



Colección
Ramón Arriaga García

Conceptos, materiales y métodos en humanidades digitales

Dabús Alvaraz Martínez



Conceptos, materiales y métodos en humanidades digitales

Conceptos, materiales y métodos en humanidades digitales

Rubén Alcaraz Martínez



ULTREIA

Editorial del IVEMIR-UCV

(Institut Isabel de Villena d'Estudis Medievals i Renaixentistes)

Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir

Colección Ramón Arnau García, 6



Universidad
**Católica de
Valencia**
San Vicente Mártir

IVEMIR
Institut Isabel de Villena
d'Estudis Medievals
i Renaixentistes

Valencia

2025

Título original: *Conceptos, materiales y métodos en humanidades digitales*

1ª Edición: 2025

Esta publicación no puede ser reproducida ni parcial ni totalmente, ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, ya sea fotomecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia o por cualquier otro, sin el permiso previo de la editorial.

© Del texto: Rubén Alcaraz Martínez

© De esta edición: ULTREIA



Editorial del IVEMIR-UCV (Institut Isabel de Villena d'Estudis Medievals i Renaixentistes) de la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.

Servicio de Publicaciones

Calle Quevedo, 2

46001 Valencia, España

Telf. +34 963 637 412

Mail: editorial.ultreia@ucv.es

Colección: Ramón Arnau García

Editores y coordinadores de la obra: Anna Peirats y Francisco Arteaga

Diseño de portada: Imagen Institucional de la Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir.

Maquetación: Glaux Publicaciones Académicas

Impresión: Artes Gráficas Soler

ISBN: 978-84-128605-4-2

Depósito Legal: V-4632-2024

Imagen de la cubierta: *La gran ola de Kanagawa (Kanagawa oki nami ura)*

(ca. 1830-1832) de Katsushika Hokusai. ©The Metropolitan Museum of Art.

Impreso en España

Colección Ramón Arnau García

6

DIRECCIÓN:

Anna Peirats

Directora del IVEMIR-UCV

(Institut Isabel de Villena d'Estudis Medievals i Renaixentistes) de la UCV

COMITÉ CIENTÍFICO:

José Antonio Calvo Gómez

(Universidad Católica de Ávila)

Jacob Mompó Navarro

(Universidad Complutense de Madrid)

Vicente Pons Alós

(Universidad de Valencia, Archivo de la Catedral de Valencia)

M^a Luz Mandingorra Llavata

(Universitat de València)

Daniele Solvi

(Universidad de Campania, Luigi Vanvitelli, Italia)

Francesca Manzari

(Università degli Studi "La Sapienza" di Roma, Italia)

Ralph Deckoninck

(Université Catholique de Louvain, Bélgica)

Massimo Marini

(Università degli Studi "La Sapienza" di Roma, Italia)

Llúcia Martín Pascual

(Universidad de Alicante)

Renana Bartal

(Tel Aviv University, Israel)



ÍNDICE

1. Introducción: humanidades digitales, investigación y práctica	13
2. Formatos de ficheros y digitalización de materiales analógicos	17
2.1. Formatos.....	18
2.1.1. Formatos de imagen.....	21
2.1.2. Formatos de audio	26
2.1.3. Formatos de vídeo.....	28
2.1.4. Formatos de texto digital	31
2.1.5. Formatos de documentos encapsulados	32
2.1.6. Identificación y validación de formatos.....	35
2.2. Digitalización.....	37
2.2.1. Soportes.....	37
2.2.2. Hardware.....	40
2.2.3. Reconocimiento óptico de caracteres	48
2.2.4. Digitalización en 3D.....	53
2.2.5. Valores aconsejados para la digitalización.....	55
2.3. Entornos y proyectos GLAM / LAM.....	58
2.4. Objetos, colecciones y repositorios digitales	61
2.4.1. Objetos digitales	61
2.4.2. Sistemas de gestión de repositorios y colecciones digitales.....	62
2.4.3. Entornos de desarrollo y despliegue de aplicaciones web	70
3. Datos, metadatos y ontologías	73
3.1 Datos	74
3.1.1 Tecnologías y métodos para el procesamiento de datos	76
3.2 Metadatos	80
3.2.1 Definición y caracterización del concepto metadato.....	80

3.2.2. Dimensiones.....	82
3.2.3. Ubicación de los metadatos	83
3.2.4. Tipos de metadatos.....	84
3.2.5. Conjuntos de elementos de metadatos.....	89
3.2.6. Cómo se crean los metadatos.....	91
3.2.7. Aplicación práctica de los metadatos.....	95
3.3. La Web semántica.....	103
3.3.1. Ontologías.....	105
3.3.2. Anotaciones y datos enlazados	107
3.3.3. Vocabularios	108
3.3.3.1. Schema.org.....	108
3.3.3.2. FoaF.....	110
3.3.3.3. CIDOC-CRM y LIDO	111
3.3.4. Software para la edición, gestión y publicación de ontologías y datos enlazados.....	113
4. Bases de datos.....	115
4.1. Bases de datos relacionales	116
4.1.1. Sistemas de gestión de bases de datos relacionales	118
4.2. Bases de datos orientadas a grafos y almacenes RDF.....	122
4.2.1. Aplicación práctica de las bases de datos orientadas a grafos y los almacenes RDF.....	125
4.3. Bases de datos NoSQL.....	126
4.3.1. Aplicación práctica de las bases de datos NoSQL.....	127
5. Lenguajes de marcas y de intercambio de datos	129
5.1. Tipos de lenguajes de marcas	131
5.2. Lenguajes de marcas de presentación y formato de texto	132
5.2.1. HTML (HyperText Markup Language)	132
5.2.2. Markdown.....	133
5.3. Lenguajes de marcas y de intercambio de datos de propósito general.....	135
5.3.1. XML (eXtensible Markup Language)	135
5.3.2. JSON (JavaScript Object Notation)	138
5.4. Codificación y marcado de textos	140
5.4.1. TEI (Text Encoding Initiative)	140
5.4.2. DocBook.....	142
5.5. Ejemplos de proyectos	144

6. Información y datos geográficos.....	147
6.1. Estándares y formas de representación de datos geográficos	148
6.1.1. Formatos de intercambio de datos	148
6.1.2. Formas de visualización	150
6.2. Sistemas de información geográfica, bases de datos, APIs y bibliotecas de cartografía digital	153
6.2.1. Aplicación práctica de las tecnologías de cartografía digital	157
7. Interacción persona-ordenador	159
7.1. Arquitectura de la información	161
7.1.1. Sistemas de organización	161
7.1.2. Sistemas de navegación	166
7.1.3. Etiquetado	167
7.1.4. Sistemas de búsqueda	167
7.1.5. Vocabularios controlados	169
7.1.6. Diseño e implementación de la arquitectura de la información	172
7.2. Usabilidad.....	175
7.2.1. Métodos de evaluación de la usabilidad	175
7.2.2. Evaluación heurística	176
7.3 Accesibilidad.....	179
7.3.1. Discapacidades, barreras y ayudas técnicas.....	179
7.3.2. Organización y estructura del contenido	182
7.3.3. Color, contraste y legibilidad	185
7.3.4. Contenido no textual.....	188
7.3.5. Herramientas de evaluación.....	193
8. Narrativas digitales.....	195
8.1. Visualización de la información y visualizaciones de datos.....	196
8.2. Narrativa o <i>storytelling</i> digital.....	198
8.3. Exposiciones virtuales	203
9. Evaluación de proyectos de humanidades digitales	209
10. Conclusiones.....	213
Software y recursos	223
Identificación y validación de formatos digital y características técnicas	223
Digitalización.....	223

Reproductores multimedia.....	223
Sistemas de gestión de repositorios y colecciones digitales.....	223
Datos, metadatos y ontologías	224
Lenguajes de marcas e intercambio de datos	224
Bases de datos	224
Cartografía digital.....	225
Visualización de datos.....	225
Narrativas digitales.....	226
Accesibilidad digital	226
Proyectos citados	227
Fuentes de información y recursos para las humanidades digitales ...	229
Directorios de recursos.....	229
Revistas académicas.....	229
Bibliografía.....	230

1. Introducción: humanidades digitales, investigación y práctica

Las humanidades, entendidas como el conjunto de disciplinas relativas al ser humano como agente intelectual y creador, se centran en prácticas como la traducción, transcripción, edición, anotación o análisis de textos para obtener resultados que abarcan desde la creación, comunicación, preservación, hasta la enseñanza de conocimientos centrados en el registro cultural y creativo de la experiencia humana.

Por su parte, las humanidades digitales (HD) buscan ampliar las posibilidades que derivan de las técnicas y métodos anteriormente citados, incorporando el enorme catálogo de posibilidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Por ejemplo, los estudios textuales tradicionales como la crítica filológica, el análisis paleográfico o el estilístico y literario, cuando se abordan desde la perspectiva de las HD pueden ampliarse con la codificación, conservación, almacenamiento en bases de datos, digitalización, enriquecimiento semántico, creación de ediciones digitales interactivas o en ofrecer nuevas formas de visualización y acceso al contenido.

Busa (2004) define las HD como “la automatización de todos los posibles análisis derivados de la expresión humana [...], en el sentido más amplio de la palabra, desde la música al teatro, desde el diseño y la pintura a la fonética, pero cuyo núcleo sigue siendo el discurso de los textos escritos”.

Los objetivos, prácticas o preguntas de investigación que se plantean desde las HD no son, por tanto, esencialmente nuevos, sino que siguen teniendo como principal objeto de estudio al ser humano y su interacción con la cultura, así como el conocimiento, procesos o productos derivados de tal interacción. Lo realmente nuevo es la aproximación que se propone desde las HD.

Las HD no son un área de estudio unificada, sino una serie de prácticas que convergen al explorar todo un conjunto de disciplinas en las que

el medio impreso ya no es el canal exclusivo ni normativo a través del cual se produce o difunde el conocimiento. Para algunos autores, están estrechamente vinculadas al mundo académico (Kirschenbaum, 2010), mientras que otros proponen expandir los límites del término para abarcar el fenómeno de la cultura digital. Lo cierto es que podemos encontrar numerosos ejemplos de proyectos de HD también fuera del ámbito académico, vinculados, sobre todo, aunque no exclusivamente, a instituciones de la memoria.

La digitalización de la sociedad nos permitió cuestionar la forma en la que se ha investigado y difundido el saber. Partiendo de los conocimientos y métodos propios del conjunto de disciplinas pertenecientes a las humanidades y las ciencias sociales, las HD incorporan nuevas herramientas y aproximaciones con un fuerte –o íntegro– componente digital. En este sentido, el uso de las TIC ha permitido que los sistemas tradicionales de creación, representación y difusión del conocimiento y la cultura se diversifiquen y amplíen con nuevos formatos (sitios web, contenidos inmersivos, catálogos digitales, exposiciones y narrativas virtuales, aplicaciones móviles, documentales interactivos...). Podemos entender, por tanto, a las HD como una transdisciplina que traslada los métodos y dispositivos propios de lo digital a las áreas de conocimiento de las humanidades y las ciencias sociales.

Son, en definitiva, un área de investigación, enseñanza y creación en la que convergen las humanidades y la informática, pero en las que también tienen una importante presencia las ciencias de la información y la documentación, en todo lo que atañe a la organización y sistematización, preservación y difusión del conocimiento.

No obstante, el mero uso de la tecnología aplicada a la investigación y comunicación en humanidades no puede ni debe denominarse HD. Este es un error más común de lo que pensamos entre nuestros estudiantes quienes, en muchas ocasiones, ven la tecnología como una finalidad en sí misma y no como una parte más del proyecto.

En 2008, Schnapp, Presner, Lunenfeld y Drucker publican el *Manifiesto por las humanidades digitales* con el objetivo de poner sobre la mesa un debate centrado en lo que las HD pueden y deben hacer en el marco de la sociedad contemporánea. El texto se alinea con el conocimiento en abierto y considera enemigo a cualquiera que pretenda cerrar el espacio digital a través del cual se distribuyen y operan las HD. También apuesta por la transversalidad y promueve la colaboración entre diferentes disciplinas, incluso trascendiendo las paredes de la universidad, relegando de esta manera parte de la responsabilidad a la ciudadanía. Por lo que respecta a

su docencia, destacan el aplanamiento en las jerarquías profesor/alumno y experto/no experto que proponen las HD.

Las HD se caracterizan, por tanto, por ser un modelo basado en la abundancia, la descentralización, la creación entre iguales, y los productos y resultados libres y de código abierto. El software libre es a las HD lo que el hardware abierto es a la fabricación digital o el acceso abierto al conocimiento. El software libre es el que respeta la libertad de los usuarios. A grandes rasgos, implica que los usuarios deben poseer la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software que utilizan. Es, por tanto, una cuestión de libertad y no de precio tal y como siempre ha defendido Richard Stallman (*free as in freedom*). El software libre proporciona la independencia tecnológica necesaria para que los equipos de investigación en HD puedan generar productos lejos del alcance de las grandes empresas tecnológicas, incrementando en muchos casos la sostenibilidad, privacidad, interoperabilidad o la compatibilidad de los productos finales. Desde el punto de vista de la docencia, nos permite optar por numerosas y variadas soluciones de software a las que, por volumen y coste, resultaría imposible acceder si se tuvieran que satisfacer las licencias correspondientes. Con esto no queremos denostar o excluir al software privativo de las HD, pero sí destacar las ventajas y oportunidades que, en comparación, ofrece el software libre. El software privativo tiene su lugar y puede ser útil en ciertos contextos, pero la filosofía del software libre se alinea mejor con los principios de colaboración abierta y acceso universal que subyacen a las HD. Además, el uso de software libre fomenta una cultura de transparencia y cooperación, permitiendo a investigadores y estudiantes no sólo utilizar determinadas herramientas tecnológicas, sino también participar activamente en su desarrollo y mejora.

Esto genera un entorno dinámico y enriquecedor, donde la comunidad puede contribuir con nuevas funcionalidades, corregir errores, traducir, localizar aplicaciones o adaptar las herramientas a sus necesidades específicas. La capacidad de modificar y redistribuir el software asegura que las soluciones desarrolladas en un contexto puedan ser adaptadas y mejoradas en otro, promoviendo así la innovación y el avance del conocimiento.

Para Drucker et al. (2014) todos los proyectos de HD se construyen a partir de los mismos componentes estructurales básicos, si bien el grado de complejidad, operaciones, metodologías, tecnologías y las relaciones que pueden añadirse a ese esquema común pueden variar. Estos componentes son un repositorio de activos digitales (ficheros, datos, metadatos...), algún tipo de arquitectura o estructura informacional (ontologías, bases de datos...), un conjunto de servicios (análisis estadísticos, estilísticos, interope-

rabilidad entre sistemas...) y una capa de comunicación y acceso con la que el usuario final puede interactuar (buscadores, sistemas de información geográfica, visualizaciones...).

Lo cierto es que, si bien el análisis de textos sigue siendo una práctica central en el ámbito de las HD, desde hace algunos años estas se han expandido hacia una importante variedad proyectos, los cuales contemplan métodos, prácticas y tecnologías muy diversas. Un claro ejemplo en este sentido es TaDiRAH (Taxonomy of Digital Research Activities in the Humanities), una taxonomía creada para organizar y categorizar proyectos de HD. De acuerdo con la clasificación propuesta por TaDiRAH, en las HD se dan siete actividades principales: análisis (análisis de contenido, de redes, relacional, espacial, estructural, estilístico y visualizaciones), almacenamiento (archivo, preservación, organización del contenido...), captura (agregación de datos, conversión, extracción y reconocimiento), creación (diseño, desarrollo web, programación, traducción...), enriquecimiento (anotación, edición y limpieza de datos), interpretación (contextualización, teorización, modelización...) y difusión (comunicación, *crowdsourcing*, enseñanza, publicación...).

El objetivo de este libro es precisamente presentar y ofrecer un análisis de esta variada gama de métodos y tecnologías que permiten acercarse a las HD a través de diversas disciplinas. Para alcanzar este objetivo, en primer lugar, se recogen, de manera clara, concisa y acompañados de diversos ejemplos, los conceptos fundamentales necesarios para situar el objeto de estudio abordado en cada capítulo. Posteriormente, se revisan diversas iniciativas, proyectos y metodologías que muestran ejemplos tangibles sobre cómo estas tecnologías se implementan en contextos reales de investigación y práctica profesional.

2. Formatos de ficheros y digitalización de materiales analógicos

Una buena parte de los objetos digitales que se manejan en los proyectos de HD tienen su origen en originales analógicos que se transforman en activos binarios o de texto para poder procesarlos con un software específico o, simplemente, para comunicarlos a través de Internet en el contexto de un proyecto de recuperación o difusión de un fondo o colección específico.

Digitalizar es un proceso no carente de complejidad, pero sobre el que podemos decir que, al margen de las innovaciones tecnológicas que pueden ir incorporándose, tanto la literatura académica, como la práctica profesional, conoce todos sus entresijos. Es decir, hoy contamos con información suficiente sobre qué formatos son los más adecuados para obtener copias máster digitales de originales analógicos o cuál es el equipamiento y las características técnicas que deben tener las copias digitales, entre otros.

En este capítulo, se abordan las cuestiones más importantes que deben tenerse en cuenta cuando en un proyecto de HD se plantea la digitalización de materiales analógicos.

