sobre la elección de digitalizar en este primer ensayo las piezas contenidas en la Bodega Posada (de entre los vastísimos bienes propiedad de la UNAM susceptibles de ser digitalizados); pero no fue el único objetivo.

En este caso no sólo se trataba de capturar datos con la mayor calidad posible, sino optimizar el proceso de conversión de un objeto real a un modelo virtual y así potenciar la capacidad de registro, es decir, además de producir una colección digital el otro gran cometido era establecer procedimientos que nos permitan producir grandes cantidades de información en el menor tiempo posible, sin ir en detrimento de la calidad por supuesto.

Esto plantea dos cuestiones: las características de los objetos que se van a digitalizar y la utilidad de los archivos que se van a generar.

Así que, según el planteamiento de este proyecto, es posible englobar algunos de los aspectos más relevantes en la gestión de archivos digitales para precisar una serie de lineamientos que actúen en concordancia con los objetivos planteados en un principio:

*NOTA: El esquema es válido únicamente como referencia. El flujo es variable de acuerdo a la administración vigente y por tanto sujeto a modificaciones. Para evitar confusiones es recomendable revisar las disposiciones publicadas en el sitio web de la Dirección General de Patrimonio Universitario, sección Normativos.*

### Como acciones preventivas sobre el patrimonio universitario

Al digitalizar un entorno o elemento de valor patrimonial estamos documentando su estado actual con el máximo detalle, almacenando datos exactos referentes a su forma, aspecto y dimensiones, entre otros.

Bien podríamos decir que lo estamos “inmortalizando” y asegurando su disponibilidad frente a posibles catástrofes o frente al deterioro sufrido por el inevitable paso del tiempo, pues al contar con todos estos datos estamos en condiciones de restituir ese bien a su estado actual.

La obra contenida en la Bodega Posada se distingue por su singular valor frente a otros acervos de su tipo, lo que se debe a la calidad de objetos únicos e irrepetibles dadas sus condiciones plásticas; eso sin mencionar su importancia histórica o pedagógica siendo elementos esenciales en las primeras enseñanzas de la escultura en México.

Otra actuación preventiva que se consideró factible en la actualidad –dado el avanzado desarrollo de las impresoras 3D– es la clonación digital, que consiste en crear una réplica física exacta de un elemento de interés para poder exponerlo al público y preservar el elemento original. Contar con los modelos digitales a máxima precisión de la obra escultórica ofrece la posibilidad de producir réplicas en diversos materiales y escalas, que por cierto es de las actividades que podrían generar beneficios comerciales a la institución.

### Como acciones para difundir el Patrimonio Cultural Universitario

Es claro que a partir de digitalizar un objeto se pueden generar infinidad de herramientas para la difusión del mismo; sin embargo, en esta práctica todo material ha debido insertarse en un marco institucional muy definido gracias a las regulaciones que manejan las instancias pertinentes dentro de la UNAM.

Por tanto, más allá de únicamente plantear la producción de materiales espectaculares (como recorridos virtuales de gran realismo o videos animados), en todo momento se determinó enfocar los esfuerzos a digitalizar piezas que por diversas circunstancias no son accesibles para el gran público, ampliando su disponibilidad. Partiendo de esto se pueden derivar diversos productos, principalmente modelos interactivos que sirvan para exponer proyectos de modificación (simulaciones y reproducciones) de un entorno mostrando resultados futuros.

O explicar la historia que atesora un determinado patrimonio; en definitiva llegar al público de forma amable y atractiva pero sin perder lo que se podría denominar el rigor académico. La clave estará en evaluar qué puede aportar un acceso generalizado a una comunidad de usuarios concretos.

### Como acciones para documentar y automatizar los procesos

Quien ejecuta un proyecto de digitalización patrimonial debe tener una visión de conjunto del proceso, incluyendo el papel del entorno digital, parámetros técnicos de captura de datos, mantenimiento de la información, las publicaciones por medios electrónicos, la gestión de la propiedad intelectual, así como los aspectos de preservación y almacenamiento digital. Incluso prever las posibles colaboraciones con dependencias asociadas o con proveedores y especialistas en tecnologías de la información forma también parte importante de la gestión del proyecto.

Por su parte, detectar procesos repetitivos que pueden ayudar ser automatizados con herramientas informáticas, recuperar y vaciar toda la documentación concerniente a cada proceso ejecutado resulta también una tarea compleja pero sumamente necesaria. Ello nos ayudará a asentar estándares técnicos que puedan permear las diversas fases del proyectos, desde la planificación, pasando por la ejecución y finalmente la generación de productos. También para fijar normas y formatos para la producción de archivos digitales, ya sean textos, imágenes, videos o modelos 3D.

Finalmente, para definir lenguajes específicos, esto significa normalizar la edición de los archivos a partir de fuentes previamente definidas (identificación de autorías, temas, accesos, etc), lo que puede facilitar la localización precisa de los archivos contenidos en grandes bases de datos.

## 2.1

RECURSOS  
TÉCNICOS

Llevar a cabo un proyecto de digitalización significa establecer un equilibrio entre las necesidades de los usuarios reales y potenciales, la infraestructura tecnológica y los recursos lógicos (escáners o cámaras digitales, sistemas operativos, memorias, unidades de almacenamiento, dispositivos para visualización, estaciones de trabajo), todo ello sumado para clarificar los requerimientos necesarios antes de iniciar el proyecto, así como los medios para publicar los resultados.

Cuando se trata de un caso experimental -como el que ahora presento- y que como tal no se ha realizado con anterioridad -por lo menos en estas mismas condiciones-, el análisis de las necesidades técnicas del proyecto de digitalización se lleva a cabo por lo general en el marco de un modelo piloto.

Este paso es relevante pues nos brinda la posibilidad de determinar la viabilidad técnica y los posibles recursos reutilizables, es decir, la tecnología derivada del proyecto y que se puede aprovechar para emprendimientos futuros al tratarse de un primer proyecto de digitalización 3D dentro de la Facultad de Artes y Diseño.

Los recursos técnicos que se requirieron en su momento eran considerados de punta y por lo tanto significaban altos costes de adquisición y operación, tomando en cuenta que se trataba de un proyecto académico. Sin embargo, para resolver las limitaciones presupuestarias se tomaron algunas decisiones considerando que el constante y vertiginoso desarrollo tecnológico produce desplazamientos y modificaciones en el quehacer de muchas disciplinas, tanto científicas como artísticas, a tal grado que nos permiten acometer proyectos que no eran factibles hace no mucho tiempo.

Siendo que el escaneo láser 3D es una técnica cada día más socorrida para fines de conservación del patrimonio, así como para muchas otras aplicaciones, está produciéndose un constante declive de precios. Debido a esta variación en la accesibilidad de los recursos, en su momento fue posible acceder a un escáner 3D, el cual cabe decir, hoy en día ha experimentado una rebaja realmente considerable en cuanto a su valor monetario.

Habría que recalcar la importancia de la utilización de tales dispositivos para los fines del proyecto, pues las morfologías reveladas a partir del escáner 3D conservan el mismo nivel de detalle que la figura original. Así como hacer hincapié en revisar meticulosamente la capacidad del equipo utilizado y su funcionamiento, pues tiene un impacto directo en la calidad de los modelos digitales que resulten del levantamiento.

También hay que destacar que facilitó la labor el haber hecho contacto con grupos especializados en virtualización patrimonial, al tiempo que se tuvo el invaluable apoyo de los recursos humanos, servicios e infraestructura del Observatorio de Visualización Ixtli, administrado por la misma DGTIC.

Los recursos técnicos utilizados en este proyecto se describen en las páginas siguientes.

### ESCÁNER LÁSER 3D

Para el presente proyecto hemos tenido a nuestra disposición el escáner **Konica Minolta VI-910**, dispositivo del tipo sin-contacto activo, el cual calcula distancias por triangulación lo que al final resulta una gran ventaja pues el rango de captura oscila desde modelos pequeños (4-5 cm) hasta modelos de grandes dimensiones (1-2 metros); en propiedad del Departamento de Visualización Científica de la DGTIC.

Es preciso detallar que antes de elegir la solución del escáner láser, se debieron realizar y presentar los estudios técnicos pertinentes, por medio de tests de evaluación de la calidad de los modelos digitales generados a partir de objetos similares a las esculturas.

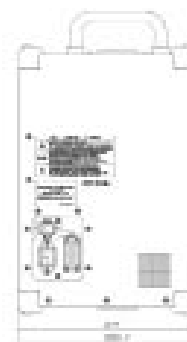
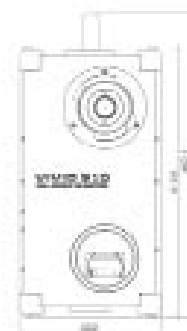
Esta determinación nos permitió establecer medidas de control de calidad del escaneado, lo que facilitó enormemente las revisiones necesarias por parte de los operadores del escáner, pues se pudo determinar con precisión si los dispositivos de escaneo estaban operando dentro de los parámetros previstos.

Los parámetros que más nos interesaron fueron:

- » La resolución espacial (nitidez de los puntos obtenidos derivada de la precisión geométrica).
- » La reproducción tonal del color (para la generación de texturas).
- » La cantidad de "ruido" que puede obstaculizar la detección de objetos (considerando la naturaleza de los materiales a escanear, principalmente aquellos que dificultan la precisión del rayo láser).
- » En caso de objetos de gran formato, complementar la información con mapas y planos.

Si debiera destacar una principal ventaja al trabajar con este modelo de escáner 3D, diría que sus condiciones facilitaron mucho el procesamiento posterior de datos, pues además de generar una nube de puntos, fue posible producir casi en simultáneo una malla poligonal al relacionar automáticamente la información capturada con el mismo software dispuesto por el proveedor. Condición indispensable si tenemos en cuenta que es muy común que -posterior al levantamiento- debamos eliminar ambigüedades geométricas, las cuales se producen por deficiencias en el detalle de captura pero que no se pueden visualizar hasta que se hizo la conversión a una malla poligonal.

<b>Nombre</b>	Digitalizador 3D Konica Minolta Vivid 910
<b>Precisión</b>	TELE X: $\pm 0.22\text{mm}$ , Y: $\pm 0.16\text{mm}$ , Z: $\pm 0.10\text{mm}$ al plano Z de referencia.
<b>Volumen de construcción</b>	100x80x40mm y 1200x900x400mm
<b>Velocidad</b>	Escaneo 3D de 307,000 puntos en 2.5 segundos, o 3D escaneo de 77,000 puntos en 0.3 segundos
<b>Software asociado</b>	Geomagic Studio 10. Acepta modelos sólidos en formato STL, PLY, VRML (WRL) y SFX, y corre en Windows® 2000, NT y posteriores.
<b>Dimensiones del equipo</b>	213x413x1271 mm
<b>Peso del equipo</b>	11 kg



## EQUIPO FOTOGRÁFICO


Podría afirmar que el registro fotográfico no representa mayor desafío, puesto que el proceso de captura resulta tan rápido y sencillo como realizar una foto fija, de tal forma que simplemente se debe sincronizar los registros fotográficos con los del escáner 3D. Tales registros son capturados simultáneamente utilizando cámaras digitales comunes, eso sí, precalibradas y alineadas al escáner 3D.




Ahora que el criterio y cuidado técnico siempre tiene un considerable impacto sobre la calidad de la imagen. En definitiva son las decisiones tomadas por el mismo operador las que determinan la calidad que se obtenga. El equipo utilizado para dicha tarea fue:

<p><b>Nombre</b></p> <p><b>Resolución</b></p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p><b>Peso</b></p> <p><b>Extras</b></p>	<p>Canon EOS 50D</p> <p>15.1 megapixelAPS-CCMOS sensor</p> <p>146 x 108 x 74 mm (5.7 x 4.2 x 2.9 in)</p> <p>0.730 kg</p> <p>Pantalla LCD de 3.0" VGA</p> <p>Autoenfoco con 9 puntos tipo cruz centrales</p> <p>Flash Integrado</p> <p>ISO 100-3200 (6400 y 12800 con funcion personalizada)</p> <p>Disparo continuo hasta a 6.3 fps (90 imágenes (JPEG), 16 imagenes (RAW))</p> <p>Formatos de archivo: JPEG, RAW, sRAW1 (7.1 MP) y sRAW2 (3.8 MP)</p>	
<p><b>Nombre</b></p> <p><b>Longitud focal</b></p> <p><b>Apertura</b></p> <p><b>Extras</b></p>	<p>Canon EF (lente zoom)</p> <p>28-135mm F/3</p> <p>f/3.5-5.6 IS USM</p> <p>Estabilizador de imagen de enfoque automático del objetivo</p>	



<b>Nombre</b>	Nikon D60	
<b>Resolución</b>	10,2 megapíxeles 23.6 x 15.8 mm CCD sensor, total pixels	
<b>Tamaño de imagen</b>	3,872 x 2,592 [L], 2,896 x 1,944 [M], 1,936 x 1,296 [S] 3.872 x 2.592 [L], 2.896 x 1.944 [M], 1.936 x 1.296 [S]	
<b>Dimensiones</b>	26 x 94 x 64 mm (5,0 x 3,7 x 2,5 pulgadas)	
<b>Peso</b>	495 g (1 lb 1 oz) sin batería, tarjeta de memoria ni tapa del cuerpo	
<b>Extras</b>	Pantalla LCD de orientación de rotación Lente con estabilizador de imagen óptico Tarjetas de memoria SD	

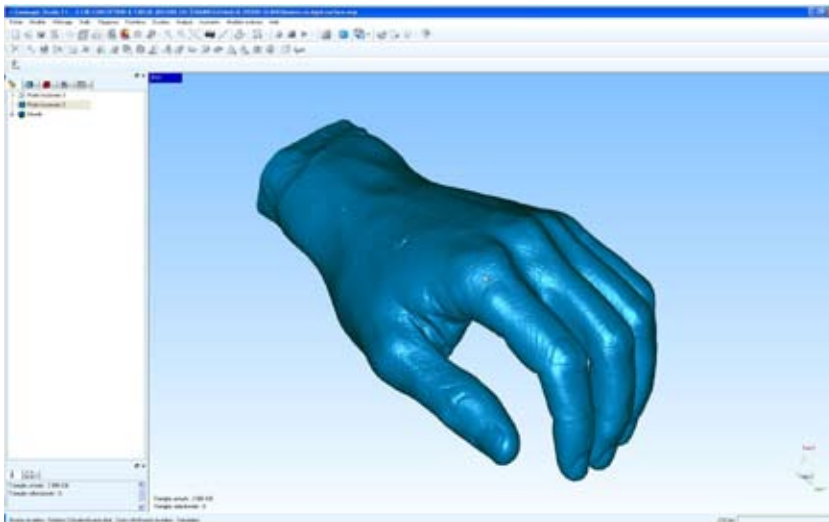
<b>Nombre</b>	Lente LOREO 3D para Nikon D60	
<b>FOV (Field of view)</b>	1:1.6x	
<b>Focus</b>	1m-infinito	
<b>Longitud focal</b>	35 mm	
<b>Apertura</b>	f/11	

<p><b>Nombre</b></p> <p><b>Distancia</b></p>	<p>Disparador remoto a distancia para Nikon D 60 ML-L3 p/ D40 D60</p> <p>16 pies frente a la cámara aproximadamente</p>	
<p><b>Nombre</b></p> <p><b>Distancia</b></p>	<p>Disparador remoto a distancia para para Canon EOS 6D</p> <p>9 pies (Extensión del cable).</p>	
<p><b>Nombre</b></p> <p><b>Precisión</b></p> <p><b>Longitud</b></p> <p><b>Velocidad</b></p> <p><b>Software asociado</b></p> <p><b>Peso del equipo</b></p>	<p>Plataforma giratoria Parker para digitalizador</p> <p>2 arc min.</p> <p>127 a 254 mm</p> <p>Escaneo 3D de 307,000 puntos en 2.5 segundos, o 3D escaneo de 77,000 puntos en 0.3 segundos.</p> <p>El software utilizado corre en Windows® 2000 y NT, y se controla por vía remota con el digitalizador.</p> <p>9 kg</p>	

## SOFTWARE UTILIZADO

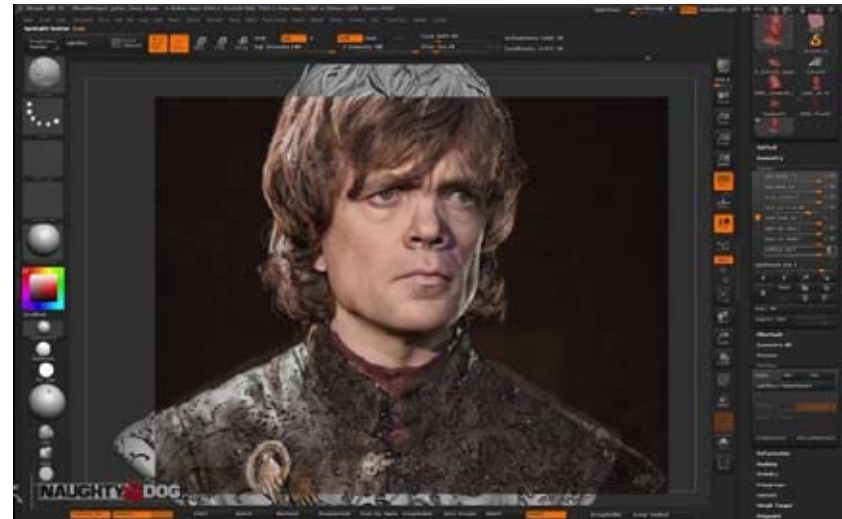
### Geomagic Studio 10

Geomagic Studio es una aplicación para realizar la reconstrucción digital de cualquier geometría -por compleja que sea-, dirigida a generar modelos digitales de gran precisión, recrear superficies de calidad, llevando el concepto de escaneo hasta el producto digital 3D final, listo para su uso en manufactura y visualización científica. Además de crear modelos precisos con los datos escaneados en 3D, es posible realizar la inspección dimensional de piezas y de ensambles de forma exacta.

The logo for Geomagic, featuring the word "geomagic" in a blue, lowercase, sans-serif font. The letter "o" is stylized with a circular graphic element inside it.

### Pixologic Zbrush 3.5

ZBrush es un software de modelado 3D, texturizado y pintura digital que constituye un nuevo paradigma dentro del ámbito de la creación de imágenes de síntesis gracias al original planteamiento de su proceso creativo. Es comúnmente utilizado por los artistas digitales para detallar y esculpir toda clase de personajes de manera muy detallada, de un modo semejante a pintar sobre los mismos. Estas características han facilitado su popularización entre los artistas de las industrias del cine, videojuegos e ilustración.



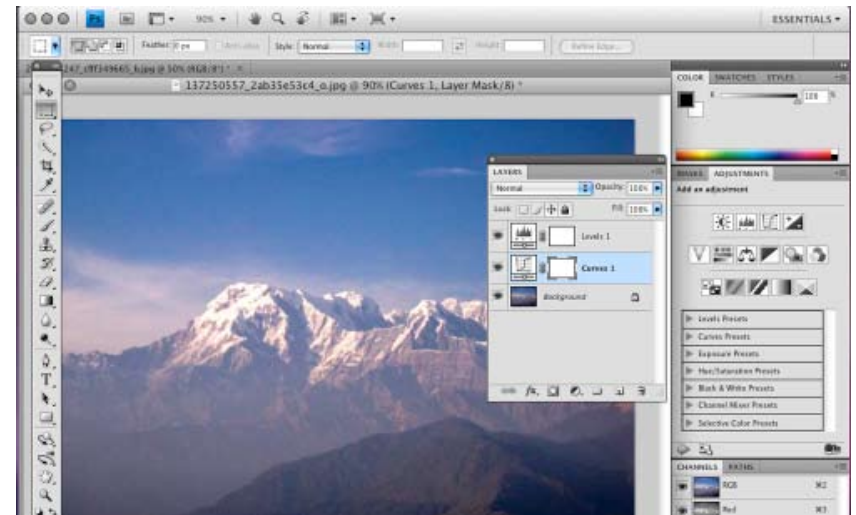
### Autodesk 3Ds Max

Anteriormente conocido como 3D Studio Max, es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk. Su arquitectura abierta, su baja curva de aprendizaje y sus potentes herramientas lo convierten en uno de los programas más socorridos para el diseño 3D en infinidad de ámbitos: arquitectura, publicidad, televisión y video, cine, artes escénicas, desarrollo de juegos, ámbito legal, ingeniería, desarrollos multimedia, aplicaciones científicas y generación de gráficos para Internet.



### Adobe Photoshop

Adobe Photoshop (cuya traducción es "Taller de Fotos") es una aplicación informática en forma de estudio de pintura y fotografía que trabaja sobre un "lienzo" y que está destinado para la edición, retoque fotográfico y pintura a base de imágenes en modo *mapa de bits* (o gráficos rasterizados). De un modo general, Photoshop también se utiliza para crear y editar gráficos (como por ejemplo, logotipos) pues la forma, la luz, el color y el fondo son algunos de los aspectos que esta herramienta permite editar.





**FIGURA 4.12**  
Colaboración multidisciplinaria.

## 2.2

### EQUIPO DE TRABAJO



Debido a la limitación de los recursos, hemos estado forzados a acometer el proyecto sin la formación ideal del personal en los conocimientos necesarios para un reto como el que se presentó en su momento. No sólo me refiero a las competencias técnicas en el manejo de aparatos tan sofisticados como un escáner 3D, sino también al uso de herramientas de gestión de proyectos aplicados al patrimonio cultural. Nuestro problema realmente no se centró en la aplicación con éxito de la tecnología disponible, es decir, no se trató de un asunto de conocer o no el hardware o el software requerido, más bien tuvo que ver con el problema de acceso a la oportunidad de colaboración entre diversas áreas del conocimiento, lo que va más allá de la tecnología.

El verdadero reto como proyecto ha sido concatenar la labor de especialistas en distintas disciplinas y conocimientos técnicos; incluso contemplando a los administradores de los acervos y archivos en cuestión, quienes, aunque no entiendan los detalles técnicos de la digitalización, pueden aportar en la planificación y la implementación de los recursos tecnológicos de forma efectiva, potenciando el impacto de la digitalización para los objetivos de la organización.

Por ello se contó con la participación de:

#### **Operación**

- » Operadores de escáner (levantamiento digital).
- » Fotógrafos (registro visual).
- » Staff auxiliar (manejo de equipo técnico).

#### **Edición de información**

- » Modeladores 3D (procesamiento de escaneos).
- » Diseñadores gráficos (retoque y publicación).
- » Ingenieros (programación).

#### **Administración**

- » Curadores (documentación de obra).
- » Auxiliares (manejo de obra).
- » Autoridades universitarias (gestiones administrativas).

## 2.3

CONSIDERACIONES  
ECONÓMICAS

Cualquier consideración sobre los costes de operación y las posibilidades tecnológicas que tiene la institución en el momento de iniciar un proyecto de digitalización es un tema vital por atender.

En el aspecto financiero de este proyecto fue necesario hacer una distinción entre costos que ha supuesto el proyecto y por otro lado las implicaciones económicas indirectas que eventualmente se desprenderían del mismo.

En el caso de los costos, básicamente se contemplaron los gastos de operación (infraestructura, herramientas y procesos técnicos susceptibles de ser automatizados) y el personal mínimo requerido para dos cuestiones esenciales:

- » El levantamiento y procesamiento de información (la digitalización del acervo).
- » El apoyo logístico y administrativo de acuerdo a los procedimientos propios de la institución.

En su cálculo y estimación ha sido importante considerar las necesidades concretas del proyecto, pues es falso suponer que las tareas se simplifican por el hecho de contar con el equipo más complejo y costoso, sumado a especialistas perfectamente entrenados.

Los proyectos que han sido documentados han resultado una excelente fuente de referencia, sin embargo, consultar esta clase de información ha debido adaptarse para generar un plan de acción viable y bien delimitado según los recursos provistos por la UNAM y las dependencias involucradas (DGTIC y la Escuela Nacional de Artes Plásticas).

En la tabla anexa (Figura 4.13) se presenta la información que se contempló previamente y también aquellos datos que sobre la marcha fueron sumándose a una lista de consideraciones. La cual, cabe decirlo, se desarrolló según la duración máxima requerida (y delimitada) por la institución para acceder a los acervos, entendiendo que su acceso es de condición restringida para personal ajeno a la gestión de sus contenidos.

GASTOS OPERATIVOS	GASTOS ADMINISTRATIVOS	GASTOS EN PERSONAL
Equipamiento	Seguros	Salarios
Adquisición de equipos (computadoras, escáneres, impresoras)	Permisos	Formación del personal (capacitaciones)
Sistemas de almacenamiento (dispositivos de resguardo)	Contratos.	Seguros del personal
Adecuación de espacios de trabajo	Cuotas administrativas	Asesorías
Materiales (Papelería, materiales para procesamiento y almacenamiento de archivos, cartuchos de impresora, software requerido)	Compensación parcial para el personal administrativo y por los servicios de la institución anfitriona.	
Transportes		

FIGURA 4.13

## TABLA DE COSTOS

En la tabla se desglosan los rubros contemplados y la manera en que fueron distribuidos (los datos reales no pueden ser publicados de acuerdo a políticas de privacidad del Departamento de Visualización, DGTIC).

Por supuesto que los costos serán completamente variables según el proyecto emprendido, dado que no hay dos proyectos iguales, así que esta tabla debe considerarse únicamente como una referencia.

## 3.1

ORGANIZACIÓN  
DE OBRA

Es importante entender que la digitalización -como una acción para facilitar el acceso a una colección- depende directamente de una serie de demandas y requisitos que deben equilibrarse. Cuando se selecciona una colección determinada se presentan tres cuestiones básicas:

- » Si el material realmente **necesita** replicarse digitalmente.
- » Si el material realmente **debe** replicarse digitalmente.
- » Si el material realmente **puede** replicarse digitalmente.

En este sentido, los criterios para seleccionar un muestrario de piezas se puede definir -a grandes rasgos- por **la evaluación de las necesidades** de los usuarios, las **características del material** original y la **infraestructura técnica** para realizar una digitalización satisfactoria.

Por lo tanto, la selección tiene que orientarse de modo que no solamente se consideren cuestiones como el valor del material seleccionado o el interés de su contenido, sino también cuestiones relacionadas con la viabilidad técnica y los aspectos legales.

Asimismo, el proceso de selección requiere una considerable inversión de tiempo del personal de la institución con el objetivo de evaluar el interés de la misma por publicar los contenidos de sus acervos, ya sea como documento individual o como una colección de documentos. A este respecto un coste añadido es el de la preparación de las piezas para ser digitalizadas. En este caso, la estimación del tiempo del personal necesario debe considerar la recuperación de materiales para la digitalización y su vuelta a la estantería donde se resguarda. Esta función debe incluir, por tanto, el coste de preservación y conservación requerido para proteger la integridad de los materiales originales, incluyendo su limpieza por ejemplo.

Por último, es necesario evaluar el volumen de material que se va a digitalizar y el coste de los recursos técnicos, el cual debe calcularse en función de la cantidad de obras pero también de los atributos físicos de los materiales. Estos factores tienen implicaciones presupuestarias en la compra del equipamiento adecuado y en el establecimiento de medidas de conservación.

En el caso del acervo en cuestión, la colección escultórica contenida en la Bodega Posada de la Antigua Academia de San Carlos, hemos determinado concentrarnos en una clasificación general sobre los períodos de la historia a los que pertenecen las piezas, esto es, principalmente:

- » El período llamado **clásico de la historia griega** (Victoria alada de Samotracia, Venus de Milo),
- » Pasando de manera puntual por el **período Romano** (Busto de Caracalla).
- » El **Renacimiento** (El Día y La Noche de Miguel Ángel Buonarroti), como piezas de mayor valor por su aportación e influencia en períodos posteriores.
- » Asimismo, se contó con obra correspondiente al período **prehispánico** (Océlotl, Serpiente enroscada) y algunas piezas de características modernas y contemporáneas.

Siguiendo los datos obtenidos del estudio de las características del acervo, es esta una clasificación de la obra que deduce los siguientes criterios (en orden de importancia):

- » **Dimensiones de la obra:** las obras elegidas deben ser de un tamaño menor a un metro en cualquiera de sus medidas (alto, ancho y profundidad), debido al espacio asignado dentro de la Bodega Posada y el rango máximo de área que el escáner puede registrar con el lente de mayor amplitud (WIDE). En este sentido se tuvo que descartar la obra monumental que se exhibe en el patio central de la Academia.
- » **Materiales (opacos, semiopacos, brillantes, etc):** los materiales no pueden ser translúcidos (cristal) ya que estos ocasionan el desvío del haz del láser, provocando una captura errónea.
- » **Complejidad formal de la obra:** las estructuras deben ser lo menos rebuscadas ya que el láser se dirige en línea recta hacia el objeto. Si la pieza consta de demasiados pliegues que obstruyan su paso hacia zonas interiores, no habrá manera de capturar dichos detalles con el escáner.

En la página siguiente se desglosa la lista que se elaboró en colaboración con el personal del Departamento de Curaduría y que sirvió como guía de referencia para el plan de registro.

1. Ala (Victoria de Samotracia)
2. Águila
3. Pie izquierdo desollado
4. Figura femenina desnuda sentada
5. Busto de Wagner (porcelana)
6. Cabeza de águila
7. "Palma" con cabeza humana
8. Guajolote
9. OCELOTL-CUAUHXICALLI
10. Busto de Mozart
11. Voltaire. Figura sedente
12. Coyote emplumado
13. Rana
14. Figura femenina arrodillada
15. Figura femenina con los senos descubiertos
16. Cabeza masculina desollada
17. Cardenal, de la tumba de Felipe
18. Figura Religiosa de la tumba de Felipe
19. Busto de Fauno sonriente
20. Cabeza de frente con base circular
21. Gallo
22. Caballo desollado
23. Caballo "P. Rovillard"
24. Perfil femenino
25. Cabeza de mujer
26. Anfora suntuaria
27. Perseo con la cabeza de Medusa
28. Cabeza de niño con base de cubo
29. David, busto
30. Cabeza de Pseudo Séneca
31. Cabeza de Paulina de Borghese
32. Cabeza de Nerón
33. Busto del Antinoo Mercurio
34. Cabeza de mujer llamada Labordee
35. Antinoo Capitolino
36. Perro
37. León
38. San Juan Busto masculino
39. Cabeza de Fauno
40. Niño que ríe, busto
41. Cabeza de Apolo
42. Busto de negra "NUBIER"
43. Busto masculino "MALAYE"
44. Busto de negro con aro en la cabeza
45. Cabeza sin rostro
46. Ave de pico largo
47. "Palma" con la figura de un cocodrilo
48. "Maternidad"
49. Buda (contemporánea)
50. Torsor femenino
51. Serpiente enroscada
52. La Libertad
53. La Paz
54. Busto de Caracalla
55. Venus de Milo
56. Cabeza de Sócrates
57. Torsor Afrodita
58. El Día
59. La Noche
60. Torse de Belvedere
61. Construcción abstracta vertical
62. Cuerpo dinámico
63. Busto de Mozart (porcelana)





## 3.2

PLAN DE  
DIGITALIZACIÓN

Una vez elegidas las piezas para ser digitalizadas, se ordenaron conforme a cuatro consideraciones principales:

- » **Dimensiones de la obra:** se determinó una secuencia desde las piezas más pequeñas a las más grandes. Esta medida procuró evitar el constante cambio de lente del escáner (revisar pág. 107).
- » **Complejidad de la obra:** en el caso de las piezas que cuentan con mayor detalle y precisión en su constitución, es casi un hecho que deben ser sometidas a un registro de láser mucho más preciso (cambio de lente y reducción de distancia) y en mayor cantidad de barridos.
- » **Material de la obra:** el comportamiento del láser depende directamente de las cualidades físicas del material (si es opaco, translúcido, reflejante), por lo que se agruparon también de acuerdo a este factor para evitar los constantes cambios de lente y parámetros de potencia de láser (revisar pág. 108).
- » **Características especiales:** me refiero a aquellas piezas que por motivos de calidad deben registrarse bajo condiciones específicas, principalmente aquellas de manipulación complicada, ya sea por su fragilidad o por su excesivo peso (caso de Cabeza de Sócrates, cuyo peso total alcanza los 15 kilos).

Es importante recalcar la necesidad de crear esta clase de lista para estimar tiempos y personal mínimo requerido para, por ejemplo, considerar los traslados de la obra desde su estante hasta el set de registro o el procedimiento de limpieza requerido por parte del personal competente.

También es justo aclarar que, aunque dicha lista sirve como guía durante el proceso de captura, no puede ser tomada como definitiva ya que existen una serie de decisiones e imprevistos que se modifican durante el proceso de escaneo. De las cuales también pueden realizarse estimaciones -como el ángulo de campo o el flujo de gente dentro del espacio asignado-, pero que finalmente son parámetros difíciles de calcular a priori. Aún así, una estimación previa, aún a riesgo de ser burdo, es mucho más recomendable que la ausencia de la misma.

## 3.3

PREVISIONES  
TÉCNICAS

Las previsiones técnicas se refieren a la óptima adecuación del espacio de trabajo para llevar a cabo el escaneo 3D y la captura fotográfica, en el entendido de que se realizan dentro de un sitio cuya función no está proyectada para realizar dichas actividades, hablo de la Bodega Posada.

En la digitalización en cuestión se siguieron los siguientes pasos:

- » Se colocaron las piezas sobre un pedestal a una determinada distancia con respecto del escáner de tal forma que la superficie a examinar pudiera ser barrida por el haz de luz láser que sale de la parte inferior del aparato (Figura 4.14). Dependiendo del color de las piezas se debió regular la luz para que no reflejara información errónea. De igual modo se consideró el grado de intensidad del haz de láser para poder captar con mayor precisión la superficie del objeto.
- » Una vez realizado un primer escaneo, se giró automáticamente la pieza hasta colocar la superficie que no había sido capturada para continuar con el escaneo. Sucesivamente, se examinó todo el contorno de la pieza hasta tener capturados los 360 grados de la misma (figura 4.15). En general la rotación de la pieza se realizó en intervalos de 30°, aunque en ciertos casos se redujo dicha magnitud, sobre todo cuando el detalle de las piezas no se pudo registrar correctamente y requirió un mayor número de tomas.
- » Generalmente las superficies de la pieza que se encontraban en contacto con el pedestal y la parte superior no se lograron examinar completamente debido a que no era posible acostarlas ni colocar el escáner en una posición más elevada; en estos casos se hicieron reconstrucciones digitales de modo particular de esas zonas para no tener ningún dato faltante al momento de comenzar el empalme de los escaneos. En el caso de piezas con características morfológicas complejas (El Día y La Noche), se realizaron escaneos especiales sobre zonas que no se encontraban visibles, como en depresiones o deformaciones particulares (Figura 4.16).



**FIGURA 4.14**

**MONTAJE DE SET**

Izquierda, se observa el escáner modelo VIVID 910 sobre un tripié ajustable.

Derecha, se observa la pieza sobre el pedestal.

El escenario se cubre con un tono oscuro procurando que contraste con la pieza.



**FIGURA 4.15**

**PIEZA SOBRE PEDESTAL GIRATORIO**

Durante la toma de datos se sincronizó de manera automática la plataforma giratoria con el disparo del láser emitido por el escáner 3D. A cada giro se realizó un barrido nuevo, el cual se guardaba automáticamente en la base de datos del software.



FIGURA 4.16

**ESCANEOS ESPECÍFICOS**

Arriba, acercamiento de escáner 3D sobre pieza.  
 Centro, representación de la parte frontal de una escultura  
 donde se aprecia la complejidad a detalle de la pieza.  
 Debajo, se puede observar la nube de puntos de la superficie escaneada.

**4.1****ESCANEOS  
LÁSER 3D****4.1**

Me gustaría insistir en el hecho de que al momento de capturar los datos en tres dimensiones de un objeto, hay que tener una serie de conceptos en cuenta. Antes de empezar, siempre habría que definir, de forma precisa, la finalidad y los objetivos de la digitalización a realizar.

Esto determinará la estrategia para la recopilación de datos y el ajuste de los parámetros técnicos del escáner 3D, muy en particular la resolución adecuada, la cual afecta de forma directa el tiempo de escaneo y el peso de los datos resultantes.

Como regla general, para objetos pequeños (p.e. una estatuilla) se emplea una resolución alta (2-4 mm. como margen máximo de error); para objetivos de tamaño mediano (p.e. un busto), 10 mm de resolución se considera adecuada; para objetivos de tamaño considerable (p.e. estatuas), se puede bajar la resolución a valores alrededor de 100 mm.

Tomando en cuenta esto, previamente se seleccionó el método más adecuado para el escaneo de cada pieza, dependiendo de sus características específicas.

A continuación se desglosan e ilustran el conjunto de consideraciones que se programaron para obtener una representación óptima de cada pieza y que se encuentran vertidas en la tabla de datos que se presenta posteriormente (a partir de la página 110).