2.1. Formatos

La unidad mínima de información que manejan los ordenadores son los bits. Cada bit puede representar uno de los dos valores siguientes: 0 o 1. Esta es la base del sistema binario, algo simple, pero a partir del cual es posible realizar operaciones de cálculo extremadamente complejas a medida que se concatenan más y más bits de información. Como los equipos informáticos sólo son capaces de trabajar con valores binarios tanto para el almacenamiento, como para la transmisión de la información, se precisa de un acuerdo o normas comunes que definan cómo una morfología de contenido determinada (texto, sonido, imagen...) debe tratarse para poder utilizarse en este entorno. Esta es la función que desempeñan los formatos.

Un formato es un estándar o convención que define la forma en que la información se organiza y se codifica en un fichero informático para su gestión y representación por medio de una o más aplicaciones informáticas.

Por su parte, un fichero (también denominado habitualmente como archivo) es un conjunto de bits (datos) almacenados en un dispositivo e identificado por un nombre y una extensión.¹

Finalmente, una extensión de fichero es una cadena de caracteres que permite distinguir el formato y la naturaleza de los datos contenidos en un fichero, de modo que el sistema operativo disponga del procedimiento necesario para ejecutarlo o interpretarlo.

Una buena parte de los formatos que manejamos en nuestro día a día se encuentran estandarizados. La estandarización o normalización es un proceso que persigue formular y aplicar una serie de reglas comunes y consensuadas en el marco de una actividad específica, en aras del beneficio y cooperación de todos los agentes involucrados. El uso de estándares ayuda a maximizar la compatibilidad, interoperabilidad, seguridad y calidad de los productos y servicios desarrollados.

Por ejemplo, el formato de imagen TIFF desarrollado inicialmente en 1986 por Aldus Corporation (adquirida posteriormente por Adobe), fue definido como estándar mediante la publicación de la norma *ISO 12639:1998 Graphic technology — Prepress digital data exchange — Tag image file format for image technology (TIFF/IT)*, actualizada posteriormente en 2004 y 2017.

Por su parte, un formato (o cualquier otro estándar) se convierte en estándar de facto cuando, sin que nadie (organismos de normalización,

1 Si bien lo más habitual es que todo fichero tenga una extensión, esto no siempre es así.

agencias estatales...) lo haya propuesto formalmente para ello, la práctica, uso diario o nivel de aceptación, lo llevan a ser ampliamente utilizado y preferido para un uso determinado por un gran número de personas o sectores interesados. Por ejemplo, el formato MP3, creado en 1995 y, a pesar de no liberarse hasta el año 2017, se convirtió rápidamente en un estándar de facto por su grado de aceptación en el mercado para la transmisión de música a través de la Web y todo tipo de plataformas digitales, gracias a unas características técnicas idóneas para ese propósito. Cuando un formato se estandariza o se convierte en un estándar de facto, las aplicaciones de software (reproductores, navegadores...), así como los dispositivos electrónicos (televisores, videoconsolas, reproductores de audio y vídeo...), procuran ser compatibles con él.

Podemos clasificar los formatos de acuerdo con diferentes criterios. Por ejemplo, según la morfología de contenido podemos diferenciar entre formatos de datos, de imagen, de audio, de vídeo, de texto...

Si basamos la clasificación en la forma de codificación del contenido, podemos distinguir entre formatos de texto llano y formatos binarios (Franganillo, 2021). Los primeros, se encuentran estructurados como una secuencia de líneas de texto legibles por humanos mediante cualquier editor de texto plano. Por otro lado, si bien todos los formatos son binarios por definición (son todos en el fondo una secuencia de unos y ceros), la convención es referirse a un fichero como binario cuando sólo es legible, editable o ejecutable mediante la aplicación informática con la que se ha creado, o mediante alguna otra aplicación compatible. Algunos ejemplos son el formato DOC de Microsoft, asociado a la aplicación ofimática Microsoft Word, pero editable también con otras aplicaciones compatibles como LibreOffice. Entrarían también en esta categoría los formatos de imagen (TIF, PNG, GIF), sonido (MP3, WAV...), o los de vídeo (MPEG...).

Si atendemos a su licencia de uso, podemos distinguir entre: formatos propietarios, libres o abiertos. Los formatos propietarios, privativos o cerrados acostumbran a ser propiedad de empresas y se caracterizan por no compartir –por lo menos en su totalidad– sus especificaciones técnicas. Existen licencias y patentes asociadas al uso de estos formatos que deben cumplirse y que pueden implicar determinados costes según su uso. El desarrollo y actualización de este tipo de formatos dependen fundamentalmente del propietario que es quien decide si mantenerlos, actualizarlos o sustituirlos por otros. El hecho de no conocer sus especificaciones nos obliga a recurrir a programas específicos del mismo fabricante y propietario del formato para poder leerlos y editarlos, aunque no todos los formatos cerrados van de la mano de un software de pago.

Por otro lado, los formatos libres son aquellos cuya licencia es totalmente permisiva y no están asociados a ninguna patente que implique costes derivados de su uso. La documentación del formato se encuentra totalmente disponible en abierto, así como su lógica, la cual está al alcance de cualquier desarrollador. El desarrollo y actualización depende, habitualmente, de algún tipo de asociación, fundación o comunidad de usuarios. Algunos ejemplos de formatos libres son los de la familia ODF (Open Document Format) asociados tradicionalmente a las suites ofimáticas OpenOffice y LibreOffice (ODT, ODS, ODG...) desarrollados por OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards), los formatos HTML, XML o SVG desarrollados y mantenidos por el W3C, o el formato OGG para audio y vídeo desarrollado por la Fundación Xiph.Org.

Finalmente, los formatos abiertos o híbridos se sitúan a medio camino entre los dos anteriores. Los más puristas los ubican en el grupo de formatos cerrados, ya que si bien se trata de formatos cuyas especificaciones técnicas —es decir, la estructura y la lógica interna de los archivos—, se encuentran disponibles en abierto, las aplicaciones que leen estos formatos deben pagar una licencia para hacer uso de ese formato de forma legal. Este fue el caso, por ejemplo, del formato MP3 hasta el año 2015-2017, momento en el que sus patentes asociadas expiraron.

Según su propósito podemos diferenciar entre formatos de preservación y formatos de difusión. Los formatos de preservación tienen como meta fundamental garantizar el acceso a largo plazo a los datos almacenados en los archivos, salvando la incertidumbre que generan los derechos legales, tecnológicos o la disponibilidad misma de la tecnología de acceso. La razón de ser de los formatos libres es la de facilitar el intercambio de información, valiéndose de la facilidad de acceso a sus especificaciones técnicas, de la interoperabilidad y de la perdurabilidad de la información. El uso de formatos libres, así como el uso de software libre en tareas de preservación digital, asegura la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas y favorece la lucha contra la privatización del acceso a la información. Por su parte, el uso de formatos cerrados hipoteca la independencia tecnológica y la sostenibilidad de los sistemas al depender de software y hardware específico para poder continuar accediendo a la información contenida en los documentos (Térmens y Ribera, 2009). Por su parte, en los formatos de difusión se priorizan otros aspectos como su alta compatibilidad o adopción en los entornos tecnológicos de los usuarios finales, así como la posibilidad de aplicar técnicas de compresión para reducir su tamaño cuando se distribuyen a través de la Web. Es decir, mientras que en el caso de los formatos de preservación predominan factores estrechamente vinculados a la sostenibilidad

de la información (divulgación, grado de apertura, nulas o limitadas dependencias externas, estandarización...), así como a su capacidad para generar representaciones en alta calidad, en el caso de los de difusión, predominan ciertos factores que los hacen interesantes en el momento de comunicarlos a través de la red (velocidad de carga, compatibilidad...).

2.1.1. Formatos de imagen

Existen dos sistemas para representar una imagen en formato digital: en mapa de bits (o imagen ráster) y en forma de vectores o vectorial. En este caso nos centraremos en las primeras, ya que son las que se generan normalmente en el marco de un proyecto de digitalización o, incluso, como resultado de un proyecto fotográfico.

Los formatos de imagen en mapa de bits guardan información sobre cada píxel, o elemento gráfico mínimo. La imagen digital en formato de mapa de bits es una representación bidimensional (alto y ancho) expresada a través de una matriz numérica en código binario (1 y 0).

Este formato se utiliza para la representación de imágenes digitales con muchos matices (fotografías, obras de arte, etc.). Su principal inconveniente es que este tipo de representación ocupa mucha memoria, por lo que cuando debe transmitirse a través de Internet acostumbra primero a comprimirse.

Figura 1. Ejemplo de imagen en formato de mapa de bits



Nota: Si ampliamos un área podemos observar los píxeles que componen la imagen. Es en este momento cuando la imagen comienza a *pixelarse*. Fuente de la imagen: Library of Congress, Digital Collections.

Muchos de los formatos propietarios de mapa de bits están ligados al mundo de la fotografía digital y, concretamente, a las diferentes compañías productoras de cámaras y equipamiento fotográfico para la gestión de sus archivos RAW. RAW es un nombre genérico para definir a los formatos que contienen la totalidad de los datos de la imagen tal y como ha sido captada por el sensor digital de una cámara. Este tipo de formatos permiten un mayor control sobre los parámetros de procesamiento de la imagen.

Por su relevancia y popularidad en el tema que nos ocupa, a continuación, abordaremos con más detalle los formatos TIF, DNG, JFIF y WebP.

TIF es un formato que permite una calidad excelente de imagen y que resulta muy apto para impresión, aunque puede llegar a ocupar mucha memoria debido al tamaño de sus ficheros. Entre sus principales características destaca su compatibilidad con múltiples modos de color (imágenes bitonales, escala de grises, paletas de colores y color verdadero en diferentes espacios de color), la compatibilidad con altas profundidades de bits o con algoritmos de compresión con y sin pérdida, entre otros. Por sus características, se utiliza como formato máster y de preservación. Es, por tanto, un estándar que no se valora como formato de difusión. De hecho, la mayoría de los navegadores web no dan soporte a la visualización de imágenes en este formato.

DNG (Digital Negative) es un formato abierto de tipo RAW propiedad de Adobe, diseñado a partir del formato TIFF básico, pero con algunos metadatos adicionales que permiten guardar información directa sin procesar del sensor de la cámara. Su origen lo encontramos en la necesidad de estandarizar los múltiples formatos RAW propietarios que cada marca utiliza en sus modelos de cámara. La conversión de formatos RAW propietarios de Canon o Nikon, por citar dos compañías, a DNG, asegura una mayor compatibilidad del formato a largo plazo.

JFIF (JPEG File Interchange Format), más conocido como JPEG, nombre derivado del algoritmo de compresión asociado al formato, es un formato muy popular para el almacenamiento y transmisión de imágenes digitales debido a su eficiente compresión con pérdida. Esto lo convierte en una opción muy interesante para crear versiones derivadas para consulta y uso en Internet de ficheros máster almacenados en formatos TIF o DNG. El formato JFIF además contempla dos formas de codificación principales: secuencial (*baseline*) y progresiva. La codificación secuencial es el método más simple de codificación y, en términos de visualización, hace que la imagen cargue o renderice línea a línea de arriba a abajo. Si bien la sensación de velocidad puede ser más pobre, los fragmentos de la imagen que van apareciendo en pantalla lo hacen sin pérdida de calidad. Por su parte, la codificación progresiva consiste en una carga que se realiza

mediante múltiples pasadas, en cada una de las cuales se van agregando más detalles. Es decir, a diferencia del método secuencial, al cargar la página en la que se encuentra la imagen esta se ve completa, pero a baja calidad. Tras unos milisegundos o segundos según la conexión disponible, la imagen irá apareciendo gradualmente. Se trata este último de un método de codificación interesante para conexiones lentas, ya que permite a todos los usuarios tener una vista previa de la imagen desde un primer momento, mientras carga por completo.

WebP (pronunciado como *weppy*) es el formato más reciente de todos los incluidos en este capítulo. Se trata de un formato desarrollado por Google pensado para competir directamente con JFIF en el uso de imágenes en la Web. Para ello ofrece mejores ratios de compresión que otros formatos (aproximadamente un 28% superior que JPEG) y admite transparencias y animaciones, cosa que JPEG no soporta. Además, como TIF y JPEG admite metadatos en formato EXIF, IPTC y XMP.² Su grado de adopción es muy creciente y todo hace pensar que seguirá siendo así en los próximos años.

Más allá de los formatos, la imagen digital se sustenta en toda una serie de características técnicas que determinan la calidad del fichero, así como sus posibles usos. Algunos de los más importantes son la resolución, las dimensiones del píxel, la profundidad de bits, el modo de representación del color y el tipo y grado de compresión.

La resolución indica la cantidad de detalles espaciales finos. Con la resolución nos referimos al número de muestras que forma una imagen (Iglesias, 2008). Cada una de estas muestras se denomina píxel (*picture element*). Por lo tanto, para conocer la resolución de una imagen, debemos conocer las dimensiones en píxeles en función del área total de la imagen. Así, una cámara capaz de obtener una imagen de 1600 x 1200 píxeles, tiene una resolución de $1600 \times 1200 = 1.920.000$ píxeles, es decir 1,92 megapíxeles.

Por su parte, los puntos por pulgada (ppp) (en inglés, dpi o *dots per inch*) se utilizan para expresar la resolución de las imágenes digitales cuando se representan en impresión, así como durante el proceso de digitalización. No obstante, no tienen ninguna incidencia en la calidad de la imagen representada por pantalla.

Los ppi (*pixels per inch*) o ppp (píxeles por pulgada) se refieren al número de píxeles que hay en una pulgada de una imagen reproducida en

2 Ver capítulo 3. Datos, metadatos y ontologías.

la pantalla de un dispositivo electrónico. Es decir, los ppi representan la resolución (densidad de píxeles) de una imagen digital reproducida en una pantalla. El valor ppi está correlacionado con el tamaño de la imagen (número total de píxeles), por lo que también condiciona su calidad. Si una imagen digital tiene muy pocos píxeles, no tendrá muchos detalles y aparecerá pixelada. Cuantos más píxeles, más y mejores detalles tendrá la imagen digital.

Los dpi o ppp también son importantes durante el proceso de digitalización, ya que este valor determinará, junto al tamaño en cm (o pulgadas) del original, el tamaño en píxeles de la imagen digital resultante. Si digitalizamos una fotografía en papel que presenta unas dimensiones de 20 x 10 cm (8 x 4 pulgadas aproximadamente) a 300 dpi, como resultado obtendremos una imagen digital de 2400 x 1200 px. Si precisamos de una imagen de mayor tamaño, debemos incrementar la resolución de entrada³ (por ejemplo, de 300 dpi a 600 dpi).

Otro concepto que es necesario conocer es la diferencia entre la resolución real (u óptica) y la interpolada (o creada por software). La resolución óptica es la que determina el muestreo en la captura del documento durante la digitalización. El píxel se corresponde con la información capaz de capturar por el sensor fotosensible del dispositivo de captura (cámara o escáner). Esta resolución depende, por tanto, del dispositivo de captura y de su configuración durante este proceso. Por su parte, la resolución interpolada es el resultado de aumentar el tamaño de la imagen original a partir de píxeles creados por software. Según la calidad del software es posible obtener mejores o peores resultados. No obstante, es una práctica que se evita en proyectos de digitalización con finalidades de preservación (Iglesias, 2008).

Las dimensiones del píxel son las medidas horizontales y verticales de una imagen, expresadas en píxeles. Se pueden determinar multiplicando tanto el ancho como el alto por los puntos por pulgada (ppp) o dpi (*dots per inch*). Por ejemplo: un documento de 8 x 10 pulgadas que se escanea a 400 dpi posee unas dimensiones del píxel de 3200 píxeles (8 pulgadas x 400 dpi) por 4000 píxeles (10 pulgadas x 400 dpi).

La profundidad de bits (*bit depth* o *color depth*) se determina a partir de la cantidad de bits utilizados para definir cada píxel. Por lo tanto, cuanto mayor sea la profundidad de bits, mayor será la cantidad de tonos. En el caso de una imagen en escala de grises pueden ser representados entre

3 La que se obtiene a través de un dispositivo (hardware) de entrada (escáner, cámara...).

2 y 8 bits. En el caso de una imagen en color, entre 8 y 24 o más. Por ejemplo, en una imagen de 2 bits, existen cuatro combinaciones posibles: 00, 01, 10 y 11. Si “00” representa el negro, y “11” representa el blanco, entonces “01” es igual a gris oscuro y “10” es igual a gris claro. La profundidad de bits es 2, pero la cantidad de tonos que pueden representarse es 2^2 o 4. Con 8 bits, pueden asignarse 256 (2^8) tonos diferentes a cada píxel. La diferencia entre la representación en 24 o 32 bits no radica en una mejora de la calidad de la imagen, sino en simplificar su representación por pantalla (24 bits) o para impresora (32 bits).

En la imagen digital el color se representa mediante unas tablas de codificación que asignan un código binario a cada color representable. La tabla más simple (modo bitmap o monocromático) codifica únicamente dos valores: el blanco y el negro, y requiere sólo un bit: el valor 0 es blanco y el valor 1 es negro. A partir de aquí, contamos con diferentes modos de color capaces de representar una mayor variedad de tonos. Por ejemplo, el modo de escala de grises trabaja sólo con el canal negro y con hasta 256 tonos de gris (8 bits). El modo color indexado también cuenta con un único canal de 8 bits de profundidad, pero es capaz de representar una selección optimizada de 256 colores. Finalmente, en el modo de color RGB cada píxel se obtiene de forma aditiva a partir de tres canales: rojo, verde y azul. Cada canal presenta una profundidad de 8 bits/píxel, sumando un total de 24 bits. Esto supone la posibilidad de representar hasta 16,7 millones de colores diferentes.