**NÚMERO DE ESCANEOS**

Como ya he descrito, para la mayoría de las situaciones un sólo escaneo no producirá un modelo completo del objeto. De tal forma que invariablemente se requieren múltiples escaneos, desde diversas posiciones que nos faciliten información de todos los lados que componen el objeto.

**TOMAS POR ESCANEO**

La cantidad de tomas requeridas por barrido dependen de la complejidad de la pieza, es decir, si se trata de una superficie lisa será necesario un disparo, conforme el nivel de detalle incrementa el número de barridos necesarios para capturar correctamente la información también aumentará.

### TIPO DE MATERIAL

El material tiene una incidencia directa en la cantidad de información capturada por barrido. Para efectos prácticos simplemente se clasificaron las piezas de acuerdo a dos categorías: opacas y brillantes, ello con la finalidad de determinar aquellas piezas que requerían mayor cantidad de barridos puesto que el láser tiene problemas con superficies reflejantes (caso de La Libertad o La Paz, piezas hechas en bronce).

### POSICIÓN

Las piezas a escanear normalmente constan de 6 vistas primordiales para su registro: frente, vuelta, izquierda, derecha, superior e inferior, a manera de una proyección cúbica. Por tanto, se realizaron -mínimo- dos distintos registros por posición: sobre la base (parado y de frente) y acostado (si la pieza se encontraba en condiciones). Se añadieron más registros por posición en los casos en que la escultura requería mucho mayor detalle, o en zonas donde por la misma estructura interfería con el paso directo del láser.

### TIPO DELENTE

El escáner 3D es análogo a las cámaras fotográficas; al igual que éstas, tiene un campo de visión en forma de cono y por tanto sólo pueden reunir información acerca de superficies iluminadas. Mientras una cámara reúne información de color acerca de las superficies dentro de su campo de visión, el escáner 3D reúne información acerca de superficies, describiendo la distancia existente entre el emisor láser y un punto de la superficie del objeto. Por ello, para comenzar el escaneo, hay que considerar el tipo apropiado de lente que se va a usar. Esto dependerá del tamaño de la pieza midiéndolo en mm; entonces se prosigue a escoger alguno de los siguientes lentes del escáner (revisar tabla anexa). Entre más cercano se encuentre el objeto, mayor será la precisión de los puntos que se adquieran, pero hay que considerar que la influencia de sombras -producidas por los pliegues naturales o rugosidad de la superficie-, se puede reducir al colocar el objeto a una mayor distancia del escáner.

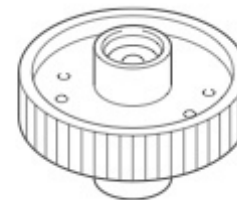
	TELE	MIDDLE	WIDE
<b>Rango de captura en X</b>	111 a 463mm	198 a 823mm	359 a 1196mm
<b>Rango de captura en Y</b>	83 a 347mm	148 a 618mm	269 a 897mm
<b>Rango de captura en Z</b>	40 a 500mm	70 a 800mm	110 a 750mm

Las medidas se refieren al tamaño del objeto.



FIGURA 4.17

Se procura que el escaneo de las piezas se realice desde la mayor cantidad de posiciones con respecto al objeto. De tal forma se obtiene la máxima información posible.



**WIDE 8 mm (X 1.40 mm Y 1.04 mm Z 0.40 mm con referencia al plano Z)**



**MIDDLE 14 mm (X 0.38 mm Y 0.31 mm Z 0.20 mm con referencia al plano Z)**



**TELE 25 mm (X 0.22 mm Y 0.16 mm Z 0.10 mm con referencia al plano Z)**

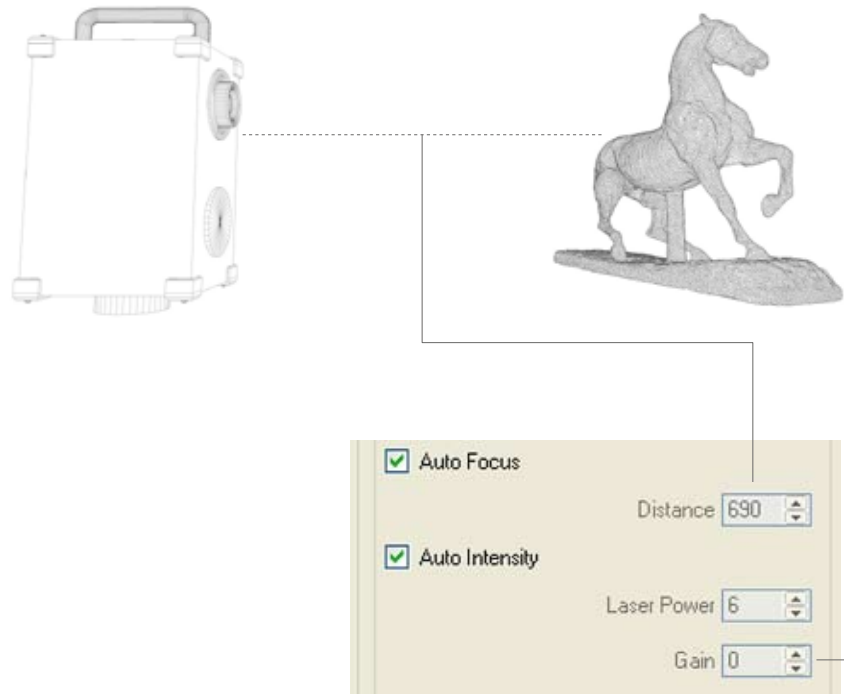


FIGURA 4.18

Parámetros utilizados para obtención de modelo

La distancia corresponde a la medida existente entre el objeto y el disparador láser

La potencia del láser viene relacionada directamente con el tamaño de la pieza

	PODER DE LÁSER	GANANCIA
Sin textura	1	7
Textura con reflejo	30	5
Con sombras y opaco	60	3
Máximo detalle	100	1

### DISTANCIA AL OBJETO

Se deberá obtener la distancia que existe entre el lente y el objeto usando el comando *Auto Focus* -para que el software lo calcule por su cuenta -o si se prefiere por medio de una medición lineal desde el lente al centro del objeto usando una herramienta de medición disponible, preferentemente un flexómetro. Tal distancia se mide en milímetros. Cuando el objeto tiene distinta dimensión en alto y ancho, se debe fijar una distancia promedio para evitar que el desenfoque (Figura 4.18).

Ahora bien, la experiencia dictó que lo más recomendable es no utilizar parámetros automáticos ya que no siempre son los óptimos, así como ajustarse en la medida de lo posible- a los rangos de captura establecidos por el tipo de lente utilizado. Esto corresponderá al tipo de lente que se haya seleccionado y se ajustará a los rangos de distancia para cada uno (revisar tabla en página anterior).

### PODER DE LÁSER

La potencia con que se dispara el láser, a pesar de lo que se podría suponer con antelación, no necesariamente está relacionado con la cantidad de información que se va a registrar. De hecho, es muy común que a mayor potencia exista una mayor reflectancia al momento de tocar la superficie del objeto, lo que invariablemente se traducirá en pérdida de información.

Por esta razón, hay que considerar que para objetos menores a 5 cm, hay que fijar el valor de potencia del láser al 100%; para objetos mayores de 5 cm la potencia del láser dependerá del tamaño del objeto. Objetos grandes requerirán una potencia menor de 50%. Para objetos medianos el valor fluctúa entre 50% y 100%. El uso del láser a la máxima potencia en objetos medianos o grandes no varía la calidad de la imagen, pero existe un mayor gasto energético del aparato que debe tomarse en cuenta. La intensidad también dependerá de algunas características específicas de la pieza, como la forma, textura, reflectancia del material, etc.

### GANANCIA

Este parámetro sirve para corregir la información que compensa la pérdida de datos. Para objetos menores a 5cm el valor siempre es constante en valor 0 y no es posible modificarlo. El cuadro anexo muestra la relación entre la potencia del láser y la ganancia obtenida. Si se quieren obtener más datos de la superficie, se debe ajustar la ganancia en un rango de 0 a 7, pero si el poder del láser está al máximo ya no es posible mejorar la adquisición de datos.

### VARIACIÓN DE DISTANCIA

Esta opción se usa cuando se desean obtener 2 o 3 escaneos de la misma área, variando su distancia entre cada escaneo en un rango de 0.02mm a 30.00mm. Para el caso de objetos pequeños menores a 5 cm se recomienda activar la opción de *Variable Distance Mode* para hacer un barrido de la misma posición de la pieza y que varíe de 2 a 3 veces, con el incremento correspondiente a la distancia entre el emisor láser y el punto a escanear. Es recomendable realizar una prueba para evitar que el escáner capture poca información o marque error al enfocar (Figura 4.19).

### ROTACIÓN DE PLATAFORMA

La pieza debe ser dispuesta sobre la plataforma de giro para realizar escaneos en igualdad de incrementos angulares, determinando para todas las piezas un giro de 40° (adquiriendo 9 escaneos por pieza), procurando escanear un 20% a 30% aproximado de zona comunes y detectando zonas identificables entre sí. Esto con el propósito de captar la mayor cantidad de datos de la superficie del objeto, lo cual evita reconstruir zonas amplias. En cuanto a las posiciones del objeto acostado y de detalles, la magnitud de giro fue relativo con respecto a la complejidad de la figura y cantidad de datos no obtenidos durante el primer registro.

Una vez definido el ángulo de giro, dentro de la opción denominada *Scan Mode* (Figura 4.20), se encuentran a disposición tres distintas maneras de sincronizar el disco sobre el cual se posa el objeto -al cual se alinearán- y que determinará cuántas tomas se realizarán de la pieza por cada posición:

- » **Single:** para la obtención de un escaneo sin que la plataforma rote de manera automática.
- » **Multishot:** realiza varios escaneos simultáneos sin giro del disco.
- » **Continuous:** se determinan los grados que girará el disco por cada toma durante el escaneo. A partir de tal medida hará el procedimiento de manera automática hasta cubrir los 360° del objeto sin la intervención del operador.

### PUNTOS OBTENIDOS Y TAMAÑO DE ARCHIVO

Consiste simplemente en definir la cantidad de información obtenida, la cual estará compuesta por una nube de puntos correspondiente a las coordenadas 3D del modelo. A mayor densidad de puntos mayor información se tendrá disponible, a su vez el tamaño y peso del archivo (en kb) tendrá una correspondencia directa.

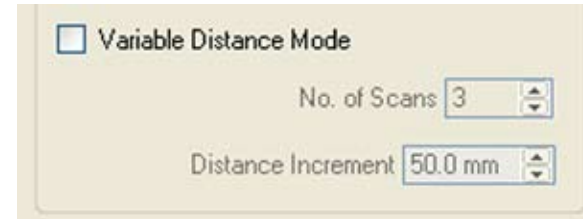


FIGURA 4.19

Si es posible, es preferible realizar de 2 a 3 escaneos de una misma área para mejorar los detalles (se debe determinar la distancia entre el objeto y el disparador láser que variará entre cada escaneo)

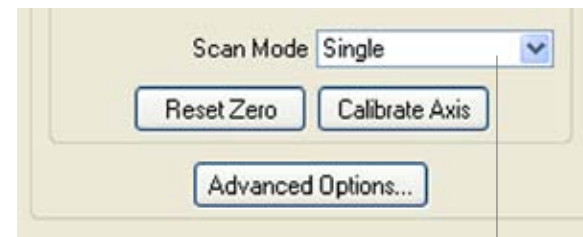









FIGURA 4.20





Opciones de Scan Mode

	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
1		Ala (Victoria de Samotracia)	.48 x .27 x .08 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639275-B	420	A-3
2		Aguila "2101"	.325 x .26 x .13 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639379	77	T-3
3		Pie izquierdo desollado S/I (A)	.15 x .30 x .13 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639132-A	188	X-4
4		Figura femenina desnuda sentada S/I (A)	.12 x .115 x .09 m	Cristina Molina	Vaciado en yeso	08-790422	610	Tapanco B-3
5		Busto de Wagner	.185 x .105 x .08 m.	A/D	Porcelana Escultura	08-639225	239	W-1
6		Cabeza de águila	.185 x .10 x .08 m.	A/D	Vaciado en yeso	08-639526	585	Tapanco D-4
7		"Palma" con cabeza humana	.14 x .17 x .085 m.	A/D	Vaciado en yeso	08-639519-B	568	Tapanco D-3
8		Guajolote	.202 x .13 x .12 m.	A/D	Vaciado en yeso	08-639521-A	571	Tapanco D-4

\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEAO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Middle	800	7	0	10 mm	40°	1,323,410	33,416 kb
2	9		Parado picada	Middle	750	8	0	10 mm	45°	1,241,680	31,583 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado picada	Middle	730	50	0	10 mm	40°	2,131,390	53,078 kb
2	9		Parado frente	Middle	850	61	0	10 mm	40°	1,814,301	45,457 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado picada	Middle	750	60	0	10 mm	40°	3,721,658	93,465 kb
2	9		Parado frente	Middle	730	61	0	10 mm	40°	1,832,256	47,050 kb
							0				
1	3	Brillante	Parado frente	Middle	660	10	0	10 mm	40°	479,815	12,039 kb
2	9		Acostado frente	Middle	660	50	0	10 mm	40°	431,823	10,882 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Middle	710	10	0	10 mm	40°	685,231	17,174 kb
2	9		Acostado	Middle	660	15	0	10 mm	40°	535,360	13,902 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Middle	680	90	0	10 mm	40°	1,241,998	32,000 kb
2	9		Parado picada	Middle	600	90	0	10 mm	40°	1,244,948	31,640 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Middle	730	30	0	30 mm	40°	1,068,589	26,538 kb
2	9		Parado picada	Middle	710	34	0	30 mm	40°	881,262	22,004 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	770	90	0	30 mm	40°	1,619,636	40,419 kb
2	9		Parado picada	Wide	800	90	0	50 mm	40°	1,289,978	32,219 kb



	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
9		OCELOTL-CUAUHXICALLI	.135 x .155 x .28 m	Cultura Azteca	Vaciado en yeso	08-639275-B	291	A-3
10		Busto de Mozart	.31 x .31 x .15 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639191	-	E-2
11		Voltaire	.29 x .225 x .17 m	Jean Antoine Houdon	Vaciado en yeso	08-639372	336	D-1
12		Coyote emplumado	.41 x .22 x .23 m	Cultura Azteca	Vaciado en yeso	08-639504-B	531	Tapanco C-4
13		Rana	.16 x .23 x .37 m	Cultura Azteca	Vaciado en yeso	08-639506	536	Tapanco C-4
14		Figura femenina arrodillada	.38 x .18 x .18 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639514	558	Tapanco C-4
15		Figura femenina con los senos descubiertos	.36 x .20 x .28 m	Elizalde	Vaciado en yeso	08-639384	606	Tapanco B-3
16		Cabeza masculina desollada	.32 x .23 x .20 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639445-B	295	F-2

\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	880	30	0	10 mm	40°	1,386,906	35,115 kb
2	9		Acostado frente	Wide	910	30	0	20 mm	40°	1,081,214	26,948 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	890	61	0	10 mm	40 °	1,891,470	47,175 kb
2	9		Acostado frente	Wide	850	61	0	30 mm	40°	1,866,421	47,433 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	860	70	0	30 mm	40°	1,802,077	46,063 kb
2	9		Frente picada	Wide	780	100	0	30 mm	40°	2,117,896	54,671 kb
3	27		Base	Wide	730	50	0	10 mm	N/A	223,815	5,553 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	930	41	0	10 mm	40°	3,194,639	80,183 kb
2	3		Acostado frente	Wide	710	15	0	30 mm	40°	2,259,460	56,452 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	800	76	0	60 mm	40°	2,500,804	61,848 kb
2	9		Parado picada	Wide	740	90	0	60 mm	40°	1,687,758	41,810 kb
3	27		Base	Wide	800	90	0	60 mm	N/A	467,640	11,831 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1030	61	0	20 mm	40°	3,962,854	97,714 kb
2	9		Acostada frente	Wide	900	61	0	30 mm	40°	1,809,281	45,585 kb
3	27		Parado frente	Wide	860	10	0	10 mm	40°	2,046,627	50,560 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	960	61	0	10 mm	40°	1,998,649	49,398 kb
2	9		Parado picada	Wide	1010	14	0	10 mm	40°	1,558,048	38,129 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	700	15	0	10 mm	40°	2,397,696	58,831 kb
2	9		Acostado frente	Wide	690	61	0	20 mm	40°	834,916	20,716 kb

	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
17		Cardenal, de la tumba de Felipe	.48 x .18 x .13 m	Klaus Sluter, Clus de Werve, y Jean de Marville.	Vaciado en yeso	08-639395	375	A-1
18		Figura Religiosa de la tumba de Felipe	.45 x .19 x .125 m	Klaus Sluter, Clus de Werve, y Jean de Marville.	Vaciado en yeso	08-639398	373	A-1
19		Busto de Fauno sonriente	.49 x .34 x .37 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639383	286	B-2
20		Cabeza de frente con base circular	.51 x .25 x .25 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639279	599	Tapanco A-4
21		Gallo	.48 x .35 x .28 m	Vastgh Gyorgy	Vaciado en yeso	08-639281	260	U-3
22		Caballo desollado	.43 x .44 x .16 m	A/D	Vaciado en yeso	08-779343	153	X-2
23		Caballo "P. Rovillard"	.41 x .46 x .16 m	P. Rovillard	Vaciado en yeso	08-639369-A	149	X-2
24		Perfil femenino	.35 x .28 x .11 m	A/D	Vaciado en yeso (Relieve)	08-639509-A	268	G-3

\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEAO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1220	100	0	10 mm	40°	1,268,908	32,932 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1130	90	0	30 mm	40°	956,284	25,597 kb
3	27		Parado frente	Wide	660	90	0	10 mm	45°	1,749,267	43,781 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1250	40	0	10 mm	40°	1,274,805	32,755 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1190	41	0	10 mm	40°	692,905	18,202 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1100	90	0	10 mm	40°	2,083,184	51,891 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1120	90	0	30 mm	40°	2,581,948	65,542 kb
3	27		Parado frente	Wide	690	10	0	10 mm	N/A	310,452	7,732 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1100	15	0	10 mm	40°	1,765,727	43,850 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1110	60	0	30 mm	N/A	225,264	5,629 kb
3	27		Acostado frente	Wide	1200	61	0	50 mm	N/A	419,972	10,880 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1200	15	0	10 mm	40°	1,366,002	35,317 kb
2	9		Parado picada	Wide	500	30	0	20 mm	90°	1,616,503	49869 kb
3	27		Parado frente	Wide	600	30	0	30 mm	90°	881,295	21,589 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	650	26	0	10 mm	40°	2,006,369	49,417 kb
2	9		Parado picada	Wide	790	26	0	10 mm	40°	3,375,697	86,528 kb
3	27		Parado Parado	Wide	560	30	0	10 mm	90°	920,916	23,030 kb
1	3	Opaco	Parado picada	Wide	1110	21	0	20 mm	40°	1,486,655	37,590 kb
2	9		Acostado frente	Wide	800	26	0	20 mm	90°	1,566,996	40,052 kb
3	27			Wide	880	30	0	20 mm	180°	486,927	11,953 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	910	15	0	10 mm	40°	1,634,015	41,012 kb
2	9		Acostado frente	Wide	860	15	0	30 mm	40°	1,251,934	31,263 kb

	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
25		Cabeza de mujer	.37 x .20 x .22 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639288	311	D-2
26		Ánfora suntuaria francesa	.415 x .20 x .20 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639374	397	C-1
27		Perseo con la cabeza de Medusa	.91 x .29 x .27 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639373	291	A-3
28		Cabeza de niño con base de cubo	.43 x .18 x .18 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639324	317	Tapanco A-1
29		David	.50 x .35 x .215 m	Andrea Di Cioni Verrocchio	Vaciado en yeso	08-639392	302	B-1
30		Cabeza de Pseudo Sêneca	.48 x .28 x .30 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639283	392	E-2
31		Cabeza de Paulina de Borghese	.57 x .36 x .25 m	Antonio Canova	Vaciado en yeso	08-639390-A	312	M-2
32		Cabeza de Nerón	.62 x .28 x .21 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639385-B	-	L-3

\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEAO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	910	30	0	10mm	40°	1,922,450	47,610 kb
2	9		Acostado frente	Wide	830	26	0	30 mm	40°	1,626,399	40,375 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	950	10	0	10 mm	40°	1,560,656	38,751 kb
2	9		Acostado frente	Wide	850	30	0	30 mm	180°	246,585	6,256 kb
3	27		Parado picada	Wide	800	10	0	10 mm	90°	723,470	18,453 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Middle	600	15	0	50 mm	N/A	105,763	2,746 kb
2	9		Parado frente	Middle	550	15	0	20 mm	N/A	100,563	2,615 kb
3	27		Parado frente	Middle	570	30	0	20 mm	40°	1,739,700	43,003 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1100	30	0	20 mm	40	1,926,768	47,499 kb
2	9		Acostado frente	Wide	940	30	0	20 mm	90°	246,741	17,955 kb
3	27		Parado picada	Wide	630	30	0	20 mm	90°	1,277,098	31,786 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1200	30	0	20 mm	40°	1,530,646	38,760 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1120	30	0	30 mm	40°	1,322,951	33,759 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1220	30	0	20 mm	40°	1,492,531	37,519 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1170	30	0	20 mm	40°	1,368,327	34,522 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1320	15	0	10 mm	40°	1,470,399	36,837 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1190	15	0	30 mm	40°	1,110,661	28,301 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1400	15	0	5 mm	40°	1,768,182	45,415 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1100	15	0	50 mm	40°	2,090,243	52,559 kb

	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
33		Busto Antinno Mercurio	.60 x .35 x .37 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639371	403	-
34		Cabeza de mujer llamada Labordee	.55 x .33 x .42 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639387	310	L-1
35		Antinoo Capitolino	.63 x .25 x .25 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639358-E	418	-
36		Perro	.33 x .41 x .19 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639272	78	T-1
37		León	.21 x .54 x .23 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639157-A	100	T-2
38		San Juan Busto	.49 x .38 x .24 m	Mino de Fivole (atribuido)	Vaciado en yeso	08-639381-A	287	B-2
39		Cabeza fauno	.27 x .13 x .15 m	A/D	Patinado en bronce	08-789635	Patrimonio	B-2
40		Niño que ríe	.34 x .35 x .14 m	Desiderio de Settignano	Vaciado en yeso	08-639382	Patrimonio	A-2

\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1330	15	0	10 mm	40°	1,533,523	38,698 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1260	15	0	50 mm	40°	1,338,330	34,136 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1260	26	0	20 mm	40°	1,981,188	38,698kb
2	9		Acostado frente	Wide	1260	26	0	20 mm	40°	800,137	34,136kb
							0				
1	3	Opaco	Parado picada	Wide	700	21	0	20 mm	90°	1,052,900	26,728 kb
2	9		Parado frente	Wide	720	21	0	20 mm	40°	2,013,933	50,362 kb
3	27		Parado frente	Wide	770	21	0	20 mm	40°	2,092,383	51,561 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1080	21	0	20 mm	40°	1,688,529	42,782 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1020	21	0	20 mm	40°	1,910,309	48,129 kb
3	27		Parado picada	Wide	800	21	0	20 mm	90°	1,220,415	32,622 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1160	30	0	20 mm	40°	1,392,669	35,421 kb
2	9		Acostado frente	Wide	990	30	0	30 mm	45°	2,209,459	55,245 kb
3	27		Parado picada	Wide	1050	30	0	10 mm	45°	4,780,575	119,436 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1160	30	0	10 mm	40°	1,939,595	47,922 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1100	30	0	30 mm	40°	1,611,136	40,982 kb
3	27		Acostado	Wide	700	60	0	30 mm	N/A	300,472	7,866 kb
1	3	Brillante	Parado frente	Wide	860	61	0	10 mm	40°	1,188,850	30,488 kb
2	9		Acostado frente	Wide	870	61	0	30 mm	40°	930,854	24,077 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	870	61	0	30 mm	40°	2,078,891	51,745 kb
2	9		Acostado frente	Wide	700	61	0	30 mm	40°	1,869,436	47,019 kb



	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
41		Cabeza de Apolo	.30 x .20 x .27 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639503-B	386	L-1
42		Cabeza negra Nubier	.39 x .26 x .22 m	A/D	Resina Escultura	08-639425	477	Anexo H1
43		Busto masculino Malaye	.39 x .28 x .17 m	A/D	Resina Escultura	08-639420	478	Anexo H1
44		Negro con aro	.38 x .27 x .19 m	A/D	Resina Escultura	08-639424	474	Anexo H1
45		Cabeza sin rostro	.44 x .26 x .27 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639461	592	Tapanco A-4
46		Ave de pico largo	.41 x .17 x .095 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639309-D	529	Tapanco C-3
47		"Palma" con la figura de un cocodrilo	.295 x .135 x .11 m	Cultura Totonaca	Vaciado en yeso	08-639518	566	Tapanco D-4
48		Maternidad	.29 x .15 x .18 m	Fanny Morell	Barro Mayolica No. 186 Escultura	08-742693	608	Tapanco D-4


\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEAO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	860	30	0	10 mm	40°	1,911,179	48,040 kb
2	9		Acostado frente	Wide	890	30	0	20 mm	40°	1,803,691	45,434 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	970	61	0	10 mm	40°	1,903,360	48,659 kb
2	9		Acostado frente	Wide	860	61	0	30 mm	40°	1,177,452	35,970 kb
3	27		Acostado frente	Wide	800	61	0	30 mm	N/A	161,776	4,103 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	960	61	0	10 mm	40°	1,904,755	47,492 kb
2	9		Acostado frente	Wide	860	61	0	30 mm	40°	1,708,710	42,935 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	960	90	0	10 mm	40°	1,920,890	48,015 kb
2	9		Acostado frente	Wide	830	61	0	10 mm	40°	1,530,155	38,559 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1030	60	0	10 mm	40°	2,266,544	55,614 kb
2	9		Acostado frente	Wide	940	61	0	30 mm	40°	2,087,985	51,669 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	860	15	0	10mm	40°	1,428,706	35,427 kb
2	9		Acostado frente	Wide	720	15	0	30mm	40°	976,819	24,521 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	860	30	0	20mm	40°	1,250,307	30,672 kb
2	9		Acostado frente	Wide	700	30	0	30mm	180°	67,679	1,800 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	860	96	0	20mm	40°	1,936,376	48,342 kb
2	9		Acostado frente	Wide	760	96	0	30mm	40°	2,330,061	58,124 kb

	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
49		Buda (contemporánea)	-	A/D	Vaciado en yeso con patina negra	08-639290	329	Tapanco B-3
50		Torso femenino	.58 x .24 x .23 m	A/D	Barro Escultura	08-639352	617	Tapanco
51		Serpiente enroscada	.185 x .37 x .37 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639505-B	534	Tapanco D-1
52		La Libertad	.31 x .105 x .16 m	Enrique Alciati	Patinado en bronce	08-671731	333	W-2
53		La Paz	.70 x .54 x .35 m	Enrique Alciati	Patinado en bronce	08-671728	334	W-2
54		Busto de Caracalla Remesa	.80 x .30 x .29 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639386	423	L-3
55		Venus de Milo	.81 x .32 x .31 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639498-B	428	Vitrina
56		Cabeza de Sócrates	.73 x .30 x .22 m	A/D	Vaciado en yeso	08-639278	394	M-4

\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEAO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	960	96	0	20mm	40°	-	43,431 kb
2	9		Acostado frente	Wide	730	96	0	30mm	40°	1,006,121	25,323 kb
3	27		Parado picada	Wide	560	96	0	30mm	N/A	310,057	7,769 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1300	30	0	30mm	40°	1,318,209	32,963 kb
2	9		Acostado frente	Wide	1020	30	0	30mm	180°	139,043	3,512 kb
							0				
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	660	30	0	50mm	40°	2,805,344	69,933 kb
2	9		Acostado base	Wide	900	30	0	20mm	N/A	499,252	12,275 kb
3	27		Acostado tapa	Wide	890	30	0	40mm	N/A	399,923	10,131 kb
-	-	Brillante	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	3	Brillante	Parado frente	Wide	830	90	0	30mm	40°	1,329,055	33,840 kb
2	9		Acostado frente	Wide	760	90	0	30mm	40°	1,080,811	27,495 kb
3	27		Parado picada	Wide	710	90	0	30mm	90°	718,041	18,696 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1120	30	0	10 mm	40°	2,699,109	67,193 kb
2	9		Parado frente	Wide	1070	61	0	20 mm	40°	2,633,460	65,820 kb
3	27		Frente detalle	Wide	560	30	0	20 mm	40°	3,487,545	87,240 kb
1	3	Opaco	Parado picada	Wide	630	30	0	30 mm	90°	1,531,668	38,145 kb
2	9		Acostado frente	Wide	540/630	61	0	50 mm	N/A	215,322	5,427 kb
3	27		Parado frente	Wide	1190	50	0	50 mm	40°	2,008,401	50,175 kb
1	3	Opaco	Parado picada	Wide	730	30	0	30 mm	60°	4,250,203	104,584 kb
2	9		Parado frente	Wide	1030	30	0	50 mm	40°	2,733,771	68,049 kb
3	27		Parado frente	Wide	1030	30	0	50 mm	40°	1,934,886	48,145 kb

	IMAGEN	TÍTULO	DIMENSIONES	AUTOR	TÉCNICA	# INVENTARIO*	# CURADURÍA*	COLOCACIÓN*
57		Torso femenino Afrodita	.73 x .30 x .22 m	Praxiteles (?)	08-639459-A	08-639275-B	381	G-4
58		El Día	.59 x .61 x .24 m	Miguel Angel Buonarroti	08-639350-A	08-639379	360	B-3
59		La Noche	.58 x .65 x .33 m	Miguel Angel Buonarroti	08-742699	08-639132-A	364	B-3
60		Torso de Belvedere	.65 x .35 x .41 m	A/D	08-639265	08-790422	383	D-2
61		Construcción abstracta vertical	.52 x .17 x .25 m	A/D	08-742698	08-639225	618	Tapanco
62		Cuerpo dinámico	-	A/D	Sin inventario	08-639224	-	-
63		Mozart de porcelana	.31 x .31 x .15 m	A/D	Porcelana Escultura	08-639224	238	W - 1

\* DATOS JEFATURA DE CURADURÍA

# DE ESCANEOS	TOMAS X ESCANEAO	TIPO DE MATERIAL	POSICIÓN	TIPO DE LENTE	DISTANCIA AL OBJETO	PODER DE LÁSER	GANANCIA	VARIACIÓN DE DISTANCIA	ROTACIÓN PLATAFORMA	PUNTOS OBTENIDOS	TAMAÑO DE ARCHIVO
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1020	30	0	30 mm	40°	2,281,817	55,548 kb
2	9		Parado frente	Wide	960	30	0	30 mm	40°	3,005,938	73,327 kb
3	27		Acostado frente	Wide	690	30	0	50 mm	180°	540,784	13,180 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1050	30	0	50 mm	40°	3,826,029	95,829 kb
2	9		Parado frente	Wide	950	30	0	60 mm	40°	-	-
3	27		-	Wide	950	30	0	60 mm	40°	-	-
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1330	15	0	30 mm	40°	2,813,577	70,646 kb
2	9		Parado frente	Wide	1350	15	0	30 mm	40°	2,616,959	66,388 kb
3	27		Acostado frente	Wide	1200	30	0	30 mm	90°	941,726	24,401 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	1100	15	0	50 mm	40°	2,720,128	66,933 kb
2	9		Parado frente	Wide	1070	15	0	30 mm	40°	2,445,283	60,011 kb
3	27		Acostado frente	Wide	980	15	0	30 mm	180°	563,131	13,883 kb
1	3	Opaco	Parado picada	Wide	600	96	0	10 mm	90°	1,150,433	28,823 kb
2	9		Acostado frente	Wide	730	30	0	50 mm	180°	275,143	6,857 kb
3	27		Parado frente	Wide	930	30	0	30 mm	40°	2,153,373	53,049 kb
1	3	Opaco	Parado frente	Wide	930	30	0	30 mm	40°	1,625,160	41,038 kb
2	9		Parado frente	Wide	980	15	0	30 mm	40°	1,355,115	33,785 kb
3	27		Acostado frente	Wide	800	26	0	50 mm	180°	289,408	7,258 kb
1	3	Opaco	Acostado picada	Middle	650	15	0	100 mm	40°	466,890	12,047 kb
2	9		Parado frente	Middle	710	7	0	10 mm	40°	671,175	16,975 kb



FIGURA 4.21

## REGISTROS FOTOGRÁFICOS 3D

El lente LOREO 3D nos permitió obtener dos registros por disparo para posteriormente realizar una proyección estereográfica.

## 4.2

CAPTURA  
FOTOGRÁFICA

## 4.2

Para el registro fotográfico de las esculturas se ha determinado el uso de un lente normal (con distancia focal de 50mm), ya que es un lente que reproduce las perspectivas de manera muy similar a como lo hace el ojo humano estando inmóvil, dando una sensación de naturalidad. Se decidió hacer en un encuadre cerrado para que la pieza ocupara el mayor espacio posible dentro del mismo.

Ahora bien, para obtener los registros de cada cara, la pieza se colocó sobre la plataforma giratoria y se fotografió en igualdad de incrementos angulares con la cámara montada sobre un tripié fijo. Se determinó realizar giros de 20°, lo que se deduce como 18 registros de la vista completa a 360° (Figura 4.22).

Las imágenes obtenidas serán procesadas más adelante para visualizarse de manera continua como una animación QuicktimeVR, por lo que es imperioso que los registros sean uniformes en todos sus parámetros.

A continuación se enumeran algunos consejos:

- » **Utilizar tripié:** con el fin de obtener un grupo de imágenes útiles para proyectar la textura sobre el modelo, será necesario mantener un encuadre firme y sin variación de los parámetros de exposición. De otro modo no será posible ensamblar las distintas fotos.
- » **Usar el disparador remoto:** lo que ayudará a que la foto resultante sea lo más nítida posible. Si no se dispone de uno, la otra opción será utilizar el temporizador de la cámara.
- » Si la cámara lo dispone **utilizar el modo de bracketing automático** (toma de varias imágenes del mismo encuadre variando entre ellas uno o varios parámetros de la exposición): cuantas más fotografías se tomen, más información se tendrá y mejores resultados se podrán obtener en la edición posterior.

Referente a los registros estereográficos, al utilizar el lente LOREO 3D, fue posible obtener dos tiros simultáneos para producir un efecto 3D cuando son vistos a través de un visor convencional (Figura 4.21). Este recurso ha sido muy útil al momento de evaluar la precisión de los escaneos.



**FIGURA 4.22**

**REGISTROS FOTOGRÁFICOS**

Cada registro se realizó en simultáneo con el escaneo sobre la superficie de la pieza.

En este caso se realizaron 18 fotografías (cada 20°) para obtener la mayor cantidad de información de cada una de sus caras.





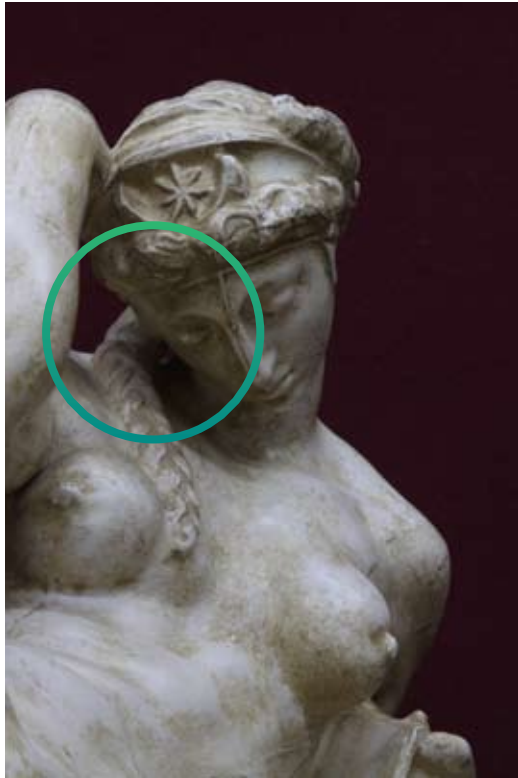


FIGURA 4.23

ESCAÑEOS A DETALLE

Escanear el máximo detalle en zonas de difícil acceso para el láser del escáner provocó ciertas dificultades.

### 4.3

#### EVALUACIÓN DE REGISTROS



Durante la digitalización, surgieron distintas complicaciones inherentes al proceso como por ejemplo:

- » La dificultad al registrar piezas cuyo canto o perfil es muy delgado pues el láser es incapaz de registrar una cantidad adecuada de puntos en esa vista particular del objeto, lo que tuvo como consecuencia la necesidad de realizar un mayor número de tomas del mismo sector de la pieza desde diferentes ángulos, lo que a su vez generó traslapes en los escaneos.
- » Otra situación problemática tiene que ver con la iluminación ambiental al momento de realizar las tomas. El simple cambio en la posición de la pieza para obtener una nueva imagen puede generar una variación tonal con respecto a la imagen previa. Incluso en un ambiente totalmente controlado puede suceder.

Para paliar estas situaciones, se recurrió a las siguientes acciones:

- » **Reducir la distancia del escáner al objeto:** también colocar el lente más adecuado a las dimensiones del área faltante (ya no de la pieza en su totalidad).
- » **No escatimar en la cantidad de barridos:** las nubes de puntos deben tener la mayor cantidad de información posible sin importar el correspondiente aumento de tamaño del archivo digital final (medido en kb). A mayor vacío mayor cantidad es la que deberá "inventarse", lo que repercutirá en la precisión deseada.
- » **No realizar barridos excesivos:** esto tampoco quiere decir que a mayor cantidad de barridos la información se complementará por sí sola. Si incurrimos en un sobre registro será necesaria una mayor "limpieza" de las tomas individuales pues tendremos información redundante.
- » **Procurar una iluminación sutil:** que revele las cualidades de la pieza pero sin incidir sobre ésta. De hecho, la captura láser se realiza mejor en condiciones de poca o nula iluminación.

## 5.1

## MODELADO 3D



En el levantamiento de datos quedó patente que un con sólo escaneo no es posible producir un registro completo del objeto; generalmente se requieren múltiples tomas -desde varias direcciones y otros tantos ángulos- para obtener información de todos los lados de la pieza.

También recordemos que el escaneo 3D crea una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie del objeto, es decir, no genera en sí un modelo tridimensional susceptible de ser manipulado. La nube de puntos se compone únicamente de coordenadas en tres dimensiones y no es un modelo sólido. En realidad estos puntos se utilizan para extrapolar la forma del objeto (un proceso llamado reconstrucción) y entonces sí se crea un modelo con volumen, que comúnmente se compone de una malla poligonal que conforma la superficie del modelo tridimensional.

El flujo para convertir la malla a un modelo se compone de varios pasos secuenciales que se desglosan en las próximas líneas y describe procesos como la unión de los distintos barridos, la disminución de redundancias, la optimización del tiempo para procesar datos obtenidos y las estimaciones:

### GUARDAR TOMAS EN GRUPOS

Una vez completado el escaneo total de todas las secciones en que fue dividida la pieza, se almacenaron todos los archivos digitales y se nombraron de acuerdo a la clasificación propia de la pieza (como puede ser el número de inventario o nombre de la obra).

Esta agrupación es necesaria para establecer una alineación entre cada uno de ellos entendiendo que, si llega a faltar un registro, puede verse afectado todo el proceso. Además, es más fácil escoger cada grupo, de lo contrario habría que hacerse una alineación individual, lo cual en promedio lleva 10 minutos por registro o conjunto de registros (pensemos que disponemos con un mínimo de 18 registros por pieza).

Primero se seleccionan las imágenes que pertenecerán a cada grupo (Figura 4.25) y se escoge la opción de *Create Group* a la cual se le da un nombre con el comando *Rename* para organizar las partes del objeto y evitar confusiones posteriores.

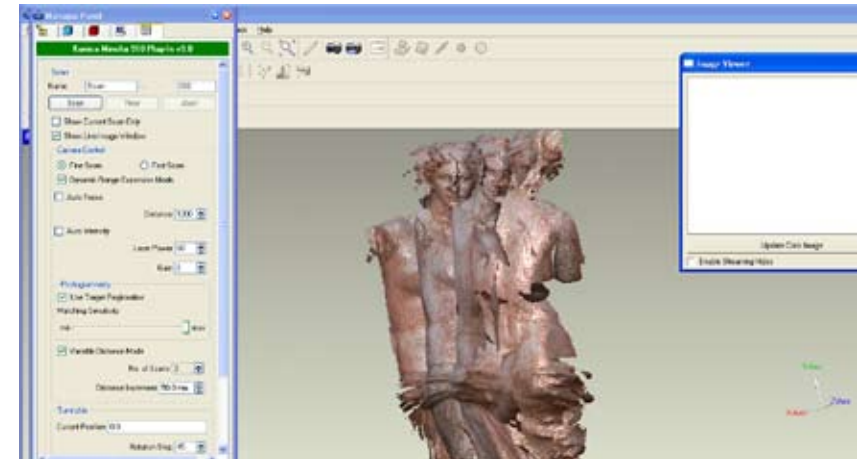


FIGURA 4.24

### ESCANEOS MÚLTIPLES

En pantalla vemos los registros que se realizaron por cada posición (en este caso uno cada 20°).

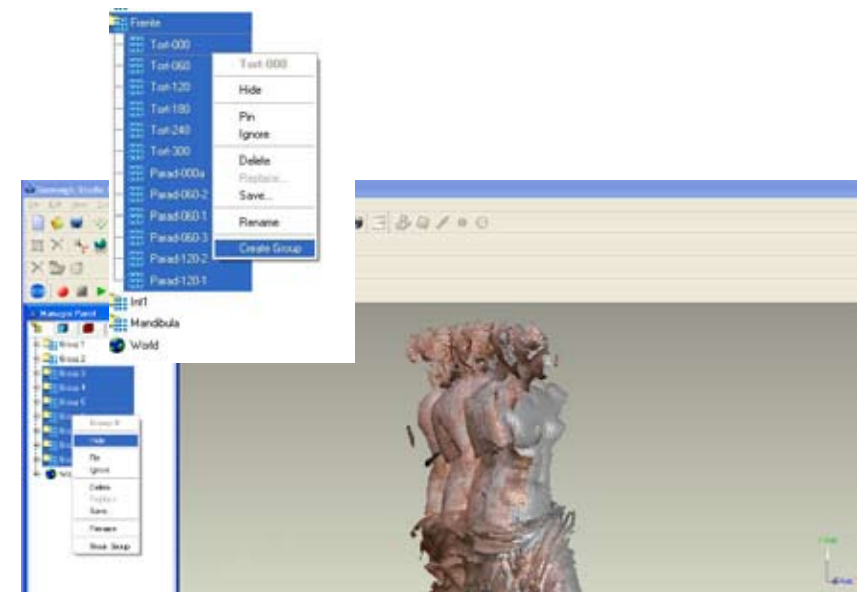


FIGURA 4.25

### GUARDAR EN GRUPOS

Los registros se agrupan antes de comenzar el proceso de empalme.

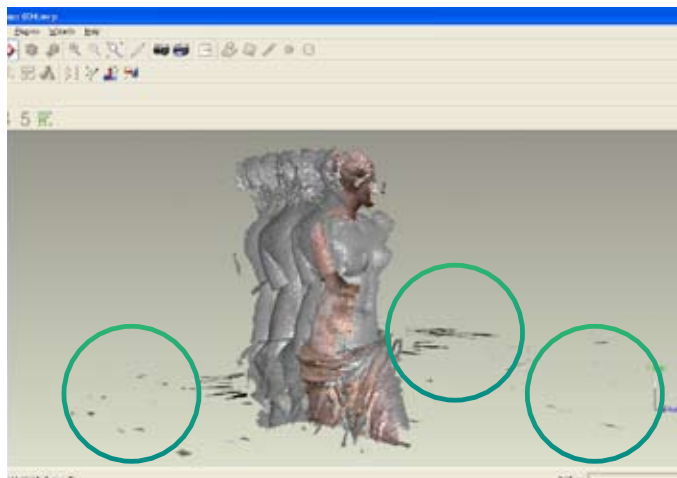


FIGURA 4.26

**INFORMACIÓN EXTRA**

Es necesario borrar todos los datos que no formen parte de la pieza para evitar confusiones en el proceso de empalme.

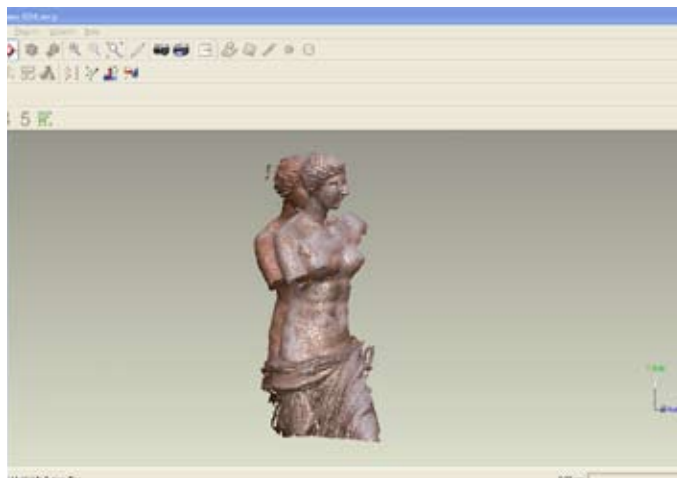


FIGURA 4.27

**ALINEACIÓN DE ESCANEOS**

Lo ideal es realizar el empalme por pares de registro.

**ELIMINACIÓN DE INFORMACIÓN EXTRA**

Luego de conformar el conjunto de imágenes, hay que desechar la información extra que se haya registrado (p.e. la plataforma giratoria o la pared). A veces, cuando el objeto es pequeño, por lo general el 50% de los datos es información sobrante.

Este procedimiento se lleva a cabo por medio de las herramientas de selección dispuestas al lado derecho de la pantalla. Cuando se ha determinado la información sobrante, simplemente se elimina oprimiendo la tecla de supresión (SUPR).

Para facilitar el procedimiento y evitar la eliminación de información válida, es recomendable escoger grupos de dos imágenes y darle la opción *Hide* a las restantes para así visualizar las zonas que se repiten (Figura 4.26). He aquí un desglose de datos y tiempos requeridos:

<b>Venus de Milo (Núm. de inv. 08-639498-B)</b>	
Num de registros	18
Num de triángulos antes de eliminar info extra	1,531,668
Num de triángulos después de eliminar info extra	1,166,133
MB antes de eliminar info extra	38,145 kb
MB despues de eliminar info extra	33,321 kb
Tiempo de escaneo	9 min
Tiempo de limpieza	5 min

**ALINEACIÓN DE REGISTROS**

Después de organizar en grupos las distintas tomas del objeto, es común que se requiera su alineación pues como ya se ha mencionado, por cada registro, el láser escáner obtiene una nube de puntos en el sistema de referencia del sensor; sin embargo, lo hace por cada zona a su alcance correspondiente al ángulo de giro de la plataforma.

Para reconstruir el objeto original, las nubes de puntos deben ser alineadas en un único sistema de coordenadas para posteriormente reconstruir el modelo.

Para alinear dos escaneos, primero se selecciona un registro que servirá como la referencia principal (a manera de pivote). A partir de éste todos los demás registros se ajustarán a sus coordenadas (Figura 4.27).

Posteriormente se selecciona un tercer registro, para alinearle con el empalme hecho entre el primer y el segundo registro. Para ello se accesa al menú *Tools* y se elige la herramienta *Manual Registration* (Figura 4.28).

Aparecerá una nueva interfaz, en donde se debe seleccionar la imagen que fijará la posición -seleccionando *Fixed*- y con la cual se alineará. Esto se ejecuta con la opción de *Floating*.

En las ventanas superiores se pueden ubicar y marcar mínimo 3 puntos y máximo 9 que coincidan en su localización sobre la pieza, para lograr la mejor alineación posible. Si se desea repetir la colocación de los puntos, se elige la opción *Clear*.

Una vez realizado el proceso de alineación de cada par de registros subsiguientes, se selecciona la opción *Register* y posteriormente se repite la operación hasta el alineamiento de todas las tomas.

Ya que se termine el proceso de empalme, debe aplicarse la opción *Merge*, que automáticamente selecciona los mejores datos, realiza una reducción de ruido y convierte los puntos de una malla poligonal.

## RELLENO DE HOYOS

El modelo que se obtiene al realizar la alineación de escaneos en teoría ya posee toda la información registrada, de tal forma que su superficie se encontrará casi por completo cerrada.

Sin embargo, existirán zonas que los polígonos que conforman la pieza no se encontrarán unidos; tales áreas se denominan *hoyos* (*holes*) y como espacios carentes de información deben "cubrirse" de manera forzosa para continuar con el procedimiento (su resultado debe ser siempre un sólido).

Al aplicar el comando de *Relleno de hoyos*, automáticamente se completarán las regiones faltantes mediante la interpolación de la forma de los alrededores del agujero. Se encuentra en el menú de *Polygons* y se denomina *Fill holes*. Habrá que determinar algunos valores para el método de relleno y circunferencia a cubrir.

Para mejores resultados es recomendable habilitar la función *Apply Boundary Cleanup* y *Curvature-based Filling* (Figura 4.29). Estas operaciones deben tratarse con cuidado pues si el faltante de información es lo suficientemente grande, la intersección automática puede generar una superficie completamente discordante con el objeto real.

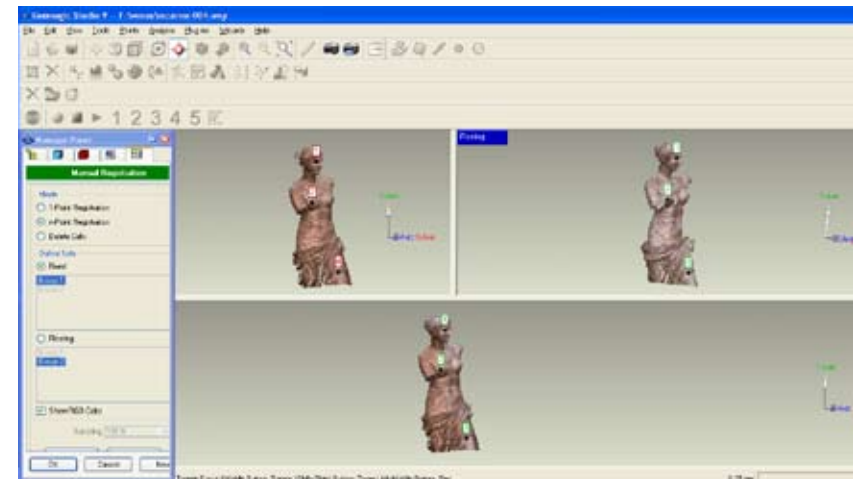


FIGURA 4.28

### SELECCIÓN DE PUNTOS DE EMPALME

Cada punto debe ser emparejado con su similar (1,2,3...).

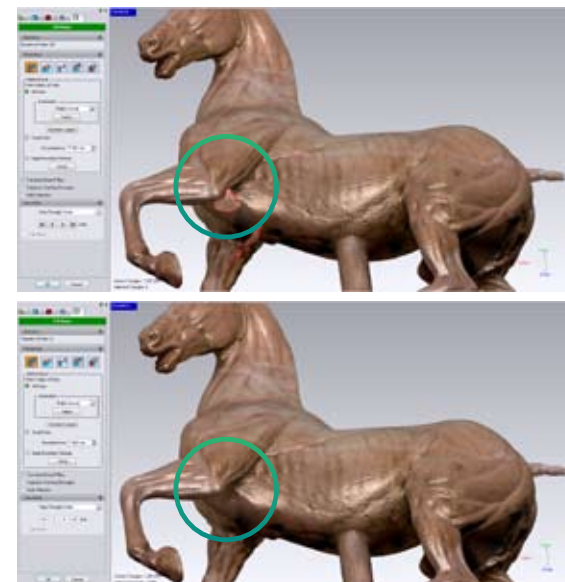


FIGURA 4.29

### RELLENO DE HOYOS

Es necesario "cubrir" las zonas del modelo sin registrar.

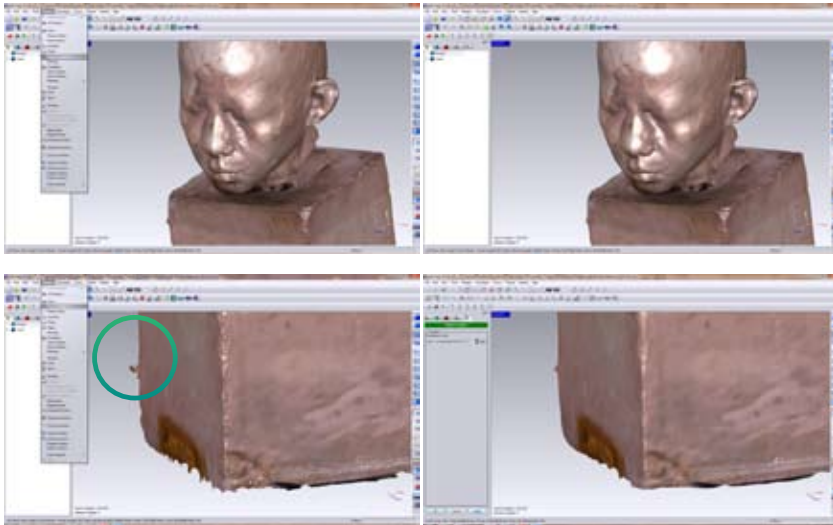


FIGURA 4.30

**SUAVIDADO DE SUPERFICIE**

Es normal que se produzcan irregularidades en la superficie del modelo, por lo que recomendable utilizar las herramientas de limpieza.

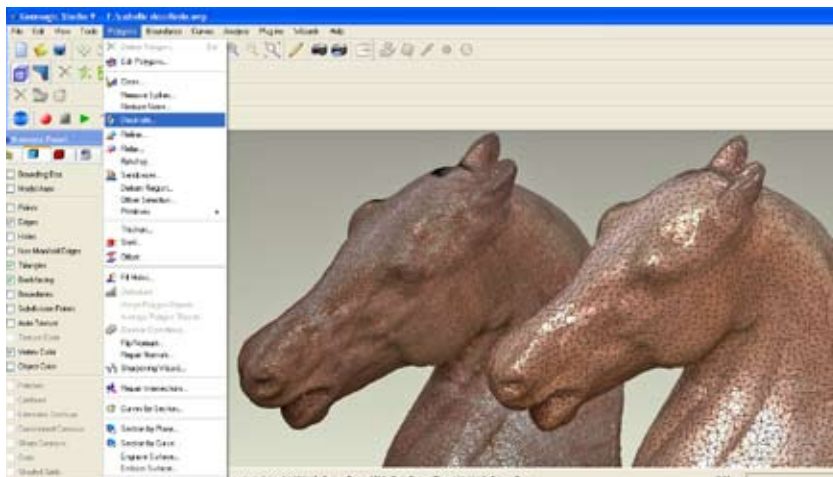


FIGURA 4.31

**REDUCCIÓN DE POLÍGONOS**

Las mallas de los modelos se reducen a una fracción de su dimensión original.

Aún así, estas operaciones son muy útiles para el proceso de modelado 3D, ya que es prácticamente imposible realizar un escaneo milímetro por milímetro. En caso de no obtener un modelo cerrado por completo, que haya unido vértices incorrectamente o que se haya dividido en dos piezas, habrá que seleccionar *Cancel* y asignar nuevos valores.

**LIMPIEZA DE MODELO**

Tras obtener un modelo sólido, es tiempo de eliminar datos sobrantes adheridos al modelo (vértices extruidos, textura granulada) con las herramientas que también proporciona el software Geomagic para modificar, editar y limpiar la geometría imprecisa. Algunas herramientas indispensables son:

**Clean** (Figura 4.30)

Esta opción realizará un suavizado general de la superficie del modelo.

**Refine**

Depura información extra adherida.

**Relax**

La alternativa *Relax* no ofrece mayores parámetros para el control del suavizado y fuerza, simplemente alisa las superficies.

**Remove spikes**

Sirve para afinar y pulir los vértices extruidos.

**DIEZMA (REDUCCIÓN DE POLÍGONOS)**

El modelo obtenido por el escáner 3D se compone de una densa malla de puntos que deberá someterse a una reducción de polígonos, una herramienta diseñada para mejorar la velocidad de representación de los modelos, ya que un visor difícilmente podrá soportar la carga de polígonos que proviene del escaneo. Dicho de otra manera, los modelos son reducidos a una fracción de su tamaño original, sin perder los contornos que se mantienen fieles al original. No se crean nuevos vértices, sino que los nuevos son un subconjunto de los originales. La herramienta es *Decimate* dentro del menú *Polygons* (Figura 4.31) con la cual se puede controlar la disminución gradual y selectiva y en tiempo real. Esta acción también sirve para crear un modelo más adecuado para el posterior desarrollo de textura.

## EXPORTACIÓN DE TEXTURA

Cuando el modelo se encuentra conformado como un sólido, se pasa a la fase de exportación de la textura captada con el escáner 3D, la cual guarda las coordenadas precisas.

Conservar y reutilizar los datos de textura de color es especialmente importante porque los polígonos de gran magnitud pueden poseer valores de textura de alta resolución. La capacidad de la superposición con la textura de color en el modelo mejora aún más el modelo diezmado (optimizado geoméricamente), al tiempo que permite una mayor reducción incluso en el número de polígonos sin la consiguiente pérdida de calidad visual.

El primer paso es seleccionar el menú *Color > Genarate texture*. Se asignan los valores adecuados y avanzamos con *Apply*.

El paso siguiente es salvar el *template* (plantilla) generado a partir de las coordenadas del modelo.

Se elige la opción *Manage Texture* dentro del menú *Color* (Figura 4.32). Se salva la imagen bajo una extensión *.jpg* para posteriormente exportarse al programa donde se llevará a cabo el proceso siguiente de texturización (revisar página 135).

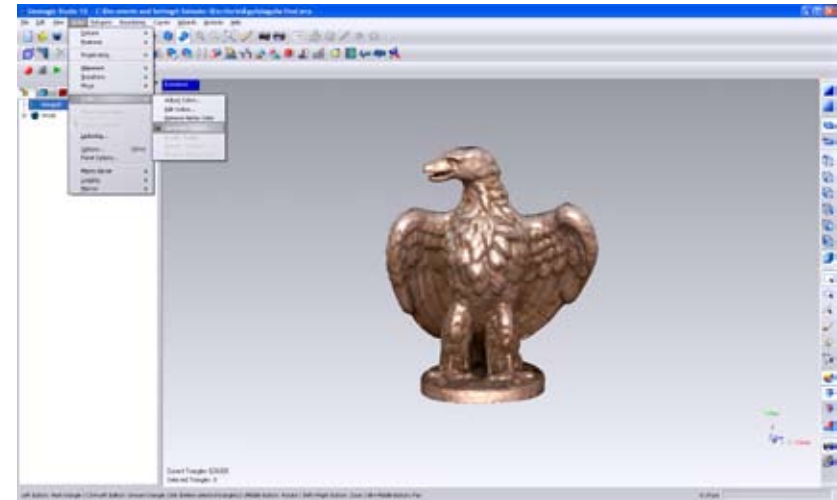
Una vez terminado este proceso, Geomagic provee la el comando para realizar la exportación del modelo en varios formatos de archivo incluyendo *STL*, *OBJ*, *VRML1*, *VRML2*, *DXF*, *3DS* y *PLY*. Para guardar los valores de textura necesitamos salvar el archivo en formato *OBJ*.

## RECONSTRUCCIÓN

El proceso de reconstrucción consiste en someter al modelo obtenido a una serie de operaciones programadas para la obtención de un modelo poligonal manteniendo sus características físicas (dimensiones, volumen y forma), pero que también sea susceptible de ser modificado. Para tal cometido la mejor opción resulta ser el software ZBrush por su capacidad de esculpir modelos de un modo semejante a que si estuviéramos manipulando un pedazo de arcilla. Los pasos a seguir son:

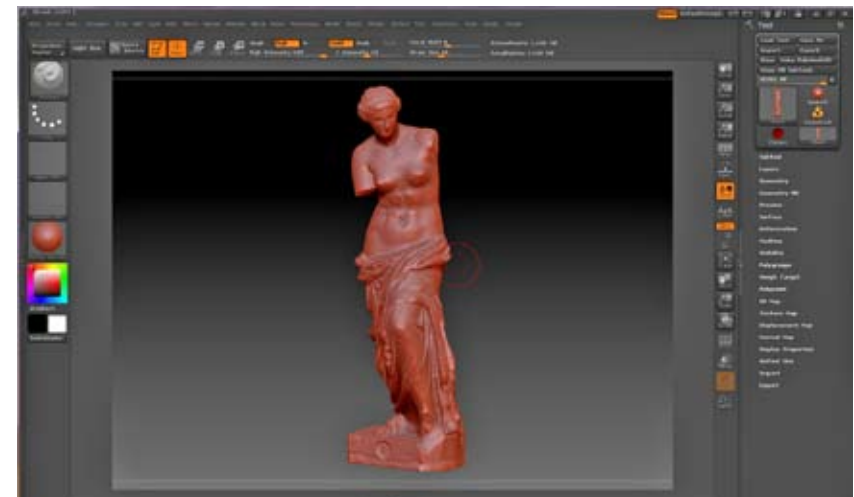
### Importación a software (ZBrush)

El primer paso para el proceso de reconstrucción de la estructura del modelo 3D es trasladar el archivo bajo el formato *OBJ*, el cual guarda las coordenadas de la textura previamente asignados. La opción es *File > Import*.



**FIGURA 4.32**  
**EXPORTAR TEXTURA DE GEOMAGIC STUDIO**

Tanto el modelo como su textura deben ser exportados.



**FIGURA 4.33**  
**INTERFAZ ZBRUSH 3.5 R3**

La malla poligonal es susceptible de ser modificada digitalmente.

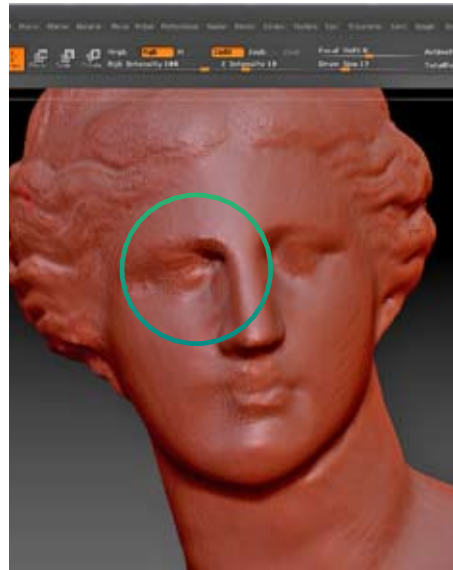


FIGURA 4.34

**RECONSTRUCCIÓN MANUAL**

Utilizando las herramientas del software, es posible realizar "retoques" sobre la geometría.

**Depuración y reconstrucción de zonas no registradas correctamente**

Realizando mediciones antropométricas y detectando puntos de referencia comunes, habrá que reconstruir manualmente las partes faltantes no registradas durante el escaneo, de la manera más realista posible, al tiempo que se respetan las medidas del objeto y así mejorar sensiblemente la precisión y reproductividad de las mismas.

Al desplegar el modelo sobre el lienzo, la primera acción es moldear detalles; en caso de que exista alguna guía para corrección de zonas específicas, habrá que seguir los lineamientos ahí establecidos. Cabe mencionar que esta guía deberá ser elaborada por un especialista del objeto (p.e. el curador o un escultor), para establecer medidas antropométricas fiables y así evitar una reconstrucción artística y por tanto "fingida".

En su defecto, si durante esta fase se dispone del objeto real, se deberán establecer marcas como guías para respetar las medidas reales.

Las herramientas para "esculpir" que proporciona ZBrush son diversas y será necesario hacer una combinación de ellas para hacer la reconstrucción más adecuada (Figura 4.34).

**Revisión de modelo y alternativas**

Mientras reconstruimos el modelo, quizás nos encontraremos ante la necesidad de comparar diversas calidades (densidades de la malla) en busca de la versión más adecuada, la cual puede realizarse reduciendo la cantidad de polígonos totales sin realmente afectar la apariencia general del modelo.

Por lo tanto será obligado producir más de una versión del modelo (diferentes densidades) para su posterior desarrollo y subdivisión. Al disponer de tales versiones ayudará a retomar la solución más adecuada, si es que ocurre la situación (dentro del modelado) en que decidimos incorrectamente la división de polígonos o fallamos en la reconstrucción de una zona determinada del modelo.

Para esto precisamente nos podemos servir de los parámetros de evaluación propuestos por el modelador o, aún mejor, por el especialista de la pieza. De no cumplir satisfactoriamente dichos parámetros debe repetirse el proceso de reconstrucción ajustando los valores de las herramientas de intervención o incluso, de ser necesario, repetir el proceso desde el armado del modelo en el software de escaneo.

## TEXTURIZADO

Para aplicar texturas al modelo reconstruido, es necesario contar con un programa de procesamiento que nos permita proyectar imágenes en base a la unión de los diferentes registros individuales que se realizaron (una especie de desarrollo geométrico de la textura para después “revestir” el modelo tridimensional con la imagen plana arrojada por el escaneo).

Debido a que la cámara del escáner no es de muy alta resolución -ya que los algoritmos que se emplean tanto para generar el modelo como para relacionarlo con la textura no son del todo satisfactorios-, la información se traslada al software 3D Studio Max para realizar lo que podemos llamar *Horneado de textura*.

El procedimiento se explica a continuación:

### Importación

En 3D MAX importamos el modelo en formato *.OBJ*, para esto vamos al menú *Archivo > Import* y seleccionamos *Import* nuevamente.

### Colocación de mapa

Ahora en la pestaña *Modify* ubicada a la derecha de la pantalla, abrimos la pestaña de modificadores y aplicamos *Unwrap UVW* dos veces, donde el primero, llevará el *Map Channel 1* y el segundo lo cambiaremos por el *Map Channel 3*. Después desactivamos el primer *Unwrap UVW*.

### Expansión de mapa

En el segundo modificador *Unwrap UVW* seleccionamos *Face*, arrastramos la figura con el mouse y aplicamos un *mapa Planar* alineado en el eje *Y* para borrar los *Seams* anteriores.

Para hacer el nuevo mapa UVW, se pulsa el botón *Point to Point Seams* del menú *Map Parameters* del segundo modificador *Unwrap UVW* y se arma el nuevo mapa procurando esconder las líneas *Seams* lo más posible. Terminado esto pulsamos de nuevo el botón *Point to Point Seams* para desactivarlo y asegurar que los *Seams* estén correctamente conectados.

Con la selección de *Face* activada se selecciona un polígono del modelo y se presiona el botón *Exp. Face Sel to Seams* para seleccionar un campo. Ya seleccionado se aplica la opción *Pelt* y espera a que se expanda. Terminado esto se revisa que no se empalme la malla por fallas en los *seams*, si está bien, se pulsa el botón *Commit* para aplicar la expansión (se recomienda salvar el archivo después de cada *Pelt*).

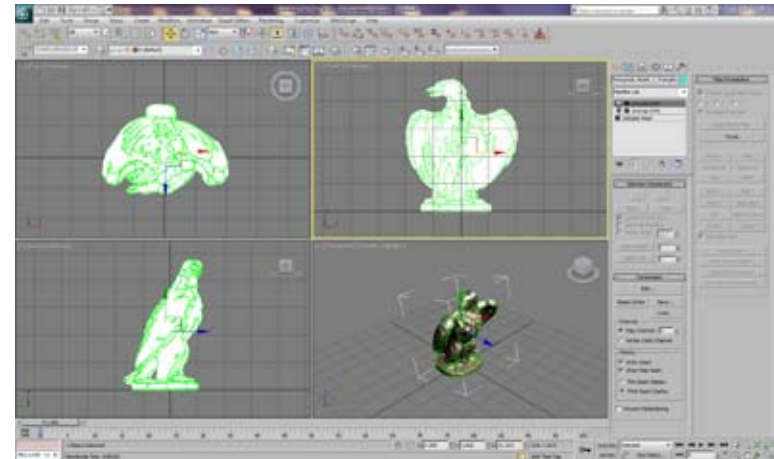


FIGURA 4.35

Interfaz 3D Studio Max.

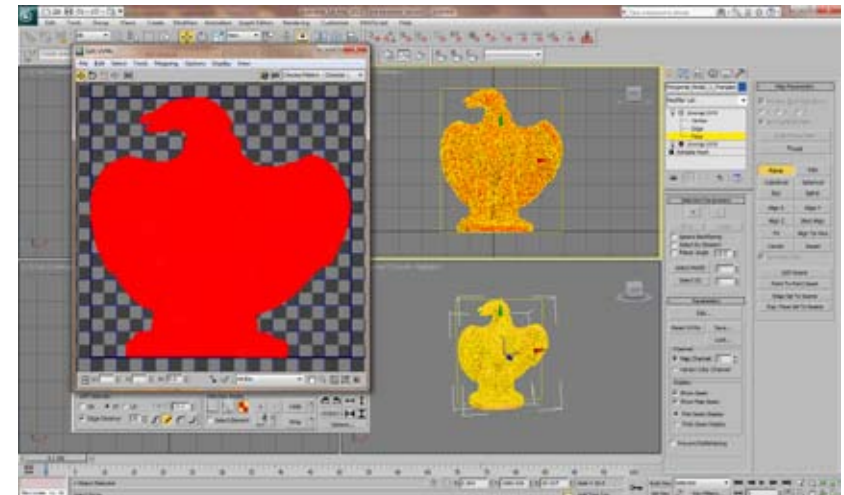


FIGURA 4.36

Expansión de mapa.



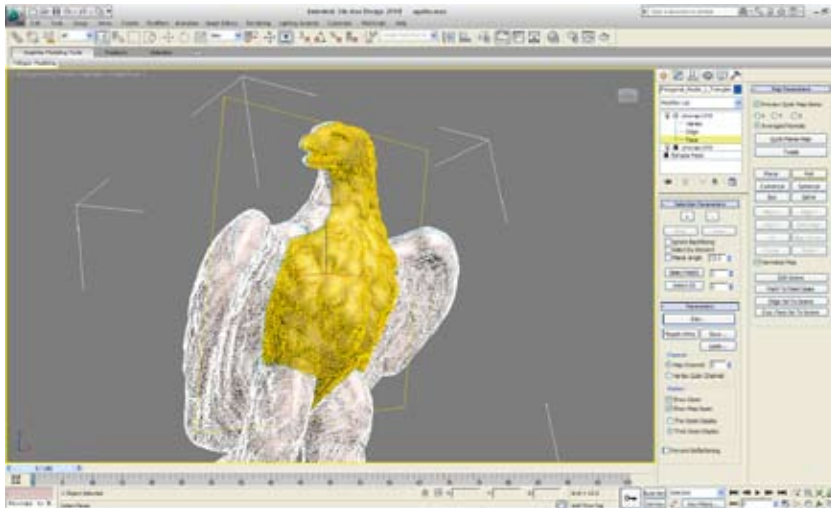


FIGURA 4.37

Cortes del mapa de textura.



FIGURA 4.38

Corrección de caras invertidas.

### Corrección de errores

Una vez hecho esto verificar que no haya caras invertidas o encimadas; para resolverlo, dentro del editor de UVW's ir al menú *Select* y pulsar sobre la opción *Select Inverted Faces* lo cual nos indicará los errores de la malla.

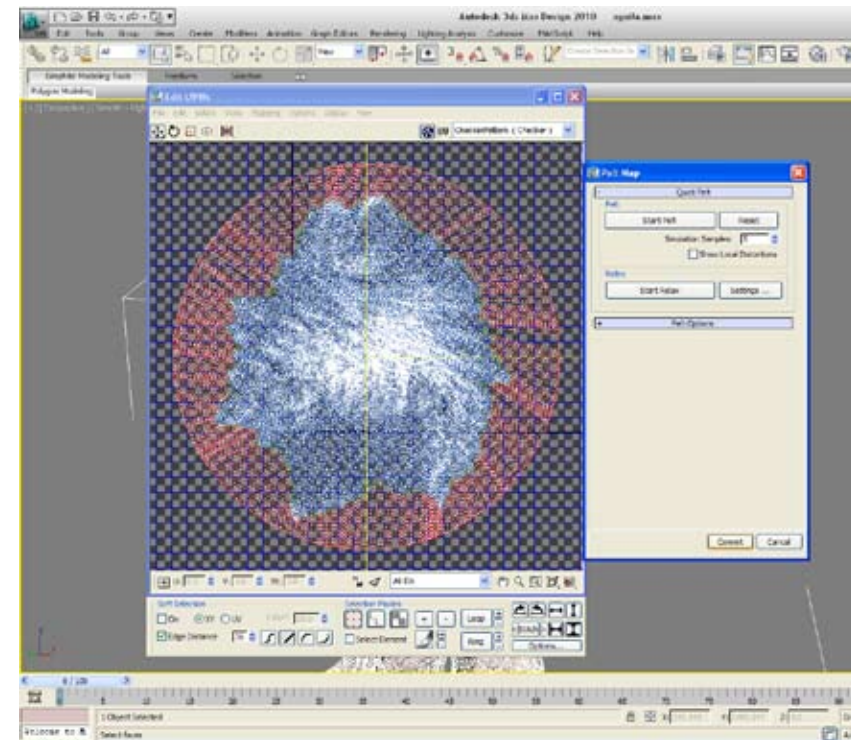


FIGURA 4.39

Edición de UVW.

Para corregirlos, seleccionamos el área alrededor de donde se localiza el error y aplicamos el comando *Relax*, el cual se encuentra en el menú *Tools* del Editor UVW's.