Comprimir es codificar una información digital (datos, señal) empleando menos bits que en la representación original. En los formatos de imagen de mapa de bits se dan dos circunstancias que motivan la necesidad de comprimir los ficheros: el gran tamaño de los ficheros con una codificación individualizada por píxel y la repetición de información idéntica o muy parecida en determinadas áreas (por ejemplo, un fondo plano de un mismo color como una pared blanca o un cielo azul).

La mayoría de los formatos utilizan algún mecanismo de compresión para reducir el espacio de memoria ocupado por los gráficos. Entre los mecanismos de compresión encontramos dos grandes familias: compresión sin pérdida y con pérdida. Los algoritmos de compresión sin pérdida permiten recuperar la imagen original con todos sus detalles. En cambio, en la compresión con pérdida se descartan selectivamente algunos bloques de datos, que no afectan demasiado a la visualización. Son más eficientes respecto al tamaño de los ficheros resultantes, pero un exceso de compresión implica una reducción drástica en la calidad de la imagen. Entre los algoritmos de compresión sin pérdida asociados a los formatos digitales de imagen destaca el estándar LZW (Lempel–Ziv–Welch), que es una técnica

nativa del formato GIF, admitida también por los formatos TIFF y PDF. Por otro lado, entre los algoritmos de compresión con pérdida, destaca el estándar JPEG (Joint Photographic Experts Group), una técnica nativa del formato JFIF, aunque también es compatible con TIFF o PDF.

2.1.2. Formatos de audio

Como en el caso de las imágenes digitales, también existen dos grandes tipologías de formatos de audio digital: la síntesis de sonidos instrumentales (MIDI) y las digitalizaciones de fuentes de audio. Los primeros son formatos que recogen en forma de datos el sonido generado directamente a través de un dispositivo electrónico para ser posteriormente interpretados por software especializado. Simplificando mucho, podemos decir que lo que se graba no son sonidos, sino datos (instrumento, notas, duración...) y generan una especie de partitura que se puede editar o tocar. En este caso, nos interesan las digitalizaciones de fuentes de audio y sus características técnicas. Este tipo de sonidos son los que resultan, por ejemplo, de la grabación de una entrevista, concierto o del sonido de un espacio natural.

Entre las características más importantes destacan: la frecuencia de muestreo, la profundidad de bits, los canales y la tasa de bits.

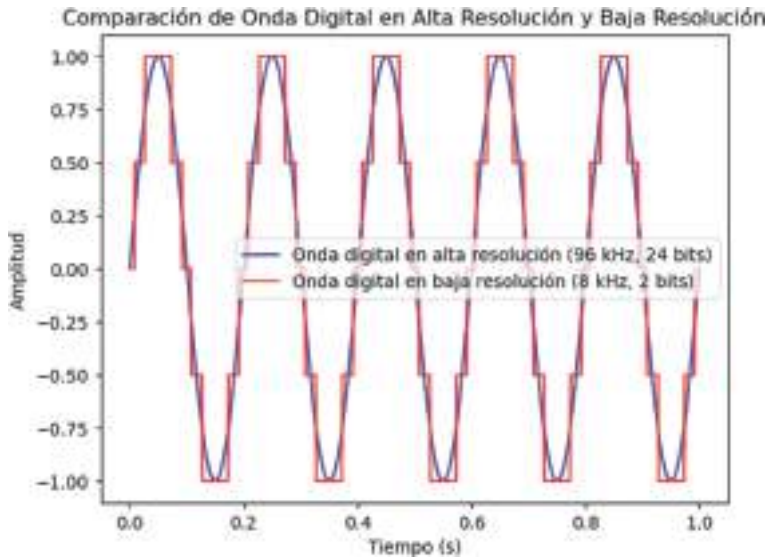
La frecuencia de muestreo (*sample rate*) se define como el número de muestras por unidad de tiempo (1 segundo) que se toman de una señal continua (analógica) para producir una señal discreta (digital), durante el proceso necesario para convertirla de analógica en digital. Se expresa en hercios. La cifra máxima del espectro audible por un oído humano sano no llega a frecuencias superiores a 20 KHz (Plichta y Kornbluh, 2002). Según el teorema de Nyquist-Shannon la frecuencia de muestreo debe ser del doble de esta cifra. Es por ese motivo que los 44,1 kHz se han considerado un estándar (calidad CD).

La profundidad de bits (*bit depth*) determina el tamaño de cada una de las muestras. Cuanto mayor sea la muestra, más información tendremos de ella y más fiel será al original (también más grande), es decir, más información de la forma de la onda se podrá almacenar. La profundidad de bits también determina el rango dinámico. A mayor rango dinámico, obtendremos una base de ruido inferior y mayor fidelidad.

En general, a mayor frecuencia de muestreo y profundidad de bits, mayor calidad del sonido. Por ejemplo, para obtener una calidad de CD de audio, la grabación se realiza a 44,1 kHz y 16 bits.

Finalmente, los canales representan el número de secuencias de audio individuales en una grabación. Las diversas configuraciones se definen

Figura 2. Simulación de la comparación de una onda sonora en alta y baja resolución.



Fuente: imagen generada con Dall-e

mediante una nomenclatura que consta de dos dígitos separados por un punto. Así, por ejemplo, un sistema 2.1, es aquel con dos canales primarios o completos y un canal para efectos de baja frecuencia que se reproducen mediante un *subwoofer*.

La frecuencia de muestreo y la cantidad de canales condicionan el flujo de datos necesario para reproducir una grabación sonora y resultan en una determinada tasa de bits. La tasa de bits (*bit rate*) la podemos definir, por tanto, como la cantidad de datos consumidos para transmitir la secuencia de audio por unidad de tiempo. Es un parámetro que cuantifica el número de bits por segundo utilizados para representar el sonido digital. El valor se expresa habitualmente en kilobits por segundo (kbps). Por ejemplo, una tasa de bits de 96 kbps (kilobits por segundo) implica que un segundo de sonido se codifica con 96.000 bits. En general, cuanto mayor sea la tasa de bits, mayor será la calidad del sonido.

Los formatos comprimidos con pérdida suelen admitir tasas de bits de aproximadamente 320 kbps como máximo. La música comercializada

en formatos comprimidos se distribuye a tasas de entre 256 y 320 kbps. La mayoría de los podcasts se reproducen a tasas de 128-192 kbps y los audiolibros a 64-128 kbps que pueden ser suficientes para reproducir eficientemente la voz humana (Franganillo, 2021).

La tasa de bits acostumbra a ser constante a lo largo de un mismo corte de audio (fichero), aunque formatos como el MP3, WMA o AAC permiten codificar la señal de forma alternativa con tasas variables que asignan más kbps a los segmentos más complejos y menos kbps a los más simples, respectivamente.

Existe mucha controversia respecto a cuál es la frecuencia de muestreo que se debería utilizar al argumentar algunos autores que frecuencias más altas puede que influyan en las menores o en nuestro oído de manera sutil. Un aspecto muy importante a la hora de determinar qué frecuencia de muestreo es la adecuada en nuestro caso es saber cuál será el destino de ese fichero de audio. Si está destinado a terminar en 44,1 KHz, no tiene sentido digitalizarlo a una mayor frecuencia.

La realidad es que en proyectos de digitalización se ha generalizado la adopción de los 96 KHz como estándar. Con ello se busca garantizar la preservación de cierta información inaudible que reside en frecuencias superiores a los 44,1 KHz. Ello puede ser útil para comunicar información armónica inaudible que impacta en la percepción del sonido, mejorar la profundidad en estéreo y sistemas envolventes o para acomodar futuras aplicaciones en los que esa información pueda ser comunicada (CARLI, 2017).

2.1.3. Formatos de vídeo

El vídeo digital es una secuencia de imágenes fijas que, reproducidas de manera sucesiva y con suficiente rapidez, generan la sensación de movimiento. En el caso de los contenidos audiovisuales existe una amplia gama de formatos existentes, caracterizados todos ellos por una mayor complejidad técnica que cualquiera de los vistos hasta el momento. Esto se debe a que un fichero audiovisual contiene diversos tipos de información (audio, imagen, texto...) y sus especificaciones suelen estar diseñadas para productos y canales de difusión específicos, como, por ejemplo: formatos profesionales de grabación y edición, formatos profesionales para la distribución en salas de cine, formatos para la distribución en DVD, formatos para la distribución en Internet, etc. (Gobierno Vasco, 2011).

Al hablar de vídeo, por tanto, nos referimos a diversos conceptos simultáneamente: imagen en movimiento, audio, texto como subtítulos, etc.

Este tipo de contenido se almacena en contenedores (*wrappers*) en los que se empaquetan todos esos elementos. Los vídeos además son la morfología de información más compleja de tratar y, sobre todo, de almacenar y distribuir, por el tamaño de sus ficheros.

Los formatos de vídeo se clasifican en tres grandes grupos según su finalidad: compresión, codificación y contenedores. Los formatos de compresión permiten representar digitalmente un vídeo, reduciendo, además, la señal de imagen y sonido para disminuir su peso en memoria. Son los más estandarizados de los tres. La mayoría se basa en la familia MPEG y los dos más populares en la actualidad son H.264/MPEG-4 AVC (conocido genéricamente como MP4) y H.265/MPEG-H Part 2 (conocido genéricamente como HEVC o High Efficiency Video Coding).

Los formatos de codificación trabajan a partir de un formato de compresión y lo preparan para un uso determinado. Los dos formatos MP4 y HEVC trabajan habitualmente con los formatos de codificación x264 y x265, respectivamente.

La combinación H.264/x264 es la más frecuente y, por tanto, la más compatible con todo tipo de tecnologías. Su popularidad hace que también muchas cámaras fotográficas y de vídeo lo utilicen, así como su implementación en los discos Blu-ray y en gran parte del contenido audiovisual disponible en plataformas de *streaming*. Rinde bien a tasas de bits tanto altas como bajas, lo que lo convierte en un candidato tanto para crear versiones de preservación, como de difusión.

Finalmente, los formatos contenedores trabajan a partir de los formatos de codificación, y empaquetan y sincronizan las diferentes morfologías que finalmente se presentarán al usuario (pistas de audio, imagen en movimiento, subtítulos, audiodescripción, etc.). Los contenedores de uso más habitual son MPEG-4 (.mp4), QuickTime (.mov), Matroska (.mkv) y MXF (.mxf), este último utilizado en TV. En ocasiones, la sincronización de todos estos recursos no se empaqueta en un fichero contenedor, sino que se vincula a través de reproductores específicos capaces de gestionar todas esas morfologías de contenido. Además, algunos reproductores como AblePlayer permiten implementar búsquedas a texto completo sobre las transcripciones, saltar de un fichero de subtítulos a otro, reproducir en paralelo una versión en lengua de signos, entre otras opciones.

Por lo que respecta a las características técnicas de los vídeos, las más importantes son: los fotogramas por segundo, la resolución, la relación de aspecto y la profundidad de color o bits.

Figura 3. Resultado de una búsqueda sobre el contenido de un vídeo en el reproductor AblePlayer



Fuente: ableplayer.github.io/ableplayer/demos

Los fotogramas por segundo (*frame rate*) son el número de fotogramas individuales que se muestran por unidad de tiempo, con el objetivo de crear el efecto de movimiento al visualizar un conjunto de imágenes estáticas consecutivas. En televisión, se acostumbra a trabajar entre 30 fps y 60 fps (algunas TV en HD). Se considera que 24-25 fps es lo mínimo para poder visualizar una imagen en movimiento de manera decente. La mayoría de los televisores y monitores son capaces de mostrar hasta 60 fps (se puede determinar a partir de los hercios Hz del dispositivo). En la actualidad, algunos alcanzan cifras superiores como 90, 120 o 144 Hz o más por segundo. No obstante, este tipo de velocidades sólo son necesarias en contextos específicos como los videojuegos, pues la mayoría de las películas se graban como máximo a los 60fps antes comentados. Los VHS en formato PAL se encuentran disponibles a 25 fps, mientras que en formato NTSC a 30 fps. En este sentido, al digitalizar cintas en estos formatos, no sería necesario hacerlo con unos fotogramas por segundo, superiores a los valores originales.

La resolución indica las dimensiones de píxeles verticales y horizontales para la imagen que se muestra o, dicho de otra manera, el espacio que ocupa el fotograma en pantalla. Algunos valores habituales de la industria

han sido y son: 640x480 (SD, VGA); 1280x720 (vídeo HD básico de 720p); 1600x900 (HD +), 1920x1080 (1080p “Full HD”); 2560x1440 (WQHD); 3840x2160 (UHD, vídeo de 4K). El estándar actual es 1920x1080 (TV de alta definición), aunque cada vez es más común la resolución 4K.

La relación de aspecto (*aspect ratio*) es la relación geométrica entre el ancho y el alto de una imagen, en este caso, del fotograma. El estándar 4:3 de las TV PAL y monitores de ordenador fue el más extendido hasta el año 2009. A partir de ese momento, y hasta la actualidad, el estándar 16:9 de la televisión de alta definición es el que predomina, aunque plataformas como Netflix y HBO están popularizando la relación de aspecto 2:1. También existe el estándar 21:9 utilizado en las salas de cine, y que ya está disponible en algunos monitores. Finalmente, la aparición de redes sociales como Instagram y TikTok orientadas a su consulta desde dispositivos móviles han impuesto nuevas relaciones de aspecto en formato cuadrado (1:1) o vertical (9:16). Esto implica que, con los años, muchos archivos o bibliotecas patrimoniales conserven materiales en estos formatos, por lo que también es necesario prever su existencia.

Igual que sucede en el caso de las imágenes fijas, la profundidad de color determina cómo se representa el color en el vídeo, estableciendo la cantidad de bits que se utilizarán para definir el color de cada píxel. Lo más habitual es utilizar 8 o 10 bits/componente en grabaciones actuales.

Los parámetros anteriores condicionan el flujo de datos necesarios para reproducir una secuencia de vídeo. Igual que pasa con el sonido, la tasa de información contenida en un fichero de vídeo es proporcional a la calidad de la imagen, es decir, a mayor tasa de bits, mayor calidad. El parámetro se mide en kilobits por segundo (kbps), aunque en ocasiones se muestra en megabits por segundo (Mbps). Las películas de alta calidad pueden llegar a tasas de hasta 4500 Kbps, mientras que un contenido de calidad media para la Web acostumbra a presentar unos 1500 Kbps.

2.1.4. Formatos de texto digital

Al hablar de texto digital podemos referirnos a dos grandes tipologías de documentos: texto llano y texto enriquecido.

El texto llano o plano es una secuencia de bytes que representan caracteres propios de un alfabeto tales como letras mayúsculas y minúsculas, números o signos de puntuación, entre otros. A diferencia de los formatos binarios, para su representación se utiliza únicamente un sistema de codificación de caracteres específico, cada uno de los cuales es capaz de representar

una mayor o menor cantidad de caracteres. Así, los sistemas de codificación de caracteres más simples como ASCII son capaces de representar 256 caracteres, mientras que otros como UTF-8 permiten representar más de un millón. La gran ventaja en el uso del texto llano la encontramos en su transparencia, es decir, los ficheros que lo contienen se pueden abrir, leer y modificar con cualquier editor en cualquier sistema operativo, sin requerir ningún software o entorno tecnológico específico. Este tipo de texto está presente en nuestro día a día en los mensajes SMS, correos electrónicos, los subtítulos de los vídeos, tiques de compra, entre otros muchos.

El texto enriquecido es un formato de texto que incluye no sólo caracteres, sino también una variedad de características de formato que permiten la inclusión de atributos visuales y estructurales. A diferencia del texto plano, que sólo contiene caracteres y no lleva ningún formato adicional, el texto enriquecido puede incluir negritas, cursivas, subrayados, diferentes fuentes tipográficas, colores, tablas, opciones de composición (alineación, interlineado...) y marcas de estructura (título, encabezados, leyendas...).

Microsoft introdujo en 1987 el formato RTF (Rich Text Format) para guardar documentos de forma universal incluyendo este tipo de características. Se trata de un formato que aún hoy en día es posible utilizar y que es compatible con la inmensa mayoría de los procesadores de texto. No obstante, los formatos DOC y DOCX también de Microsoft, así como el formato ODT (Open Document Text) de la compañía OASIS utilizado por OpenOffice y LibreOffice, son los que predominan en la actualidad.

2.1.5. Formatos de documentos encapsulados

El formato PDF (Portable Document Format) es un formato de fichero desarrollado por Adobe Systems en 1992 a partir del lenguaje PostScript, pensado para presentar documentos en los que es posible encapsular texto, fuentes tipográficas, imágenes vectoriales, de mapa de bits e, incluso, elementos interactivos y audiovisuales. Una de las principales ventajas de este formato, razón por la cual se ha popularizado en todos los sectores e industrias, incluida la Web, es su independencia total del hardware, software y sistemas operativos. Esto permite que los ficheros PDF puedan visualizarse en todo tipo de dispositivos con independencia de la tecnología que utilicen y, lo más importante, sin alteración alguna en la disposición de los elementos que contienen. El éxito de este formato lo llevó a convertirse en una norma ISO (ISO 32000-1), consolidándose como un estándar abierto ampliamente aceptado en el ámbito cultural, tanto en proyectos de digitalización y difusión del patrimonio, como en el sector editorial.