Otra manera de corregir los errores es manualmente, si son pequeños, seleccionamos los vértices que se enciman y los alineamos uno por uno. Hacer esto con cada elemento separado por los *Seams*.

### Creación de mapa de difusión

Una vez finalizado el proceso anterior empaquetamos los elementos, ello se hace ingresando al menú *Tools > Pack UV's*; al hacer esto se ordenarán todos los elementos de los *Seams* en el espacio de un *Texel*.

Con las herramientas de transformación hay que cambiar de tamaño según la prioridad del elemento; es decir, si es más importante la cabeza del águila que el cuerpo, esta ocupará un lugar mayor dentro del *Texel*.

En este punto se podría hacer la conversión de las *coordenadas UV*, pero no obtendríamos los mapas de desplazamiento y de normales, para eso tenemos que importar el modelo en *.OBJ* al 100% y empalmarlo con el optimizado.

### Creación de mapas de desplazamiento y normales

Seleccionamos el modelo de bajos polígonos y le aplicamos el modificador *Projection*. En el despliegue del modificador *Projection* seleccionamos *Cage*.

En las opciones de *Cage* oprimimos el botón *Reset* y en la casilla *Amount* elegimos un rango aceptable de desplazamiento, el cual estará ilustrado con una malla azul, en el ejemplo el *Amount* es de 1.5 (Figura 4.41).

Conforme aumentemos el valor observaremos que la malla azul aumentará de tamaño siempre con respecto al modelo de bajos polígonos.

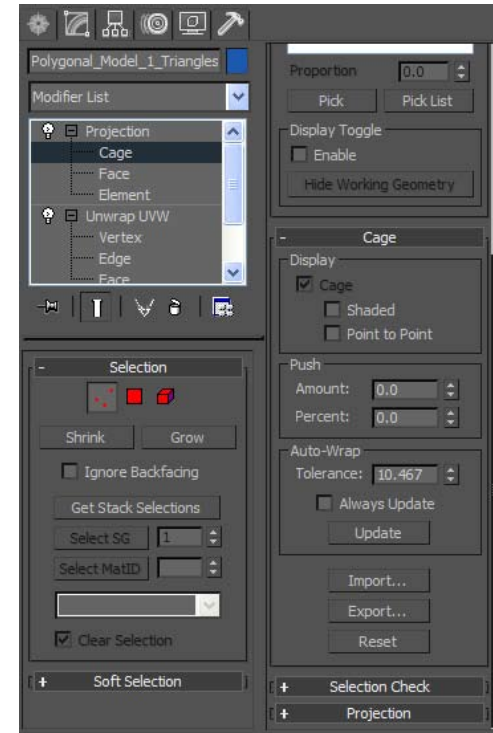
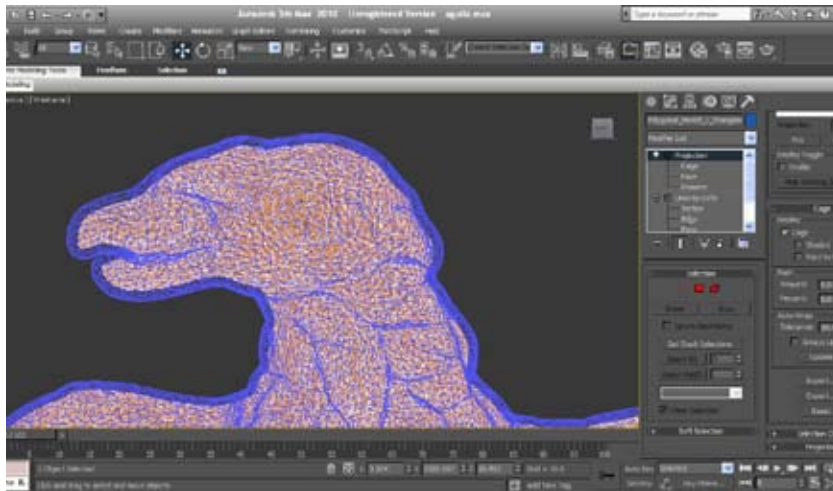


FIGURA 4.40

Proyección de textura.

FIGURA 4.41

Empalme de modelos.

### Creación de mapas de oclusión ambiental

Para crear un mapa de oclusión ambiental tenemos que cambiar la configuración del render, esto se hace en el menú *Rendering > Render Setup*, dentro del panel que aparece en el área de *Assign Renderer* elegimos el *Mental ray Renderer* y lo cerramos.

Ahora en el material que tiene el modelo de bajos polígonos, en el área de *Diffuse*, oprimimos el botón de *Bitmap* y ahí aplicamos un material de *Ambient/Reflective Occlusion*. Aparecerá una ventana preguntando si deseamos mantener el antiguo mapa como submapa, donde seleccionamos que *SI* lo guarde.

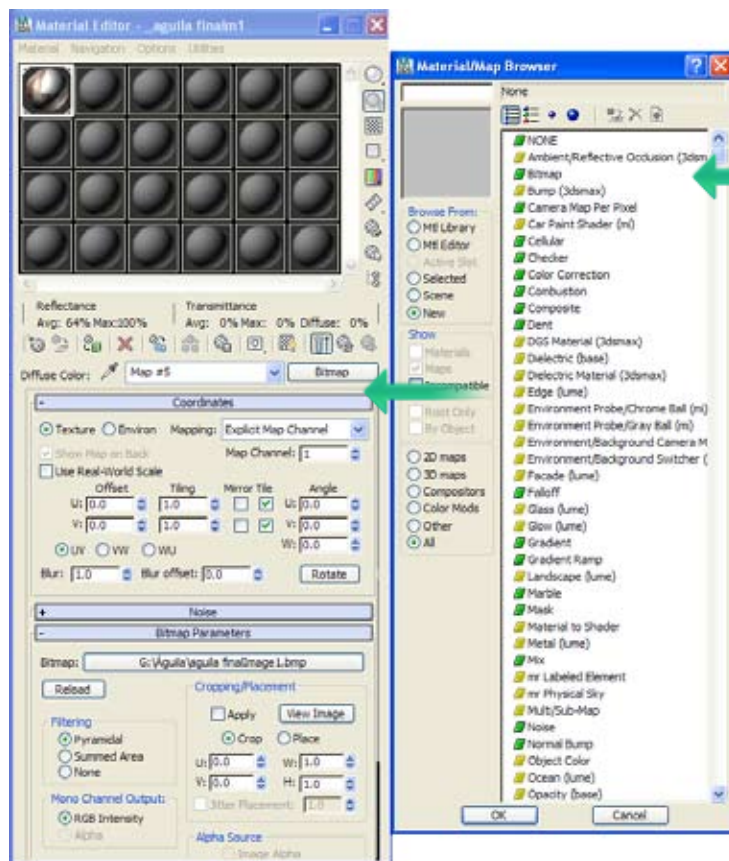


FIGURA 4.42  
Editor de materiales.

### Horneado de texturas

Terminado esto ahora nos dispondremos a hacer el *Horneado de texturas* y para conseguir la conversión del mapa del *Channel 1* al nuevo mapa que creamos en el *Channel 3*, así como también los mapas de difusión, normales, desplazamiento y oclusión ambiental.

Seleccionamos el objeto de bajos polígonos. En el menú *Rendering* seleccionamos la opción *Render To Texture*.

En el panel que se despliega seleccionamos las siguientes opciones:

- » **General Settings:** designamos la ruta de salida.
- » **Objects to Bake:** verificamos que el objeto se encuentre en la lista.
- » **Projection Mapping:** presionamos el botón *Pick...* y selecciona el modelo de altos polígonos si se está trabajando con un modelo optimizado, también revisamos que el modificador *Projection* que no se haya modificado.
- » **Mapping Coordinates:** seleccionamos la opción *Use Existing Channel* y seleccionamos el *canal 3*.
- » **Output:** presionamos el botón *Add*, en el panel que sale, elegimos los siguientes mapas: *Diffuse Map*, *Normal Map*, *Height Map* y *Ambient Occlusion*.
- » Hecho esto seleccionamos cada elemento de la lista y especificamos el nombre del mapa de salida, el tipo y el tamaño.
- » Oprimimos el botón *Render*.

Anexo se muestra completo el panel de preferencias (Figura 4.43).

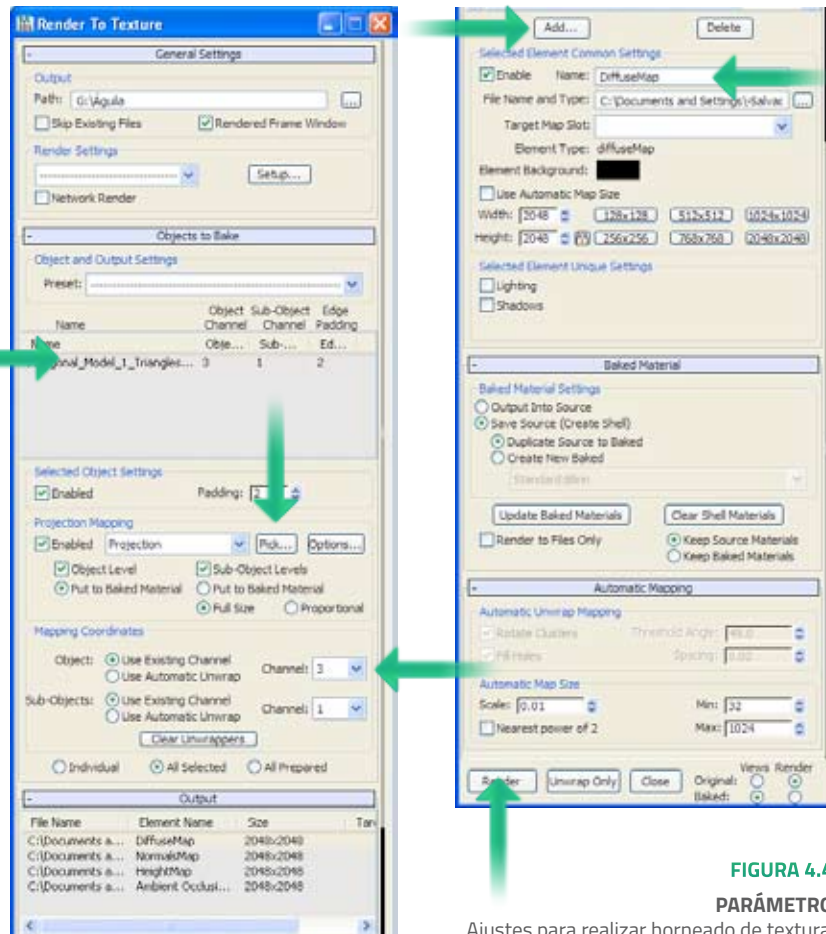


FIGURA 4.43

PARÁMETROS

Ajustes para realizar horneado de texturas.

### Exportación de modelo con textura

Para exportar el modelo con el nuevo *UV* se elimina el primer *Unwrap UVW* que hicimos con el *Channel 1* y el segundo *Unwrap UVW* se cambia del canal 3 al canal 1. Después de esto se colapsan los modificadores dando clic derecho en el *Unwrap UVW* que queda, y seleccionamos *Collapse All*.

Finalmente lo exportamos en el menú *Archivo>Export Selected* y seleccionamos el formato de salida como *.OBJ*.

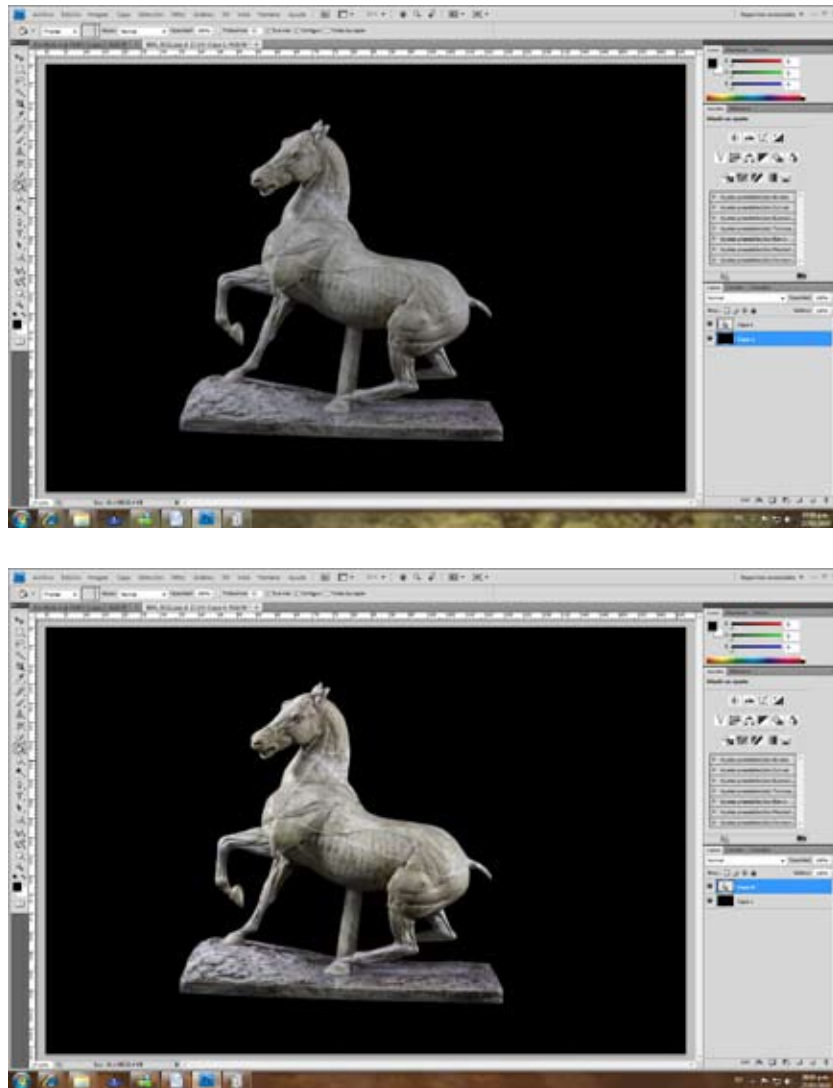


FIGURA 4.44

Edición de registros fotográficos en Photoshop.

## 5.2

### RETOQUE DIGITAL



Ya obtenidos los registros fotográficos de cada pieza, es momento de procesarlas para obtener su versión refinada y normalizada, que a su vez transitará a su presentación final como animación QuicktimeVR (revisar páginas 164-165).

Para tal efecto, debe someterse a un proceso de retoque digital, técnica que permite obtener otra imagen modificada de una originalmente registrada, ya sea para lograr una mejor calidad o más realismo, o para obtener una composición totalmente diferente que distorsione la realidad.

Para llevar a cabo dicho proceso, se utilizan programas informáticos como Photoshop. Utilizando distintas técnicas de retoque fotográfico es bastante simple mejorar la calidad de las imágenes originales, consiguiendo así un resultado notablemente superior en calidad con respecto a la imagen original. Además pueden conseguirse efectos impactantes o simplemente corregir diversos errores.

En este caso, en el que contamos con 18 imágenes por cada obra (página 145), los retoques realizados debieron ser los mismos para cada una, a fin de obtener una serie de imágenes uniformes. Para agilizar el proceso, se recomienda automatizar las acciones de aplicación de los diversos filtros, evitando así la repetición de cada operación. Una vez aplicado el retoque digital a cada uno de los registros, es necesario guardar los datos recogidos bajo un mismo nombre de archivo, en formato similar y en orden secuencial. En esta ocasión se ha utilizado el número de inventario de la pieza más un número de acuerdo al orden en que fueron tomadas las fotografías:

**08-779343-01.jpg / 08-779343-02.jpg / 08-779343-03.jpg...**

Al disponer los archivos de esta manera nos aseguramos que el software cargue los archivos correctamente evitando los saltos entre imágenes.

Asimismo, es indispensable asentar en una bitácora que describa los ajustes aplicados a cada registro pues dichos datos serán de gran relevancia para las etapas posteriores. Si se desean recuperar los datos estarán disponibles en la información relativa al archivo proporcionada por Photoshop (*File>File Info> Camera Data 1 y Camera Data 2*).

## 5.3

EVALUACIÓN  
DE ARCHIVOS

El control de calidad es un requisito importante en cada etapa ejecutada en un proyecto de digitalización. Sin este trabajo no será posible garantizar la integridad y consistencia de los materiales resultantes, por ello la evaluación de los archivos generados necesita invariablemente un riguroso sistema de control. También es importante adaptar este sistema a las necesidades del usuario o el ejecutante del proyecto, las cuales muchas veces difieren. Esto se encuentra ejemplificado claramente en este proyecto, en el que el solicitante requiere la difusión de la colección por medios digitales y el ejecutante busca explorar nuevas alternativas de captura con escáner 3D.

La evaluación debe estar planteada según una serie de decisiones acordadas a un flujo común: en este caso, los modelos deben ser sometidos a un proceso de optimización para acoplarlos a la capacidad de procesamiento de las plataformas donde se van a publicar (sitios web o aplicaciones interactivas). De no respetarse este requerimiento, no tendrá sentido invertir recursos en digitalizar una colección si no podrá ser consultada convenientemente por los usuarios.

Algunas acciones que pueden aportar a establecer un eficaz control de calidad son:

- » Preparar un consenso acerca del proyecto de digitalización entre el solicitante y el ejecutante, de manera que sean claros los objetivos y las necesidades específicas de cada uno.
- » Estandarizar los requerimientos técnicos al momento de evaluar los modelos (p.e. la calibración de las pantallas de acuerdo a métodos probados).
- » Contemplar en el presupuesto los costes organizativos, operativos y de personal para valorar la viabilidad del proyecto. Porque si solo se atienden los aspectos productivos es fácil que se incurra en un proyecto sin sentido práctico.

Para esto propongo establecer un sistema de seguimiento para controlar e informar sobre la producción, el cual puede ser un formulario o una base de datos.

Por ejemplo, en cuanto a los registros obtenidos con el escáner 3D, se pueden establecer ciertos criterios de evaluación en concordancia con ciertas características que pueden determinar si realmente son útiles al momento de ser visualizadas por el usuario:

- » Los modelos 3D deben tener la cualidad de poder ser manipulados de forma casi inmediata. Esto está relacionado directamente con la cantidad de polígonos del modelo. Si son demasiado pesados, el procesamiento será lento y el usuario abortará la visualización.
- » Si bien es deseable que el modelo cuente con una apariencia fotorrealista -que resulte difícilmente diferenciable del original-, muchas veces no es indispensable. Sobre todo si la plataforma donde se publica nos exige disminuir la calidad del registro original. En este caso será necesario ponderar las verdaderas demandas del usuario.
- » El modelo no debe mostrar irregularidades en su superficie; si hay zonas que a primera vista no corresponden al modelo real se debe invalidar incluso el registro.
- » El color de las texturas tampoco debe contrastar de manera tan manifiesta entre el modelo digital y la referencia física; si sucede así seguramente responde a una iluminación inapropiada al momento de ser escaneado. Por ejemplo, si en el interior donde se realizaron los registros se contó con luz incandescente las texturas pueden tender a ser amarillentas. En este caso, se podría hacer una corrección de color en el software de edición fotográfica.
- » En síntesis, el modelo debe contar con claridad, limpieza, precisión y exactitud a simple vista. Finalmente, los elementos fundamentales que emplea el sistema visual para crear la sensación tridimensional son los valores visuales que pueden potenciar la textura sobre la precisión poligonal (p.e. la precisión de los contornos que proyecta la imagen en su superficie). Si estos contornos no están bien definidos, la sensación tridimensional puede resultar imperfecta.

De no cumplir mínimamente los parámetros de evaluación, lo recomendable es repetir todo el proceso, ya sea desde el retoque digital o, en su defecto, realizar nuevos registros fotográficos y escaneos 3D. Desde luego que al tomar en cuenta estas consideraciones el margen de error no se evita, pero se reduce al mínimo, al menos en comparación con otros métodos tradicionales o improvisados.

## 6.1

## REPOSITORIO



La posibilidad de aprovechar el máximo potencial de una colección de réplicas digitales de la manera prevista no sólo depende de las normas de conversión y de los controles de calidad sino también de cómo se gestione la misma.

Si por ejemplo el objetivo no se limita a satisfacer las necesidades a corto plazo y al contrario busca proporcionar acceso a lo largo del tiempo, deben tomarse ciertas medidas para satisfacer tanto el uso actual como las expectativas de los futuros usuarios.

De entrada, todos los archivos producidos como resultado de un proyecto de digitalización deben organizarse, nombrarse y adscribirse de manera adecuada a los objetivos del proyecto, que casi siempre tienen que ver con las demandas concretas de los usuarios; en este sentido, para que puedan utilizarse los modelos digitalizados debe prestarse mucha atención a su almacenamiento, los soportes para tal efecto y cómo se organizan sus contenidos. Para ello resulta de gran ayuda contar con un repositorio, es decir, un depósito o archivo centralizado donde se almacena y mantiene la información digital, normalmente en bases de datos o archiveros informáticos.








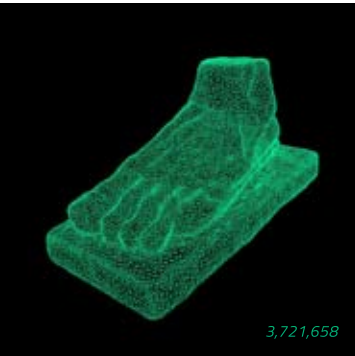

La ventaja más clara de vaciar la información en un repositorio es que los archivos pueden concentrarse en un servidor y por lo tanto pueden ser de acceso público; o pueden estar protegidos por medio de una autenticación previa. Asimismo, la elaboración de este depósito contempla como principal atributo una mayor rapidez en la recuperación de la copia digital deseada, recuperación que dependerá en todo momento de los metadatos que se asocian al archivo.

Por estas razones los repositorios más comunes son los de carácter académico e institucional, los cuales tienen por objetivo organizar, archivar, preservar y difundir la producción intelectual resultante de la actividad investigadora de la entidad; precisamente culminan en el compromiso de realizar una gestión a largo plazo de los recursos digitales de acuerdo a la evolución cambiante de la tecnología.

En definitiva, hablando del presente proyecto, la incorporación de los recursos generados en esta primera práctica de digitalización 3D en los acervos de la Antigua Academia de San Carlos puede aportar mejoras importantes para las labores de conservación y gestión de las colecciones, abriendo un amplio abanico de oportunidades y propiciando además una mayor visibilidad de sus contenidos.

En páginas siguientes se presentan los materiales que se produjeron (fotografías, nubes de puntos y modelos digitales):



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>01</p> <p><b>Ala (Victoria de Samotracia) S/I (A)</b></p> <p>08-639275-B</p>	.48 x .27 x .08 m		 <p>1,323,410</p>	
<p>02</p> <p><b>Aguila "2101" (B)</b></p> <p>08-639379</p>	.325 x .26 x .13 m		 <p>2,131,390</p>	
<p>03</p> <p><b>Pie izquierdo desollado S/I (A)</b></p> <p>08-639132-A</p>	.15 x .30 x .13 m		 <p>3,721,658</p>	



DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

MODELO TEXTURIZADO

04

**Figura femenina desnuda sentada S/I (A)**

08-790422

.12 x .115 x .09 m

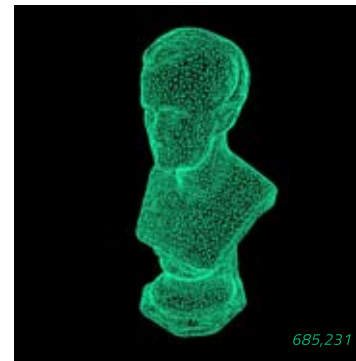


05

**Busto de Wagner "R. WAGNER" (A)**

08-639225

.185 x .105 x .08 m




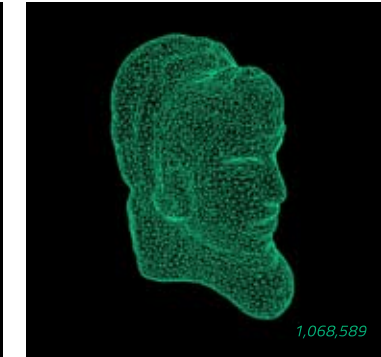


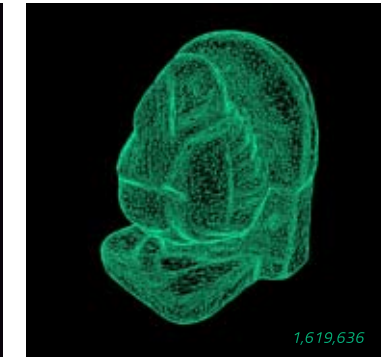


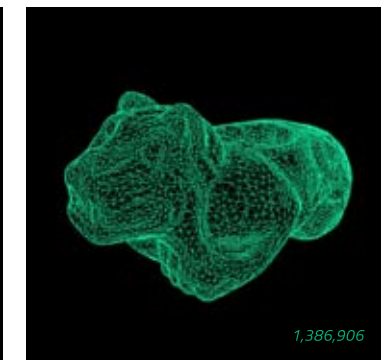

06

**Cabeza de àguila S/I (A)**

08-639526

.14 x .17 x .085 m



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>07</p> <p><b>"Palma" con cabeza humana S/I (B)</b></p> <p>08-639519-B</p>	<p>.202 x .13 x .12 m</p>		 <p>1,068,589</p>	
<p>08</p> <p><b>Guajolote S/I (A)</b></p> <p>08-639521-A</p>	<p>.205 x .175 x .14 m</p>		 <p>1,619,636</p>	
<p>09</p> <p><b>OCELOTL-CUAUHXICALLI Vaso zoomorfo en forma de tigre para contener corazones S/I (A)</b></p> <p>08-639515-D</p>	<p>.135 x .155 x .28 m</p>		 <p>1,386,906</p>	

DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

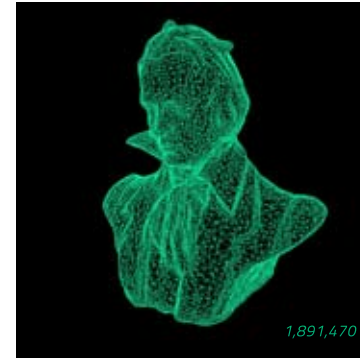
MODELO TEXTURIZADO

10

Busto de Mozart  
"BAR..."

08-639191

.31 x .31 x .15 m

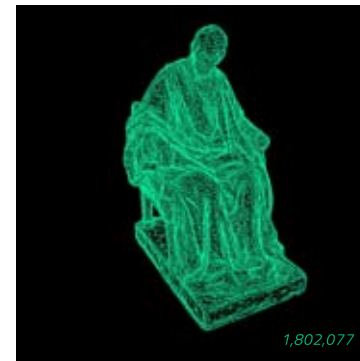


11

Voltaire. Figura sedente  
1778 - 1780 S/I (A)

08-639372

.29 x .225 x .17 m




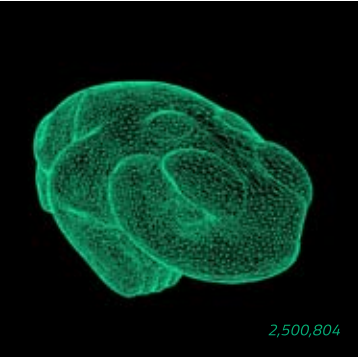


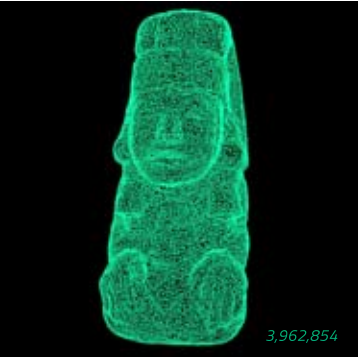


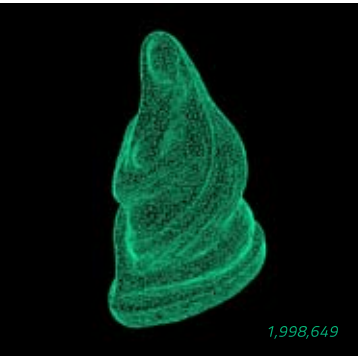

12

Coyote emplumado  
S/I (A)

08-639504-B

.41 x .22 x .23 m



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>13</p> <p><b>Rana S/I (A)</b></p> <p>08-639506</p>	.16 x .23 x .37 m		 <p>2,500,804</p>	
<p>14</p> <p><b>Figura femenina arrodillada S/I (A)</b></p> <p>08-639514</p>	.38 x .18 x .18 m		 <p>3,962,854</p>	
<p>15</p> <p><b>Figura femenina con los senos descubiertos y manto "ELIZALDE II-VIII-66" (A)</b></p> <p>08-639384</p>	.36 x .20 x .28 m		 <p>1,998,649</p>	

DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

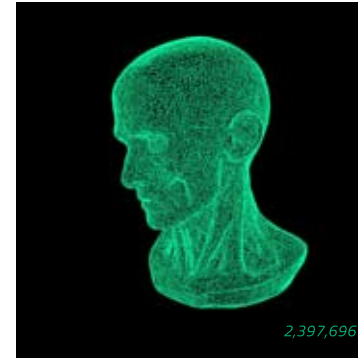
MODELO TEXTURIZADO

16

**Cabeza masculina  
desollada**

08-639445-B

.32 x .23 x .20 m

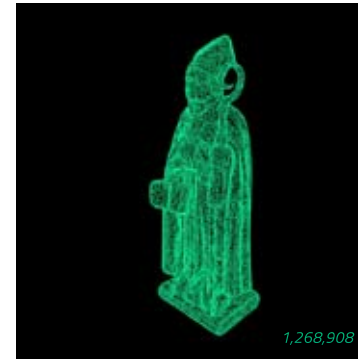


17

**Cardenal de la  
tumba de Felipe**

08-639395

.48 x .18 x .13 m

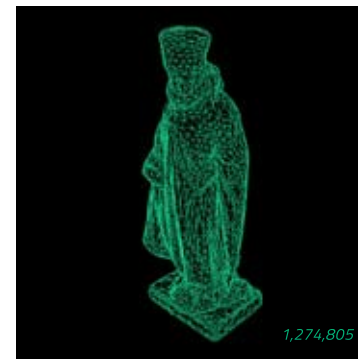



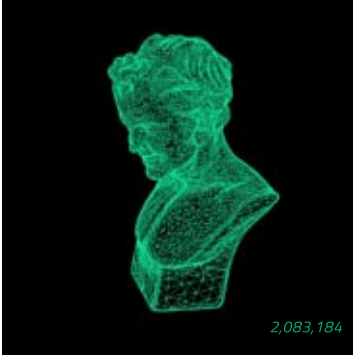







18

**Figura Religiosa  
de la tumba de Felipe**

08-639398

.45 x .19 x .125 m



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>19</p> <p><b>Busto de Fauno sonriente "362 FAVNE RIANT BUSTE ANTIQUE MVEE DV LOUVRE" (A)</b></p> <p>08-639383</p>	<p>.49 x .34 x .37 m</p>		 <p>2,083,184</p>	
<p>20</p> <p><b>Cabeza de frente con base circular</b></p> <p>08-639279</p>	<p>.51 x .25 x .25 m</p>		 <p>1,765,727</p>	
<p>21</p> <p><b>Gallo "...Vastagh..."</b></p> <p>08-639281</p>	<p>.48 x .35 x .28 m</p>		 <p>1,366,002</p>	

DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

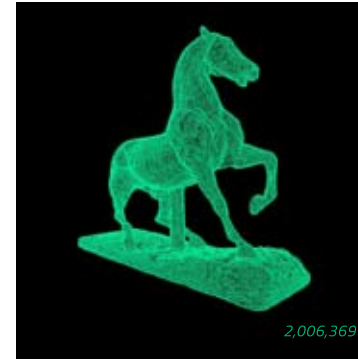
MODELO TEXTURIZADO

22

**Caballo desollado S/I (A)**

08-779343

.43 x .44 x .16 m



23

**Caballo "P. Rovillard"  
Siglo XIX (B)**

08-639369-A

.41 x .46 x .16 m

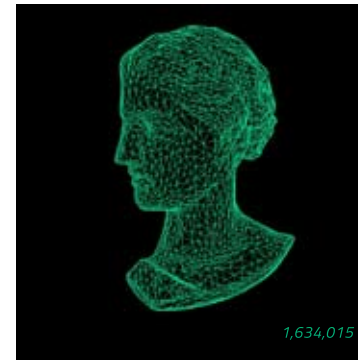



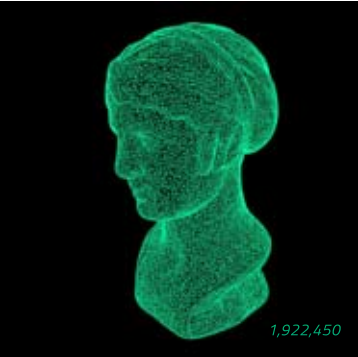


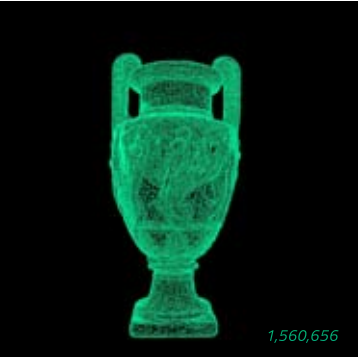


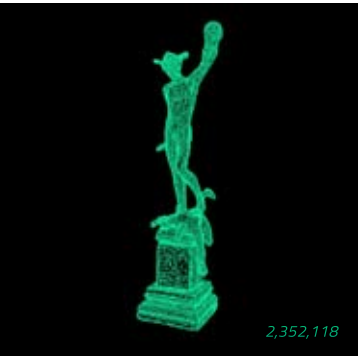

24

**Perfil femenino S/I (A)**


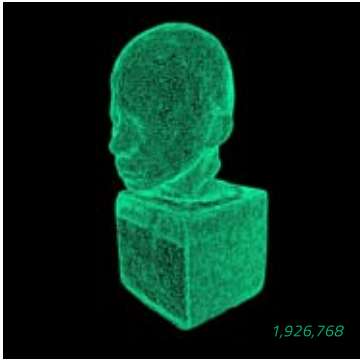





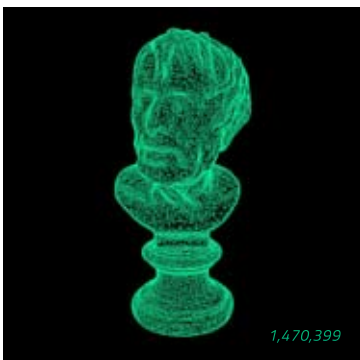

08-639509-A


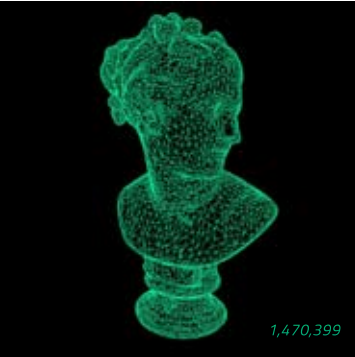


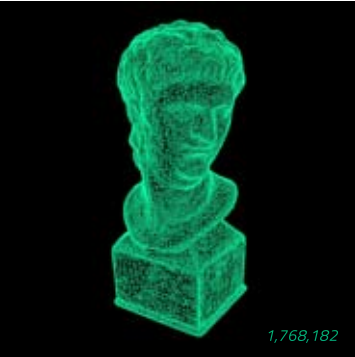


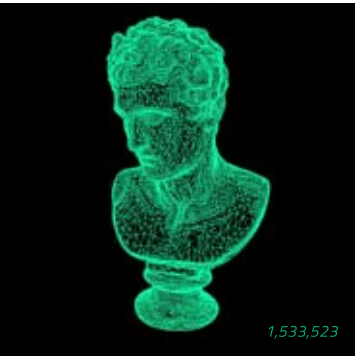

.35 x .28 x .11 m


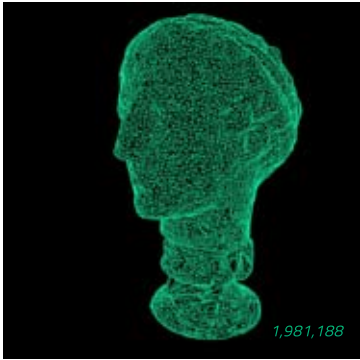



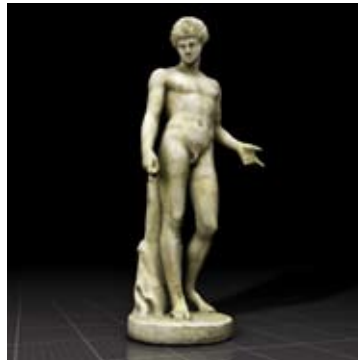

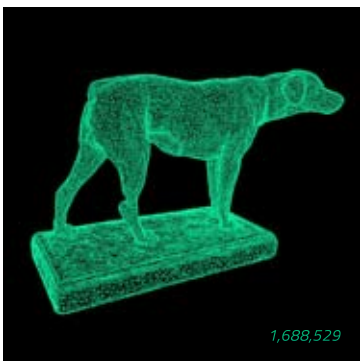




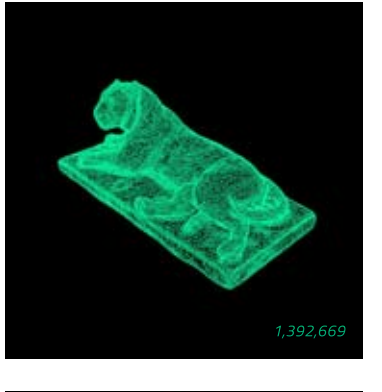





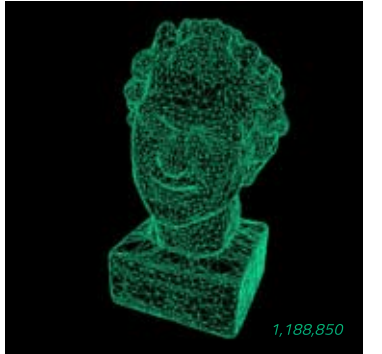

DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>25</p> <p><b>Cabeza de mujer S/I (A)</b></p> <p>08-639288</p>	.37 x .20 x .22 m		 1,922,450	
<p>26</p> <p><b>Ánfora suntuaria francesa S/I</b></p> <p>08-639374</p>	.415 x .20 x .20 m		 1,560,656	
<p>27</p> <p><b>Perseo con la cabeza de Medusa</b></p> <p>08-639373</p>	.91 x .29 x .27 m		 2,352,118	



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>28</p> <p><b>Cabeza de niño con base de cubo</b></p> <p>08-639324</p>	<p>.43 x .18 x .18 m</p>		 <p>1,926,768</p>	
<p>29</p> <p><b>David, busto 1470-1476 "DAVID DE VERROCHIO, MUSEE DE FLORENCE, DAVID... FLORENCE" (A)</b></p> <p>08-639392</p>	<p>.50 x .35 x .215 m</p>		 <p>1,530,646</p>	
<p>30</p> <p><b>Cabeza de Pseudo Sèneca siglo I</b></p> <p>08-639283</p>	<p>.48 x .28 x .30 m</p>		 <p>1,470,399</p>	

DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>31</p> <p><b>Cabeza de Paulina de Borghese</b></p> <p>08-639390-A</p>	.57 x .36 x .25 m		 <p>1,470,399</p>	
<p>32</p> <p><b>Cabeza de Neròn Remesa 1790 S/I (A)</b></p> <p>08-639385-B</p>	.62 x .28 x .21 m		 <p>1,768,182</p>	
<p>33</p> <p><b>Busto del Antinoo Mercurio Remesa 1790 S/I (A)</b></p> <p>08-639371</p>	.60 x .35 x .37 m		 <p>1,533,523</p>	

DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>34</p> <p><b>Cabeza de mujer llamada Labordee</b></p> <p>08-639387</p>	<p>.55 x .33 x .42 m</p>		 <p>1,981,188</p>	
<p>35</p> <p><b>Antinoo Capitolino siglo IV a. C. S/I (A)</b></p> <p>08-639358-E</p>	<p>.63 x .25 x .25 m</p>		 <p>1,052,900</p>	
<p>36</p> <p><b>Perro S/I (C)</b></p> <p>8-639272</p>	<p>.33 x .41 x .19 m</p>		 <p>1,688,529</p>	

DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>37</p> <p><b>Leòn S/I (C)</b></p> <p>08-639157-B</p>	<p>.21 x .54 x .23 m</p>			
<p>38</p> <p><b>San Juan Busto masculino 1475 '1480 S/I (A)</b></p> <p>08-639381</p>	<p>.49 x .38 x .24 m</p>			
<p>39</p> <p><b>Cabeza de Fauno patinado en bronce</b></p> <p>08-789635</p>	<p>.27 x .13 x .15 m</p>			

DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

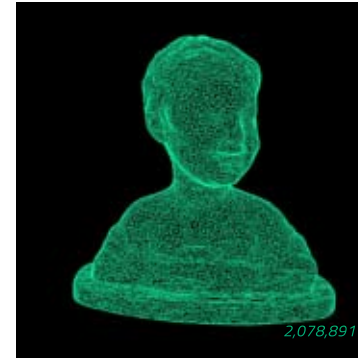
MODELO TEXTURIZADO

40

**Niño que ríe, busto  
1450-1460 (original)  
"2929" (A)**

08-639382

.34 x .35 x .14 m

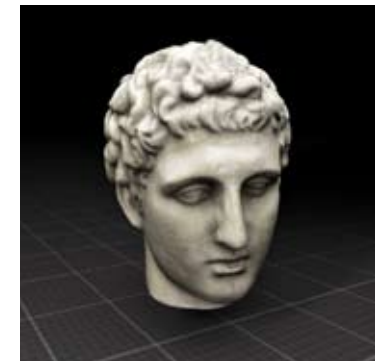


41

**Cabeza de Apolo S/I (A)**

08-639503-B

.30 x .20 x .27 m

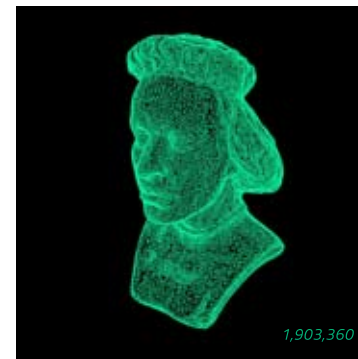






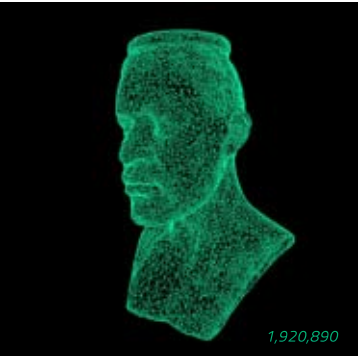



42

**Busto de negra  
"NUBIER" (B)**

08-639425

.39 x .26 x .22 m



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>43</p> <p><b>Busto masculino</b> <b>"MALAYE" (B)</b></p> <p>08-639420</p>	.39 x .28 x .17 m		 <p>1,904,755</p>	
<p>44</p> <p><b>Busto de negro</b> <b>con aro en la cabeza</b> <b>"LULU KAFFA" (B)</b></p> <p>08-639424</p>	.38 x .27 x .19 m		 <p>1,920,890</p>	<p>NO DISPONIBLE</p>
<p>45</p> <p><b>Cabeza sin rostro</b> <b>volteando hacia arriba</b> <b>(material didáctico)</b> <b>S/I (A)</b></p> <p>08-639461</p>	.44 x .26 x .27 m		 <p>2,266,544</p>	

DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

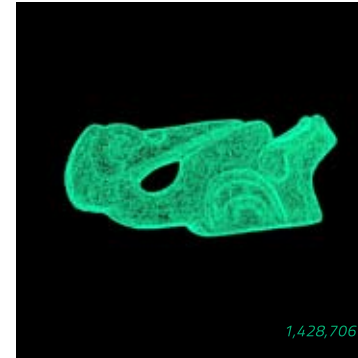
MODELO TEXTURIZADO

46

**Ave de pico largo S/I (B)**

08-639309-D

.41 x .17 x .095 m



47

**"Palma" con la figura de un cocodrilo S/I (A)**

08-639518

.295 x .135 x .11 m

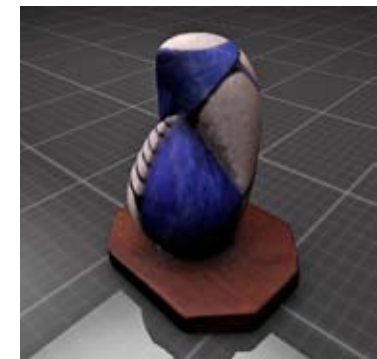


48

**"Maternidad" "F.M." (A)**

08-742693

.29 x .15 x .18 m



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>49</p> <p><b>Buda (contemporánea)</b> <b>S/I (C)</b></p> <p>08-639290</p>	.51 x .63 x .36 m			
<p>50</p> <p><b>Torso femenino S/I (A)</b></p> <p>08-639352</p>	.58 x .24 x .23 m			
<p>51</p> <p><b>Serpiente enroscada con escamas y colmillos S/I (A)</b></p> <p>08-639505-B</p>	.185 x .37 x .37 m			



DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

MODELO TEXTURIZADO

52

**La Libertad Proyecto del Monumento a la Independencia de Antonio Rivas Mercado 1910 S/I (A)**

08-790422

.32 x .105 x .165 m

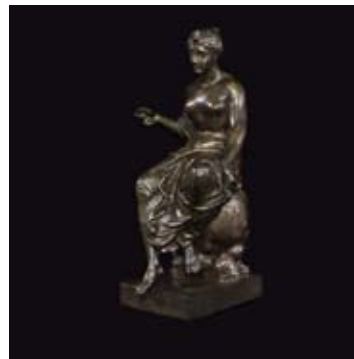


53

**La Paz Proyecto del Monumento a la Independencia de Antonio Rivas Mercado 1910 S/I (A)**

08-671728

.31 x .105 x .16 m






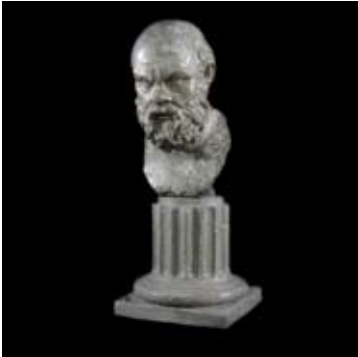





54

**Busto de Caracalla Remesa 1905? "1560" (A)**

08-639386

.70 x .54 x .35 m



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>55</p> <p>Venus de Milo siglo II a. C. Remesa 1867 "REDUCTION MECANIQUE ALLE, COLLAS BREVITTE" (A)</p> <p>08-639498-B</p>	.80 x .30 x .29 m		 <p>3,114,122</p>	
<p>56</p> <p>Cabeza de Sòcrates Escuela de Lisipo 350 a. C. Remesa 1790 S/I (A)</p> <p>08-639278</p>	.81 x .32 x .31 m		 <p>4,250,203</p>	
<p>57</p> <p>Torso femenino Afrodita de Cnidus S/I (C)</p> <p>08-639459-A</p>	.73 x .30 x .22 m		 <p>3,005,938</p>	

DATOS TÉCNICOS

MEDIDAS

FOTOGRAFÍA DIGITAL

MODELO POLIGONAL  
*(polígonos totales)*

MODELO TEXTURIZADO

58

El Día S/I (A)

08-639350-A

.59 x .61 x .24 m



59

La Noche S/I (A)

08-742699

.58 x .65 x .33 m




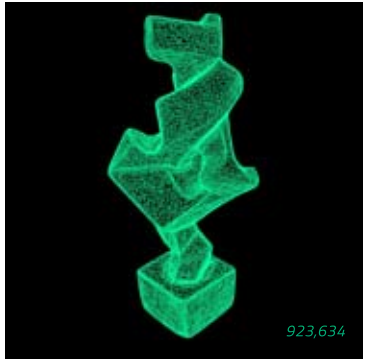





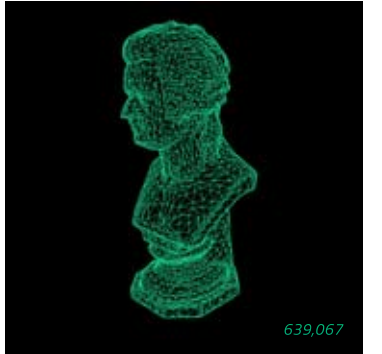

60

Torso de Belvedere,  
torso masculino Esc. de  
Roma del siglo I a. C. S/I  
(A)

08-639265

.65 x .35 x .41



DATOS TÉCNICOS	MEDIDAS	FOTOGRAFÍA DIGITAL	MODELO POLIGONAL <i>(polígonos totales)</i>	MODELO TEXTURIZADO
<p>61</p> <p><b>Construcción abstracta vertical</b></p> <p>08-742698</p>	<p>.52 x .17 x .25 m</p>		 <p>923,634</p>	
<p>62</p> <p><b>Cuerpo dinámico</b></p> <p>Sin inventario</p>	<p>Información no disponible</p>		 <p>1,456,098</p>	
<p>63</p> <p><b>Busto Mozart de porcelana</b></p> <p>Sin inventario</p>	<p>Información no disponible</p>		 <p>639,067</p>	

## 6.2

## PRODUCTOS



Este proyecto se planteó de tal manera que el personal del Departamento de Visualización procesara y posteriormente creara una multitud de productos derivados, incluyendo planos de referencia, animaciones, imágenes estereográficas y nubes de puntos exactas para crear modelos 3D precisos.

Pero más importante, la digitalización de la colección Bodega Posada se concibió para ofrecer a los profesionales del patrimonio un conjunto de herramientas que favorezcan los trabajos de preservación y puesta en valor de los acervos, así como desarrollar aplicaciones que faciliten el acceso abierto a la información; aún cuando esta tarea exige elevados niveles de formación en las tecnologías digitales, es factible comenzar a difundir los resultados obtenidos.

Ahora que, ante la falta de capacitación especializada y aunque se haya implementado un sistema de almacenamiento para gestionar las imágenes y modelos digitales -el repositorio-, el paso lógico y más aconsejable es desarrollar productos controlables, es decir, materiales que simplifiquen las labores de gestión, de seguimiento y de disponibilidad de la información. Estoy hablando de sitios web y bases de datos de acceso limitado, más allá de la producción de materiales multimedia dispuestos a ser distribuidos sin ninguna relación con las necesidades reales del proyecto.

A este respecto, la selección de un sistema adecuado requiere cierta investigación de los productos disponibles en el mercado -el uso de formatos de ficheros normalizados (p.e. el formato *TIFF*), lo que proporcionará independencia del software- la cual debiera ser llevada a cabo por un consultor especializado, que trabaje en colaboración con el personal para identificar las necesidades de la institución. De otro modo se corre el riesgo de publicar el material sin respetar los acuerdos entre el solicitante, el productor de los materiales y los usuarios finales. O en su defecto que se elijan medios anticuados (caso de *CD-ROMs*), situación que provocaría que los datos fueran de entrada inaccesibles porque esta clase de plataforma quedó obsoleta hace un tiempo.

Así que para este proyecto se planteó el diseño y desarrollo de una interfaz de usuario y un sistema de gestión para los productos digitales,

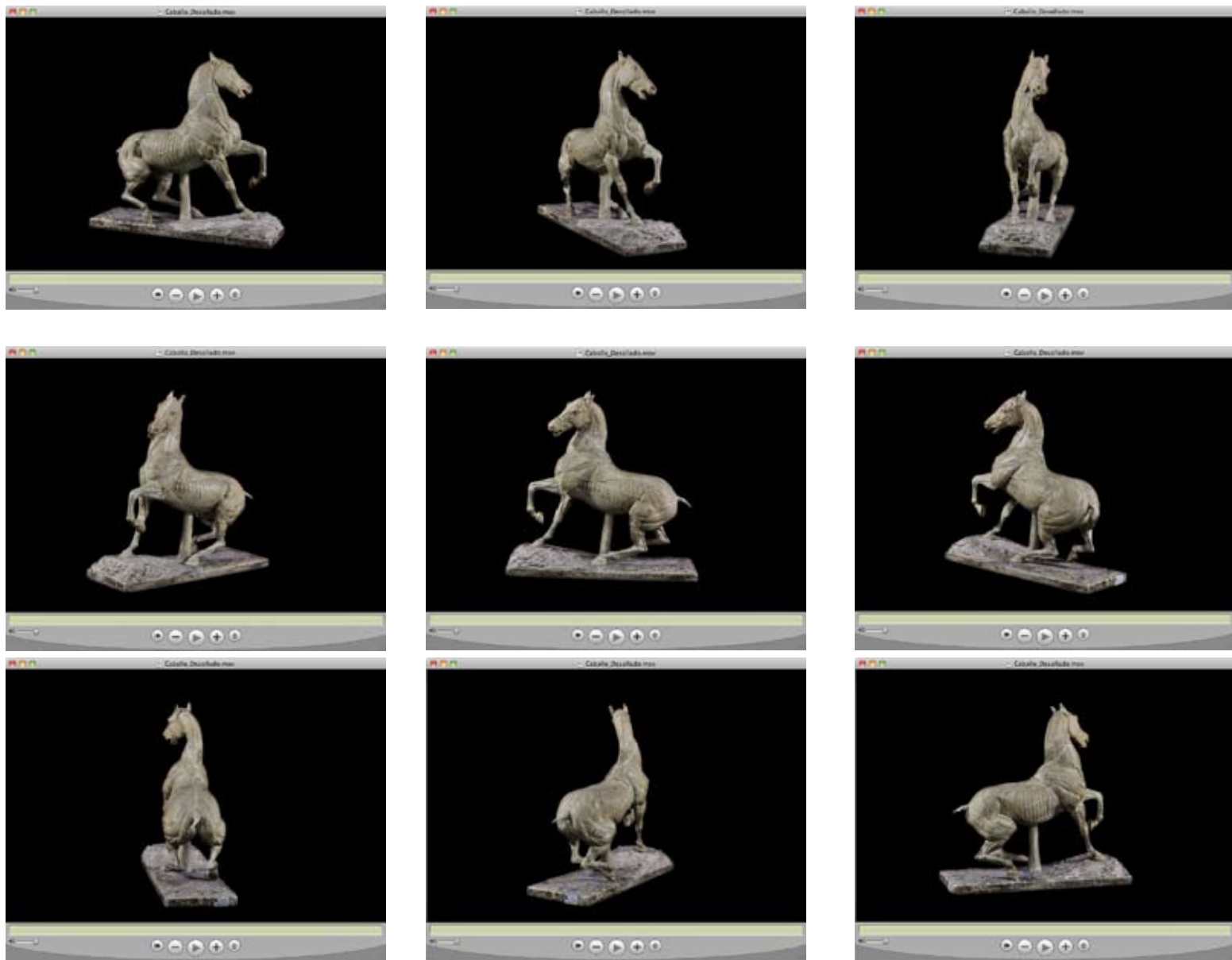
sacando provecho de la infraestructura de redes y banda ancha que se dispone en la DGTIC, lo cual mejoró significativamente el acceso a la información en comparación con medios tradicionales. Sin embargo, el proceso no ha sido sencillo. Como era de esperarse, el establecimiento de un sitio en la web que opere a nivel institucional se ha visto limitado por muchas situaciones.

Un primer problema es no tener control del servidor, ya que los sitios web controlados por la UNAM responden primeramente a las necesidades de la institución por lo que se constituyen como portales que enlazan recursos de información relacionada sin límites ni restricciones. Ciertamente esto conlleva un compromiso adicional pues supone la responsabilidad conjunta de la gestión de los contenidos digitales, condición que hasta el momento no se ha resuelto satisfactoriamente, tanto a nivel administrativo como legal.

Aún así, el surgimiento de nuevos proyectos de digitalización -cada día más recurrentes- está activando un conjunto de mecanismos que favorecen la explotación responsable y rigurosa de la enorme cantidad de materiales digitales que se producen cada año en la UNAM.

Mientras esto sucede, sería conveniente atender a ciertas cuestiones relacionadas con la gestión y seguridad de las colecciones, las cuales podrían ayudar a:

- » Preservar la seguridad, autenticidad e integridad de las colecciones asegurando que los registros pueden exportarse únicamente desde la aplicación asignada.
- » Contar con requisitos de autenticidad que controlen la procedencia y los usos, mediante registros en su formato original y marcas de seguridad.
- » Asociar metadatos contextuales y estructurales siempre revisados y avalados por la dependencia solicitante (en este caso la Antigua Academia de San Carlos). Tal asociación entre metadatos con la imagen o modelo 3D asegura que todos los elementos se muestran como una unidad de recuperación y no pueden ser explotados de otro modo que no sea el dispuesto por la institución.
- » Actualizar periódicamente los medios de acceso ante la inminente obsolescencia tecnológica, que incluye no sólo la migración de los propios datos, sino también renovar las plataformas para asegurar que continuarán siendo accesibles en el futuro.

**FIGURA 4.45****VISOR QUICKTIME VR (VIRTUAL REALITY)**

Se trata de una aplicación interactiva compuesta por un conjunto de fotografías que nos permiten revisar el objeto desde diferentes ángulos y posiciones.

## 6.3

DOCUMENTACIÓN  
DE PROCESOS

Inicialmente, el proyecto planteó profundizar en las relaciones entre arte y tecnología desde una perspectiva integradora, centrándose en el campo de actuación de la digitalización 3D aplicada a la escultura. En otras palabras, el proyecto apostó decididamente por innovar desde el campo de las nuevas tecnologías de registro digital enfocadas a conformar nuevas estrategias y modelos de trabajo que mejoren las labores de conservación y difusión de bienes patrimoniales.

De tal suerte que la práctica consistió en recrear los procesos de registro, catalogación y reproducción de esculturas y piezas artísticas pertenecientes a la Bodega Posada mediante el uso de sistemas de digitalización 3D (en este caso por escaneo láser). El instrumental utilizado, de elevado coste económico, fue suministrado por la DGTIC, permitiendo realizar escaneos tridimensionales dentro de las instalaciones de la Antigua Academia de San Carlos con el fin de exponer sus contenidos.

Los trabajos de post producción se realizaron en las instalaciones del Departamento de Visualización de la DGTIC, haciendo partícipes tanto a alumnos, docentes y administradores en la concepción y ejecución de una primer práctica de digitalización 3D. Por cuestiones de infraestructura y de índole administrativo, los procesos de documentación se realizaron ya como iniciativa propia y cuyo resultado es la presente publicación.

Con lo anterior quiero destacar que el proyecto dependió de la colaboración entre dos dependencias en primer instancia opuestas pero cuyas labores pudieron concentrarse en este proyecto común, en el cual se combinaron aspectos creativos y técnicos en favor de un proceso muy específico: la gestión y difusión de una colección artística. Nos ayudó, por tanto, a conocer las demandas -tanto formativas como tecnológicas existentes-, con el fin de ampliar las capacidades productivas de las dos dependencias.

Por ello este tipo de actuación va encaminada a plantear nuevas colaboraciones y profundizar en las relaciones entre arte y tecnología desde una perspectiva integradora con los planteamientos tradicionales, centrando la atención en campos tales como los procesos de digitalización tridimensional y los procedimientos aplicados a la difusión artística, así

como la docencia. Hablo de aprovechar, por ejemplo, la realidad virtual como recurso didáctico para la comprensión del volumen y su interpretación desde un punto de vista artístico, pues es necesario recordar que esta propuesta surgió con la idea conjunta de reflexionar en torno a las ventajas e inconvenientes del uso y aplicación de estas nuevas tecnologías al servicio de la enseñanza académica y tradicional de las artes, aprovechando a su vez las valiosas herramientas e infraestructura con la que cuenta la UNAM.

Ahora que, como lo planteé en el capítulo introductorio, al tratarse de una práctica pionera fue susceptible de diversos contratiempos y fallos, lo que puede aprovecharse para plantear ciertas mejoras, sobre todo desde el punto de vista técnico.

Así que, a modo de resumen y desde el enfoque tecnológico que rige el modelo de trabajo propuesto, concebido para estandarizar y automatizar el registro de bienes patrimoniales en tres dimensiones, planteo las siguientes conclusiones:

- » Es preciso resaltar la importancia de integrar diversas técnicas de captura (escáner láser, fotogrametría y fotografía digital) para la obtención de modelos óptimos según las necesidades del solicitante.
- » Es también pertinente determinar que el escáner no es la panacea. No existe la técnica perfecta. Lo importante es fusionar las técnicas de forma complementaria de modo que se puedan conseguir unos resultados acordes a los requerimientos de cada caso de estudio. Este primer proyecto ha ilustrado la eficacia de esta técnica que quizás permita a los restauradores y curadores realizar un estudio preciso, además de difundir el patrimonio cultural y artístico bajo estándares de calidad.
- » Combinando esta tecnología con una técnica de adquisición de color o textura adecuada, ya sea por registro fotográfico o utilizando los datos obtenidos por el escáner 3D, es posible generar modelos virtuales fototexturizados mucho más precisos. Esto lo resalto porque la mediana calidad de los registros fotográficos, aunado a su vez al tardado proceso de creación de mapas de textura para los modelos, nos dice que todavía hay aspectos que deben investigarse para mejorar la eficiencia del flujo de trabajo pensando en reducir la cantidad de tiempo y de recursos necesarios (p.e. desarrollar nuevos algoritmos que minimicen el proceso de fototexturizado con fotografías independientes al escáner).

## 4.4 FORMATO DE VIABILIDAD

### HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN PARA PROYECTOS DE DIGITALIZACIÓN 3D

Se ha acometido un primer proyecto de digitalización 3D en favor de las conservación, rehabilitación y difusión de uno de los acervos más importantes del patrimonio cultural universitario; pero lo cierto es que se trata de un procedimiento que está lejos de ser impecable y que sin lugar a dudas puede ser mejorado.

Al considerar que las fallas dentro de los procesos productivos pueden ser imputables, por un lado, a problemas propios del modelo de trabajo y por otro a errores cometidos por los ejecutantes, es evidente que se requiere establecer con criterio una herramienta que nos ofrezca la posibilidad de replicar el mismo proceso con un menor rango de error.

El control de un proyecto consiste en medir sus avances, monitorearlos y compararlos continuamente con lo estimado en la fase de planeación y programación. De otro modo, se corre el riesgo de perder el objetivo del proyecto y con ello provocar el desaprovechamiento de los recursos.

Cuando se tiene dominio de los procesos es posible prever los posibles obstáculos y por ende ser flexibles a los cambios de dirección sobre la marcha sin perder el rumbo del proyecto. Incluso es posible enriquecerlo con procesos que no se tenían contemplados, minimizando los retrasos que se traducen en mayores costos.

Considerando que el principal cometido del presente proyecto consiste en establecer una metodología de producción, la idea siempre ha sido darle continuidad al emprendimiento por medio de nuevos proyectos que puedan basarse en esta experiencia previa y las venideras.

El primer paso para ello, en teoría, sería elaborar un formato que recopile la información necesaria para establecer valoraciones y estimaciones referentes a la viabilidad del nuevo proyecto. Al vaciar dicho formato con datos fiables -proporcionados por el solicitante del servicio, por el equipo ejecutante del proyecto y hasta por los usuarios-, se podrá contar con una valiosa herramienta para reunir y clasificar todos los factores que intervendrán en el proceso, ya sea para establecer la viabilidad del proyecto o para estimar sus alcances.

Contar con una herramienta de tales características está pensado para cumplir dos funciones fundamentales: por un lado, establecer un diagnóstico muy preciso del proyecto a realizar y por otro disponer de un instrumento de evaluación para el mismo, ambos mecanismos de los cuales se puede sacar un máximo provecho para asegurar que los proyectos emprendidos siempre lleguen a buen puerto y estén sujetos a una estricta valoración.

Sin embargo, para formular una herramienta de estimación que regule satisfactoriamente el cúmulo de componentes de un nuevo proyecto, considero que la propuesta debe venir sustentada por una profunda reflexión en torno a diversas consideraciones de índole científico por encima de los aspectos técnicos y administrativos, algunas de ellas surgidas durante esta primer experiencia.

Me gustaría aclarar que este ejercicio de reflexión y sus resultados están planeados para enunciar un conjunto de directrices, recomendaciones y finalmente un útil formato de diagnóstico y evaluación, como modelo arquetípico para abordar nuevos proyectos de digitalización 3D, buscando que la intervención de las nuevas tecnologías en el ámbito de la conservación patrimonial sea de la manera más responsable posible.

#### 4.4.1 ¿EL PASADO CREADO? REFLEXIONES EN TORNO AL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA GESTIÓN PATRIMONIAL

Una de las cuestiones que plantea la producción de recursos virtuales es que, en su afán de resultar atractivos y espectaculares para los usuarios, terminan por constituirse como modelos poco fiables en términos de un rigor académico y carentes de una auténtica utilidad para la docencia y la investigación. Es por ello que quisiera plantear la siguiente reflexión:

*“Existen nuevos cuestionamientos al momento de medir la validez de los resultados de un proyecto de digitalización 3D y se resumen en la pregunta: ¿todo vale a la hora de reconstruir tridimensionalmente una realidad ya desaparecida?”*



Los usos que se le dan a las nuevas tecnologías en la documentación 3D y reconstrucción virtual con fines patrimoniales han sido ampliamente explorados, lo que ha propiciado el desarrollo y la difusión de herramientas más potentes y asequibles para diversos tipos de usuarios, caso de la infoarquitectura, la cual comenzó a utilizarse regularmente como una nueva metodología digital para proyectar hacia el futuro lo que en el presente era sólo un proyecto.

Pensando y proyectando estos nuevos métodos para generar multidisciplinas, la restauración de bienes arquitectónicos o artísticos en el presente a partir de realidades del pasado, es ya una necesidad de cada una de las áreas, con el fin de representar en un espacio virtual 3D todos los elementos que se han perdido o que se encuentran ya muy deteriorados. Actualmente las imágenes y animaciones infográficas son realmente numerosas y es ya un hecho que desde hace un tiempo, diversas universidades imparten la nueva disciplina aún en formación, al ser palpables las múltiples ventajas que implican para las diferentes áreas de investigación.

Ahora que, en estas circunstancias, existe un riesgo en la práctica: recrear algo que quizás nunca existió y que a partir de datos falsos se pueda generar una idea equívoca sobre algún sitio u objeto de valor histórico

Ante esta situación, lo que se pretende es establecer pautas que todo proyecto de digitalización en el ámbito patrimonial debe seguir para no ser presa de los errores y que en lugar de generar conocimiento válido se incurra en evocaciones con poco o nulo rigor.

### La virtualización como herramienta científica de medición

*¿Quién realiza estas reconstrucciones y qué argumentos las sustentan?*

Para ilustrar el punto, propongo el siguiente ejemplo práctico:

Evidentemente, cuando se lleva a cabo el registro y la reconstrucción digital de una edificación de valor arquitectónico en ruinas, la cual puede tener una longevidad de más de mil años, podemos suponer que se ha deteriorado progresivamente hasta el punto de haber perdido gran parte de su información estructural (techos, vigas, paredes) o sobre elementos que hubieran sido clave en sus áreas interiores (mobiliario, decoración). Por tanto, puede ocurrir que se adhieran elementos -de manera digital- de los cuales no existen evidencias contrastadas.



**FIGURA 4.46**

Escaneo 3D con visualización de resultados in situ.

Para que esta invención se ajuste lo máximo a la realidad se debería contar con un registro que aporte la máxima información posible sobre los restos conservados; el riguroso estudio de dicha información puede revelar las funciones a las que en un principio estuvo destinada la construcción.

El echar mano de una metodología respaldada en una disciplina -artística o científica- que aproveche ciertas técnicas como análisis comparativos durante la captura de datos, permitirá realizar interpretaciones mucho más adecuadas. Recursos importados de áreas como la arqueología, por ejemplo la anastilosis, pueden ser realmente valiosos para la reconstrucción de espacios u objetos a partir de estudios metódicos que faciliten revisar, comprobar y verificar las hipótesis planteadas en un principio.

### Recreación como divulgación

En el proceso de reconstrucción virtual se puede hablar de los niveles posibles de restauración para una obra y de los grados para hacer aprehensible (mediante la percepción visual) la interpretación que se le otorga a cada uno de estos, situación que propicia que se terminen por incluir elementos que en realidad no se encuentran en el registro arqueológico pero que es probable se ubiquen allí por descubrimientos en estructuras análogas. Así se pasaría a decir que lo que en realidad sucede es un acto de recreación virtual, en lugar de definirlo como una reconstrucción virtual.

Sin embargo, recordemos que uno de los objetivos primordiales de la gestión patrimonial en los últimos tiempos es ofrecer y generar nuevas vías de acceso; por lo que al referirnos a una estricta reconstrucción digital, hay que tomar en cuenta los distintos modos en que el usuario interactúa con la información gráfica presentada.

Es claro que pocas personas pueden comprender la recreación de un determinado espacio con valor arqueológico, en el que se sucedía una actividad específica y la cual se encuentra carente de los elementos que resultaban habituales cuando ésta se encontraba en funcionamiento. Por ello es recomendable incluir todos los artefactos que probablemente fueron parte de la escena, aún cuando fueran extraídos de otros contextos arqueológicos de similar tipología y cronología, siempre haciendo la aclaración de que su inclusión es simulada y con el fin de enriquecer la información que se presenta. Porque no se trata de que quien genera estos modelos comprenda el objeto de estudio, sino que sea comprensible para todos aquellos usuarios que puedan acceder al mismo.

### Reconstrucción vs recreación

Entonces, este asunto de la recreación virtual suscita algunas interrogantes que deben ser debidamente respondidas para evitar un descontrol en la generación de esta clase de materiales. En este sentido sería interesante saber si existen límites y en base a qué criterios se pueden determinar.

Más allá de simplemente utilizar el sentido común, existen varios condicionantes que deben considerarse y que me parece pertinente diferenciar:

- » Utilizar elementos que estén intrínsecamente relacionados con la estructura exhumada, es decir, no comenzar a inventar elementos constructivos si no hay evidencia de los mismos, como levantar columnas cuando no hay un calce en la basa que así nos lo haga suponer.
- » Emplear elementos presumiblemente existentes en el pasado pero de los que no existe evidencia. Un ejemplo sería la reconstrucción de los dinteles mayas de Tikal extraídos y trasladados a Suiza aproximadamente en el año de 1858, de los cuales podemos deducir a través de su condición de deterioro actual (caracterizado por espacios y ahuecamientos) la continuidad de los elementos ornamentales.



FIGURA 4.47

Escaneo 3D por contacto.



FIGURA 4.48

Reconstrucción digital de una escultura.

- » Ahora bien, emplear medios virtuales para “rellenar” estos huecos actuaría dentro de un rango muy permisivo de autenticidad y bajo hipótesis sin evidencias contrastadas, lo cual finalmente sería un error de interpretación y de recreación del objeto. Podemos generar un material a partir de las piezas con las que contamos, pero no es posible inventar los elementos formales.
- » Adecuar la obra reconstruida a una interpretación cultural y social, sea una copa asociada al ambiente doméstico, una lanza relacionada a un contexto militar o una columna a la disciplina arquitectónica. Y con mayor precisión: *“el estudio de los restos materiales en relación con la diversidad de la estratificación social es esencial”*.<sup>[1]</sup>

### ¿Reconstruimos o recreamos materiales?

Otro de los puntos críticos del proceso de reconstrucción digital donde es fácil recrear elementos de manera errónea es la asignación de materiales. Es común que al momento de texturizar la escena y sus elementos no exista una referencia clara de los mismos, siendo que parte de esta guía está determinada por el proceso de captura, por las posibilidades que nos otorgue la aplicación informática que estemos utilizando o simplemente la misma interpretación de quien lo realiza. Debido a esto, texturizar es una de las tareas más complicadas.

Tenemos casos en que la recuperación de un material resulta imposible, por lo que normalmente se procede a “inventar” las texturas a partir de otras fuentes que puedan garantizar cierta calidad y un aspecto fidedigno en el momento de su vida útil. Otras ocasiones existe la ventaja de que la tarea de registro (normalmente con escáner 3D) puede generar modelos texturizados a partir de fotografías de gran resolución, las cuales permiten la reconstrucción de la textura mediante programas de edición fotográfica.

Este es precisamente el punto en donde la capacidad de análisis y deducción del gestor del proyecto debe entrar en acción, pues la representación virtual que ilustra el objeto de estudio no puede presentarse en su estado actual, caso de una reconstrucción arqueológica antigua o una pieza artística visiblemente deteriorada, ni tampoco llegar al extremo de

reconstruirla hasta un aspecto ideal que no correspondería con la realidad en su momento. Lo mejor sería aproximarse a la configuración de los materiales -en el momento en que eran vigentes- partiendo de estudios y análisis que deben ser realizados por especialistas en la materia.

Un caso interesante es la ofrenda mortuoria maya hallada en años recientes como parte del proyecto “El Culto al Cenote” desarrollado por la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), bajo supervisión del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH-Conaculta)<sup>[2]</sup>, la cual si se trasladara a una escena virtual para estudiarse, sería un excelente ejemplo para ilustrar lo que comento. Al tratarse de una ofrenda compuesta por los objetos propios del ritual, ya sean restos humanos, vasijas, cuentas y cuchillos de diversos materiales, incluso huesos, sería necesario recrear cómo estos se encontraban dispuestos en su momento. Y más que eso, debieran tomarse en cuenta aspectos tan relevantes como las cenizas de carbón despedidas, los pigmentos adheridos a las piezas o las condiciones de humedad que se advierten en el montaje de la misma. Ninguno de estos elementos sería propio de los materiales a los cuales se incorporaron, pero resultarían clave para revelar e interpretar correctamente el uso al que estaban destinados y cómo eran utilizados.

Atender todos estos detalles puede ser el valor diferencial para poder crear materiales propios de una didáctica de la imagen, que es a fin de cuentas el propósito de la restauración por medios digitales.