EPUB promovido por el International Digital Publishing Forum (IDPF), institución que tomó el relevo al Open eBook Forum y que agrupaba a los más relevantes actores del mundo editorial y de la informática.

En la versión 3 del estándar, se produjo una profunda integración con las normativas del W3C, las cuales permitieron que el formato abandonara la exclusividad de los *e-readers*, para expandirse a cualquier dispositivo compatible con los estándares web, facilitando así su integración en navegadores web e integrando una mayor interactividad y contenidos multimedia en estos documentos.

Figura 5. Fragmento de *La campaña del Maestrazgo* de Benito Pérez Galdós disponible en formato EPUB en la Biblioteca Digital Hispánica



El formato EPUB 3 acabó de estandarizarse en 2014 cuando se convirtió en la norma ISO/IEC TS 30135:2014. Posteriormente, en 2017, el IDPF se fusionó con el W3C y se convirtió en un grupo de trabajo dentro de esta organización con el nombre de EPUB3 Working Group. Desde 2023, este equipo de trabajo se ha integrado en el Publishing Maintenance Working Group. La integración con el W3C ha hecho que EPUB 3, en su versión 3.3, sea ahora un estándar (W3C, 2023a) plenamente aceptado dentro de esta organización.

Además de la estandarización, EPUB 3 trae la compatibilidad total con todas las lenguas al incluir la capacidad de lectura de derecha a izquierda, la escritura vertical o el uso de anotaciones. También incorpora características mejoradas relacionadas con la accesibilidad para personas con discapacidad, la compatibilidad con sistemas de lectura en voz alta o mejoras en la sincronización con documentos multimedia, entre otras muchas opciones. Todo ello lo hace especialmente interesante en proyectos de edición digital.

2.1.6. Identificación y validación de formatos

Ser capaces de identificar y validar formatos resulta especialmente útil en múltiples contextos, especialmente por lo que respecta a la gestión y preservación de colecciones digitales. El software utilizado para este propósito proporciona funciones esenciales que aseguran la integridad, legibilidad y accesibilidad a largo plazo de los ficheros digitales. Entre estas podemos destacar, entre otras:

- La verificación de las especificaciones técnicas del formato, es decir, si la estructura del fichero cumple o no con su correspondiente estándar.
- La comprobación de la autenticidad del fichero, o lo que es lo mismo, que no ha sido modificado de forma no autorizada.
- Una mayor facilidad para incluirlos en procesos de migración en lote a nuevos formatos.
- La prevención de errores, datos corruptos o incompatibilidades con el software.

Si bien muchas aplicaciones integran herramientas para la identificación de formatos, DROID (Digital Record Object IDentification), desarrollada por los Archivos Nacionales del Reino Unido y JHOVE (JSTOR/Harvard Object Validation Environment) creado en la Biblioteca de la Universidad de Harvard juntamente con la Biblioteca digital JSTOR, son las dos más populares.

Paralelamente a estas aplicaciones, existen diversas bases de datos de registros de formatos centradas en reunir, de manera exhaustiva, las especificaciones técnicas de los formatos de ficheros más extendidos. Se trata de iniciativas que buscan recopilar información de interés para la preservación digital en un contexto de constante aparición de nuevos formatos y discontinuación de otros. PRONOM de los Archivos Nacionales del Reino Unido es seguramente la más popular de todas y la que se mantiene más activa.

2.2. Digitalización

La digitalización es el proceso mediante el cual un material original no digital o analógico, caracterizado por contener informaciones de carácter continuo, se convierte o codifica en un formato digital mediante muestras discretas, a través de algún tipo de medio de captación digital con el fin de ser preservado, analizado o difundido.

Los procesos de digitalización se llevan a cabo mediante hardware y software específico. En ambos casos, es importante controlar todos los parámetros del proceso para que el fichero digital obtenido sea lo más fiel posible al original. Estos parámetros incluyen la iluminación, las características del equipo de captación, los ajustes y la calibración, así como el procesamiento aplicado a los ficheros una vez han sido reproducidos digitalmente.

Sea cual sea la finalidad del proyecto de digitalización, merece la pena centrar los esfuerzos en obtener unas reproducciones, que sean lo más fieles posibles al original. De este modo, las imágenes digitales obtenidas se podrán reservar para otros futuros usos. Esto implica la configuración de un sistema de captación y procesamiento que introduzca el mínimo de pérdidas o modificaciones sobre el contenido del objeto original.

Cada tipo de formato y soporte requiere un equipo técnico específico para su digitalización; además, el texto debe poder ser reconocido para poder ser recuperado posteriormente. Todos estos elementos se recogen en los apartados siguientes.

2.2.1. Soportes

El soporte es el material en el que está positivada o impresa la imagen o grabado el sonido o el vídeo. En el caso de la imagen analógica, este puede ser traslúcido u opaco. Los negativos son películas fotográficas utilizadas para obtener posteriormente positivos sobre papel u otros soportes. La incidencia de la luz se representa mediante oscuridad, mientras que las zonas sin luz quedan transparentes. Los formatos de los negativos fueron evolucionando a lo largo de los años a medida que iban apareciendo nuevas cámaras en el mercado de tamaños más reducidos. La aparición de nuevas cámaras también implicó un mayor volumen de fotos (los fotógrafos empiezan a hacer reportajes). El hecho de que los materiales de los negativos también evolucionen, pasando del soporte vidrio al plástico, hace que los usuarios vayan más ligeros y puedan llevar con ellos un mayor número de placas. Todo ello acaba derivando en

una gran variedad de tamaños y formatos que van desde los negativos producidos por las grandes cámaras de estudio hasta los de las pequeñas cámaras de bolsillo. Por su parte, los positivos (transparencias, diapositivas...), que pueden ser monocromos o en color, presentan formatos más acotados y estandarizados al tratarse, en la mayoría de los casos, de formatos más modernos.

Por lo que respecta a los soportes opacos positivos, encontramos imágenes sobre papel, metal, vidrio o cerámica, que pueden ser monocromáticas o en color. En este tipo de soportes, las medidas y los formatos son numerosos. Por otro lado, encontramos los denominados procesos encapsulados, marcos o álbumes.

Finalmente, aunque no se trata de fotografía, dentro de los materiales opacos que constituyen una parte importante de los proyectos de digitalización de archivos y bibliotecas, también encontramos a los documentos gráficos y de texto. Entre estos destacan los libros, revistas, folletos, pósteres o carteles, grabados, cuadernos, mapas, planos, carnés, felicitaciones, entre otros muchos, los cuales reproducen tanto texto, como diversos tipos de imágenes (fotografías, ilustraciones, grabados, serigrafías...). Al trabajar con este material, aunque estrictamente no se trate de un original fotográfico, su proceso de digitalización a través de un escáner es muy similar, así como el resultado, que será, en ambos casos, una imagen en formato de mapa de bits.

En el caso del sonido, a lo largo de la historia se han utilizado diferentes soportes para almacenarlo en formato analógico. Dos de los más populares son:

- Cintas de casete: soporte de grabación en cinta magnética ampliamente utilizado entre los años 70 y 90, aunque ya en los años 50 habían aparecido soportes como los Minifon. Se encuentra formado por dos carretes en miniatura, entre los cuales pasa una cinta magnética con dos pares de pistas estereofónicas (una por cada cara), todo ello dentro de una carcasa protectora. A diferencia de los soportes fotográficos (papel, plástico o vidrio), los cuales pueden observarse directamente, es muy complicado intuir el estado de conservación de la información almacenada en una cinta de casete si no se reproduce. Existen varias decenas de tipos de cintas de casete.
- Discos de vinilo: medio de almacenamiento analógico cuyo soporte es un tipo de plástico denominado cloruro de polivinilo. El disco es una placa circular con un surco en espiral en ambas caras en el que la grabación de sonidos está codificada

analogicamente. Los formatos más frecuentes son el LP (unos 30 minutos de duración por cara) y el sencillo (unos 3 minutos de duración por cara).

Como sucede con el audio, en el caso del vídeo también encontramos una importante variedad de soportes. Algunos de los más extendidos fueron:

- Super 8: introducido en 1965, es un formato cinematográfico que utiliza película de 8 mm de ancho (de ahí el nombre) utilizado durante los años 70 y parte de los 80, especialmente en el ámbito doméstico, aunque también se utilizó en ciertos casos en entornos más profesionales.
- Beta: o Betamax es un formato de vídeo analógico introducido por Sony en el año 1975. Presentaba una mayor calidad de imagen y sonido (el equivalente actual a 333 x 486 píxeles) que su principal competidor el VHS, aunque este ofrecía cintas con más minutos. El sonido puede ser estereofónico como en las cintas normales de audio, o de alta fidelidad analógico; incluso algunos modelos de Sony tenían sonido digital con calidad CD a partir de 1980.
- VHS: desarrollado por Philips y lanzado en 1976, el VHS o Video Home System fue el sistema doméstico de grabación y reproducción analógica de vídeo más popular hasta la llegada del DVD. El VHS es semejante físicamente al casete de audio, pero con una cinta magnética mucho más ancha y grabada por un sólo lado. Como en el caso del formato Betamax, las cintas podían estar codificadas en el sistema PAL (Europa y otros territorios) o NTSC (América y Asia fundamentalmente). Este sistema determinaba el método de codificación utilizado en la transmisión de señales de televisión analógica en color para cada parte del mundo. En la terminología digital actual, el VHS equivale aproximadamente a 320 x 480 píxeles en luminancia con un coeficiente de señal de reducción de la imagen de 43 dB. En sus últimos años de existencia, JVC lanzó el Súper VHS con la extensión del ancho de banda bajo 5 megahercios, 560x480. Las diferentes versiones permiten un almacenamiento de entre 120 y 480 minutos.

2.2.2. Hardware

Un escáner es un dispositivo electrónico que transforma la información impresa a un formato comprensible por el ordenador (mapa de bits). El tipo de escáner adecuado en cada proyecto de digitalización variará según el tipo de original que deba escanearse, así como la calidad que se pretenda conseguir.

Los escáneres planos presentan una superficie horizontal y plana donde se coloca el original opaco boca abajo. Es el tipo de escáner más conocido y de uso más extendido. Son versátiles y fáciles de manejar. Utilizan un sensor de luz (generalmente, un CCD) y una fuente de luz, ambos montados sobre un brazo móvil que pasa por el documento colocado sobre una placa de vidrio.

Los escáneres aéreos, también conocidos como escáneres de trayectoria aérea, se denominan de esta manera porque la fuente de luz y el sensor CCD se encuentran ensamblados en un brazo de trayectoria aérea. Son muy caros, pero adecuados para digitalizar patrimonio histórico, especialmente en formato libro al permitir no forzar las encuadernaciones y utilizar una luz fría. También pueden resultar útiles para otros documentos de gran formato como ciertos mapas o carteles.

Figura 6. Escáner aéreo Bookeye 5



Fuente: imageaccess.de

Por otro lado, los escáneres de película o de negativos utilizan una matriz CCD de menor sensibilidad que los fotomultiplicadores, aunque con una resolución aceptable. Funcionan mediante un barrido de luz lineal de la película. La mayoría sólo aceptan tamaño de película de 35 mm y sólo algunas películas de medio formato que en definitiva son menos habituales. El tamaño del original implica la necesidad de contar con resoluciones de entrada más altas que en los tradicionales escáneres de sobremesa para obtener un máster digital utilizable en determinados contextos. Por otro lado, escanear a resoluciones tan altas, implica necesariamente un rendimiento lento.

Sea cual sea la tecnología a utilizar, al seleccionar un escáner es necesario prestar especial atención a las siguientes características técnicas:

- El tipo de sensor. El sensor puede ser de tipo CCD (Charge-Coupled Device) o CIS (Contact Image Sensor). El primero alcanza mejores calidades.
- Resolución óptica. Al comprar un escáner es necesario prestar atención a la resolución óptica, no a la mejorada o interpolada que no es una resolución real, sino una imitación conseguida a través de un algoritmo.
- Profundidad de colores. La más habitual y suficiente en la mayoría de los casos es la de 24 bits, aunque hay escáneres que ofrecen valores superiores.
- Formatos de documentos admitidos (tamaño de papel, tipo de soporte fotográfico...).
- Compatibilidad con estándares de intercambio de datos (TWAIN, WIA, ISIS...) y con el sistema operativo que vayamos a utilizar, tanto por lo que respecta al hardware, como al software de edición.
- Velocidad de escaneado. En general, a mayor resolución, menor velocidad.
- Software adicional incluido.
- Otros componentes incluidos (adaptadores para diapositivas, etc.).
- Precio.

En ocasiones, especialmente si se cuenta con personal especializado, es posible utilizar cámaras como alternativas al escáner. De hecho, para algunos materiales es la mejor alternativa. El uso más habitual de las cámaras es para la digitalización de los materiales de gran formato o de materiales en tres dimensiones (esculturas, juguetes, equipos médicos...). No obstante, también es posible utilizarlas para digitalizar otros materiales como negativos sobre placas de vidrio o plástico.

En este sentido, las cámaras fotográficas réflex profesionales presentan en la actualidad unas características técnicas que les permiten alcanzar los estándares de calidad necesarios en un proyecto de digitalización, llegando a ser una alternativa real al escáner profesional (España, 2021).

Tal y como sucede con los escáneres, para la digitalización de documentos no es posible utilizar cualquier cámara, sino que es necesario contar con un equipo profesional de altas prestaciones, entre las cuales:

- Cámara de tipo réflex con objetivos intercambiables.
- Óptica macro.⁴
- Sensor de calidad (CMOS).
- Que permita disparar en formato RAW.
- Que permita la función manual.
- Con una resolución mínima de 12 megapíxeles, pero todo dependerá de la resolución que deseemos obtener y del uso que vayamos hacer de las copias digitalizadas. Si no vamos a ver por pantalla o a imprimir nunca copias superiores a 36,3 x 23,7 cm, con 12 megapíxeles tendríamos suficiente. En el mercado existen cámaras de hasta 150 MP con precios en torno a los 50.000€.
- Con una profundidad de color mínima de 24 bits.

El uso manual de las funciones del dispositivo (enfoque, diafragmación y obturación) permite decidir exactamente cómo deseamos la fotografía. Por otro lado, la posibilidad de trabajar con formato RAW (negativo digital de cámara) facilita el control total sobre la exposición y el balance de color, consiguiendo una mayor fidelidad con la realidad.

La elección de una cámara u otra dependerá de las características del material analógico que se digitalizará, de las características técnicas de los formatos que se desean obtener, así como del presupuesto disponible. Sea el modelo que sea, incluso aunque se trate de la mejor opción disponible en el mercado, con este tipo de dispositivos, lo más importante es conocer bien su funcionamiento para obtener el máximo rendimiento posible.

Cuando digitalizamos con una cámara, esta debe ser instalada en un trípode para asegurar su estabilidad y evitar vibraciones y movimientos involuntarios. Otros complementos habituales son:

⁴ Una óptica u objetivo macro es una óptica diseñada para disponer de una distancia mínima de enfoque y poder hacer fotografías desde muy cerca. Ambos son aspectos fundamentales para enfocar elementos como el texto o los detalles de una fotografía.

- Atriles (para la digitalización de libros) y mesa de reproducción para los negativos.
- Mesa de luz calibrada a luz de día.
- Máscaras de cartón negro.
- Plantillas porta negativos.
- Vidrio para sujetar los originales ondulados.
- Antorchas de luz.
- Colorímetros.
- Etc.

Como hemos comentado antes, las cámaras son en la actualidad adecuadas para la captura de diferentes tipologías documentales tanto fotográficas, como textuales, siendo en determinados casos como los mapas u otros documentos muy grandes u objetos tridimensionales, la única alternativa. Si se cuenta con los complementos adecuados (mesas de luz, adaptadores para diapositivas...) pueden servir también para digitalizar transparencias tanto negativas, como positivas.

El principal inconveniente en la digitalización con una cámara fotográfica es la necesidad de contar con personal altamente especializado en su manejo. Un escáner bien configurado y con un equipo calibrado, puede ser utilizado por un operario sin demasiada experiencia, cosa casi impensable en el caso de las cámaras.

La digitalización con una cámara requiere unas infraestructuras concretas, no complicadas de obtener, pero que implican cierto equipamiento adicional y pueden incrementar bastante el coste, así como el espacio necesario.

La Tabla 1 resume el dispositivo de captura más adecuado de acuerdo con cada tipo de soporte analógico (España, 2021).

Tabla 1. Soportes y dispositivos preferentes para la digitalización

Tipo de documento	Dispositivo recomendado
Pergaminos y papiros.	Escáner cenital y cámara fotográfica.
Tablillas de cera.	Escáner cenital y cámara fotográfica.
Libros o volúmenes en buen estado.	Escáner cenital.
Libros o volúmenes que no permiten una apertura completa.	Escáner cenital con cama en uve.
Libros o volúmenes en mal estado.	Escáner cenital y cámara fotográfica.