### 4.4.2 DIRECTRICES Y RECOMENDACIONES PARA ELABORAR UN PLAN DE DIGITALIZACIÓN 3D

Es innegable que muchos centros culturales que resguardan obra patrimonial desearían acometer proyectos de digitalización pero carecen de la experiencia, lo que muchas veces resulta en emprendimientos fallidos. Quizás haga falta una guía práctica como herramienta de trabajo para la planificación de proyectos de digitalización, pero para concretar un instrumento que funcione como tal primero, es indispensable determinar algunas normas (a modo de sugerencias) antes de comenzar un proyecto de digitalización.

[1] SCOPIGNO R. et al. (2003). **Using optically scanned 3D data in the restoration of Michelangelo’s David. Optical Metrology for Arts and Multimedia.** Proceedings of the SPIE, Vol. 5146, pp. 44-53.

[2] **Hallan ofrenda mortuoria en cenote de Chichén Itzá.** El Universal en línea. Martes, 24 de Mayo de 2011  
 Texto disponible en <<http://www.inah.gob.mx/boletines/14-hallazgos/5048-hallan-ofrenda-mortuoria-en-cenote-de-chichen-itza>> [Consultado: de 2014]

Me parece que ha quedado patente que cuando se planifica un proyecto de digitalización es útil tener en cuenta las experiencias previas de otros grupos de trabajo, aunque para que esto suceda es de vital importancia que estén disponibles para su consulta, condición que no se cumple en muchos de los casos.

Por esta razón, además de diseñar un modelo de trabajo para levantamiento de datos, lo que me interesa es reunir un conjunto de normas y criterios que permitan tomar mejores decisiones a los usuarios que buscan aprovechar las tecnologías digitales en favor del patrimonio.

La lista que engloba estos principios contempla cuatro categorías:

- » **Complejidad:** realizar un diagnóstico cuantitativo en lo referente a tiempos de trabajo y cantidad de piezas y sus características generales (dimensiones, materiales, etc).
- » **Objetivos:** plantear objetivos y metas muy precisos y claros para el equipo de trabajo, de manera que se puedan medir con absoluta precisión cada uno de los puntos de avance del proyecto.
- » **Relevancia:** definir las metas y su capacidad de inserción en las finalidades de la comunidad beneficiada, en cuanto a durabilidad, trascendencia y capacidad de difusión.
- » **Viabilidad:** evaluar las posibilidades de conseguir los objetivos tomando en cuenta si es posible llevarlo a cabo satisfactoriamente y en condiciones de seguridad a partir de los recursos disponibles (capacidad operativa, implicaciones institucionales, mecanismos de control, etc).

Para encauzar con amplio sentido estas consideraciones, es recomendable realizar las siguientes acciones:

- » Determinar con la mayor claridad posible las necesidades de la digitalización.
- » Analizar las necesidades técnicas del programa de digitalización.
- » Establecer los requisitos técnicos, definiendo la calidad deseada y por consiguiente los equipos a utilizar.
- » Definir los estándares para la producción y evaluación de los productos, con la finalidad de garantizar la integridad y consistencia de los mismos.

- » Seleccionar a conciencia los objetos a digitalizar, considerando siempre la relevancia histórica y estado de conservación, así como la demanda de la cual son objeto, conjugando las necesidades de los usuarios actuales con las necesidades potenciales de los futuros.
- » Prestar especial atención a la situación legal de la obra que se pretenda digitalizar en relación con los derechos de autor, así como los aspectos referidos al acceso de los usuarios a las imágenes y cualquier otro condicionamiento jurídico.
- » Seleccionar un estándar para la redacción de metadatos, necesarios para hacer accesibles y comprensibles los fondos digitalizados.
- » Establecer una política clara de uso y acceso a los documentos digitalizados.
- » Si es posible, impulsar la formación de personal para la gestión de los fondos digitalizados, mediante la implementación de las acciones docentes que correspondan.

También resulta claro que los distintos objetivos con que se aborda la digitalización condicionan por completo los parámetros: no es lo mismo tener como objetivo la sustitución completa del original por la imagen, pensando en eliminar el original y conservar la copia digital, que plantear la digitalización como un sistema de consulta en línea cuando se trata de una colección que tiene valor intrínseco y que, por el contrario, se desea conservar mejor para el futuro.

La posibilidad de utilizar una colección de imágenes digitales no sólo depende de las normas de conversión y de los controles de calidad sino también de cómo se gestione la colección. Si el objetivo no se limita a satisfacer las necesidades a corto plazo sino además proporcionar acceso a lo largo del tiempo, deben tomarse medidas para satisfacer tanto el uso actual como las expectativas de los futuros usuarios.

En este sentido habría que tener en cuenta que el contexto tecnológico se encuentra en constante evolución, generando cambios a diario y motivando una incesante innovación no sólo de productos digitales sino de los mismos servicios que los generan. Los medios que hoy son accesibles en cuanto a precio se enfrentan a ser obsoletos en muy poco tiempo, así como los formatos para su acceso. En este escenario no es posible prever si serán asequibles por cuánto tiempo y por eso insisto en el tema de la actualización. Si se comprende esto será posible abordar con garantía técnica toda clase de proyecto de digitalización que se pueda proponer.

### 4.4.3 FORMULARIO

Dada la envergadura de esta clase de proyectos, el esfuerzo presupuestario y de personal para llevar a cabo estas tareas y por las repercusiones que ha de generar en la difusión del patrimonio, debiera de estar sujeto a una serie de recomendaciones, directrices o pautas que ayuden a los ejecutantes a planificar con el objetivo de optimizar los recursos existentes, lograr la máxima visibilidad de la información digitalizada a través de los diversos medios disponibles y permitir el intercambio dinámico de dicha información.

A la vista de esta necesidad, la cual para este proyecto es patente y se constituye como el obstáculo más importante para la viabilidad y pertinencia de los trabajos de digitalización en la UNAM, los esfuerzos de esta iniciativa para digitalizar la obra resguardada en la Antigua Academia de San Carlos, en Coordinación con el Departamento de Visualización de la DGTIC y de la Dirección General de Patrimonio Universitario (DGPU), se centran en emprender el diseño e implementación de una eficaz herramienta de análisis y valoración que nos permita determinar de manera coherente la viabilidad de los proyectos de digitalización que se están abordando y promoviendo en diferentes dependencias y centros de investigación.

Está claro que la propuesta sólo se afianzará por medio del establecimiento de mecanismos concretos, así que propongo que se inscriba dentro de un depósito de datos, o para ser más específico, en un formato que acopie la información relevante para la formulación sostenible de proyectos de digitalización 3D.

Así que pensando en consolidar su impacto en el quehacer académico y extender su utilidad a otras dependencias, será necesario graficar todas las decisiones tomadas en un esquema de control que ajuste a la realidad los planes originales de cada nuevo acervo o colección en cuestión. Con objeto de entender este proceso, presento el formulario que se desarrolló partiendo de nuestro proyecto piloto.

Lo denomino Formato de diagnóstico y evaluación para proyectos de digitalización 3D de colecciones y fondos del patrimonio cultural universitario, en particular para aquellos custodiados por la Facultad de Artes y Diseño. Al crear un único punto de acopio que funciones para distintas dependencias o instituciones, ayudará de manera muy significativa a enfrentar el obstáculo más frecuente para satisfacer la demanda de acceso.

Basándome en los contenidos de los denominados **Principios de Sevilla**<sup>[3]</sup> (un conjunto de recomendaciones internacionales aplicables al campo de la Arqueología Virtual presentando por un grupo de trabajo compuesto por más de doscientos equipos de investigación y empresas internacionales), esbozo a continuación una serie de fundamentos y criterios sobre los cuales se podría afirmar la pertinencia de un proyecto de digitalización patrimonial.

---

[3] Texto disponible en <<http://www.arqueologiavirtual.com/carta/wp-content/uploads/2012/03/BORRADOR-FINAL-FINAL-DRAFT.pdf>> [Consultado: enero de 2015]

**Principio 1. Interdisciplinariedad**

Cualquier proyecto que implique la utilización de nuevas tecnologías en el campo de la gestión patrimonial, ya sea para investigación, documentación, conservación o difusión, debe de estar avalado por un equipo de profesionales procedentes de distintas ramas del saber.

**Principio 2. Finalidad**

Previo a la formulación de cualquier proyecto de digitalización patrimonial, debe quedar totalmente claro cuál es la finalidad última del emprendimiento, buscando mejorar aspectos técnicos relacionados. Además de esclarecer cuál es el objetivo o finalidad principal, siempre será necesario definir objetivos más concretos que sirvan para conocer con mayor exactitud cuál es el problema o problemas que se pretenden resolver.

**Principio 3. Complementariedad**

El proyecto debe de ser entendido como un recurso complementario, no como medio sustitutivo de otros instrumentos de gestión más clásicos pero igualmente eficaces. Por ejemplo, la restauración virtual no debe aspirar a sustituir a la restauración real al igual que la visita virtual no debe aspirar a sustituir a la visita real. En su lugar se deben buscar vías de colaboración con otros métodos y técnicas de distinta naturaleza que ayuden a mejorar los actuales procesos de investigación, conservación y difusión del patrimonio arqueológico.

**Principio 4. Autenticidad**

Los procesos de digitalización trabajan de manera habitual reconstruyendo o recreando espacios, objetos y situaciones del pasado tal y como se considera que fueron. En este sentido, la autenticidad debe ser un concepto operativo permanente para cualquier proyecto de digitalización patrimonial. Cuando se realicen restauraciones o reconstrucciones virtuales se debe mostrar de forma explícita o bien mediante interpretación adicional los distintos niveles de veracidad en los que se sustenta la intervención.

**Principio 5. Rigurosidad histórica**

Para lograr unos niveles de rigurosidad y veracidad histórica óptimos, cualquier forma de digitalización debe estar sustentada en una sólida documentación histórica y arqueológica, entendiendo que todas las fases históricas registradas durante la investigación tienen un gran valor.

Por ejemplo, el entorno, contexto o paisaje asociado a un resto arqueológico es tan importante como el resto arqueológico en sí. No se pueden mostrar sistemáticamente ciudades sin vida, edificios solitarios o paisajes muertos, pues ese sería equivalente a un falso histórico.

**Principio 6. Eficiencia**

El concepto de eficiencia aplicada al campo que nos ocupa pasa inexorablemente por lograr una ajustada sostenibilidad económica y tecnológica. Usar menos recursos para lograr cada vez más y mejores resultados será la clave de la eficiencia. Se debe apostar por recursos que, aunque en un primer momento signifiquen una elevada inversión inicial, a largo plazo impliquen un bajo coste de mantenimiento económico y una alta fiabilidad de uso. Y también es importante que, en la medida de lo posible, se aprovechen los resultados obtenidos por proyectos de digitalización anteriores, evitando la duplicidad, es decir, la realización de los mismos trabajos dos o más veces.

**Principio 7. Transparencia científica**

Todo proyecto debe de ser esencialmente transparente, es decir, contrastable por otros investigadores o profesionales, ya que la validez del trabajo dependerá en gran medida de la capacidad de otros para confirmar o refutar los resultados obtenidos. Asimismo es imprescindible promover la publicación de los resultados de los proyectos en cualquier medio editorial y de divulgación científica para conocimiento, revisión y consulta de la comunidad científica internacional y de la sociedad en general.

**Principio 8. Formación y evaluación**

Esta clase de proyectos deben estar basados en sólidas bases teóricas (científicas o artísticas) y como tal requiere de programas específicos de formación y evaluación. Por lo tanto cualquier proyecto deberá medirse en función de la rigurosidad con la que haya sido elaborada y no de la vistosidad de sus resultados.

**El cumplimiento de todos los principios determinará que el resultado final de un proyecto de digitalización patrimonial pueda ser medido en términos de calidad.**

A modo complementario, para definir estos aspectos valdría la pena hacerse las siguientes preguntas:

**¿Está el proyecto?**

- Dirigido por el usuario (alta demanda de acceso)
- Dirigido por la oportunidad (recursos disponibles)
- Dirigido por la preservación (alta demanda de materiales)
- Dirigido por los beneficios (a cuántos grupos se favorece)

**¿Se cuenta con?**

- Los recursos financieros
- Los recursos humanos
- La infraestructura técnica
- La capacidad operativa

**¿Se ha llevado a cabo?**

- Un estudio de rendimiento
- Un estudio de los derechos de propiedad intelectual
- Un estudio de viabilidad
- Un estudio técnico

**¿Se mejora?**

- El acceso a un fondo concreto
  - Las herramientas disponibles
  - Los procesos de investigación
  - La docencia
-

## 5. DIFUSIÓN Y PROYECCIONES

### MEDIOS DE ACCESO A LOS MATERIALES GENERADOS

#### 5.1 COLECCIONES UNIVERSITARIAS

##### INTEGRACIÓN AL ACERVO INSTITUCIONAL

Consciente de que el éxito de este proyecto de digitalización patrimonial depende directamente de su capacidad de implementación no sólo a nivel particular sino institucional, lo que implica un enorme esfuerzo de coordinación, vinculación y trabajo cooperativo, lo he planteado desde un principio como un modelo que tenga la capacidad de ensamblarse con las labores de otras dependencias, entre otras, la Dirección General de Bibliotecas, dependencia encargada de coordinar el Sistema Bibliotecario de la UNAM, así como nuevas iniciativas entre las que destaca la Coordinación de Colecciones Universitarias Digitales (CCUD).

La idea, además de incentivar la creación de una serie de directrices, correctamente planteadas y discutidas, es que los resultados de la digitalización puedan insertarse a una dinámica de divulgación de la forma más amplia posible, aplicables tanto a la difusión científica como cultural. El objetivo es poner al alcance de la comunidad universitaria los instrumentos que faciliten las tareas de restauración y conservación digital y, a su vez, la asimilación de las tecnologías de la información en beneficio del quehacer académico. Pues la dotación de recursos digitales que diversifiquen y complementen la función de las colecciones, ya sean resguardados en bibliotecas, acervos artísticos o bases de datos científicas, constituye un aspecto fundamental en su proceso de crecimiento y desarrollo.

##### 5.1.1 REALIDAD INSTITUCIONAL

Es sabido que existen diversas iniciativas dentro de la UNAM que se han consolidado en los últimos años para recaudar toda la información que se genera por medios digitales, entre las que destacan la Coordinación de Colecciones Universitarias Digitales (CCUD) y la Red de Acervos Digitales UNAM (RAD UNAM), ambas propuestas de el Instituto de Biología.

Concebidas en respuesta a la necesidad de reunir en un depósito común de información, todos los datos, catálogos y colecciones universitarias pero de una manera homologada y accesible, es que se constituyeron como una ciber-infraestructura avalada por la Secretaría de Desarrollo Institucional de la UNAM.<sup>[1]</sup>

Es interesante revisar la manera en que se gestó la idea desde el ámbito científico ya que sus intenciones perfectamente pueden rescatarse para trabajos de conservación y gestión patrimonial, como un aparato institucional que facilite la integración, interacción y aprovechamiento de las colecciones existentes en los acervos universitarios.

Observemos que se trata de un sistema que inicialmente se planteó como una plataforma para recabar la inmensa cantidad de información que se genera en el Herbario Nacional de México (MEXU), el cual custodia la colección más importante de plantas y biodiversidad vegetal del país. Estamos hablando de más de un millón y medio de ejemplares, al cual se agregan año con año más de 20 mil muestras. Proyecto que se ha apoyado de manera significativa en los esfuerzos de recolección y catalogación por medios digitales, contribuyendo a su vez a nuevos avances científicos, pues contar con una fuente primaria de consulta es un respaldo invaluable para el desarrollo de nuevas investigaciones, no sólo sobre ecología y botánica como se ha hecho hasta ahora, sino en conservación de bienes.<sup>[2]</sup>

[1] Véase Gaceta UNAM. 7 de febrero de 2013.

Texto disponible en <<http://www.acervo.gaceta.unam.mx/index.php/gum10/issue/view/1128/showToc>> [Consultado: febrero de 2015]

[2] Véase Boletín UNAM-DGCS-678. 22 de noviembre de 2014.

Texto disponible en <[http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2014\\_678.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2014_678.html)> [Consultado: marzo de 2015]



### 5.1.2 GESTIONES REQUERIDAS PARA SU INTEGRACIÓN

Presuntamente el paso subsecuente al proceso de digitalización de una colección es realizar la publicación del material generado y asegurar su acceso e interacción con los usuarios. Pero seamos conscientes de que estar en capacidad de incorporar el esfuerzo realizado, materializado en una primer colección digital tridimensional obtenida con la metodología propuesta, al acervo que se maneja a nivel institucional a través de la Coordinación de Colecciones Universitarias Digitales (CCUD) dependerá de algunos factores importantes: su pertinencia, calidad y validez según los estándares establecidos.

Para este cometido existe ya un sistema para la recolección de archivos digitales, conocida como la *Plataforma de Digitalización de Colecciones* <sup>[3]</sup>, la cual básicamente se almacena el acervo de flora y fauna que se produce para las colecciones científicas nacionales.

Este sistema, que en este momento se encuentra en una fase de desarrollo, pretende constituirse como una herramienta de captura de ejemplares, principalmente biológicos. Lo interesante del modelo es que el sistema ofrece un módulo de supervisión en tiempo real, esto quiere decir que se pueden reportar observaciones de los ejemplares capturados.

Todo mediante interfaces de registro intuitiva que contemplan tres pasos fundamentales:

- » **Captura:** ingreso a la colección, incluyendo todos los datos correspondientes: taxonomía, geografía, información de la colecta y una imagen digital.
- » **Monitores:** los datos se complementan con estadísticas que se comparan constantemente con otros ejemplares ya incluidos en el sistema.
- » **Gestor de reportes:** para informar errores que surjan en una captura, principalmente para regular la pertinencia de los contenidos.

Todo gestionado a partir de un servicio web e interfaces disponibles en línea todo momento.

[3] **Plataforma de digitalización de colecciones desarrollada por la CCUD.** (2013).

MA.CCUD/ODT/001/2013/A.

Texto disponible en <[http://ccud.unam.mx/plataforma-digitalizacion-colecciones/descripcion\\_plataforma\\_captura.pdf](http://ccud.unam.mx/plataforma-digitalizacion-colecciones/descripcion_plataforma_captura.pdf)> [Consultado: marzo de 2015]

### 5.1.3 DIFUSIÓN CULTURAL

Aunque la red informática planteada por la CCUD contempla la participación de cada entidad universitaria, pues ciertamente cuenta con la capacidad de incorporar toda clase de información y sistematizarla de manera transversal en las diversas áreas del conocimiento, también es manifiesto que dicha transversalidad con los acervos de Humanidades y Difusión Cultural está por demostrarse.

De cualquier forma, la plataforma de recolección propuesta por la CCUD, que en principio está dirigida a la gestión de ejemplares biológicos, puede servir como base para la inclusión de archivos culturales; o en su defecto como una buena referencia para resolver los problemas comunes a los cuales nos enfrentamos al momento de producir colecciones digitales, como es la falta de viabilidad.

Por ejemplo, es indudable que muchas de las consideraciones que establece la CCUD han estado y estarán presentes en todos aquellos proyectos de digitalización emprendidos en la UNAM; sin embargo, de los proyectos que se tiene conocimiento, encontramos que no todos están disponibles en la red para el acceso público y se observa una muy clara tendencia a generar formatos que no garantizan plenamente su consulta, ya sea porque son sistemas no aplicables para toda área del conocimiento, pero sobre todo porque en muchos casos no se están contemplando las regulaciones legales necesarias para proteger el buen uso de los materiales.

Por ello estoy convencido que la accesibilidad a las colecciones digitales en el ámbito patrimonial pueden incorporar nuevas funciones para una mejor integración, sea cual sea su procedencia. Me refiero a importar medios estandarizados que ya se utilizan en el ámbito de la gestión patrimonial, como las tecnologías de indexación, etiquetado de datos, así como el desarrollo de servicios web.

### 5.1.4 NORMATIVAS PATRIMONIALES EN LA UNAM

Ahora bien, en la UNAM las acciones de acceso al patrimonio se mueven en un complejo entramado jurídico y obedecen a una particular comprensión social de sus funciones. Así, los archivos cuentan con un marco jurídico de alcance institucional, el cual se puede consultar en las normativas establecidas por la Dirección General de Patrimonio Universitario (DGPU), la cual se encarga, en general, de registrar y controlar el patrimonio mobiliario e inmobiliario

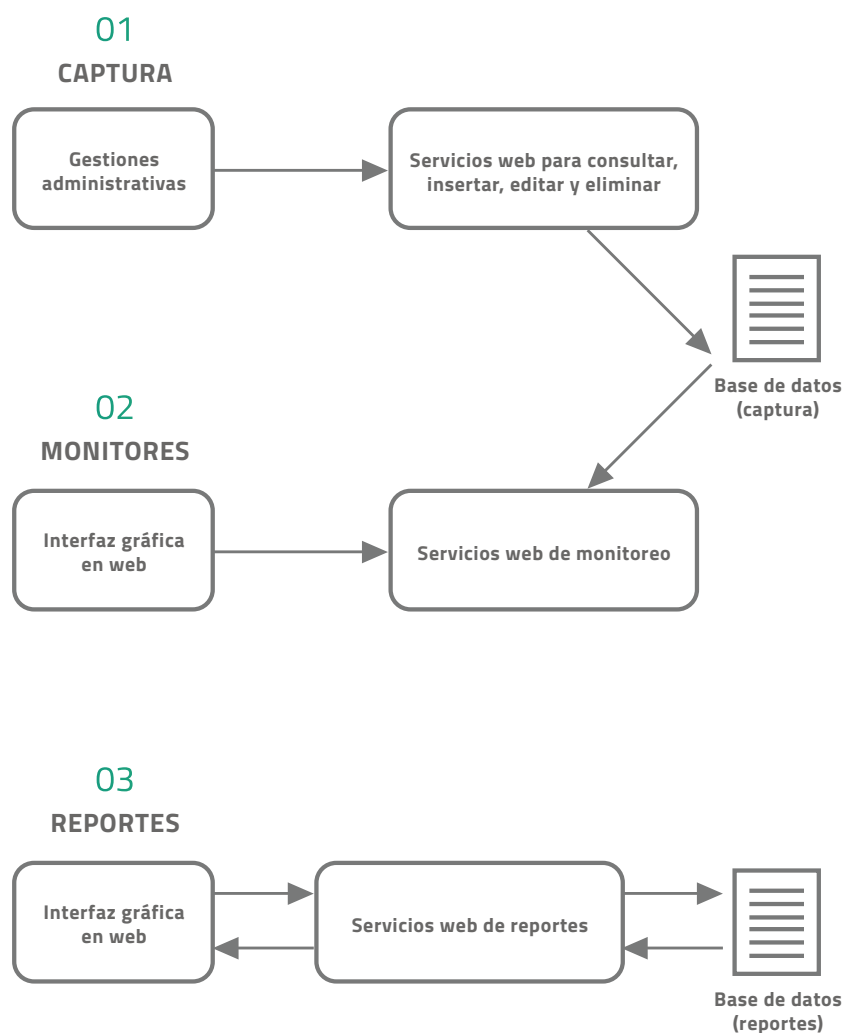


FIGURA 5.1

Diagrama de módulos, CCUD.

de la UNAM, por medio de vigilar el cumplimiento de las disposiciones y la normatividad requerida para su control y preservación. Por ejemplo, el acceso a los objetos que conforman el patrimonio cultural universitario está regulado por el *Manual para el Control y Movimiento del Patrimonio Artístico y Cultural de la UNAM* [4], documento que describe a detalle el conjunto de directrices debidamente integradas, para controlar y dar seguimiento de manera integral a los movimientos de la obra artística y cultural de la UNAM: desde su adquisición o donación, asignación, transferencia, préstamo, devolución, baja, inventario de alta (pre registro y verificación), conciliación, reproducción, así como el préstamo de obra artística realizado a instancias externas para exhibiciones. También se regula la protección y el buen estado del patrimonio a través de la contratación de pólizas que le protegen.

Dicha información se encuentra vertida en el *Manual sobre Seguros Patrimoniales* [5], en el cual se pueden consultar todos los trámites que deben realizar las dependencias y entidades universitarias, en el momento de presentarse algún siniestro.

### 5.1.5 PROPUESTA DE DIVULGACIÓN

Decía al principio de este escrito que una de las principales razones por las cuales las instituciones culturales y educativas de México han comenzado a emprender proyectos de digitalización para difundir sus colecciones responde a un intento por democratizar el acceso a los bienes patrimoniales, entendido en una visión contemporánea como el derecho cultural de todo individuo a disfrutar y acceder a los elementos que comprenden su herencia patrimonial.

Si consideramos que los bienes culturales, sea cual sea su naturaleza (documentos históricos, obra artística o bienes inmuebles) como tesoros patrimoniales de índole cultural, entonces estaríamos también reconociendo que podrían ser considerados como objetos cuyo acceso y disfrute debe tratarse como un derecho cultural inalienable.

[4] Texto disponible en <[http://www.patrimonio.unam.mx/patrimonio/descargas/manual\\_control.pdf](http://www.patrimonio.unam.mx/patrimonio/descargas/manual_control.pdf)> [Consultado: febrero de 2015]

[5] Texto disponible en <[http://www.patrimonio.unam.mx/patrimonio/descargas/manual\\_seguros\\_patrimoniales.pdf](http://www.patrimonio.unam.mx/patrimonio/descargas/manual_seguros_patrimoniales.pdf)> [Consultado: febrero de 2015]

Por otro lado, los derechos culturales a los que refiero no son inherentes a la naturaleza humana sino programáticos; es decir, que deben ser implementados gradualmente; de ahí que sea la misma institución y sus mecanismos de actuación quienes a fin de cuentas deben realizar las acciones necesarias para garantizar su pleno ejercicio.

Bajo este enfoque, por tanto, todo proyecto de digitalización tendría que incluir la garantía de participación de todos los probables usuarios, por lo menos del ámbito cultural, con la consiguiente obligación de la institución de difundir y desarrollar medios para respaldar este intercambio. Para ello se requerirá el aval y la actuación coordinada con las autoridades de la UNAM, a todos sus niveles.

Sin embargo, dado el carácter tan reciente que ostentan los proyectos de digitalización de colecciones en el ámbito universitario, nos enfrentamos a un vacío normativo, pues en las legislaciones elaboradas por las dependencias competentes aún no es posible hallar referencias concretas a la función de los proyectos de digitalización como acciones que resguardan nuestra memoria histórica y cultural.

Para revertir esta situación será necesario construir un escenario en el que comiencen a reconocerse los derechos culturales a partir del uso de las nuevas tecnologías para el registro y difusión del patrimonio cultural universitario. Creo que estamos en el camino, pues esta particularidad ha impulsado nuevas visiones de comprensión, reconocimiento y establecimiento de derechos culturales, de acuerdo a las diversas dependencias universitarias que se han involucrado en el tema.

Este panorama, que pareciera dificultar el diseño y la aplicación de proyectos de digitalización con fines culturales, ha resultado ser también una guía para garantizar el ejercicio pleno de estos derechos a largo plazo; ya que la suma de distintos proyectos de digitalización, cada año más recurrentes en el medio académico, fomentará invariablemente que las autoridades universitarias establezcan estándares normativos aplicables a todas las dependencias que tienen entre sus funciones la custodia de bienes y que los productos digitales que se generen en cada proyecto puedan actuar en una dinámica de interoperabilidad en toda la UNAM.

### 5.1.6 MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Como espero haya quedado claro, resulta imposible y hasta peligroso disponer de objetos patrimoniales sin antes haber establecido mecanismos inalterables que actúen en concordancia con las normativas que ya operan en la institución.

Para acatar tales disposiciones, considero de una importancia vital emprender las siguientes acciones:

- » Establecer las normas que definan el nivel de acceso para los usuarios de la información.
- » Definir las responsabilidades que se derivan de este derecho para quien accede, pero también para quien custodia.
- » Delimitar las condiciones pertinentes para garantizar una dinámica responsable, considerando que en muchos casos el acceso se encuentra restringido dada la fragilidad de los materiales y su estado de conservación.

Fijar estas normas generales de regulación, entre muchas otras, eventualmente nos permitirán normalizar el acceso para personas o grupos que cumplan con los requerimientos establecidos por las instituciones. Esta acción es relevante pues en muchas bibliotecas y archivos las cuestiones relativas al acceso a materiales originales se debaten constantemente entre la conservación de los objetos patrimoniales para poder heredárselos a las generaciones venideras y su obligada utilización como fuente de información, la cual podría poner en riesgo la misma conservación que justifica la restricción.

## 5.2 REPOSITORIO UNIVERSITARIO PARA LA GESTIÓN DE MODELOS DIGITALES 3D

Me entusiasma afirmar que, al momento de redactar estas líneas, la emergente actividad que en el campo de la restauración del patrimonio, principalmente arquitectónico pero también artístico, y que surge como resultado de una progresiva toma de consciencia de la comunidad universitaria para poner en valor el patrimonio cultural y los beneficios institucionales que conlleva, ha motivado el interés de impulsar iniciativas de digitalización como la que se presenta en este trabajo de investigación.

Como he recalcado a lo largo de capítulos anteriores, es trascendental el poder formalizar y darle continuidad a esta clase de proyectos, en aras de establecer una sólida plataforma de producción, manejo y difusión de materiales digitales, especialmente para que no dependan de los procedimientos que provee actualmente la UNAM, claramente insuficientes en este preciso instante, sino de nuevas propuestas mayormente acordes a los requerimientos específicos de la gestión patrimonial.

A partir de esta idea es que llego a la conclusión de que el paso alterno a las vías que actualmente nos ofrece la institución, es la constitución y puesta en marcha de un repositorio general de modelos digitales 3D, el cual concentre, organice, coordine y normalice los diversos esfuerzos de digitalización tridimensional de acervos que año con año se suman a la lista de proyectos universitarios.

El resultado esperado sería un catálogo de consulta abierta que reuniera los registros de proyectos y los productos derivados, que poco a poco en su acumulación (de manera regulada) constituyeran un primer conjunto de archivos digitales registrados con la metodología propuesta y en todo momento accesibles a través del mismo sistema.

Esta base de datos podría considerarse un ente vivo que se puede consultar -pero también administrar- por personal cualificado, alimentando y enriqueciendo sus recursos de manera ilimitada.

Creo firmemente que una eficaz implantación de los nuevos sistemas de gestión de datos supondría un avance muy significativo para garantizar el acceso por parte de los investigadores, docentes y estudiantes de la comunidad universitaria.



**FIGURA 5.2**

Centralización de información digital

### 5.2.1 PLANTEAMIENTO

A partir de la experiencia en el Departamento de Visualización Científica de la DGTIC he sido consciente de las posibilidades y las ventajas que puede reportar un proyecto de digitalización dirigido a la puesta en valor de objetos de valor patrimonial, en este caso relacionados con desarrollo histórico de la escultura en México.

De entrada he planteado una iniciativa para digitalizar un muestreo del contenido de la Bodega Posada de la Antigua Academia de San Carlos, el cual cuenta con uno de los acervos escultóricos más importantes en la historia del país.

Esto descubre la necesidad de promover una acción de este tipo con el mayor de los compromisos posibles, por lo que el reto sería lograr la participación de todo usuario interesado, en específico investigadores de diversas disciplinas que tengan el interés por el desarrollo de las técnicas propuestas para planear y construir un Repositorio de Bienes Patrimoniales 3D que opere a nivel institucional.

Sería muy provechoso considerar un amplio programa coordinado que tome en cuenta las herramientas tecnológicas, los dispositivos de control y estándares de producción, así como los medios de difusión disponibles, planteamiento elaborado dentro de una perspectiva integral y en colaboración con los principales actores.

Consecuentemente, este repositorio tendría como encargo la custodia y organización de los archivos 3D de modelos arquitectónicos, arqueológicos, artísticos y hasta científicos realizados por los diferentes proyectos de digitalización tridimensional, ya sea mediante escaneo láser o cualquier otra técnica de registro y modelado 3D. Al mismo tiempo, se podría confirmar como un nuevo espacio para el desarrollo del conocimiento en cuanto al mejor aprovechamiento de las nuevas tecnologías en apoyo al quehacer académico, no sólo a partir de la digitalización tridimensional, sino extendiéndose a los sistemas de Información, la fotogrametría, la realidad aumentada, la realidad virtual, entre otras; todas estas aplicaciones dirigidas a la investigación, conservación y difusión del patrimonio cultural.

### 5.2.2 NECESIDAD

La misión principal sería promover el uso responsable y la explotación efectiva de los modelos virtuales que se puedan concentrar en el repositorio; pero para ser más específico planteo -de manera desglosada- algunos fines complementarios:

- » Que se evite el deterioro de los originales, a través de la recuperación digital de datos.
- » Que existan toda clase de referencias documentales avaladas por las dependencias que correspondan, para que, en el debido caso, los originales puedan consultarse visitando directamente sus depósitos.
- » Que se consulten de un modo más fácil y productivo utilizando herramientas avanzadas de divulgación como los recursos en red o bases de datos interactivas.

### 5.2.3 CARACTERÍSTICAS

Para el óptimo funcionamiento y mejor aprovechamiento de sus contenidos, la construcción del repositorio deberá responder a los siguientes factores:

- » **Coordinación:** debe ser un proyecto en el que todos los usuarios participen en base a un programa común que implique la contribución de diversas áreas.
- » **Transversalidad:** garantizar el intercambio de información y por lo tanto habría que incluir a toda clase de dependencias.
- » **Cooperación:** canalizar los esfuerzos de diferentes proyectos realizados o que se encuentren en curso, para concentrar en un único sitio la información, lo cual facilite su consulta.
- » **Diversidad:** me refiero a la variedad de salidas que se pueden desarrollar para la difusión del material, ya sea por medios impresos, gráficos, audiovisuales, interactivos y de realidad virtual, así como todos aquellos que se puedan desarrollar de manera específica por cada disciplina en cuestión.
- » **Concentración:** será necesario reunir toda la información generada en un repositorio común, que funcione con una alta diversidad, es decir, que contemple una amplia gama de archivos, tanto modelos de valor cultural como objetos virtuales útiles para la investigación científica.
- » **Proyección:** será muy importante que el planteamiento se proyecte a un corto y largo plazo; dicho de otro modo, que exista un compromiso de financiamiento común que asegure aspectos como la adquisición de equipo técnico especializado y una adecuada actualización de los equipos de trabajo.

Pienso que estos principios pueden ser perfectamente cumplidos si existe una adecuada comunicación con las autoridades correspondientes, sobre todo si se tienen en cuenta todos los beneficios que se reportarían para las áreas de investigación en general, pues este ha sido un proyecto en el que ha prevalecido el interés porque sus resultados sean compartidos.<sup>[1]</sup>

[1] Basado en GARCÍA, Alberto, et al. (2004). **Digitalización y divulgación digital de acervos antiguos**. Reporte técnico. Universidad de las Américas, Puebla. Texto disponible en <<http://ict.udlap.mx/projects/cudi/udlabuap/reporteFinalCudi.pdf>> [Consultado: junio de 2013]

### 5.2.4 CUESTIONES TÉCNICAS A RESOLVER

Un análisis sobre las cuestiones técnicas es un requisito previo para el desarrollo de un repositorio que opere a nivel institucional y que garantice la mejora de los servicios que ofrecería la red de contenidos.

En primer lugar, será necesario optimizar los recursos con los que se cuenta actualmente; en otras palabras, generar proyectos de digitalización que resulten más baratos, de mejor calidad y a partir de medios de conservación del contenido digital más sencillas y eficientes.

Estos temas son inquietudes que surgen en el sector temático de las bibliotecas digitales que desembocan en estudios de aprendizaje potenciado por la tecnología, los cuales a su vez abordan los obstáculos técnicos a los que se enfrenta a sociedad actual.

De hecho, ya existen programas institucionales que se dedican exclusivamente a estudiar y promover soluciones para las bibliotecas digitales al solucionar, concretamente, cuestiones de interoperabilidad entre dominios y acceso multilingüe, como acciones concretas que mejoran la accesibilidad en línea de contenidos culturales.

Recursos que evidentemente se podrían aprovechar y que como evidencia es interesante destacar algunos avances al respecto:

- » Se han desarrollado nuevas aplicaciones de catalogación para responder a los requisitos que plantean los metadatos.
- » Se han desarrollado herramientas centralizadas con una memoria de traducción, que automatiza la conversión con márgenes de error mínimos, reduciendo significativamente los tiempos de trabajo.
- » Se han desarrollado diversas interfaces que aportan cualidades atractivas para los usuarios no tradicionales, lo que fomenta la exploración de las fuentes primarias.
- » Se han actualizado los planes de actuación que incluyen la organización de conferencias, cursos de formación, reuniones de expertos, talleres, hasta concursos y premios para difundir aún más los avances en materia de digitalización.
- » Simultáneamente, se continúan desarrollando nuevas tecnologías de captura, mejorando el flujo de trabajo y reduciendo el tiempo que transcurre entre la selección de contenidos y la disponibilidad en los sitios dispuestos para su consulta.

Ahora bien, si de manera preliminar es posible construir un repositorio que opere a nivel institucional, éste necesitará nutrirse de contenidos y a la vez suministrar materiales que puedan ser utilizados como medios didácticos que faciliten los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Esta mecánica -que en teoría se activaría con las acciones que he planteado- la denominaré **didáctica tecnológica**.

## 5.3 DIDÁCTICA TECNOLÓGICA

### ESTRATEGIA PARA LA DIFUSIÓN E IMPACTO DE LOS MATERIALES 3D

A día de hoy, es irrefutable que en todos los niveles de educación se recibe una población estudiantil con demandas tecnológicas y de comunicación que actualmente apenas se alcanzan a satisfacer.

Si analizamos el creciente número de usuarios de Internet y su inserción en alguna red social, es claro que han cambiado las conductas respecto a la manera de acceder a la información. Simplemente hay que revisar el rápido crecimiento e impacto que tienen las tecnologías digitales en la educación. La pregunta es si las escuelas y universidades en México están preparadas para afrontar este nuevo contexto.

La tecnología aplicada a la educación no es concepto reciente -como disciplina nació en Estados Unidos en la década de los 50 del siglo pasado- pero sí que es el resultado de diferentes teorías educativas para resolver un amplio espectro de problemas referidos a la enseñanza y el aprendizaje, dando lugar a diferentes enfoques que se han definido como enseñanza audiovisual, tecnología instruccional o didáctica tecnológica.<sup>[1]</sup>

#### 5.3.1 DEFINICIÓN

Se entiende como didáctica tecnológica al programa que proporciona al educador las herramientas de planificación y desarrollo, así como los recursos tecnológicos para mejorar y optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Dicho de otro modo, la tecnología educativa retoma el carácter instrumental de la didáctica para racionalizar al máximo la enseñanza en el salón de clases.

Apoyados en las nuevas tecnologías, los programas educativos pueden ahora favorecer las diferentes materias por medios muy diversos (recursos audiovisuales, realidad virtual, simulación de fenómenos) y el docente puede explorar un nuevo entorno de trabajo sensible a las necesidades de los alumnos, enriqueciendo la interacción.

En general todo programa o recurso basado en los principios de la didáctica tecnológica debe compartir cinco características esenciales:

- » Son materiales elaborados con una finalidad didáctica, como se desprende de la definición.
- » Utilizar la computadora como soporte en el que los alumnos realizan las actividades que ellos proponen.
- » Son interactivos, pues responden inmediatamente las acciones de los estudiantes y permiten un diálogo e intercambio de información.
- » Individualizan el trabajo de los estudiantes ya que se adaptan al ritmo de trabajo de cada uno y según sus características particulares y únicas.
- » Son fáciles de utilizar ya que los conocimientos informáticos necesarios son similares a los que utiliza el alumno para trabajar en su propia computadora.

Al incorporar esta clase de recursos a los procesos educativos lo que se busca es encontrar los métodos más acordes al diseño pedagógico, visión que considera a los docentes como sujetos activos que construyen el conocimiento, quedando la mediación técnica como un simple apoyo.

A fin de cuentas la didáctica tecnológica alude a un sistema en el cual los medios y las tecnologías que se usan en el proceso educativo son sólo apoyos o componentes de una propuesta mucho más compleja. De ahí que la didáctica -en esta versión estrictamente técnica- brinde una amplia gama de recursos para que el maestro controle, dirija, oriente y manipule el aprendizaje; es decir, que el maestro se convierta en un ingeniero conductual.<sup>[2]</sup>

[1] **Tecnología Educativa** (2010). Didáctica de la Educomunicación. Texto disponible en <<https://didacticaeducacion.wordpress.com/about/tecnologia-educativa/>> [Consultado: enero de 2014]

[2] Basado en SÁEZ, Palmero (2004). **Compendio CTS**. Miércoles, 23 de junio de 2010. Texto disponible en <<http://pedagogia401.blogspot.mx/2010/06/didactica-tecnologica.html>> [Consultado: junio de 2015]

### 5.3.2 DESARROLLO DE CONTENIDOS TEMÁTICOS

Ahora bien, este es un tema que merece un profundo análisis y que por lo mismo no detallaré mayormente. Para efectos de este escrito lo que me interesa explorar es el aspecto que hace tangible este planteamiento. Me refiero a las diversas plataformas tecnológicas, las herramientas desprendidas y los contenidos que se exhiben en ellas. Tales plataformas tienen diferentes objetivos, como gestionar los contenidos, pero también implican la producción de los mismos.

Y no sólo estoy aludiendo a la creación de productos digitales (modelos virtuales, fotografías, planos, videos, etc), sino también a los recursos que se desprenden para promover su acceso: desde catálogos, bases de datos, inventarios y hasta exposiciones; recursos que, aún cuando no han sido diseñados con esta finalidad, pueden cumplir una función didáctica y constituirse como elementos favorables para difundir los materiales generados por los distintos proyectos de digitalización.

En términos más generales, me refiero en conjunto al proceso de planificación y comunicación que podría fomentar el mejor aprovechamiento de las tecnologías digitales en favor de la enseñanza y facilitar su integración como recursos didácticos que apoyen el trabajo docente de distintas asignaturas que se imparten en la UNAM.

Para ilustrar este punto de manera práctica, me parece que no hay mejor ejemplo que referir a la realidad virtual como recurso indispensable y completamente valioso en la actualidad, pues se trata de un medio con múltiples aplicaciones en todas las áreas del conocimiento. Bien podría ser considerada como una simple interfaz con el mundo virtual, pero los beneficios que aporta van mucho más allá pues permite generar nuevos conocimientos y, en ese sentido, se vuelve un instrumento importante para la investigación y la docencia. Los maestros que decidan recurrir a la realidad virtual como medio de enseñanza, podrían aprovechar varias de sus características.

Aquí algunos ejemplos de sus posibilidades:

- » Mostrar imágenes con alta calidad y máximo realismo permite compartir con un grupo lo que se ve de manera mucho más clara que si sólo se tratara de diapositivas o láminas. Se establece una relación física y corporal con la imagen. No es lo mismo ver una construcción sintiéndose externa a ella, que viviéndola con todos los sentidos.



FIGURA 5.3

Visor de realidad virtual Oculus Rift.



FIGURA 5.4

Aplicación de realidad virtual. Tumba de Suchilquitongo. Cortesía de Juan Urresti.





FIGURA 5.5

Aplicación Interactiva de sarcófago egipcio en el Museo Británico.

- » La estereoscopía mejora mucho la percepción espacial y ayuda a entender la profundidad de los objetos. En arquitectura es muy importante, ya que el espacio arquitectónico es tridimensional por definición.
- » La interacción es la gran aportación de la realidad virtual con relación al video, puesto que da libertad al usuario como un elemento activo que toma la decisión de qué ve, desde qué ángulo y cuánto tiempo. Un maestro nunca va a dar clase dos veces de la misma forma y este control es bien importante.
- » La inmersión en la imagen y el mundo virtual son fundamentales pues permiten activar el fenómeno de percepción y de telepresencia, lo que ayuda a la concentración de los alumnos y los involucra emocionalmente. El impacto de la imagen estereoscópica no deja insensibles a quienes la observan.

### 5.3.3 APLICACIONES ALTERNATIVAS

Es evidente que la tecnología de captura 3D tiene muchas aplicaciones complementarias además de la gestión patrimonial, pues resulta de interés para diversas disciplinas como la arquitectura, ingeniería, medicina, arqueología, paleontología, el diseño y la cinematografía, entre muchas otras; por lo que la producción de modelos digitales en tercera dimensión puede resultar un importante impulso para diversas áreas de aplicación, entre las que puedo destacar:

#### RESTAURACIONES

Los casos más comunes de elementos que pueden reconstruirse por medios virtuales son los edificios de valor histórico o ciudades perdidas como las zonas arqueológicas, pues a través de modelos digitales es posible completar la información que ya no existe en la actualidad. Un buen ejemplo es la antigua ciudad romana de Pompeya, destruida hace siglos al ser sepultada por la actividad volcánica del Monte Vesubio y que ahora puede navegarse a través de recursos multimedia alojados en el Internet.

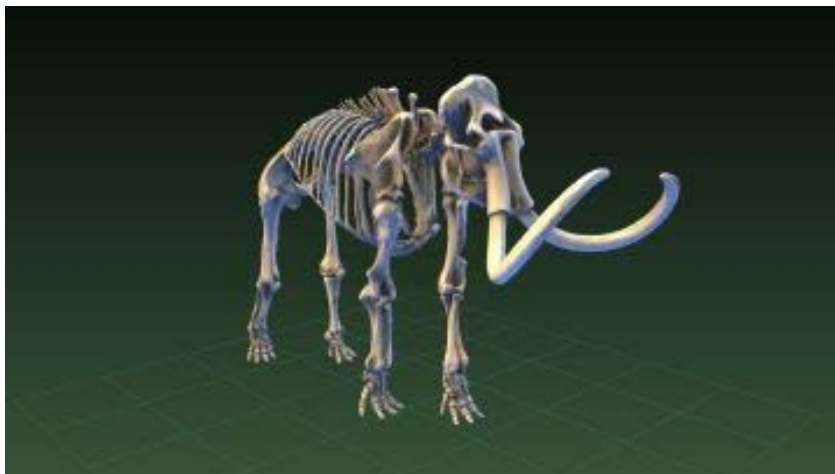


FIGURA 5.6

Animación digital 3D con fines científicos.

## MUSEOGRAFÍA

Más allá de las tradicionales visitas virtuales a museos, es realmente interesante la posibilidad que se abre para el acceso a espacios u objetos que por diversos factores (delicadeza, riesgos, confidencialidad, deterioro) no pueden ser exhibidos al público general. Por poner un ejemplo, en México se podrían crear Museos Virtuales con exposiciones itinerantes de bajo costo donde únicamente se exhiban piezas exclusivas en 3D con proyectores digitales.

## DOCUMENTACIÓN

Para la arqueología el proceso puede replicarse en cualquier sitio y con cualquier colección de piezas que requieran documentarse dentro o fuera de las bóvedas de museos. En el caso de un fósil de millones de años de antigüedad, siendo un hallazgo que no presenta condiciones para una intervención inmediata, puede escanearse con máxima precisión en cuestión de horas (incluso minutos dependiendo de sus dimensiones) y sin la necesidad de entrar en contacto físico.

## PROMOCIÓN TURÍSTICA

La promoción turística también se beneficia del uso de las tecnologías 3D, aplicadas a la promoción de monumentos o sitios de interés, ya que es innegable que en el atractivo turístico de cada país reside el interés por conocer su pasado y construcciones más representativas. La información, ya sea en forma de modelos 3D o videos interactivos, puede ser accesible desde Internet y permite dar a conocer las particularidades de los lugares y sus elementos más interesantes sin tener que visitarlos físicamente.

## MEDICINA

La digitalización 3D se ha convertido cada vez más útil en el campo de la medicina gracias a la capacidad de los escáners 3D, que permiten registrar mediciones cualquier zona del cuerpo humano con relativa facilidad y rapidez. Debido a que cada persona es única en su apariencia física, los médicos pueden usar esta información para crear y/o personalizar los productos médicos para sus pacientes.



**FIGURA 5.7**  
Impresión 3D para odontología.



**FIGURA 5.8**  
Fósil digitalizado.

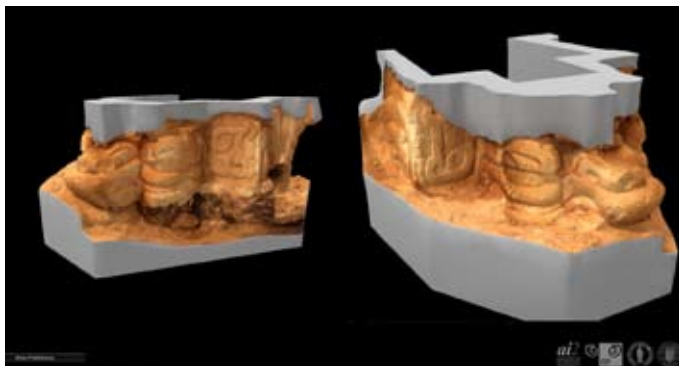


FIGURA 5.9

Proyecto La Blanca,  
Universidad Politécnica de Valencia y Universidad de Valencia.



FIGURA 5.10

Virtualización del patrimonio. Universidad de Alicante.

### 5.3.4 ACCIONES ESTRATÉGICAS

Sea el enfoque con el que queramos analizar los beneficios implícitos de la didáctica tecnológica, es claro que el progresivo empleo de las técnicas digitales supone hoy día una de las más fructíferas vías de desarrollo para el ámbito de la educación, en el cual intervienen la innovación, la transferencia de conocimientos y la formación desde una perspectiva multidisciplinar.

A continuación presento de forma desglosada un hipotético conjunto de acciones que se activarían a partir del aprovechamiento oportuno de las bondades desprendidas de un programa de tales características, desde un punto de vista tecnológico, los cuales invariablemente se traducirán en beneficios para el quehacer académico de la UNAM o cualquier otra institución educativa:

#### En transferencia de conocimientos

- » Potenciar herramientas para la difusión de los resultados obtenidos en cada proyecto de digitalización, de forma que se produzca un continuo intercambio de los conocimientos y tecnologías desarrolladas entre la universidad y la sociedad en general.
- » Impulsar el intercambio académico entre estudiosos y especialistas de instituciones de prestigio.
- » Establecer vínculos con instituciones culturales (públicas o privadas) para la participación conjunta en proyectos de colaboración.
- » Promover la organización de jornadas técnicas, congresos y simposios de ámbito nacional e internacional.

#### En investigación

- » Desarrollar metodologías, proyectos e intervenciones en el campo pedagógico, que permitan una producción constante y puesta en valor de recursos provechosos para sus probables usuarios.
- » Elaborar planes y programas de acción preventiva que fomenten el mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos.
- » Desarrollar métodos de análisis para el control y seguimiento de los recursos didácticos.

### En formación

- » Organizar actividades académicas dirigidas a la formación de especialistas en estrategias de implementación tecnológica.
- » Fomentar debates sobre los contenidos de la formación actual en los procesos de enseñanza-aprendizaje, promoviendo propuestas que mejoren la calidad de la docencia y los conocimientos resultantes.

A su vez se podría contar con toda la funcionalidad de un entorno de vanguardia, condición que activaría muchas acciones simultáneas:

- » Aportar recursos gráficos más convenientes para el impulso de las nuevas tecnologías aplicadas a los procesos educativos.
- » Fomentar la creación de redes de usuarios para explotar al máximo las cualidades de los nuevos medios de interacción y comunicación como son las redes sociales.
- » Ampliar la cobertura de servicios y oferta educativa de la UNAM por medio de contenidos para los programas de educación a distancia.
- » Dar un seguimiento efectivo a los servicios de capacitación dirigidos a los usuarios del sistema.
- » Producir materiales continuamente y de forma flexible para responder al contexto cambiante de la demanda de contenidos.

Cabe señalar que el desafío de poner en marcha las estrategias que estoy planteando encuentra su dificultad en lo que supone implementar una planificación integral y sistemática en el marco de una institución de alta complejidad como lo es la UNAM.

Para planificar y sistematizar una empresa de tales dimensiones será necesaria una permanente coordinación de las acciones por cada uno de los componentes de la organización: recursos humanos, materiales y técnicos.

Si se logra esto, estoy convencido de que la presente iniciativa de digitalización patrimonial debe servir como base para el desarrollo de nuevos proyectos que ofrezcan soluciones a corto plazo, empezando por la creación de modernas herramientas digitales que puedan utilizarse para enseñar -tanto dentro como fuera de las aulas- aprovechando de mejor forma los beneficios que ofrece Internet, teniendo un significativo impacto en el aprendizaje y la exposición a la tecnología a los alumnos.

### 5.3.5 DIGITALIZACIÓN PATRIMONIAL COMO DISCIPLINA COOPERATIVA

¿Qué mayor visión integradora que el estudio del patrimonio cultural a través de la tecnología digital, en el que intervienen invariablemente grupos multidisciplinares compuestos por arqueólogos, geógrafos, historiadores, restauradores, antropólogos, arquitectos, diseñadores, artistas?

Si algo he querido dejar claro con este escrito, es reafirmar la idea de que esta colaboración se debe considerar una necesidad irrenunciable en cualquiera de las fases en las que se encuentre el proyecto, ya sea desde el estudio y análisis preliminares, continuando con la fase de diseño como en la posterior ejecución y finalizando en la elaboración de las conclusiones respecto a los resultados obtenidos y las consiguientes publicaciones.

Si contamos con las herramientas adecuadas, que nos permitan una total transparencia de los conocimientos vertidos por cada parte implicada y fomenten su transferencia, será posible extender nuestra visión a un nuevo espacio interdisciplinar en respuesta a las necesidades específicas de la puesta en valor del patrimonio cultural o de cualquier otra área del conocimiento.

Ahora que, para lograr una interdisciplinariedad eficiente, se debe mantener un flujo de información sin fuga alguna de datos ni recursos. Dicho de otro modo, si se consigue una adecuada comunicación entre las distintas disciplinas, la colaboración se convertirá en un verdadero proceso de producción retroactivo.

Pongo a consideración del lector un ejemplo relacionado con este proyecto. Si revisamos la visión planteada por la Coordinación de Curaduría de la FAD, observamos que tiene como encomienda el resguardar, conservar y difundir -de manera integral- los bienes artísticos y culturales que se depositan en sus acervos; así como restaurar y estabilizar todas sus colecciones; buscando establecer vínculos con otros museos y otros acervos, partiendo del intercambio académico, sentando las bases para fortalecer los planes de estudio de la FAD y otras facultades de la UNAM, como son: Arquitectura, Filosofía y Letras, Ingeniería, entre otras.

Como vemos, la protección y puesta en valor del patrimonio cultural se ha convertido en una indiscutible prioridad, así como perpetuar este legado y darlo a conocer por todos los medios posibles; pero al mismo tiempo hacerlo con las herramientas más innovadoras y eficientes.

Para conjuntar los factores indispensables y asegurar procedimientos fiables y acordes a las exigencias concretas que nos plantea este reto, será necesario formar profesionales con conocimientos avanzados en técnicas de documentación, representación y virtualización importadas de disciplinas diversas como la arquitectura, las artes visuales, la geografía y la historia; así como enfocar el análisis y la puesta en valor del patrimonio a través de la unión (real, no sólo teórica) con disciplinas tecnológicas, propias de la ingeniería y el diseño.

A su vez, esta acción implicará una creciente necesidad de formación específica tanto en su vertiente teórica como en la práctica, especialmente en el adiestramiento de las técnicas de reconstrucción digital.

Parece lógico plantear esta anhelada integración de disciplinas como algo inminente dadas las condiciones actuales.

Sin embargo, para que pueda implementarse de manera definitiva en el marco formativo de la enseñanza artística actual, resultará indispensable que nazca del ámbito académico correspondiente (¿quién sino la FAD?), partiendo de los procesos y técnicas de reproducción propias de las Artes Plásticas y Visuales, así como de las bases teóricas formuladas por el Diseño y la Comunicación Visual.

Aunque cabe decirlo, existen ciertos obstáculos irrefutables, al menos en lo referente a la implantación inmediata de un programa de este calibre, entre los que puedo destacar:

- » No existen hoy por hoy, al menos en la FAD, la infraestructura adecuada para el reajuste de los recursos necesarios (de costes muy elevados todavía).
- » Tampoco se tienen previstos programas de actualización tanto de las plantas docentes como de los recursos materiales.
- » Finalmente, una clarísima disociación entre investigadores del campo de las humanidades y los campos de las llamadas ciencias “puras”, pues se evidencia una resistencia de los primeros para abordar investigaciones interdisciplinares que impliquen una adquisición y gestión de conocimientos o competencias de carácter científico; al tiempo que los segundos muestran un desinterés generalizado por la reflexión artística o estética, y por ende, por las aportaciones humanísticas que éstas pudieran generar en sus propias áreas de aplicación.

Es a partir de este análisis que reafirmo la propuesta de implantación de nuevos planes de estudio de las enseñanzas artísticas en base a la citada convergencia entre la academia y las nuevas tecnologías digitales, como un estímulo necesario –o mejor aún, un detonador– para combinar criterios y metodologías que aborden las necesidades reales que el patrimonio cultural reclama, solventando así las carencias técnicas y conceptuales que actualmente aquejan el quehacer académico.

Para este cometido, se pueden plantear los siguientes objetivos:

- » Contribuir a mejorar los actuales procesos de investigación, conservación y difusión del patrimonio mediante el aprovechamiento de las nuevas tecnologías de registro y gestión.
- » Generar criterios fácilmente comprensibles por toda la comunidad académica y estudiantil, sean artistas, restauradores, arqueólogos, arquitectos, ingenieros, diseñadores, gestores o especialistas en general.
- » Establecer principios y criterios que sirvan para medir los niveles de calidad de los proyectos que se realicen en el campo de la digitalización patrimonial.
- » Concienciar a la comunidad universitaria de la necesidad de sumar esfuerzos a nivel institucional.
- » Promover el uso responsable de las nuevas tecnologías aplicadas a la gestión integral del patrimonio.

Para dar certidumbre de la viabilidad de la propuesta, puedo afirmar –a partir de la investigación realizada para este proyecto–, que existen en la actualidad centros de enseñanza (caso de la Universidad de Alicante) que ya manejan y explotan con solvencia las tecnologías a las que hago referencia, e incluso han fundado cursos de especialización en respuesta a las demandas de digitalización patrimonial.<sup>[3]</sup>

Por supuesto que este modelo va implantándose progresivamente pues es un hecho que el factor tecnológico tiene un papel muy importante para facilitar su inserción en el campo del patrimonio. Conforme mejores herramientas se puedan desarrollar como resultado de cada proyecto, más sencillo será abordar nuevos emprendimientos.

[3] Véase Patrimonio Virtual de la Universidad de Alicante.  
 Texto disponible en <<http://www.patrimoniovirtual.com/>> [Consultado: enero de 2014]

Esto se podrá promover, creo yo, mediante iniciativas que vayan surgiendo regularmente de cada dependencia con el respaldo de las autoridades, o a través de cursos de extensión universitaria, o por medio de la vinculación con grupos de investigación foráneos.

Este es el modelo que nos permitirá incorporar paulatinamente experiencias que cumplan en este sentido, con una clara intención modernizadora e innovadora, sentando las bases para generar nuevas metodologías, recursos y equipamientos, que a la postre puedan asumirse en los programas didácticos de la UNAM.<sup>[4]</sup>

Anticipando posibles objeciones, no está de más hacer un breve señalamiento, y es que no debemos pensar que estas tecnologías van a suplantar aspectos tradicionales del proceso creativo o técnico, tanto en lo referente a la producción artística como a los trabajos de preservación y restauración, donde suele ser más común su utilización. Por el contrario, si se forman artistas, diseñadores o restauradores con una excesiva dependencia tecnológica, se corre el riesgo de limitar los procesos creativos y experimentales.

Precisamente esta circunstancia es la que me detiene de asegurar tajantemente acerca del impacto positivo que pueden tener las tecnologías sobre los procesos artísticos y de conservación patrimonial; aunque ello tampoco invalida el diagnóstico que he realizado, por el cual puedo afirmar que el arte, su enseñanza y la puesta en valor del patrimonio necesitan de nuevos impulsos que favorezcan los esfuerzos y extiendan sus beneficios a la comunidad universitaria y la sociedad en general.

Universitat d'Alicant  
Universidad de Alicante

ESPECIALIZACIÓN EN  
**VIRTUALIZACIÓN DEL PATRIMONIO**  
Curso 2013/2014  
online (streaming) o presencial  
250 horas

La oportunidad de formarse en técnicas avanzadas de documentación, representación y virtualización propias de la ingeniería y la arquitectura, enfocadas al análisis y la puesta en valor del Patrimonio Cultural.

Preinscripción: del 01/04 al 17/06 • Inscripción: del 17/06 al 26/07 • Inicio: Octubre del 2013  
(En caso de no cubrir la totalidad de las plazas se dará un 2º plazo de inscripción)

FINANCIAN: ESTUDIOS:

Más información: <http://www.patrimoniovirtual.com>

[4] Basado en E. CAETANO (2007). **Digitalización y Escultura. La Innovación al Servicio de los Métodos y Técnicas de Reproducción Escultórica**. Sevilla, 2007, p. 23

FIGURA 5.11

Cartel 2013-2014 Curso de Especialización en Virtualización del Patrimonio. Universidad de Alicante.

## 5.4 PERSPECTIVAS DE LA DIGITALIZACIÓN 3D

### FUTURAS PRÁCTICAS Y APLICACIONES

Revisando los recientes adelantos tecnológicos y las innovaciones sobre digitalización 3D impulsados por distintos proyectos alrededor del mundo, salta a la vista que el siguiente paso será la explotación de la reconstrucción virtual como un recurso museístico y didáctico con carácter de imprescindible, aprovechando de manera más intensiva diversas tecnologías como la realidad aumentada o la realidad virtual, siendo un hecho que día a día se van convirtiendo en herramientas más accesibles y rescatables para, por ejemplo, enriquecer las funciones de un museo o de un yacimiento arqueológico.

Pero surgen nuevas interrogantes:

¿La digitalización debe emplearse como un medio o como un fin?

¿Es una simple herramienta o deberíamos considerarle como un producto?

¿Pueden sustituir estas nuevas tecnologías las piezas o espacios reales para su visualización y conservación?

Aunque supuestamente debiera ser este su cometido, quisiera explorar en qué medida esto ha sido posible. Con esta reflexión no trato de resolver una cuestión que desde hace unos años se lleva discutiendo en círculos académicos, sino simplemente presentar una aportación a este debate.

Lo primero que deberíamos cuestionarnos es: ¿quién realiza estas reconstrucciones y qué argumentos la sustentan?

Evidentemente, cuando se realiza un modelo tridimensional a partir de un edificio en ruinas (el cual podría acumular más de dos mil años enterrado) hemos de dar por sentado que se ha perdido una gran parte de la información que probablemente nos hablaría sobre las coberturas (techos, tejados, organización de las vigas, etc.) o sobre los elementos orgánicos que formarían parte del escenario (mobiliario, decoración, etc). Con esto quiero decir que, en gran medida, aquello que confiere a la reconstrucción virtual el realismo necesario para transportarnos al momento en que estaba en funcionamiento el monumento o edificio, es en gran parte inventado.

Para que esta invención se ajuste lo máximo posible a la realidad debemos contar con un equipo multidisciplinar formado por arquitectos, especialistas en patrimonio etnológico, historiadores, además de un magnífico registro arqueológico que aporte información contrastada sobre los restos conservados.

La segunda cuestión que habría que plantearse es: ¿pueden sustituir estas nuevas tecnologías al visionado o conservación de piezas reales?

Es claro que la aplicación de estas tecnologías, y más aún en los últimos años, nos permiten obtener una visión cada vez más cercana a la realidad. Técnicas como la fotogrametría o el escáner 3D tienen la capacidad de obtener registros del elemento patrimonial de manera casi perfecta.

Estamos ya en posibilidad de transportar el objeto o el yacimiento arqueológico a una computadora sin perder apenas información; lo que permite, en muchos casos, realizar reproducciones bastante fidedignas en una sala de museo aprovechando tecnologías como la realidad aumentada o la realidad virtual para sumergir al visitante en el elemento patrimonial.

Pero, ¿esto dará carta blanca para la destrucción o el olvido del patrimonio una vez que se ha documentado digitalmente? ¿Será un argumento suficiente para privar al visitante de contemplar las piezas reales o visitar un yacimiento arqueológico?

Mi intención con estas líneas no es sembrar la duda acerca del uso de modelos tridimensionales o su aplicación en la exposición del patrimonio, sino todo lo contrario, reafirmar su aplicación pero tratando de establecer hasta dónde queremos llegar.

Para ello será necesario reflexionar y averiguar qué posibilidades nos ofrecen estas magníficas herramientas antes de aplicarlas, sabiendo o conociendo la predisposición del público a quedarse en determinados niveles de la comprensión. El acceso (cada vez más habitual) a escenarios y modelos tridimensionales de tremendo realismo hacen al usuario más exigente pero también lo transforman en un cómodo consumidor, por lo que sería recomendable limitar el modo en el que se suministra esta atractiva forma de presentar la información.

### 5.4.1 VIRTUALIDAD Y EXPERIENCIA ARTÍSTICA

Uno de los aspectos más relevantes que nacen de la digitalización de obra artística tiene que ver con mantener las cualidades que convierten a la pieza en arte aún cuando esta es reproducida digitalmente.

Esta virtualidad a la que se somete el objeto, entendida como una imagen o espacio que no es real pero lo parece, nos hace preguntarnos si interactuar con un modelo virtual (potencialmente idéntico a su referencia física) puede equipararse a una auténtica experiencia, ya sea sólo para percibir los efectos artísticos de la misma (cualquiera que estos sean) o con fines de estudio.

La cuestión relevante sería determinar si la virtualidad es realmente una experiencia. Pensemos en esto como un modo de relacionarnos o de exponernos a un proceso de aprendizaje por medios en teoría ficticios (en el sentido de la no presencialidad) y de lo cual se podría concluir la imposibilidad de socializar y transmitir percepciones comunitarias.

De entrada, habría que aclarar que la virtualidad no es algo nuevo en la historia de la humanidad a pesar de que se le asocie a un concepto de modernidad, quizás por el hecho de que las tecnologías digitales están íntimamente relacionadas.

Mientras que a lo largo de la historia el potencial de la virtualidad residía en la imaginación, las ideas, las creencias y en el arte mismo, en específico en las vertientes clásicas y neoclásicas (que se caracterizaban por una contemplación pasiva), actualmente los nuevos medios tecnológicos nos brindan por primera vez una versión interactiva de la virtualidad, al ofrecer la posibilidad de visualizar, reconstruir y materializar toda idea o fenómeno, lo que paradójicamente llamamos realidad virtual.

Con el desarrollo de las denominadas TICs (tecnologías de la información), se ha hecho tan asequible que incluso es muy común hallar comunidades virtuales, espacios no físicos y atemporales de interacción humana, pero sitios donde se han creado nuevas formas de relación.<sup>[1]</sup>



**FIGURA 5.12**  
Exposición IMAGINARTE.

[1] Basado en MIRZOEFF, Nicholas (2004). **Una Introducción a la cultura visual**. Madrid. Editorial Paidós. Pp.135-136.



### 5.4.2 VIRTUALIDAD Y EDUCACIÓN

Una vez aclarado el punto, el siguiente paso será determinar si se puede educar con la virtualidad; si concebimos a la educación como una experiencia humana y de maduración personal, puedo afirmarlo tomando como base lo antes expuesto.

La relación entre educación y virtualidad se constituye como una relación de creatividad, es decir, pensar en nuevas formas de educar con la tecnología como excusa. Las experiencias humanas son procesos individuales que se viven en y desde una comunidad, por lo que los recursos educativos pueden ser diseñados como espacios en el que pueden reproducirse vivencias y sensaciones, fuentes que son evidentemente educativas.

El hecho de que la virtualidad implique la convivencia entre didácticas diversas, la enseñanza por medios virtuales resulta de un interesante proceso en el que el alumno construye su propio aprendizaje, pues se trata de un modo de hacer práctica (el caso de las simulaciones) lo que al final resulta en un trabajo de análisis crítico. Así como ocurre cuando estamos frente a un determinado fenómeno, espacio u objeto, la virtualidad hace posible realizar estudios y valoraciones. Quizás la única diferencia importante entre educar presencial o virtualmente reside en el cambio de medio y la capacidad de optimizar los recursos de cada medio.

En realidad no se pueden ofrecer exactamente las mismas cosas, pero es interesante reflexionar sobre los beneficios que supondría aceptar y asumir las cualidades que ofrece la virtualidad, en cómo complementa y diversifica las técnicas y métodos de enseñanza; así como la virtualidad se nutre de las metodologías del trabajo educativo.

Por lo tanto la educación no debe ser ajena al potencial que aportan los recursos virtuales. La riqueza de estos nuevos entornos, los cuales continúan en fase de exploración y desarrollo, tienen un gran potencial y desde nuestras disciplinas reside la capacidad de aprovechar sus beneficios al máximo de sus posibilidades.

De ello se desprenderá la mejora de los servicios destinados a un grupo creciente de usuarios (investigadores, docentes, estudiantes y público en general), proporcionando un acceso de mayor calidad a los recursos de la institución en relación con la educación y la formación continua. Y precisamente de acuerdo a lo que acabo de plantear es que debemos explotar la tecnología disponible y definirla como un medio eficaz para la comunicación, la interacción y por supuesto el aprendizaje.

### 5.4.3 VIRTUALIDAD Y COTIDIANEIDAD

Indudablemente, uno de los retos señalados para la digitalización en tres dimensiones está encaminado al desarrollo de sistemas de captura que sólo requieran dispositivos de común acceso y fácil manipulación, tales como una cámara digital fotográfica o un proyector. El contar con técnicas adaptables que registren movimientos veloces utilizando una cámara de alta velocidad o realizar registros de objetos microscópicos son algunas de las cualidades que se persiguen a corto plazo.

Un caso que ilustra la inserción de estas nuevas tecnologías lo tenemos en el terreno comercial de alto consumo: el Structure Sensor, el primer escáner 3D que puede integrarse a un dispositivo móvil, el primero de ellos un iPad (la tableta de Apple) y pronto compatible con otros. Se trata de un aparato que permite calcular distancias, tamaños y proporciones, así como explotar las nuevas posibilidades de la realidad aumentada, en un intento de integrar el mundo real con la información digital; tiene la cualidad de realizar registros móviles (se mueve el escáner y no el objeto), aunque ciertamente con algunas limitaciones como el rango efectivo de captura.



FIGURA 5.13

Aplicaciones de realidad aumentada en museos.

Sin duda, los factores diferenciales a partir de ahora serán la portabilidad y la capacidad de complementarse con toda clase de dispositivos, con el evidente descenso de precio que conlleva.

Asimismo, el hecho de poder acceder a contenidos gratuitos contribuye significativamente a popularizar estas prácticas y aunque los precios de los equipos todavía no son del todo accesibles para un bolsillo promedio, en un futuro próximo se podrán producir modelos propios con la misma facilidad con la que acudimos a un centro de impresión en papel, dando lugar a una nueva dinámica de producción de objetos.

Hablando de esto, otra de las características más innovadoras que hayamos en el mercado es la combinación de las técnicas de escaneo con sistemas de impresión 3D, haciendo de la creación de objetos una actividad cotidiana.

De la misma manera en que la industria del contenido se ha adaptado a la nueva realidad planteada por el Internet, en el que los medios de comunicación, las editoriales y productoras ya no son los únicos capaces de difundir información, pues cualquier usuario puede escribir y publicar a través de nuevas ventanas como blogs, sitios de alojamiento de video o redes sociales, ocurrirá que cuando un objeto ya no sea una novedad o pueda ser replicado, el acceso a actualizaciones puede ser la diferencia, como ocurre en el sector del software.

O en el caso de los consumibles, donde los precios de las tintas para impresoras 3D tenderán a abarataarse para favorecer una producción más flexible y personalizada, en la que el diseño industrial y artesanal serán simultáneos para procesos de prototipado rápido.

Y no me refiero únicamente a nivel consumidor, ya que la impresión 3D se extiende a campos de gran demanda como la medicina, situación que ha impulsado la fabricación de objetos microscópicos a través de lo que se ha denominado nano-impresoras 3D: instrumentos con la capacidad de crear objetos tan pequeños como para ser implantados en un organismo vivo, pues son capaces de imprimir tejidos que pueden comportarse exactamente del mismo modo que un tejido humano. Esto es posible a partir de la impresión de biomoléculas, el mismo material del que están compuestas las células.

Se trata de un avance tan importante para la investigación científica que será posible que compañías farmacéuticas puedan probar nuevos medicamentos en distintos tejidos impresos y así obtener valiosa información sin necesidad de probarlo en animales.

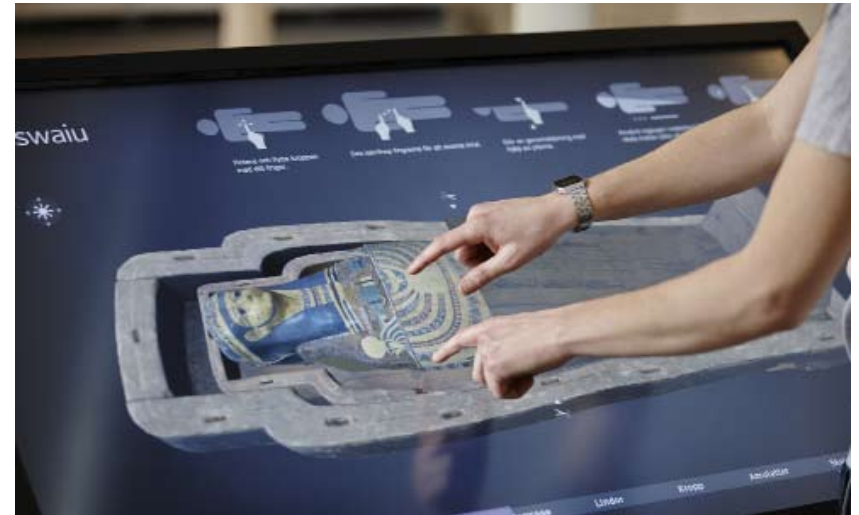


FIGURA 5.14

Aplicaciones interactivas. Museo Británico.