(continúa)

(continuación)

Tipo de documento	Dispositivo recomendado
Hojas sueltas sin encuadernar.	Escáner plano, escáner cenital y cámara fotográfica.
Láminas, dibujos y grabados.	Escáner plano de altas prestaciones, escáner cenital y cámara fotográfica.
Fotografías.	Escáner cenital y cámara fotográfica.
Fotografías enmarcadas (daguerrotipos, ferrrotipos, etc.).	Cámara fotográfica.
Placas de vidrio.	Escáner plano de transparencias y cámara fotográfica.
Transparencias en papel.	Escáner plano de transparencias, cámara fotográfica. Escáner de negativos y transparencias (en algunos casos).
Diapositivas.	Escáner plano de transparencias, escáner de negativos y diapositivas y cámara fotográfica.
Negativos	Escáner de negativos y diapositivas y cámara fotográfica.
Grandes formatos (mapas, carteles..., con un ancho de hasta 1 m aprox.).	Escáner cenital y cámara fotográfica.
Grandes formatos (tamaños que no caben en ningún escáner aéreo).	Cámara fotográfica.
Materiales táctiles (hojas o libros en Moon o Braille).	Escáner cenital y cámara fotográfica.

En el caso del sonido y la imagen en movimiento, lo primero que conviene tener en cuenta es que, en ambos casos, resulta necesario reproducir todo el contenido para digitalizarlo. Esto significa que, por cada minuto de grabación, necesitaremos, al menos, un minuto de digitalización. En este sentido, digitalizar grandes colecciones en estos formatos puede suponer una importante cantidad de horas de trabajo, siendo los materiales que normalmente implican más tiempo.

Para la digitalización de cintas de casete o vinilos es necesario contar con el hardware de reproducción específico. Los equipos domésticos clásicos pueden utilizarse y permitirán llevar a cabo el proceso, pero no con la calidad con la que lo hará un equipo profesional. Cuanto mejor sea la señal analógica obtenida, mejor será el resultado digital. Una vez dispongamos de un reproductor de cintas de casete o de vinilos, podemos conectar en su salida de audio, un cable jack de 3,5 mm y, el otro extremo del cable, conectarlo a la entrada de audio del ordenador. El conector de la entrada

de audio se encuentra en la parte trasera del PC, integrado en la placa base o como parte de los conectores de la placa de sonido en el caso de equipos que cuentan con una tarjeta profesional. Normalmente es de color azul (en algunos casos excepcionales puede ser negro) y se encuentra justo a la derecha del conector de los altavoces (verde).

Si no se cuenta con un reproductor específico, en el mercado también podemos encontrar dispositivos orientados a la digitalización de este tipo de formatos. Normalmente, son dispositivos muy similares a los de la época que se conectan al PC mediante el bus USB.

Finalmente, también es posible encontrar en el mercado convertidores de captura de audio para diversos tipos de reproductores de casete, vinilos o CD que también permiten la conexión de estos dispositivos vía USB.

Más allá del hardware necesario para realizar la captura, también necesitamos software específico para llevar a cabo el proceso de digitalización. Una de las alternativas más utilizadas es la aplicación de software libre Audacity compatible con Windows, Linux y MacOS. En el ámbito del software privativo, contamos con Audition de Adobe y Sound Forge Pro.

Adicionalmente y, aunque los programas anteriores cuentan con algunas herramientas para ello, en el mercado también existe una amplia variedad de programas para el tratamiento y restauración del audio digital que pueden ser útiles cuando el original no conserva una calidad suficiente (eliminación de ruido, control del volumen, reequilibrio...). Algunas alternativas son: CEDAR (Computer Enhanced Digital Audio Restoration), Steinberg clean, Avid Pro Tools, o iZotope RX pro, entre otros.

Como en el caso del audio, para digitalizar vídeo también necesitaremos un reproductor original que conectaremos, en este caso, a una capturadora de vídeo, la cual, a su vez, se conectará al PC. También en este caso, cuanto mejor sea el reproductor, mejor calidad tendrá la señal que enviaremos a la capturadora y mejor podrá ser el resultado de la digitalización. Lo mismo aplica a la capturadora. Según el formato, necesitaremos un reproductor de VHS, vídeo Beta, un adaptador para montar en estos reproductores cintas más pequeñas como las VHS-C o, en el caso que lo permitan, las mismas cámaras de vídeo, algunas de las cuales también cuentan con conexiones de salida de vídeo. En el mercado existe una gran cantidad de capturadoras, algunas de gama baja y otras de mayor calidad. Para formatos más antiguos existen equipos específicos pensados para su digitalización, este es el caso de las películas Super 8.

El proceso de digitalización y posterior renderizado de un vídeo resulta mucho más exigente que en el caso de la digitalización del audio o de la imagen. En este sentido, se recomiendan equipos con un procesador y

memoria RAM suficientes, así como no realizar otras tareas en paralelo mientras el equipo está procesando el fichero.

En algunos casos puede ser recomendable el uso de un sistema TBC (*time base corrector*) para corregir las variaciones en las señales de sincronización y conseguir que cada línea de escaneo comience en su momento adecuado, así como corregir automáticamente problemas con los niveles y el color. Algunos reproductores / grabadores de S-VHS lo incorporan internamente, aunque en la mayoría de los casos será necesario un módulo independiente. No obstante, existe cierta controversia en su uso, especialmente si los ajustes reproducen un contenido que no es fiel al original. Por este motivo, debe valorarse en cada caso su uso.

El dispositivo de visualización por excelencia para la información digital es el monitor. La selección de un monitor adecuado resulta imprescindible para poder llevar a cabo el proceso de digitalización y procesado posterior de las imágenes y vídeos con total garantía.

En la selección de un monitor es importante atender a los siguientes criterios:

- Tamaño en pulgadas: en general, para el trabajo de digitalización y retoque se recomienda un tamaño mínimo en pulgadas de entre 27"/32". Algunos de tamaño superior pueden ser útiles si se necesita tener diversas aplicaciones abiertas y visibles simultáneamente, aunque su visualización no es tan cómoda.
- Relación de aspecto: el estándar actual es 16:9.
- Profundidad de colores: también conocida como bits por píxel, es el número máximo de colores que se pueden representar en la pantalla. Está relacionada con la capacidad de memoria de la tarjeta gráfica, por lo que este otro componente del equipo también debe considerarse por su parte. Los valores actuales están entre los 6 bits (0,26 millones de colores), 8 bits (16.7 millones de colores,) y 10 bits (1,07 billones de colores). Para las tareas que nos ocupan, se recomienda el uso de monitores con una profundidad de 10 bits.
- Reproducción del espacio de color: lo que se busca en relación con este parámetro es un nivel de reproducción del espacio de color lo más alto posible en el estándar Adobe RGB, a ser posible, cercano al 100%. Como ya hemos visto anteriormente, existen otros estándares como el sRGB, pero Adobe RGB es más exigente. En este sentido, si un monitor tiene un 100% o se acerca a ese porcentaje en el estándar sRGB, será una buena opción, pero si

presenta ese mismo valor en el estándar Adobe RGB, entonces sería incluso superior.

- Resolución: es la cantidad de puntos que forman la imagen que vemos. Se indica en píxeles horizontales por verticales (p. e., 1920x1080). Como la profundidad de colores, depende de la tarjeta gráfica. Es decir, si nuestra tarjeta gráfica admite como máximo una resolución de 1920x1080, no podremos visualizar, por ejemplo, un vídeo en 4K (aproximadamente 3840x2160), aunque el monitor sí soporte esa resolución. En la actualidad, recomendamos contar tanto con un monitor, como con una tarjeta gráfica que admitan una resolución de al menos 1920x1080. Este valor puede variar si debemos trabajar con contenidos audiovisuales más exigentes, por ejemplo, vídeo 4k.
- Contraste: es la diferencia de luminosidad entre el blanco más fuerte y el negro más oscuro. Cuanto mayor sea ese valor, más fiel será la exhibición de los colores de la imagen. Cuando es un número mayor, indica que la pantalla es capaz de representar más diferencias entre colores. Se recomiendan monitores con un valor mínimo de 800:1, aunque idealmente, se recomiendan valores de contraste de 1000:1. Es importante diferenciar el contraste real y el dinámico. El primero mide la diferencia entre un píxel blanco y uno negro en un momento exacto. Por su parte, el contraste dinámico mide lo que varía un píxel de negro a blanco en un periodo de tiempo determinado. El dinámico no depende de la tecnología física del monitor, sino de algoritmos de software. Las cifras dadas por los fabricantes son mucho mayores (por ejemplo, 5.000.000:1) y suelen ser las que se destacan en las especificaciones del producto. No obstante, este valor no es tan importante y no debemos confundirlo con el contraste real que es el que nos interesa conocer, y que será siempre mucho más bajo.
- Brillo: es la cantidad de luz máxima que puede emitir el monitor. Se mide en candelas por metro cuadrado (cd/m^2). Unas 140 cd/m^2 son aceptables, aunque actualmente se alcanzan valores muy superiores en monitores de gama media y alta.
- Calibración: que permita calibración por hardware.
- Tipo de panel: en la actualidad encontramos diferentes tipos de paneles. Los de tipo IPS (*in-plane switching*): son los mejores en cuanto a ángulo de visión y fidelidad en el color, pero sufren de tiempos de respuesta muy altos (algo poco importante

en tareas de digitalización). Suelen ser la opción preferida para el retoque fotográfico.

Un elemento adicional que resulta igualmente imprescindible en un monitor son las viseras. Las mejores cuentan con un tratamiento antirreflejante. Se utilizan para garantizar la precisión cromática, así como para reducir los reflejos no deseados producidos por la iluminación ambiental. Existen viseras universales que se pueden ajustar a diversos tamaños y modelos de monitores y otras específicas para modelos determinados, normalmente muy orientados al trabajo de retoque fotográfico profesional.

2.2.3. Reconocimiento óptico de caracteres

La digitalización del texto sobre papel o cualquier otro soporte implica la transformación de esa morfología de contenido (la textual) a otra (una imagen). En la imagen obtenida se pueden observar los caracteres, palabras y otros símbolos que, en combinación, dan lugar al contenido de ese documento. No obstante, a diferencia de un documento digital de texto, por ejemplo, un fichero Word, la información textual en una imagen de mapa de bits deja de estar disponible y no se puede explotar (editar el contenido, copiarlo en otro fichero, realizar búsquedas...). Es decir, el contenido no es texto, sino una mera imagen.

El reconocimiento óptico de caracteres (en inglés, *optical character recognition* u OCR) es un conjunto de técnicas que permiten, durante el proceso de digitalización o, a posteriori, extraer la información textual de una imagen para poder tratarla como tal, con el objetivo de almacenarla y poder utilizarla con diferentes propósitos.

El funcionamiento de un sistema OCR se fundamenta en las tres etapas siguientes:

- Pre-procesado. Entre otros procesos, se lleva a cabo:
 - Binarización (o caracterización), donde la imagen se pasa a blanco y negro para mejorar el contraste entre caracteres, símbolos y fondo. Tras este proceso tan sólo serán visibles los caracteres más oscuros de la página (las letras y símbolos), eliminándose elementos que pueden entorpecer el proceso como sombras, manchas o degradados. El umbral de binarización determina qué elementos se mantienen y cuáles se pierden. Definirlo correctamente es importante para no perder información relevante.

- Alineación, eliminación de líneas, análisis de la maquetación (importante, sobre todo, si es un texto multicolumna).
- Segmentación de caracteres.
- Etc.
- Reconocimiento del texto. A través de un algoritmo capaz de reconocer patrones o mediante otras tecnologías.
- Post-procesado. Se mejora la precisión del reconocimiento anterior mediante un diccionario o corpus.

Antes de realizar el proceso, es necesario preprocesar la imagen: rotación, enderezamiento (*deskewing*), recorte (*cropping*), separación de páginas (*splitting*), análisis de maquetación (*layout*), reconocimiento de caracteres especiales, configuración del idioma (y época), configuración de palabras vacías (*stopwords*), diccionarios y corpus.

Una vez obtenido el resultado del proceso de reconocimiento óptico de caracteres, este se almacena en un formato determinado. Entre los formatos más habituales encontramos:

- TXT, un fichero de texto plano sin estructura. Su principal virtud es un peso muy reducido y su universalidad, al ser un tipo de documento compatible con todos los sistemas operativos y programas de edición de texto.
- El OCR de Adobe que está integrado en la versión profesional del paquete Adobe Acrobat y en él es posible almacenar dentro del mismo fichero PDF, aunque separado de cada una de las imágenes, el texto reconocido. Sus principales ventajas son la gran estandarización del formato PDF, utilizable en cualquier sistema operativo y navegador, así como la facilidad para que Google los recupere mediante su buscador.
- ALTO XML (Analyzed Layout and Text Object), un formato de texto estructurado en XML mantenido por la Library of Congress que permite describir la disposición, diseño gráfico, posición el texto, capítulos, ilustraciones..., además de registrar el contenido textual de un documento.
- PAGE-XML, similar al anterior.
- hOCR, también basado en XML y que permite como los dos anteriores almacenar no sólo el contenido, sino también la estructura de las páginas y otros aspectos para resultar en ficheros HTML (contenido y estructura) y CSS (presentación).

En el ámbito de las instituciones culturales, el formato de OCR más utilizado es el de Adobe, seguido por el formato ALTO XML. El principal condicionante del primero es la necesidad de utilizar el formato PDF como formato de difusión. Esto es algo habitual en documentos de texto como libros o revistas, pero no tanto para otros tipos de documentos que también incluyen texto como carteles o pósteres.

ALTO XML es un esquema XML que permite almacenar y describir el contenido y la estructura de un documento digitalizado tras haber sido sometido a un proceso de OCR. Se utiliza normalmente en combinación con el esquema de metadatos METS (ver apartado 3.2.4.5 Metadatos estructurales) para proporcionar una descripción detallada de la estructura física y lógica de un documento digitalizado. Un fichero ALTO contiene información sobre la maquetación de las páginas (párrafos, líneas, columnas... y su posición en la página), el texto reconocido resultado del OCR y metadatos sobre el documento en cuestión. Su uso destaca en proyectos de digitalización de bibliotecas y archivos ya que facilita la preservación a largo plazo de las obras.

Un ejemplo de implementación de esta tecnología lo encontramos en la colección digital *Chronicling America: historic American newspapers* de la Library of Congress.⁵

En el mercado existe una amplia oferta con diversas alternativas de software tales como ABBYY Finereader, OmniPage, Reconigform o Tesseract, esta última de bajo licencia de software libre.

Si bien tradicionalmente el software OCR utilizaba algoritmos de coincidencia de patrones para comparar el texto disponible en una imagen, carácter a carácter con su base de datos de patrones de imágenes y fuentes, esta tecnología presenta algunas limitaciones por lo que respecta al reconocimiento del texto manuscrito.

En la actualidad, como en tantos otros ámbitos, la inteligencia artificial se ha integrado en este software con el objetivo de mejorar la eficacia y la precisión del resultado. Así, una buena parte de las soluciones disponibles hoy utilizan modelos de aprendizaje automático, como redes neuronales convolucionales, capaces de analizar las características extraídas para identificar cada carácter.

5 *Chronicling America: historic American newspapers* es la hemeroteca histórica de los Estados Unidos que abarca desde 1756 hasta 1963. Disponible en: <https://chroniclingamerica.loc.gov>.

Figura 8. Transcripció de un fragmento de la primera traducció al català de *Alicia en el país de las maravillas* (Mentora, 1927) generada amb ChatGPT



Fuente del documento: Biblioteca de Catalunya, Memòria Digital de Catalunya. (mdc.csuc.cat/digital/collection/llibimps19/id/47867/rec/10)

2.2.4. Digitalización en 3D

La digitalización en tres dimensiones (3D) ha ganado protagonismo como método para la conservación y gestión del patrimonio cultural tangible. Este proceso genera representaciones digitales detalladas de objetos y emplazamientos históricos, permitiendo no sólo su preservación a largo plazo, sino también su accesibilidad y reutilización para múltiples fines y sectores. Dentro del contexto europeo, las directrices establecidas por la Unión Europea (recomendación EU 2021/1970) abogan por la digitalización de todos los monumentos y sitios en riesgo, así como del 50% de los monumentos, edificios y lugares del patrimonio cultural más visitados físicamente para el año 2030, garantizando así la conservación de este legado cultural mediante tecnologías avanzadas y mucho más adecuadas para el visionado e interpretación de estos emplazamientos y objetos. Estas tecnologías, además, facilitan la implementación de nuevas experiencias aplicables a lugares habitualmente inaccesibles, difíciles de visitar o comprender para personas con discapacidad, o incluso con menos recursos económicos. En este sentido, los modelos en 3D ofrecen nuevas oportunidades para la investigación, la educación y el turismo. Estos modelos pueden ser reutilizados en entornos de realidad virtual, realidad aumentada o en el metaverso, proporcionando experiencias inmersivas que mejoran la interacción con el patrimonio cultural. Además, pueden utilizarse para imprimir réplicas físicas mediante impresión 3D, lo que permite a las personas con discapacidades acceder al patrimonio de manera táctil (European Union's REKconstructed Content in 3D, 2024).

La singularidad de cada objeto patrimonial y su valor histórico hacen que la digitalización en 3D sea crucial para preservar su memoria. Un modelo digital bien trabajado no sólo captura la forma y los detalles físicos del objeto, sino que también incorpora información contextual, como su origen, materiales y condiciones de conservación. Estos modelos digitales garantizan que las generaciones futuras tengan acceso a información precisa y detallada de los objetos y monumentos. Además, este proceso facilita el monitoreo continuo de los bienes patrimoniales y ayuda a prevenir su pérdida o deterioro.

La calidad en la digitalización 3D no se limita a la resolución del modelo o a otras características técnicas, sino que también depende de la completitud de los registros de datos que describen el objeto y el proceso de digitalización. Esto incluye tres tipos de datos clave:

- **Ficheros:** los archivos que componen el modelo 3D.
- **Metadatos:** información descriptiva del objeto (origen, materiales, historia, etc.).

- Paradata: información sobre el proceso de digitalización, como las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo (equipo utilizado, personal implicado, condiciones ambientales, etc.).

Si bien un proyecto de digitalización puede variar desde la creación rápida de un modelo básico con un móvil hasta capturas complejas que requieren equipos especializados y la participación de múltiples expertos, la obtención de modelos finales de alta calidad es fundamental no sólo para la conservación, sino también para asegurar su reutilización por diferentes actores (investigadores, arquitectos, educadores, etc.).

El nivel de complejidad de un proyecto de digitalización en 3D se determina a través de varios factores, como el tipo de objeto o sitio a digitalizar, las condiciones ambientales, la disponibilidad de equipo especializado y los recursos humanos necesarios. Un ejemplo de proyecto de alta complejidad sería la digitalización de un monumento expuesto a condiciones climáticas extremas, donde el viento, la lluvia o la luz solar pueden afectar a la calidad de la captura. Por otro lado, un entorno controlado, como una sala de museo, presenta menos desafíos.

En este sentido, el análisis del objeto o sitio es un paso esencial para identificar obstáculos potenciales. Esto incluye la evaluación de las condiciones físicas del objeto o las posibles interrupciones del entorno. A partir de esta evaluación inicial, es posible seleccionar la solución técnica más adecuada, ya sea mediante fotogrametría, escáneres láser terrestres o tecnologías híbridas que combinan varios métodos.

El equipo utilizado en la digitalización varía según el proyecto. Entre los más comunes se encuentran:

- Sistemas de escaneo láser (Terrestrial Laser Scanning, TLS, o Mobile Laser Scanners, MLS) y sistemas de triangulación óptica: utilizados para capturar detalles precisos en superficies complejas.
- Fotogrametría: pensados para objetos pequeños o sitios controlados. Consiste en tomar múltiples fotografías desde diferentes ángulos para luego combinarlas en un modelo tridimensional.
- Sistemas globales de navegación por satélite (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) y estaciones totales⁶: utilizados en proyectos que requieren una alta precisión geoespacial, como la digitalización de sitios grandes.

6 Aparatos electroópticos utilizados en topografía.

Por otro lado, existen sistemas activos y pasivos de captura de datos. Los sistemas activos, como los escáneres láser, emiten señales que luego son registradas para generar los modelos. Los sistemas pasivos, como la fotogrametría, dependen de la luz ambiente y capturan imágenes que luego se procesan.

Como sucede con cualquier otro objeto digital, para garantizar la reutilización y la interoperabilidad a largo plazo, es recomendable utilizar formatos abiertos y estándares reconocidos. Entre los formatos de archivo más utilizados para el almacenamiento y distribución de modelos 3D se encuentran:

- OBJ (Wavefront OBJect): formato estándar que permite visualizar el modelo en la mayoría de los programas, aunque no es el más eficiente en términos de espacio.
- PLY (Polygon File Format): formato binario que ofrece mejor compresión y, por tanto, es más adecuado para la transmisión de datos a través de Internet.
- STL (Stereolithography): formato que define la geometría de un objeto en 3D muy utilizado en la creación de prototipos e impresión 3D.
- GLTF (GL Transmission Format): formato optimizado para la web que permite una visualización rápida de los modelos en 3D.

Como se ha comentado antes, a los ficheros obtenidos en estos formatos se les asocian registros con metadatos y parámetros para asegurar la calidad y permitir que los usuarios comprendan cómo y bajo qué circunstancias se crearon los modelos.

En la fase de producción se pueden generar diferentes versiones del modelo a partir de los archivos en crudo. Estos modelos 3D funcionales pueden estar en alta resolución o en versiones comprimidas mucho más adecuadas para su visualización por pantalla.

2.2.5. Valores aconsejados para la digitalización

A continuación, se recogen los formatos y valores normalmente aconsejados para la digitalización de diferentes tipos de materiales.

Positivos fotográficos en papel

- Resolución de escaneado: entre 370 y 740 dpi según el tamaño.
- Profundidad de bits: 48 bits color / 16 bits escala de grises.
- Espacio de color: Adobe RGB / Gamma 2.2 (escala de grises).
- Formato máster: TIFF sin compresión.

Negativos y diapositivas (9x12 hasta 18x24)

- Resolución de escaneado: como mínimo, entre 370 y 740 dpi según el tamaño.
- Profundidad de bits: 48 bits color / 16 bits escala de grises.
- Espacio de color: Adobe RGB / Gamma 2.2 (escala de grises).
- Formato máster: TIFF sin compresión.
- Negativos y diapositivas de 120mm
- Resolución de escaneado: como mínimo, entre 1000 y 1500 dpi según el tamaño.
- Profundidad de bits: 48 bits color / 16 bits escala de grises.
- Espacio de color: Adobe RGB / Gamma 2.2 (escala de grises).
- Formato máster: TIFF sin compresión

Negativos y diapositivas de 135mm

- Resolución de escaneado: como mínimo, 2500 dpi.
- Profundidad de bits: 48 bits color / 16 bits escala de grises.
- Espacio de color: Adobe RGB / Gamma 2.2 (escala de grises).
- Formato máster: TIFF sin compresión.

Texto

- Resolución de escaneado: 300-400 dpi.
- Profundidad de bits: 24 bits color / 16 bits escala de grises.
- Espacio de color: Adobe RGB / Gamma 2.2 (escala de grises).
- Formato máster: TIFF sin compresión.

Cintas de casete

- Frecuencia de muestreo: 96KHz.
- Profundidad de bits: 16 bits.
- Canales: 2 estéreo o 1 mono según el original.
- Formato máster: WAV sin compresión.

Cintas VHS y Beta

- Resolución de escaneado: si bien los originales presentan un equivalente entre 320x480 y 333x486, las especificaciones de la totalidad de instituciones culturales de peso que han publicado sus especificaciones técnicas recomiendan una resolución de entre 640x480 y 720x480 para recoger toda la información existente en el original.
- Fotogramas por segundo: entre 25 y 30 fps, recomendable 30 fps.

- Tasa de bits: Entre 27 y 30.
- Profundidad de bits: 10 bits.
- Formato máster: H.262/MPEG-2 Part 2 o H.264/MPEG-4 AVC.
- Audio: la mayor parte de las grabaciones de vídeo también incluirán sonido, por lo que también será necesario establecer los parámetros para el audio integrado en el vídeo. AAC y MP3 son los dos formatos más utilizados.

2.3. Entornos y proyectos GLAM / LAM

El acrónimo GLAM (Galleries, Libraries, Archives and Museums) también expresado en ocasiones como LAM (Libraries, Archives and Museums) se utiliza para aglutinar los quehaceres comunes y proyectos de las instituciones que cuentan con fondos y colecciones patrimoniales. La denominación GLAM se origina en el ámbito anglosajón, específicamente dentro de los círculos profesionales y académicos. Comenzó a usarse de manera más prominente en la década de los 2000 para describir la colaboración y convergencia entre estas instituciones a medida que estas buscaban enfrentar desafíos comunes en el ámbito digital. El congreso *Galleries, Libraries, Archives, Museums & Wikimedia: Finding the common ground* lo acabó de popularizar, además de unirlo de alguna manera a Wikimedia Commons, convirtiéndose también en casi sinónimo de proyecto entre estas instituciones y la enciclopedia por excelencia de Internet. No obstante, también es bastante popular La variante LAM, introducida por Zorich et al. (2008), quienes la proponen como denominación alternativa a “instituciones de la memoria”, expresión comúnmente utilizada hasta ese momento para referirse al conjunto de estas instituciones. En este segundo acrónimo quedan fuera las galerías, instituciones con objetivos, funciones y proyectos algo alejados de las otras tres.

Lo cierto es que bibliotecas, archivos y museos nacen sin unas claras diferencias entre ellas (Warren y Matthews, 2020) y no es hasta finales del XIX cuando se establecen algunos de los principios teóricos que dan forma a las disciplinas propias de cada sector, aparecen las primeras asociaciones profesionales, se empiezan a imponer y normalizar prácticas profesionales diferenciadas, entre otras cuestiones que, poco a poco, las llevan a distanciarse. Para Warren y Matthews (2020), si bien el término instituciones de la memoria puede ser válido para referirse a la actividad de estas instituciones vinculadas al patrimonio, resulta algo pobre al obviar las funciones sociales, de soporte a la investigación o divulgativas, entre otras, que también las caracterizan.

Todo esto ha consolidado el término GLAM, especialmente en aquellas instituciones que cuentan con todas ellas. Por ejemplo, un museo que dispone de una biblioteca especializada y un archivo histórico o incluso universidades en las que también se cuentan con colecciones patrimoniales de los tres tipos.

Tal y como destaca Bicknell (2017), el usuario final no está especialmente interesado en saber de dónde proceden los recursos o como están descritos, sino que quiere consultarlos y poder acceder a ellos de la forma más unitaria y simple posible. Es decir, el usuario final no tiene una idea del patrimonio compartimentada en diferentes instituciones cada una de ellas con sus prácticas, procesos y productos específicos (Salse, 2023).

Proyectos como Europeana proponen precisamente una visión integradora, en este caso, del patrimonio cultural europeo, a través de un catálogo único que permite acceder a más de cincuenta y ocho millones de registros procedentes de fondos y colecciones de más de tres mil instituciones.

Otro ejemplo representativo, en este caso dentro de una misma institución es el del Museo del Diseño de Barcelona. Con el objetivo de poner en valor el conocimiento entorno a las piezas que conserva la institución, así como especialmente la idea de “proceso de diseño”, el proyecto *Objetos enlazados* busca, a través del acceso unificado a todos sus fondos, mostrar su ciclo de vida completo (encargo, proceso creativo, fabricación, comercialización y proyección pública y difusión) de forma contextualizada (Díaz y Folia, 2018). Como entidad que cuenta con un museo, archivo y biblioteca, dispone de las piezas museísticas, la documentación de archivo de los diseñadores y empresas editoras que las produjeron, así como de las publicaciones (catálogos, libros, revistas...) en las que se publicitaron o reseñaron. Cada uno de estos departamentos utiliza sus propios estándares y sistemas de gestión de fondos y colecciones: Museum+ para el archivo, AtoM para el fondo de archivo y Koha para el fondo bibliográfico. El proyecto *Objetos enlazados* funciona como una capa que se superpone a todas estas tecnologías y que ofrece una triple aproximación a los recursos del museo: a través de los autores, de los objetos o a partir de una cronología sobre la historia del diseño en España creada por un grupo de investigación de la Universidad de Barcelona (GRACMON),⁷ todo ello relacionado internamente.

En los últimos años el proyecto se ha ampliado con una iniciativa de memoria oral con la que se incorpora la voz en primera persona de los protagonistas de las colecciones. Gracias a tecnologías basadas en datos enlazados y el acceso a través de una interfaz común, el resultado es un recurso que permite acceder de forma enriquecida y contextualizada a todos estos materiales, sobre los que se aporta un nuevo relato.

7 Grup de Recerca en Història de l'Art i del Disseny Contemporani.

Figura 9. Detalle de la interfaz del proyecto *Objetos enlazados* del Museo del Diseño de Barcelona



Fuente: Disseny Hub Barcelona

2.4. Objetos, colecciones y repositorios digitales

En el contexto del desarrollo de la World Wide Web (WWW) en los noventa, aparecen los primeros repositorios digitales de publicaciones científicas. Es en esta misma década cuando surgen plataformas como arXiv (1991), Etext (The Electronic Text Center, 1992), CogPrints (1997), NDLTD (Networked Digital Library of Theses and Dissertations, 1997), NCS TRL (Networked Computer Science Technical Reference Library, 1999) o RePEc (Research Papers in Economics, 1999).

En paralelo al desarrollo de estas plataformas académicas, las instituciones de la memoria, especialmente las bibliotecas de todo el mundo, están comenzando programas de digitalización retrospectiva de sus colecciones, que pasarán a formar parte de colecciones digitales en línea sustentadas por plataformas tecnológicas desarrolladas con tecnologías similares a las que habían servido en la primera década de la Web para distribuir publicaciones académicas. Estas tecnologías, en las que nos centraremos en los siguientes apartados, fueron evolucionando, incorporando características propias orientadas a la difusión e interpretación de los recursos de estas colecciones, ampliando el alcance de estos sitios web de meros catálogos con acceso al texto completo de los recursos a productos más sofisticados con componentes narrativos e interpretativos.

2.4.1. Objetos digitales

Si tomamos como referencia la definición que proporciona el modelo de referencia OAIS (Open Archival Information System),⁸ un objeto digital es un recurso compuesto por un conjunto de secuencias de bits (CCSDS, 2012).

OAIS define que cada objeto digital o agrupación de objetos (a las que denominaremos objetos digitales compuestos) debe acompañarse de un conjunto de elementos entre los que encontramos diferentes tipos de metadatos que servirán para garantizar su autenticidad e integridad, así como para facilitar su descripción, información técnica, administrativa o la

8 Desarrollado por el Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS) y publicado como norma ISO 14721:2012, su propósito es proporcionar un modelo conceptual para la preservación y el acceso a largo plazo de la información digital en entornos en los que se desea conservar a perpetuidad. Para ello, OAIS define una serie de conceptos, funciones y responsabilidades que deben abordarse para garantizar la autenticidad, fiabilidad y la accesibilidad de la información a lo largo del tiempo.

relación que mantiene con otros objetos digitales, todo ello necesario para su gestión y preservación a largo plazo.

En ocasiones, un objeto digital puede estar formado por un único fichero. Este es el caso, por ejemplo, de una fotografía individual en el marco de un fondo fotográfico. En otros casos, el objeto digital puede estar formado por dos o más ficheros. Este es el caso de un libro formado por múltiples páginas o de un reportaje fotográfico que se trata documentalmente como una unidad documental compuesta.

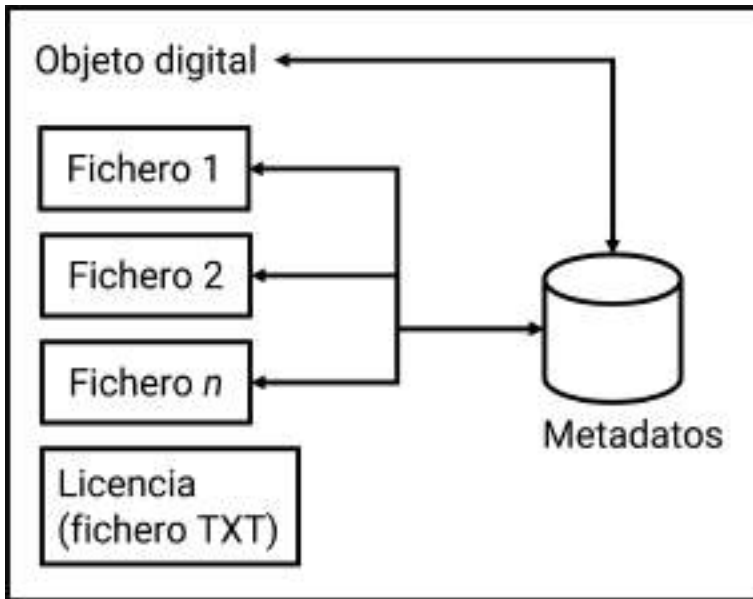
En otros casos, más allá de los ficheros que forman parte del objeto digitalizado, también encontramos otros ficheros que forman parte intrínseca del objeto y que lo acompañan en el contexto de un sistema de gestión de colecciones digitales. Estos son, por ejemplo, un fichero de texto con información sobre la licencia de uso o un fichero SRT con los subtítulos de un vídeo, entre otros.

Por lo que respecta a los metadatos, si bien podemos encontrarlos incrustados dentro de los diferentes ficheros que forman el objeto digital, lo más habitual es que en el marco de un sistema de gestión de colecciones digitales, estos se asocien a los registros bibliográficos en los que se describe cada objeto a través de una base de datos. En algunos casos, también es posible asociar metadatos no sólo a nivel de registro u objeto, sino que algunos sistemas de gestión de colecciones digitales también permiten incorporar metadatos a nivel de fichero. Sea como sea, es decir, se encuentren incrustados en los bits del fichero o se asocien a este a través de una base de datos, entendemos que también forman parte intrínseca del objeto digital.

Toda esta amalgama de elementos forma el objeto digital, pieza fundamental en cualquier repositorio o colección digital.

2.4.2. Sistemas de gestión de repositorios y colecciones digitales

Como hemos comentado anteriormente, los sistemas de gestión de repositorios y colecciones digitales patrimoniales tienen su origen en los repositorios académicos de las universidades, con los que comparten una buena parte de sus tecnologías y objetivos. Los repositorios académicos o institucionales se centran en “recoger, preservar y difundir la producción académica de una institución, permitiendo el acceso a los objetos digitales que contiene y a sus metadatos” (Abadal, 2012, p. 23), favoreciendo así la difusión, visibilidad y alcance de la investigación realizada por una institución y sus miembros.