FIGURA 5.15

Digitalización de personas mezclando escaneo 3D con fotogrametría. Smithsonian X 3D.



FIGURA 5.16

Impresión 3D aditiva de polvo.



FIGURA 5.17

Impresión 3D de prototipos.

Aunque todavía no es posible imprimir órganos completos, se trata de una tendencia clara para la impresión 3D dados los avances de esta tecnología, tanto en la elaboración y simulación de materiales como en el hardware involucrado.

Y por supuesto el terreno cultural no se está quedando rezagado. Existen diversos museos que utilizan estas técnicas para crear réplicas para exhibición sin el riesgo del desgaste y deterioro. Se ha planteado incluso compartir a modo de Open Data una colección de moldes 3D a partir de la obra para que cualquier tipo de entidad pueda reproducirlas.

El grupo pionero en este sentido es el Instituto Smithsonian, el cual agrupa a varios museos importantes de la ciudad de Washington, quienes, además de exhibir, conservar e impulsar nuevas investigaciones en la materia, han podido reproducir diversos objetos en materiales tan resistentes como titanio y madera.<sup>[2]</sup>

[2] **Impresión 3D tendrá gran impacto en los museos** (2013). Notimex/el Universal. Sección Cultura. Martes 04 de junio. Texto disponible en <<http://www.eluniversal.com.mx/notas/927534.html>> [Consultado: noviembre de 2014]





## 6. CONCLUSIONES

Más allá de presentar un resumen del proyecto e insistir en la importancia de sus resultados, quisiera concluir este trabajo a modo de enlace con las acciones que se han desencadenado.

Por ello, me permito plantear un ejercicio que consiste en lanzar algunos cuestionamientos que nos pueden ayudar, por un lado, a desvelar las cuestiones más relevantes de la digitalización y su repercusión en las distintas áreas del conocimiento y que forzosamente debemos atender; y por otro, a encontrar las vías más adecuadas -y al mismo tiempo responsables- para perfeccionar las técnicas y los modelos de trabajo que se están desarrollando.

### ¿Qué ventaja puede significar el establecimiento de metodologías y guías de referencia para futuros proyectos de digitalización?

El uso de las tecnologías digitales está cada día más integrado al trabajo habitual de una comunidad de investigadores reunida en torno a un problema —la conservación y gestión del patrimonio— que presenta numerosas facetas y que dadas sus dimensiones requiere de la capacidad para visualizar y analizar una gran cantidad de información, que además es muy variada.

Ciertamente, no hay un sistema que complazca y resuelva las amplias problemáticas a las que nos enfrentamos; sin embargo, la metodología planteada en este trabajo ha permitido -eso espero- conocer mejor una realidad extremadamente compleja como es la demanda de herramientas que contribuyan a una mejor catalogación, conservación y activación del patrimonio cultural que se gestiona en la UNAM, la cual busca establecer una comunicación más fluida entre conservadores, investigadores, estudiantes y usuarios en general.

Y no limitado únicamente a un campo específico como es el patrimonio cultural, sino que el principio fundamental es ofrecer una metodología que sea exportable a diversos ámbitos humanísticos y científicos. La interacción y colaboración entre las diversas disciplinas que participan en la creación, desarrollo y aplicación de esta clase de metodologías ha puesto de manifiesto algunos rasgos que deben ser resaltados:

- » Por una parte, destacar el hecho de que problemas de gran envergadura exigen un abordaje multidisciplinar para asegurar que la aproximación al problema sea lo más precisa posible.
- » Por otra parte, la urgente necesidad de crear nuevas herramientas (teóricas y prácticas) que permitan manejar la información no sólo de una manera correcta y eficiente, sino también próxima a la visión que los expertos en el área tienen de ella.
- » Por último, destacar la necesidad de fomentar la formación de una nueva generación de profesionales experimentados en el uso de metodologías transdisciplinarias y herramientas digitales para resolver toda clase de problemáticas.

### Ahora bien, ¿es la digitalización del patrimonio un fin justificado de acuerdo a los recursos invertidos en los últimos años y los que están por destinarse?

Esta pregunta es oportuna en el sentido de que la aplicación a nivel mundial de las tecnologías digitales en el campo del patrimonio cultural presenta al día de hoy un panorama que podría ser calificado como de “luces y sombras”, hablando concretamente en el plano financiero y los costos que tiene para las instituciones.

Los increíbles avances tecnológicos desarrollados en los últimos años han propiciado la planeación y ejecución de un sinnúmero de proyectos encaminados a investigar, preservar, interpretar y presentar distintos elementos del patrimonio cultural. Si bien es cierto que estos proyectos han servido para demostrar el extraordinario potencial que la digitalización encierra en sí misma, también es incuestionable que han dejado al descubierto numerosas debilidades e incongruencias.

Por ello no quisiera concluir este trabajo sin insistir en el planteamiento ineludible de un debate teórico (pero de implicaciones prácticas) que permita a los gestores del patrimonio aprovechar lo mejor que las tecnologías digitales pueden ofrecernos en esta materia, minimizando sus aplicaciones más controvertidas y por ende inservibles.

En definitiva se trata de establecer las bases para redactar los principios básicos que regulen las prácticas de esta pujante disciplina, adecuadas al contexto universitario donde la proliferación de proyectos está siendo evidente. Los proyectos de digitalización evidentemente son tareas costosas, que requieren una planificación detallada y el establecimiento de una infraestructura que asegure el acceso continuo a los productos digitalizados.

Si no queremos que los recursos invertidos se desaprovechen, es vital que se fijen sólidas bases para diseñar nuevos proyectos de digitalización, cada vez con mayor rigor dentro del ámbito del patrimonio cultural, que también nos permitan plantear nuevas recomendaciones y guías adaptadas a las necesidades específicas de cada rama del saber.

Y es que no debemos olvidar la inconmensurable amplitud que se nos presenta al tener las capacidades técnicas y formativas para digitalizar cualquier espacio u objeto, competencia dentro de la cual quedan englobados campos tan amplios como la arquitectura, el diseño y el arte, por supuesto la arqueología, pero a su vez extendido a las disciplinas científicas. Por consiguiente, se deben contemplar las necesidades específicas que pueden requerir cada una de las áreas involucradas. En la medida en que las pretensiones que motivan el uso de los métodos de digitalización varían ampliamente de unos campos a otros, deben avalarse por una comunidad de expertos, ya sea académica, educativa, conservativa o incluso comercial.

En el presente caso, el equipo de trabajo fue consciente desde el principio de que ya existían muchas iniciativas y publicaciones que ofrecían información y recomendaciones en el campo de la digitalización patrimonial, producidas generalmente por instituciones privadas, pero encontramos muchas carencias, sobre todo a nivel organizativo. Es por eso que la lógica seguida fue innovar los métodos previos y diseñar nuevas herramientas de síntesis para la información disponible, basándose principalmente en exhaustivos análisis de las fuentes publicadas y en la reflexión sobre las actuaciones de proyectos específicos.

En resumen, se trató de concentrar los mejores conocimientos y prácticas existentes para elaborar una propuesta adaptada al trabajo que se realiza en la Facultad de Artes y Diseño y la gestión de los acervos de obra patrimonial que tiene a su cargo. Por lo tanto, surgieron directrices que han servido para identificar las cuestiones clave relativas a la conceptualización, planificación e implementación de un proyecto de digitalización patrimonial en el contexto universitario.

De igual modo, y aún más relevante, nos hallamos ante la inadecuada gestión de los productos que se generaron en cada proyecto previo; de esto surge el siguiente cuestionamiento: la legitimidad de los productos que se generan en cada práctica de digitalización.

### **¿Realmente los modelos digitales que se producen son pertinentes para la investigación y la docencia, los cuales, en teoría, debieran beneficiarse?**

Dados los alcances de las tecnologías digitales, siempre resultará atractivo y muy tentador recrear toda clase de obras siguiendo parámetros que no son precisamente idóneos desde un punto de vista académico. Es importante comprender que el proceso de digitalización puede generar resultados ambiguos ya que literalmente nos coloca en la posibilidad de crear y recrear mundos ficticios que fácilmente nos invitan a caer en la trampa de perseguir la espectacularidad en la presentación, lo cual acaba por generar alusiones idealizadas del objeto de estudio.

Un ejemplo preciso es el que encontramos en la producción de modelos digitales para estudios histórico-arquitectónicos, los cuales requieren invariablemente de la integración de conocimientos arqueológicos y constructivos. Si lo que se desea es hacer reconstrucciones hipotéticas, será necesario extraer reglas de composición arquitectónica y de lógica constructiva; sólo así la explotación de los modelos por medio de técnicas novedosas -como la realidad virtual- podrá generar nuevos conocimientos sobre el monumento, gracias a las técnicas de visualización que apoyan a la investigación.

De esta forma, los componentes de interacción con un modelo definido en tres dimensiones y la inmersión espacial podrán retroalimentar al usuario en sus capacidades al contar con un instrumento didáctico muy práctico y pertinente.

En este sentido, estoy convencido de que la oportuna intervención de los profesionales de las distintas áreas asegurará que se sigan ciertas pautas que caracterizan el trabajo de investigación serio y riguroso; por consiguiente estaremos en condiciones de garantizar mejores resultados en la gestión y difusión de los bienes patrimoniales que aún se encuentran pendientes por digitalizar y responder a ciertos retos que esperan todavía respuesta: ¿será posible reconstruir elementos de los cuales hemos perdido ya toda información?

Son estas cuestiones a resolver conjuntamente con los especialistas.

## 6.1 PUNTOS DE PARTIDA

Pensando en que este trabajo se constituya como una propuesta integral, me gustaría resumir los objetivos generales que se han desprendido de este proyecto y que serán la punta de lanza para nuevas iniciativas:

- » Conservar y preservar el legado cultural mexicano y de otras zonas geográficas del mundo gracias a la digitalización 3D patrimonial y a la creación de réplicas digitales que compongan un primer Banco digital de modelos 3D bajo control de la UNAM, que garantice la supervivencia de dicha información a largo plazo. Su relevancia radica en que esta clase de documentación definitiva asegurará la total conservación del patrimonio cultural para las generaciones venideras.
- » Fomentar de manera coordinada el estudio del patrimonio cultural regional y nacional (incluso extenderse al internacional) por medio de la investigación multidisciplinaria y el uso de tecnologías emergentes aplicadas a la mejora de la gestión integral del patrimonio: bases de datos para la administración de recursos, digitalización tridimensional, desarrollo de hipótesis virtuales y simulaciones, visualización por computadora, entre otras.
- » Presentar y difundir el vasto patrimonio cultural que resguarda la UNAM para su correcta valoración y disfrute por parte de los usuarios. La aplicación de las nuevas formas de visualización por computadora nos permitirán mejorar los formatos de difusión para que los esfuerzos de las distintas áreas sean accesibles, gracias a su gran capacidad pedagógica y educativa.
- » En conjunto, que los factores precedentes permitan fomentar y promover mecanismos de difusión de calidad, basados en la utilización de los recursos culturales como fuente de atracción. Todas las ventajas que pueden ofrecernos hoy en día las tecnologías digitales deben ser utilizadas para lograr un desarrollo sostenible, que sirva para mejorar y fomentar la creación de riqueza en diversos niveles, principalmente en el plano cultural.
- » Finalmente, como aportación complementaria y en consecuencia, agregaría una propuesta pedagógica, cuya aportación será atacar la problemática que plantea la digitalización patrimonial: valorar una respuesta individual para desembocar en una metodología que no pretende constituirse como una "receta de cocina", pues la técnica no puede ser un fin, sino como una formación multifactorial.

Reitero, más que un resumen o recapitulación del proyecto realizado, descubro los puntos de partida hacia la segunda fase del mismo, el cual plantea superar la etapa meramente promocional de la digitalización cultural y avanzar hacia la aplicación de modelos de gestión del patrimonio en los que el objetivo fundamental sea la concepción de una multidisciplinaria que concentre los esfuerzos de cada área del conocimiento involucrada, ocupando un lugar importante el conocimiento de las raíces y la evolución de nuestra comunidad actual.

Me gustaría destacar que la importancia de la digitalización patrimonial es objeto de un consenso cada vez más amplio dentro de la comunidad universitaria y el reto que se plantea hoy en día es más bien integrar mejor su adecuada conservación, la valorización del patrimonio dentro de la perspectiva local y su eventual constitución como una multidisciplinaria con fines de investigación y docencia, sin dejar de recalcar que los recursos patrimoniales descritos son en extremo frágiles y no renovables, y por lo tanto el desarrollo de la digitalización 3D depende de ellos para poder generar nuevos e innovadores productos que aseguren su legado.

Además nos permitirá asentarnos en una visión contemporánea de la pedagogía que plantea nuevos proyectos didácticos y de investigación para generar un centro para el estudio de estos temas que evite que el trabajo se disperse en la periferia.





## 7. FUENTES DE CONSULTA

### 7.1 BIBLIOGRAFÍA

- » AGNELLO, F. et al. (2003). **Cultural heritage and information systems, an investigation into a dedicated hypertext.** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part 5.
- » BERNARDI, Fausto y Holly Rushmeier. (2002). **The 3D Model Acquisition Pipeline.** en Computer Graphics Forum, Vol. 21, No. 2.
- » BESORA, I. et al. (2008). **Real-Time Exploration of the Virtual Reconstruction of the Entrance of the Ripoll Monastery,** en Actas del XIX Congreso Español de Informática Gráfica CEIG'08.
- » CALLIERI, M. et al. (2008). **Virtual Inspector. A Flexible Visualizer for Dense 3D Scanned Models.** IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 28, no.1.
- » COCK, Juan Diego. (2000). **El método de la triangulación aplicado en un escáner láser, para objetos tridimensionales.** En Revista Universidad Eafit, octubre-diciembre, No. 120, Universidad Eafit, Medellín, Colombia.
- » D'ALLEYRAND, M.R. (1989). **Image Storage and Retrieval Systems: A new approach to records management.** McGraw-Hill Book.
- » ELEÁZAR Jaramillo, Andrés; Flavio Prieto, Pierre Boulanger. (2007). **Inspección de piezas 3D: Revisión de la literatura.** En Revista Ingeniería e Investigación, diciembre, vol. 27, No. 003, Universidad Nacional de Colombia.
- » GRANDE LEON, A. (2002). **Itálica virtual. Un proyecto educativo que hace Historia,** en PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, n. 40/41.
- » HODAČ J. (2005). **3D Information System of Historical Site – Proposal and Realisation of a Functional Prototype.** Acta Polytechnica. Vol. 45, No. 1.
- » IOANNIDIS, C. et al. (2003). **An integrated spatial information system for the development of the archaeological site of mycenae.** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part 5.
- » LAMOLDA F. et al. (2008). **Registro mediante la utilización de escáner 3D del estado previo a la intervención de la Fuente de los Leones.** Taller en el IX Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación, Sevilla.
- » LARA, G., et al. (2008). **Digitalización de colecciones: Texto e imagen, vol. 1.** UNAM, Dirección General de Bibliotecas, Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia. México.
- » LERMA, J.L., et al. (2010). **Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the upper Palaeolithic cave of Parpallò as a case of study.** Journal of Archaeological Science, num. 37.
- » MELERO J. et al. (2005). **Combining SP-octrees and impostors for the visualisation of multiresolution models.** Computer & Graphics, vol. 29.
- » MEYER, E. et al. (2006). **Intra-site Level Cultural Heritage Documentation: Combination of Survey,** Modeling and Imagery Data in a Web Information System. 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage. VAST.
- » NAGLIČ K.K. (2003). **Cultural Heritage Information System in The Republic of Slovenia.** ARIADNE 5 Workshop on Documentation, Interpretation, Presentation and Publication of Cultural Heritage. Prague.
- » NIGLIO, O, et al. (2014). **Restauración y Protección del Patrimonio Cultural.** México: Aracne, Esempi di Architettura.

- » PAPAGIANNAKIS, G. et al. (2005). **Mixing Virtual and Real scenes in the site of ancient Pompeii**. Computer Animation and Virtual Worlds, 16 (1).
- » OKAMOTO, Y. (2008). **Editing, Retrieval, and Display System of Archeological Information on Large 3D Geometric Models**. Digitally Archiving Cultural Objects, capítulo 21.
- » ROCCHINI, C., et al. (2001). **A low cost 3D scanner based on structured light**, in: A. Chalmers, T.-M. Rhyne (Eds.), EUROGRAPHICS 2001, vol. 20, No.3, Blackwell Publishing,
- » SCOPIGNO R. et al. (2003). **Using optically scanned 3D data in the restoration of Michelangelo's David**. Optical Metrology for Arts and Multimedia. Proceedings of the SPIE, Vol. 5146.
- » TEJADO Sebastian, José María. (2005). **Escaneado en 3D y prototipado de piezas arqueológicas: Las nuevas tecnologías en el registro, conservación y difusión del patrimonio arqueológico**, en Iberia, Revista de la antigüedad, No. 8, Universidad de la Rioja, España.
- » TORRES, J.C., et al. (2010). **Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio**. UGIIG. Grupo de Investigación en Informática Gráfica de la Universidad de Granada. España. Volumen 1 Número 1. ISSN: 1989-9947.
- » TROLL COVEY, Dense (2005). **Acquiring Copyright Permission to Digitize and Provide Open Access to Books**. Washington: Council on Library and Information Resources: Digital Library Federation.

## 7.2 PÁGINAS DE INTERNET

- » <http://www.digitalizacion.unam.mx> [Status: junio de 2014]
- » <http://ccud.unam.mx> [Status: mayo de 2015]
- » <http://www.patrimoniovirtual.com> [Status: mayo de 2015]
- » <http://www.minervaeurope.org> [Status: junio de 2014]
- » <http://archive.cyark.org> [Status: junio de 2014]
- » <http://dprha.ua.es/es> [Status: junio de 2014]
- » <http://www.iaph.es> [Status: junio de 2014]
- » <http://www.unesco.org> [Status: mayo de 2015]
- » <http://www.100.unam.mx> [Status: febrero de 2014]
- » <http://www.minervaeurope.org> [Status: junio de 2014]
- » <http://gallica.bnf.fr> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.bibnal.edu.ar> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.memoriachilena.cl> [Status: enero de 2014]
- » <http://imagedigital.esteticas.unam.mx> [Status: enero de 2014]
- » <http://humanidadesdigitales.net> [Status: junio de 2014]
- » <http://web.ua.es> [Status: junio de 2014]
- » <http://elfondoantiguo.blogspot.mx> [Status: junio de 2014]
- » <http://ddd.uab.cat> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.unamenlinea.unam.mx> [Status: junio de 2014]
- » <http://elfondoantiguo.blogspot.mx> [Status: enero de 2014]
- » <http://ict.udlap.mx> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.iit.upcomillas.es> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.inah.gob.mx> [Status: junio de 2014]
- » <http://www.arqueologiavirtual.com> [Status: junio de 2014]
- » <http://www.acervo.gaceta.unam.mx> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.patrimonio.unam.mx> [Status: junio de 2014]
- » <http://ict.udlap.mx> [Status: junio de 2014]
- » <http://pedagogia401.blogspot.mx> [Status: junio de 2014]
- » <http://didacticaeducacion.wordpress.com> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.eluniversal.com.mx> [Status: enero de 2014]
- » <http://www.colecciones3d.wordpress.com> [Status: diciembre de 2014]

## 8. GLOSARIO

**Acervo:** conjunto de fuentes de información (por ejemplo libros, revistas, fotografías, mapas, obras de arte, etc); bienes morales o culturales acumulados por tradición o herencia que pertenecen en común a una comunidad.

**Acceso local:** consulta de una fuente de información sin estar conectado a una red de cómputo.

**Acceso remoto:** consulta de una fuente de información por medio de una conexión como Internet o similar.

**Administración de información:** los procedimientos involucrados en la identificación, selección, organización, transmisión, control, recuperación y preservación de la información.

**Anastilosis:** término arqueológico que designa la técnica de reconstrucción de un monumento en ruinas gracias al estudio metódico del ajuste de los diferentes elementos que componen su arquitectura.

**Anastilosis virtual:** se trata de la recomposición de las partes existentes pero desmembradas en un modelo virtual.

**Ancho de banda:** cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado. El ancho de banda se indica generalmente en bites por segundo (BPS), kilobites por segundo (kbps), o megabites por segundo (mps).

**Arqueología digital:** proceso de recuperación de información a partir de medios de almacenamiento digital.

**Arqueología virtual:** es la disciplina científica que tiene por objeto la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por computadora para la gestión integral del patrimonio arqueológico.

**Biblioteca:** organismo o entidad que pone a disposición de determinado público fuentes de información en diferentes formatos (libros, revistas, fuentes digitales, etc).

**Certificado digital:** documento electrónico con el que se demuestra la identidad de una persona o entidad en transacciones electrónicas. Con él se valida que una firma digital pertenece a una entidad identificada.

**Cluster:** conjunto de computadoras o servidores compuestos, conectados y configurados para funcionar de manera integral y única, lo que agiliza la respuesta de procesamiento y aumenta la capacidad de almacenamiento de la información.

**Colección de consulta:** se compone de documentos de referencia o consulta, es decir, diccionarios, enciclopedias, atlas, anuarios, etc.

**Colección digital:** conjunto de documentos digitales de información que pueden abarcar desde fuentes bibliográficas (como libros, revistas, tesis, etc) hasta toda clase de archivos multimedia (interactivos, modelos virtuales, realidad virtual).

**Compatibilidad:** en ambientes digitales, se refiere a la capacidad que tiene una tecnología de interactuar con o adaptarse a otra. Por ejemplo, un archivo digital puede ejecutarse en uno o más sistemas operativos.

**Compresión:** disminución del tamaño de un documento en formato digital con la intención de transferir o almacenar la misma información empleando la menor cantidad de espacio y disminuir el tiempo en la transferencia de datos. Una compresión puede ser con pérdida de información y calidad (generalmente para las imágenes y sonidos), o sin pérdida de información (para archivos que no debe ser degradada, como documentos de texto).

**Comunidad de usuarios:** el universo de personas a quienes está destinado un servicio.

**Copia de seguridad:** también conocida como respaldo, es la copia de los datos o información de un sistema para que lo puedan restaurar en caso de fallas o desastres. Es utilizada para recuperar datos o información que se hayan borrado o corrompido por cualquier causa.

**Copia integral:** también conocida como copia completa. Consiste en copiar datos y programas, restaurando el sistema al momento anterior a la copia.

**Copia incremental:** almacena solamente las modificaciones realizadas después de la última copia de seguridad. Se requiere mantener la copia original para poder restaurar posteriormente el resto de las copias.

**Copia rotativa:** copia de seguridad o respaldo realizada con la reutilización periódica de los medios de almacenamiento.

**Derechos de autor:** conjunto de privilegios que tiene una persona sobre una obra de creación intelectual.

**Digitalización:** proceso de convertir un documento análogo a un formato digital legible por computadora.

**Documento:** cualquier recurso que transmita información, datos o conocimiento. Un documento puede ser físico (análogo) o digital.

**Documento de origen digital:** documento que de origen fue creado en ambientes digitales, generalmente por medio de una computadora con ayuda de un procesador de textos o herramienta similar.

**Documento digital:** documento cuya información se encuentra codificada en formato digital.

**Documento digitalizado:** documento que ha sido creado a partir de un original analógico, generalmente impreso, por medio de alguna herramienta de captura digital como escáner, cámara, etc.

**Emulación:** estrategia de preservación que permite que el software original sea usado sin necesidad de que el sistema original siga existiendo.

**Encapsulado:** estrategia de preservación digital que consiste en agrupar la información que se desea preservar junto con un diccionario de datos (metadatos descriptivos, administrativos y de preservación) y mantenerlos en una única localización.

**E/S:** también conocido como I/O (por su siglas en inglés Input/Output) es la abreviación de Entrada/Salida que hace referencia a la recepción y envío de información por medio de dispositivos o puertos de comunicación de los equipos cómputo y sus periféricos.

**Estandarización:** normalización de procedimientos involucrados en una actividad.

**Extensión:** nombre del archivo electrónico que indica la forma en que está codificada la información que contiene. Suele escribirse abreviada con tres caracteres y precedida de un punto. Por ejemplo: *.doc*, *.pdf*, *.mp3*, etc.

**Fibre Channel:** el Canal de Fibra es una tecnología utilizada principalmente en las redes de almacenamiento ofreciendo velocidad de transferencia de 1, 2, 4 y 8 Gb/s.

**Firma digital:** recurso análogo a la firma autógrafa para ofrecer autenticidad en medios digitales.

**Formato digital:** la forma en que está codificada la información contenida en un documento digital. Existen diferentes tipos de formatos dependiendo del tipo de documentos: textuales, imágenes, audio, video, etc. Algunos formatos de uso frecuente en texto e imágenes son *.doc*, *.pdf*, *.txt*, *.gif*, *.jpg*.

**Gestión integral:** comprende las labores de inventario, prospección, excavación, documentación, investigación, mantenimiento, conservación, preservación, restitución, interpretación, presentación, acceso y uso público de los restos materiales del pasado.

**Huella digital:** número hexadecimal generado al aplicar una función matemática sobre un documento digital con la condición de que si dos documentos digitales tienen la misma huella digital entonces tienen el mismo contenido.

**Informática gráfica:** conjunto de herramientas y técnicas utilizadas para crear, visualizar, manipular, transferir e interactuar con imágenes representadas en la computadora.

**Infraestructura tecnológica:** se refiere a los equipos de cómputo, conexión, redes, cableado y servicios de telecomunicaciones con los que se cuenta para proporcionar servicios de información en ambientes digitales.

**Interactividad:** una expresión extensiva que alude una serie de intercambios comunicacionales que implican que el que el usuario controle la navegación y explore a voluntad un contenido de manera no lineal.

**Internet:** conjunto de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única de alcance mundial.

**Intranet:** es una red de computadoras privada o interna de tipo empresarial o educativa que utiliza las mismas tecnologías de Internet.

**Intertextualidad:** en un sentido amplio, se refiere al conjunto de relaciones que acercan un texto determinado a otros textos de variada procedencia: del mismo autor o más comúnmente de otros, de la misma época o de épocas anteriores, con una referencia explícita (literal o alusiva) o la apelación a un género, a un arquetipo textual o a una fórmula imprecisa o anónima.

**Marca de agua:** sello digital, generalmente tenue, que se inserta a una imagen digital con la finalidad de mostrar la autoría de su creador, difusor, responsable, etc.

**Máster:** versión íntegra de una obra; generalmente conserva todas las características técnicas con las que fue creada. Suele emplearse como punto de partida para la creación de copias ulteriores.

**Metadatos:** es un dato estructurado sobre la información, es decir, información sobre información; o de forma más simple, datos sobre datos. Son datos que se pueden guardar, intercambiar y procesar por medio de una computadora. Están estructurados de tal forma que permiten ayudar a la identificación, descripción, clasificación y localización del contenido de un documento. También sirven para su recuperación.

**Migración:** transferencia o adaptación del contenido digital de una generación de hardware y software hacia otra generación.

**Modelado directo:** estrategia de modelado que da a los usuarios la capacidad de definir y capturar la geometría rápidamente. Con el modelado directo, los diseñadores pueden centrarse en la creación de geometría en lugar de crear funciones, restricciones e intención de diseño en los modelos.

**Modelo de malla poligonal:** es una representación poligonal que implica encontrar y conectar los puntos adyacentes mediante líneas rectas con el fin de crear una superficie continua (siempre una superficie curva es modelada como muchas pequeñas superficies planas). Un ejemplo claro es el modelo poligonal de una esfera, la cual se asemeja a una bola de discoteca.

**Modelo de superficies:** se trata del siguiente nivel de sofisticación en la modelización, el cual implica el uso de un conjunto de pequeñas superficies curvas que unidas entre sí modelan una forma. En este caso, la supuesta esfera es una representación matemática verdadera.

**Modelos sólidos CAD:** es el "lenguaje común" de la industria para describir, editar y producir diversidad de formas. En este caso la esfera está descrita por parámetros que son fácilmente editables mediante el cambio de un valor (por ejemplo, el centro de la esfera o su radio).

**Notación:** sistema de signos convencionales que se adopta para expresar ciertos conceptos de una disciplina concreta.

**Nube de puntos:** conjunto de vértices en un sistema de coordenadas tridimensional. Estos vértices se identifican habitualmente como coordenadas X, Y, Z y son representaciones de la superficie externa de un objeto.

**OCR:** tecnología que permite convertir diferentes tipos de documentos, tales como documentos en papel escaneados o imágenes captadas por una cámara digital en datos digitales con opción de búsqueda y funcionalidad de editar.

**OAIS (Open Archival Information System):** es un modelo de referencia que enfoca su actividad en la preservación a largo plazo de la información en formato digital, como garantía de que será accesible en el futuro. OAIS consiste en un modelo lógico que abarca todas las funciones de un repositorio digital, señalando la forma en que los objetos digitales deben ser preparados, enviados a un archivo, almacenados durante largos períodos, conservados y recuperados.

**Open Data (Datos Abiertos):** es una filosofía y práctica que persigue que determinados datos estén disponibles de forma libre a todo el mundo, sin restricciones de copyright, patentes u otros mecanismos de control.

**Ortoimagen:** es una imagen rectificadas que nos permite medir sobre ella magnitudes reales como si de un plano se tratase.

**Parámetro normalizado:** procedimiento o rango de acción normalizado para ejecutar una actividad. Por ejemplo, el tamaño mínimo que deben tener las imágenes para verse en un monitor de computadora.

**Patrimonio arqueológico:** es el conjunto de elementos materiales que, junto con su contexto, sirven como fuente histórica de validez para el conocimiento del pasado de la humanidad. Estos elementos, que fueron -o han sido- abandonados por las culturas que los fabricaron, tienen como sello distintivo el poder ser estudiados, recuperados o localizados usando la metodología arqueológica como método principal de investigación, cuyas técnicas principales son la excavación y la prospección, sin menoscabo de la posibilidad de usar otros métodos complementarios para su estudio.

**Picosegundo:** es la unidad de tiempo que equivale a la billonésima parte de un segundo y se abrevia ps ( $1 \text{ ps} = 1 \times 10^{-12} \text{ s}$ ).

**Plan de contingencia:** descripción de un conjunto de actividades para poder asegurar o restablecer la continuidad en el funcionamiento de un sistema informático ante las fallas de hardware, software o corrupción de información.

**Planeación:** conjunto de pasos razonados destinados a la ejecución de un proyecto.

**Políticas:** conjunto de acuerdos establecidos formalmente y dados a conocer entre los involucrados en la realización de un proyecto.

**Preservación de la tecnología:** consiste en preservar el ambiente tecnológico para visualizar y editar el contenido digital, incluyendo software y hardware, como por ejemplo: sistemas operativos, programas de visualización, periféricos de lectura, así como escritura de medios de almacenamiento secundario.

**Preservación digital:** serie de actividades necesarias y muy bien administradas para asegurar el acceso continuo a los materiales digitales por el período que sea necesario. Suele entenderse también como la digitalización de documentos originales con el fin de protegerlos de los efectos nocivos de la manipulación física.

**Protocolo OAI-PMH (Open Archives Initiative-Protocol Metadata Harvesting):** es una herramienta de interoperabilidad, independiente de la aplicación, la cual permite realizar el intercambio de información para que, desde diversos puntos (proveedores de servicio), se puedan realizar búsquedas que abarquen la información recopilada en distintos repositorios asociados (proveedores de datos).

**RAID:** son las siglas en inglés de Redundant Array of Inexpensive Disks, (conjunto redundante de discos baratos). En la actualidad también de Redundant Array of Independent Disks (conjunto redundante de discos independientes).

**Reconstrucción virtual:** comprende el intento de recuperación visual de una construcción u objeto fabricado por el ser humano en el pasado a partir de un modelo virtual, a partir de las evidencias físicas existentes sobre dicha construcción u objeto, las inferencias comparativas científicamente razonables y en general todos los estudios llevados a cabo por los arqueólogos y demás expertos vinculados con el patrimonio arqueológico y la ciencia histórica.

**Recreación virtual:** comprende el intento de recuperación visual de un momento determinado en la historia, a partir de un modelo virtual, incluyendo la cultura material (patrimonio mueble e inmueble), entorno, paisaje, usos, y en general significación cultural.

**Recursos humanos:** personal con el que se cuenta para desarrollar un proyecto.

**Recursos tecnológicos:** equipo técnico, aparatos y herramientas complementarias con los que se cuenta para llevar a cabo un proyecto.

**Red telemática:** concepto mediante el cual se nombra al conjunto de computadoras que se comunican o se conectan entre sí para transferir o intercambiar la información que se encuentra guardada en los discos duros de las computadoras.

**Reformateo:** cambio del contenido digital de un formato a otro.

**Refreshado (rejuvenecimiento):** copia del contenido a un medio nuevo.

**Relación lineal:** dos variables o magnitudes están en relación lineal cuando, manteniendo constantes el resto de las variables, el aumento o disminución de una de ellas implica un aumento o disminución proporcional en la otra de forma que su cociente es constante.

**Replicación:** se refiere al hecho de mantener una o más copias de un mismo contenido digital.

**Reproducción:** generación de una copia de un documento en el mismo o en otro formato.

**Resolución de una imagen:** nivel de detalle que muestra una imagen digital. A mayor resolución, mayores detalles muestra la imagen.

**Respaldo:** también conocido como copia de seguridad, es una copia de los datos o información de un sistema para que lo puedan restaurar en caso de fallas o desastres. Un respaldo es utilizado para recuperar datos o información que se haya borrado o corrompido por cualquier causa.

**Restauración virtual:** comprende la reordenación, a partir de un modelo virtual, de los restos materiales existentes con objeto de recuperar visualmente lo que existió en algún momento anterior al presente. La restauración virtual comprende por tanto la anastilosis virtual.

**Ruta crítica:** pasos que se siguen de manera ordenada en un procedimiento de inicio a fin. Suelen señalarse algunos aspectos relevantes a tener en cuenta al momento de llevarlo a cabo.

**Seguridad:** medidas precautorias que se toman en cuenta con la intención de garantizar la integridad física, técnica e intelectual de los documentos digitales.

**Sostenibilidad:** es la descripción de cómo los sistemas (normalmente biológicos) se mantienen productivos en el transcurso del tiempo. Se refiere también al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno. Por extensión se aplica a la explotación de un recurso por debajo del límite de renovación del mismo. Asimismo consiste en satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

**Tecnología digital:** tecnología basada en ambientes de cómputo, dentro de los cuales se crean y difunden productos y creaciones intelectuales.

**Unidad de información:** espacio o entidad en la que se administra y difunde información, por ejemplo, una biblioteca, una hemeroteca, una base de datos, etc.

**Virtualización:** en informática, es la creación -a través de un software- de una versión virtual de algún recurso tecnológico, como puede ser una plataforma de hardware, un sistema operativo, un dispositivo de almacenamiento u otros recursos de red.

**Visión estereográfica:** se conoce como visión estéreo al empleo de dos o más cámaras para recuperar la información de profundidad de un objeto. Por lo general se suele emplear un modelo de dos cámaras.





## 9. APÉNDICE

Actualmente, con el desarrollo de la tecnología se han incorporado toda clase de herramientas audiovisuales que antes eran imposibles de utilizar para explicar o ilustrar, por ejemplo, los resultados y alcances de un proyecto de investigación.

Presentar la información de manera gráfica y animada puede ayudar a explicar mejor toda clase de datos, flujos y esquemas, superando las limitaciones que son inevitables al publicar el proyecto únicamente en papel. Dicho de otra forma, nos permite optimizar y agilizar los procesos de comprensión utilizando una menor cantidad de recursos materiales y una mayor precisión de la información.

De acuerdo a la naturaleza de este proyecto de investigación, contar con un material audiovisual se vuelve indispensable para dejar constancia de todos los procesos que se llevaron a cabo para acometer el proyecto: desde el levantamiento y sus resultados, el conjunto de productos generados (modelos 3D) y sobre todo difundir la importancia del uso y la incorporación de la tecnología de escaneo 3D en favor de la conservación del patrimonio cultural.

En este sentido, a modo de síntesis y como complemento de la información presentada en este documento escrito, se anexa un CD ROM que contiene tres videos infográficos que tienen por objetivo el tránsito de la información, tanto en los círculos académicos como culturales, a la espera de vincular a todo grupo o disciplina interesada en un proyecto de innovación tecnológica aplicada a la difusión de la cultura universitaria y nacional.

Esta serie de videos se compone de tres episodios:

- Introducción a la digitalización patrimonial.
- Tecnologías de registro 3D.
- Aplicaciones.