Figura 10. Representación gráfica de un objeto digital

Nota: formado por varios ficheros (imágenes, audio, vídeo...), un fichero con información sobre la licencia y metadatos asociados a nivel de registro y ficheros a través de una base de datos. Fuente: elaboración propia.

Por su parte, las colecciones digitales se construyen en torno a los fondos o colecciones patrimoniales específicos que gestionan las instituciones bibliotecarias, de archivo, museísticas o de cualquier otro tipo, a la luz de una política de desarrollo de la colección analógica que contempla los casos en los que procede la digitalización (Alcaraz y Urbano, 2024).

Actualmente, disponemos de un variado catálogo de soluciones tanto de software libre, como propietario para la gestión de colecciones digitales. Este mercado se caracteriza por un importante grado de especialización de las soluciones existentes. En este sentido, encontramos productos pensados específicamente para cada sector: bibliotecas, museos y archivos, aunque también existen otras soluciones que intentan satisfacer las necesidades comunes de todas estas tipologías de instituciones. En los apartados siguientes se mencionan algunas de las más utilizadas en el marco de proyectos de HD.

2.4.2.1. Omeka Classic y Omeka S

Omeka Classic y Omeka S son dos de las soluciones favoritas en el ámbito de las HD. Esto se debe a que, por un lado, resuelven las necesidades mínimas que habitualmente precisan las instituciones de la memoria en la creación y gestión de una colección digital y, por el otro, porque ofrecen un importante catálogo de módulos pensados para crear proyectos digitales más orientados a la narratividad en torno a los objetos digitales del repositorio.

Ambas aplicaciones se desarrollan y mantienen de forma independiente y aunque son perfectamente intercambiables en muchos tipos de proyectos, las principales diferencias entre estas es que Omeka Classic se orienta a la creación de colecciones digitales estancas, mientras que en el caso de Omeka S, es posible crear con una misma instalación, varios proyectos totalmente independientes, pero compartiendo un mismo *backoffice*, objetos digitales, usuarios... Por otro lado, mientras que Omeka Classic utiliza vocabularios basados en XML que parten de un modelo jerárquico para representar relaciones entre objetos digitales y sus propiedades, Omeka S usa un modelo de grafos propio de RDF (Resource Description Framework) conforme a los principios de los datos enlazados (*linked data*). Es precisamente la capacidad y facilidad para enlazar objetos una de las principales virtudes de Omeka S.

Omeka Classic se hizo popular por facilitar la creación de exposiciones virtuales mediante un módulo específico, así como a través de múltiples herramientas que permiten enriquecer la capacidad narrativa del sistema, todas ellas disponibles también con Omeka S: anotaciones sobre imágenes, líneas de tiempo, mapas, grafos de conocimiento, visores avanzados de documentos basados en el estándar IIIF, entre otras.

Además, ambas aplicaciones contemplan diversas opciones para involucrar a los usuarios en proyectos colaborativos mediante campañas de *crowdsourcing*. Un par de ejemplos representativos los encontramos en los módulos “Contribute” y “Scripto”. El primero de ellos está pensado para construir colecciones digitales a partir de contribuciones de los mismos usuarios, quienes pueden aportar imágenes, ficheros sonoros o vídeos, siendo muy interesante en proyectos de memoria oral o que buscan recuperar el patrimonio menos “oficial” no conservado por las instituciones de la memoria, pero que todavía conservan las familias. El segundo implementa una plataforma basada en MediaWiki –el software utilizado por Wikipedia– para facilitar transcripciones colaborativas de documentos.

Figura 11. Interfaz de administración de Omeka S en la que se puede observar un registro con metadatos Dublin Core



Fuente: elaboración propia

2.4.2.2. DSpace GLAM

DSpace es el software más utilizado con diferencia en el ámbito universitario para la creación de repositorios académicos. DSpace-GLAM es una personalización de este software a cargo de la empresa italiana 4Science que se encuentra disponible bajo licencia de código abierto. DSpace-GLAM parte del núcleo de DSpace, es decir, dispone de todas las funcionalidades y componentes de esta aplicación, sobre la que integra una colección de módulos que permiten organizar las colecciones de forma mucho más flexible, así como crear recursos narrativos a partir de los objetos disponibles en el repositorio. Si a esto se le suma la integración de un servidor IIIF disponible en DSpace desde su versión 7.x, y el uso del visor de documentos Mirador, basado en la misma tecnología, el resultado es la posibilidad de integrar anotaciones, facilitar la navegación entre las partes de un documento o comparar varios documentos simultáneamente, entre otras muchas posibilidades.

Figura 12. Página de inicio del repositorio AMSHistorica de la Universidad de Bolonia creado con DSpace-GLAM



Fuente: historica.unibo.it

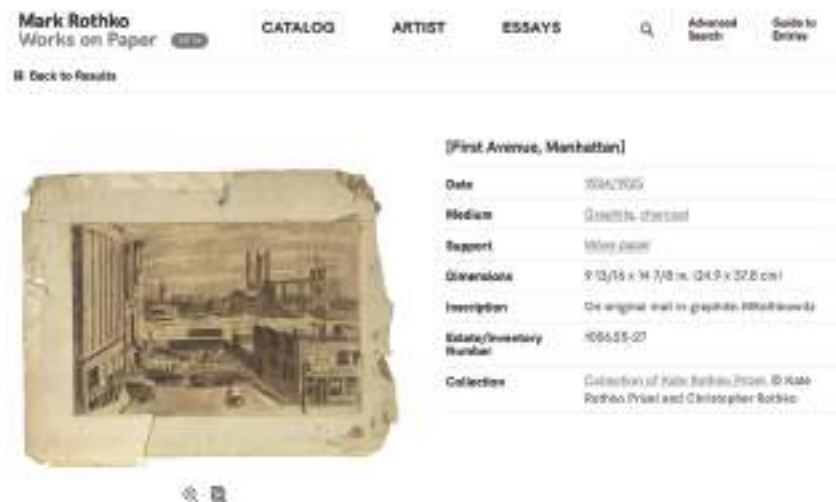
2.4.2.3. *CollectiveAccess*

CollectiveAccess es otra solución de software libre para la gestión de colecciones digitales patrimoniales. A diferencia de Omeka y DSpace-GLAM, se centra tanto en la publicación, como en la gestión integral de los fondos (Alcaraz, 2014).

Una de las características más interesantes de esta aplicación es la posibilidad de personalizar una importante cantidad de aspectos relacionados tanto con el modelo de datos utilizado, como con los flujos de trabajo, formularios de catalogación, informes, etc. En este sentido, en el momento de instalar y configurar la aplicación, es posible cargar en el sistema múltiples conjuntos de elementos de metadatos orientados a la descripción de diferentes tipos de recursos (materiales bibliográficos, fondos de archivo, objetos de museo...) o de procesos (pensados para la recuperación de la información, su preservación digital...). Esta característica hace de CollectiveAccess una solución interesante para instituciones con contextos

GLAM, es decir, que gestionan fondos de origen bibliotecario, archivístico o museológico, especialmente cuando una institución con esos mismos departamentos o fondos desea unificar la gestión y acceso a todas sus colecciones a través de una única plataforma.

Figura 13. Detalle de un registro del catálogo razonado de la Mark Rothko Works on Paper, National Gallery of Art (Washington) creado con CollectiveAccess



The screenshot shows a web interface for the 'Mark Rothko Works on Paper' collection. The navigation bar includes 'CATALOG', 'ARTIST', and 'ESSAYS'. A search bar is present with 'Advanced Search' and 'Go to Entry' options. Below the navigation, there is a 'Back to Results' link. The main content area features a large image of a drawing titled '[First Avenue, Manhattan]'. To the right of the image is a metadata table with the following details:

Date	1954/1955
Medium	Graphite on paper
Support	Wove paper
Dimensions	9 13/16 x 14 7/8 in. (24.9 x 37.8 cm)
Inscription	On original oval in graphite, 1954/1955
Estate/Inventory Number	1066.55-07
Collection	Collection of Mark Rothko, Inc., © Mark Rothko (Print) and Christopher Rothko

Fuente: rothko.nga.gov

2.4.2.4. AtoM

AtoM (Access to Memory) es uno de los sistemas de gestión de contenidos más populares para la difusión de fondos de archivo. Desarrollado originalmente por Artefactual Systems con la colaboración del Consejo Internacional de Archivos (CIA/ICA), se trata de una aplicación de software libre que se alinea con los estándares más importantes del sector: ISAD(G) (General International Standard Archival Description), ISSAR-CPF (International Standard Archival Authority Records -Corporate bodies, persons, and families-), ISDIAH (International Standard for Describing Institutions with Archival Holdings), ISDF (International Standard for Describing Functions), Dublin Core o MODS (Metadata Object Description Schema). También es compatible con otros estándares como el

Este podría ser el caso, por ejemplo, de una red de archivos, museos o bibliotecas, las cuales quieran tener una presencia independiente y gestionar cada una de ellas sus materiales, pero compartir una instalación y recursos técnicos.

2.4.2.5. Dédalo

Nacido en el marco del desarrollo del proyecto Museu de la Paraula del Museo de Etnología de Valencia y liberado bajo licencia de software libre algunos años después, Dédalo es un sistema de gestión de colecciones patrimoniales enfocado principalmente, aunque no de manera exclusiva, a la gestión y difusión de proyectos de historia oral.

Con este propósito en mente, Dédalo ofrece un sistema que, respetando la integridad de las entrevistas, posibilita su transcripción, traducción, así como la identificación e indexación de fragmentos los cuales pueden ser fácilmente recuperados con posterioridad a través del buscador del sistema.

Figura 15. Herramienta de indexación con un tesoro



Nota: El descriptor “*Censorship*” se aplica a un fragmento de la entrevista para facilitar la posterior recuperación de fragmentos a los usuarios interesados en esa temática. Fuente: dedalo.dev.

Dédalo también prevé la creación de catálogos de colecciones digitales en las que también se observa la importancia de los tesauros para la relación entre las piezas de la colección. Las opciones de acceso son múltiples: a través del buscador, navegando a través del tesoro o a través de páginas en las que se pueden destacar piezas seleccionadas.

Figura 16. Detalle de un registro del Museu de Quart de Poblet implementado con Dédalo



Fuente: museuquartdepoblet.org

Dédalo también cuenta con un sistema de gestión de flujos de trabajo configurables, así como un útil sistema de gestión de versiones e historial de cambios.

2.4.3. Entornos de desarrollo y despliegue de aplicaciones web

Las aplicaciones mencionadas en el apartado anterior responden a la lógica de una arquitectura cliente-servidor. De acuerdo con este modelo, la interacción entre los usuarios que buscan acceder a los contenidos de un sitio web se organiza en torno a dos entidades dentro de la red: cliente y servidor.

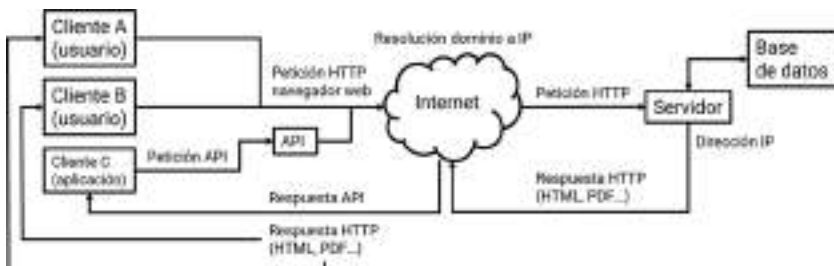
El cliente es el dispositivo o, específicamente, el software que utiliza un usuario para acceder a los datos de un servidor. Este software es, en un entorno web, el navegador, que se responsabiliza de traducir de manera totalmente transparente las peticiones del usuario utilizando las normas establecidas en el protocolo HTTP, entre otros. Alternativamente, los usuarios o, más específicamente, algunas aplicaciones del lado del cliente pueden realizar peticiones a través de una API. Una API (Application Programming Interface o Interfaz de Programación de Aplicaciones) es una interfaz que implementa protocolos para que dos aplicaciones puedan comunicarse entre sí de forma estandarizada

a través de métodos y funciones en un lenguaje de programación específico. La gran aportación de las APIs es que el proceso se realiza de forma transparente o casi transparente para los usuarios. Es decir, permiten ocultar la complejidad interna de la aplicación final y sólo exponen aquellos elementos necesarios para que los clientes las utilicen. Por ejemplo, cuando realizamos una consulta en Google Maps, los datos que enviamos (dirección postal, coordenadas, nombre de un establecimiento...), la petición y la respuesta se gestionan a través de una API que devuelve una serie de datos que se muestran en diferentes formatos (sobre un mapa, en forma de texto...).

Por otro lado, el término servidor es una palabra polisémica que se refiere tanto a la máquina (ordenador con unas características específicas), como a un software denominado servidor web. Este servidor web tiene como función tratar las peticiones que se reciben desde los clientes, procesarlas y enviarles una respuesta. Ejemplos de servidores web populares son Apache, Nginx o Internet Information Services de Microsoft.

Los sistemas de gestión de colecciones digitales están directamente en contacto con el servidor web, reciben la petición del usuario, habitualmente el acceso a un fichero HTML, PDF, JPG, etc., lo gestionan internamente, normalmente involucrando una o varias consultas a una base de datos, y retornan esa información para que el mismo servidor web envíe la respuesta al cliente, quien tiene la responsabilidad de procesar la respuesta y renderizarla. Con renderizar una página web nos referimos al proceso mediante el cual el navegador interpreta el código HTML, CSS y JavaScript para convertirlo en una representación visual.

Figura 17. Diagrama de la arquitectura cliente-servidor



Fuente: elaboración propia

Si bien en entornos de producción (de funcionamiento real), se acostumbra a implementar configuraciones más robustas y personalizadas, XAMPP es la aplicación más popular para crear entornos de pre-producción y pruebas compatibles con las tecnologías comentadas en apartados anteriores.

XAMPP es una solución “todo en uno” que incluye un servidor web Apache, un sistema de gestión de bases de datos MySQL (MariaDB) e intérpretes de los lenguajes de programación PHP y Perl. Se trata de una aplicación muy fácil de instalar que en unos pocos minutos permite disponer del entorno necesario para poner en funcionamiento en local cualquier software de gestión de contenidos compatible.

3. Datos, metadatos y ontologías

En todo proyecto de HD se trabaja, de una u otra manera, con datos. En este capítulo, nos enfocaremos en tres conceptos clave: datos, metadatos y ontologías. Tras definir cada uno de estos conceptos profundizaremos en sus características y modelos y abordaremos algunas de las tecnologías, estándares y aplicaciones de uso común en el ámbito de las HD.

3.1. Datos

Los datos son “hechos” en bruto (Coronel y Morris, 2013), es decir, sin procesar y sin que nadie les haya asignado un significado específico. La información es el resultado del procesamiento de datos con el objetivo de revelar un significado concreto. El procesamiento de un conjunto de datos permite revelar patrones relativamente obvios, pero también hacer predicciones o extraer conclusiones mucho más complejas con la ayuda de modelos estadísticos.

Un concepto de moda en los últimos años asociado a los datos es el de *big data*, traducido habitualmente en nuestra lengua como datos masivos. Los datos masivos son aquellos conjuntos de datos que exceden la capacidad de procesamiento de los sistemas de gestión de bases de datos convencionales (Padgavankar y Gupta, 2014). También son un activo informacional que ha implicado nuevos paradigmas desde el punto de vista de la investigación, en un contexto en el que se puede abordar el análisis de grandes volúmenes de datos sin muestrear, evitando esto los errores inherentes al muestreo y facilitando el descubrimiento de conexiones y patrones entre los datos (Mayer y Cukier, 2013).

Los datos pueden ser estructurados, no estructurados o semiestructurados, de acuerdo con el nivel de estructuración que presentan (Gómez y Conesa, 2015). Los datos estructurados son aquellos cuyas características (longitud, formato, relaciones...) conocemos o definimos de antemano. Estos datos son los que encontramos en bases de datos y a los que habitualmente se accede mediante lenguajes de consulta especializados como SQL.

Los datos no estructurados no tienen una estructura predefinida, ni se almacenan en tablas como los estructurados, sino que habitan en documentos de todo tipo como ficheros en formatos de texto enriquecido, documentos PDF, grabaciones sonoras, entre otros muchos. Los datos no estructurados son, con diferencia, los más complejos de tratar.

Finalmente, los datos semiestructurados son datos elementales como los datos estructurados, pero que carecen de un orden o lógica tabular específico. Este tipo de datos se almacenan en ficheros que aportan algún tipo de estructura implícita, normalmente jerárquica, como la de los lenguajes XML o HTML (ver capítulo 5).

El término *dataset* se refiere a un conjunto de datos, normalmente estructurados o semiestructurados, que atañen a un tema o asunto en particular. El movimiento de datos abiertos (*open data*) aboga por la disponibilidad libre de determinados conjuntos de datos, de forma que estén disponibles para cualquier persona sin restricciones relacionadas con los derechos de autor, ni sometidos a cualquier mecanismo de control.

Berners-Lee (2006) propuso una clasificación para valorar la calidad y el grado de usabilidad de un conjunto de datos basada en cinco niveles acumulativos representados por estrellas. Según esta clasificación, para alcanzar el nivel mínimo (una estrella) basta con compartir los datos en cualquier formato, por muy complicado que sea su procesamiento. Son ejemplos que podríamos enmarcar en esta categoría, una tabla en formato Word o la imagen de esa misma tabla en formato JPEG. El segundo nivel implica compartir datos de manera estructurada, por ejemplo, en formato XSLX. El tercer nivel aboga por el uso de un formato estructurado no propietario, por ejemplo, CSV en lugar de XSLX de Microsoft. El cuarto nivel propone el uso del formato RDF junto con URIs (identificadores), con el objetivo de aportar una capa semántica e interrelacionar datos. Finalmente, el quinto nivel aboga por la vinculación de los datos con otros datos, dotándolos de esta manera de contexto.

El éxito de estas iniciativas, así como las obligaciones en materia de transparencia a las que están sometidas, ha propiciado que diferentes administraciones hayan creado sitios web específicos para la distribución de conjuntos de datos relacionados con sus competencias. De esta manera, gobiernos en diferentes niveles o universidades, pero también algunas iniciativas privadas, ofrecen datos abiertos de todo tipo. En el mismo sentido, desde hace algunos años es frecuente ver como los datos de cualquier proyecto de investigación se publican junto a los artículos o memorias en los que han sido utilizados.⁹

Figura 18. Registro con datos sobre equipamientos de educación de Barcelona



Nota: Datos disponibles en el sitio web Open Data BCN del ayuntamiento de esta ciudad. Como se puede observar en la imagen, se trata de datos estructurados en formatos abiertos (nivel o grado de apertura 3). Fuente: opendata-ajuntament.barcelona.cat.

⁹ Repositorios como Zenodo (<https://zenodo.org>) o Figshare (<https://figshare.com>) son dos ejemplos de repositorios de datos abiertos de investigación.

En los proyectos de HD los datos representan la información que se recopila, organiza y analiza para estudiar fenómenos culturales, históricos, literarios o artísticos. En este sentido, podemos encontrar datos textuales provenientes de textos literarios u otras publicaciones que permiten identificar temas, palabras clave, estilos, personajes, entre otros muchos aspectos de interés; datos espaciales o geográficos que representan localizaciones históricas, rutas comerciales o la distribución demográfica en diversos periodos, facilitando esto el estudio espacial de múltiples fenómenos culturales, sociales o políticos; datos cuantitativos generados a partir de la cuantificación de fenómenos culturales, como la frecuencia de aparición de una palabra en un corpus literario, la cantidad de publicaciones en una época específica o las conexiones entre autores en una red social literaria.

3.1.1. Tecnologías y métodos para el procesamiento de datos

R es un lenguaje de programación y un entorno para el cálculo estadístico y la visualización de datos. A diferencia de otros lenguajes como Java, Python o PHP, R no es un lenguaje de programación de uso general, sino que se centra en procesos estadísticos. Se trata de un lenguaje muy popular en el entorno académico por su capacidad para realizar cálculos y algoritmos complejos.

Más allá de análisis estadísticos tradicionales, algunos otros posibles usos en proyectos de HD dentro del análisis de textos y el procesamiento del lenguaje natural son la extracción de temas en grandes volúmenes de textos o el análisis de redes semánticas (términos, personajes...). También permite la creación de mapas para mostrar la distribución geográfica de eventos históricos o la representación espacial de lugares en textos literarios, el análisis de citas y referencias (autores más citados o temas recurrentes), implementar modelos predictivos para analizar tendencias y patrones en datos, entre otros muchos casos de uso.

Es precisamente la gran variedad de herramientas estadísticas, así como su capacidad gráfica lo que ha convertido a R en una opción muy popular en proyectos de HD. R cuenta con entornos de desarrollo integrados (IDE) específicos para el trabajo con este lenguaje de programación. Un ejemplo es RStudio, un IDE de software libre multiplataforma.

Figura 19. Ejemplo de código para crear un gráfico de dispersión simple con la biblioteca ggplot2 de R

```
1 library(ggplot2)
2 data <- data.frame(
3   x = 1:10,
4   y = c(2, 3, 5, 7, 6, 8, 9, 11, 12, 15)
5 )
6 ggplot(data, aes(x = x, y = y)) +
7   geom_point() +
8   labs(title = "Gráfico de Dispersión de x e y",
9         x = "Variable x",
10        y = "Variable y") +
11   theme_minimal()
```

Fuente: elaboración propia

Entre las aplicaciones comerciales orientadas al tratamiento y visualización de datos, en los últimos años se ha popularizado Power BI de Microsoft. Power BI es una colección de soluciones centradas en el análisis y visualización de datos en entornos empresariales, aunque también utilizable en otros contextos.

Frente a R, Power BI presenta una curva de aprendizaje mucho menos pronunciada, permitiendo la generación de visualizaciones con editores visuales más simples, mientras que R requiere de una mayor formación y consulta de documentación específica. El ámbito de aplicación también varía entre soluciones. Mientras que R se muestra más adecuado para el análisis de datos estadísticos complejos, Power BI destaca por su capacidad para realizar análisis visuales rápidos, si bien es más limitado en sus opciones visuales y de personalización de informes y gráficos. Son, por tanto, soluciones complementarias, si no se desea utilizar R para la parte de visualización.

OpenRefine es, sin duda, otra de las herramientas más populares en el ámbito de las HD para el trabajo con conjuntos de datos. OpenRefine es una herramienta de código abierto pensada para explorar y manipular conjuntos de datos, especialmente útil para trabajar con los conocidos como *messy data* o, lo que es lo mismo, conjuntos de datos que presentan una importante cantidad de errores o inconsistencias. OpenRefine ofrece todo un conjunto de funcionalidades orientadas a la “limpieza” de esos datos previamente a su análisis o uso.

Podemos encontrar inconsistencias en fechas expresadas de distintas formas (03/01/1983, 1983-01-03, 3 de enero de 1983...), nombres propios (EE. UU., U.S.A., Estados Unidos...), cantidades (1,000, 1.000, 1000...), entre otros muchos casos. Normalmente, tienen su origen en la creación de grandes conjuntos de datos a partir de la agregación de datos de diversas fuentes, cada una de ellas con sus propias especificaciones. Además, en estos casos también es habitual encontrarnos con registros duplicados, errores gramaticales, caracteres especiales incompatibles, espacios en blanco o, incluso, celdas que presentan más de un valor y que deseamos atomizar.

Huynh (2011), creador de OpenRefine, la define como una solución más potente que una hoja de cálculo; más interactiva y visual que un lenguaje de programación; y más provisional, exploratoria, experimental y entretenida que una base de datos.

OpenRefine se ejecuta en local, pero como una aplicación web que funciona sobre un navegador en un servidor local que se autodespliega al ejecutar la aplicación.

Entre sus principales funcionalidades encontramos:

- Limpieza de datos: eliminación de duplicados, detección y corrección de inconsistencias, formatos, errores ortográficos o tipográficos.
- Facetado: creación de facetas que permiten agrupar y, por tanto, también filtrar, los valores únicos de cada una de las columnas del conjunto de datos.
- Reconciliación de datos: reconciliación de los datos con fuentes externas¹⁰ que posibilita el enriquecimiento de los datos con información adicional, permite normalizar nombres de entidades, entre otros.
- Exportación de datos: exportación en múltiples formatos como CSV, XSLX, JSON o RDF.

De acuerdo con datos del mismo OpenRefine, los sectores que utilizan esta herramienta son múltiples y variados. Destacan las bibliotecas, el sector cultural y el del patrimonio y los proyectos relacionados con la web semántica y los datos enlazados abiertos. En un segundo nivel, pero

10 Algunos ejemplos podrían ser Wikidata (<https://www.wikidata.org>), la VIAF (Virtual International Authority File), o los vocabularios del Getty Institute (http://vocab.getty.edu/queries#OpenRefine_Reconciliation_Service).

muy cerca encontramos a los científicos de datos, los profesionales del área de las HD, investigadores en general, proyectos relacionados con Wikimedia y el periodismo de datos.

Los casos de uso más habituales son la lectura de ficheros en formatos JSON, CSV..., el enriquecimiento de datos mediante el uso de APIs externas, la consulta de un subconjunto de datos sobre un conjunto mayor, la conversión de formatos y creación de nuevos campos utilizando un lenguaje específico como GREL (General Refine Expression Language), o la exportación en formatos específicos para usos concretos.

Figura 20. Detalle de la interfaz para reconciliar datos con fuentes externas



Fuente: openrefine.org

Un ejemplo de uso representativo de esta tecnología lo encontramos en el proyecto BNElab de la Biblioteca Nacional de España (BNE). Este proyecto tiene como principal objetivo impulsar la reutilización de sus datos y contenidos digitales. En el marco de este proyecto, la BNE ha adaptado y enriquecido semánticamente los datos bibliográficos y de autoridades en formatos útiles para una mayor diversidad de públicos no necesariamente del sector bibliotecario. En este sentido, antes de compartir sus datos en formato RDF, procedieron a su limpieza y sistematización. De esta manera se unificaron valores inconsistentes (género, país de origen, profesión...) y se reconciliaron otros con datos procedentes de fuentes como Wikidata (Donadeo y Flores, 2019).

3.2. Metadatos

Los metadatos son una tecnología omnipresente en el marco de cualquier sistema de información (Franganillo, 2021), así como en la mayoría de las aplicaciones de software que utilizamos en nuestro día a día, tanto en el ámbito profesional, como en actividades vinculadas al ocio y el tiempo libre.

El término “metadato” se introduce por primera vez a finales de los años sesenta en el ámbito anglosajón, para referirse a aquellos datos que, en el contexto de un sistema informático, servían para describir o representar ciertas características de otros datos (Mayernik, 2020). Si bien es cierto que es en los años ochenta cuando se empieza a integrar en la literatura científica, especialmente en la vinculada al área de conocimiento de la biblioteconomía y la documentación, en los años noventa, un periodo de expansión de la Web y de diseño y desarrollo de las primeras bibliotecas digitales, su uso acaba de popularizarse. La aparición del conjunto de elementos de metadatos Dublin Core en 1995 supone un punto de inflexión y la integración definitiva de esta tecnología en el día a día de la práctica profesional vinculada a esta disciplina. Hoy, el término metadato se utiliza de forma generalizada tanto en el contexto de las instituciones bibliotecarias, como en otros muchos ámbitos científicos y profesionales, como un término paraguas vinculado a diversos tipos de prácticas relacionadas con la descripción, preservación o validación de activos de información digitales en todo tipo de industrias y sectores.

3.2.1. Definición y caracterización del concepto metadato

La definición más extendida del término metadato es la que recogen la inmensa mayoría de obras de referencia, que lo definen como “datos que proporcionan información sobre otros datos” (Merriam-Webster, s.f.) o, simplemente, “datos sobre datos”. No obstante, estas definiciones obvian ciertas características importantes vinculadas a esta forma de representación de los datos, así como tampoco aportan información sobre su propósito, aplicación o utilidad. En cambio, otras aproximaciones al concepto de metadato sí que subrayan la naturaleza de estos datos, así como antojan su utilidad o propósito. Así, Greenberg (2003, p. 1876), define los metadatos, como “datos estructurados sobre un objeto que posibilitan funciones asociadas al objeto designado” o, un par de años después, como “atributos de datos que describen, aportan contexto, indican la calidad, o documentan características de otro objeto o dato” (Greenberg, 2005, p. 20). Por su parte, Smiraglia (2005, p. 2) aborda la definición desde el punto de vista

de su utilidad en el contexto de la búsqueda y recuperación de información en un entorno digital. Así, para este autor los metadatos son “descripciones estructuradas de recursos de información, diseñadas para potenciar la recuperación de información”. Autores como Feagraus et al. (2005, p. 159) o Danko (2012, p. 360) se centran en los datos que describen los metadatos. Los primeros los definen como “aquella información que describe el quién, el qué, el dónde, el cuándo, el por qué y el cómo, sobre la recogida de un conjunto de datos ecológicos”, mientras que los segundos los entienden como “datos que describen la información de forma que pueda ser útil y tener valor, ser entendida y permitir la colaboración”. Finalmente, para Hodge (2001), los metadatos “son información estructurada que describe, explica, [ayuda a] localizar o facilita de otro modo la recuperación, el uso o la gestión de un recurso de información”.

Como podemos observar a partir de las definiciones anteriores, los metadatos son un concepto que se caracteriza por su fluidez, multiplicidad y fragmentación (Law, 2004). Es decir, se trata de un concepto asociado a prácticas y tecnologías muy diversas como podrían ser la catalogación de un recurso bibliográfico en una biblioteca digital, las etiquetas que un creador de contenido utiliza para describir uno de sus vídeos en YouTube, las anotaciones que un científico asocia a una celda en Excel, o los datos que la cámara de un teléfono móvil incrusta automáticamente en las fotografías que su propietario realiza. Además, forman parte de una enorme multitud de situaciones sociales y profesionales, en tanto que su uso no se limita a áreas de especialización como las de la biblioteconomía, la documentación o la ciencia de datos, por citar tan sólo un par de ejemplos representativos, sino que cualquier persona, en su día a día, los genera consciente o inconscientemente, y los utiliza en el marco de multitud de tareas cotidianas.

La mayoría de las definiciones reproducidas anteriormente, se refieren a los metadatos como datos estructurados. Como veremos en el apartado 3.2.4, a través de una recopilación de los conjuntos de elementos de metadatos más relevantes o de utilidad para el ámbito de las HD, los metadatos más populares se han formalizado en forma de estándares, los cuales se organizan en torno a conjuntos de elementos o propiedades (autor, título, dispositivo de captura...) que aportan la estructura necesaria a los datos para poder ser interpretados y procesados de manera automatizada por un sistema informático. Es decir, los conjuntos de elementos de metadatos aportan una serie de propiedades que, una vez informadas con sus correspondientes valores, sirven a propósitos diversos como la identificación o recuperación de esa información.

Una descripción con metadatos se formaliza a través de pares nombre=valor o propiedad=valor. Los esquemas de metadatos proporcionan

esos nombres o propiedades, mientras que los catalogadores (o el sistema de manera automatizada) se encargan de poblar los valores, en ocasiones a partir de reglas de contenido y sintaxis específicas, así como, en algunos casos, valores controlados.

Figura 21. Detalle de la interfaz de catalogación con Dublin Core de Omeka Classic

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, algunas de las definiciones también introducen el concepto de “contexto”. El contexto lo podemos entender como una serie de datos que aportan información sobre el lugar en que un fenómeno se constituye en un objeto (Talja, Keso y Pietilainen, 1999, p. 754). En este sentido, los metadatos aportan información necesaria para dotar de contexto a los datos o los recursos de información que manejamos en un proyecto de HD.

3.2.2. Dimensiones

Las normas o estándares de metadatos establecen especificaciones relativas a cinco dimensiones de los datos (Boughida, 2005):

- El modelo conceptual o semántico: en el que se apoya el modelo de metadatos, sus propiedades y su lógica subyacente.
- La estructura de los datos (*data structure*): categorías o contenedores de datos que forman un registro de metadatos. Es decir,

cómo se codifican los datos (MARC 21, Dublin Core, MODS, EAD...). Se definen sobre la base de dos componentes del modelo conceptual: atributos de los conceptos y relaciones asociativas entre conceptos. En la literatura se denominan de diferente manera: conjuntos de elementos de metadatos (*metadata element set*) o esquemas de metadatos (*metadata scheme*).

- El contenido de los datos (*data content*): directrices para el formato y la sintaxis de los valores de datos que se utilizan para poblar los elementos de datos. Pueden ser patrones o reglas definidos por una norma de estructura de datos, o por patrones o reglas externas definidos por un tercer estándar o estructura de datos (AACR2, ISBD, RDA, ISAD(G)...).
- Los valores de los datos (*data value*): representan a cada atributo o elemento del esquema de metadatos (listas de encabezamientos, tesauros, códigos estandarizados...). Son los términos, nombres y otros valores utilizados para poblar los elementos de datos.
- Los formatos de codificación e intercambio de datos (*data format*): el formato en que se almacenarán o distribuirán los datos (XML, JSON, CSV, TXT...). Son lenguajes procesables por máquina que presentan diferentes utilidades como el formateo de los datos, importación y exportación de datos o procesos relacionados con la interoperabilidad, entre otros.

3.2.3. Ubicación de los metadatos

Los metadatos vinculados a un objeto digital pueden estar incrustados en su interior o almacenarse por separado (Hodge, 2001). En este sentido, algunos formatos digitales como TIF, MP3 o JPG, por citar tan sólo algunos representativos, son compatibles con diversos estándares de metadatos como Exif o ID3 que se incrustan dentro del mismo código de los ficheros. Aunque este tipo de metadatos puede gestionarse y modificarse en cualquier momento del ciclo de vida de un fichero, lo más habitual es que recojan datos relacionados con su creación (dispositivo de captura y su configuración, características técnicas como la resolución o la profundidad de bits, entre otros muchos).

Si bien los metadatos incrustados en un fichero pueden eliminarse fácilmente, añadirlos de esta manera a un recurso digital garantiza que esa información se mantendrá disponible y viajará con el fichero, incluso una vez haya sido descargado por un usuario para su posterior reutilización. No obstante, no todos los formatos son compatibles con esta funcionalidad o

no lo son con los estándares de metadatos necesarios en algunos proyectos. Por otro lado, almacenar los metadatos al margen de los ficheros, relacionando ambas entidades a través de una base de datos, facilita su gestión, así como los procesos de búsqueda y recuperación de la información en el contexto de una colección digital. En menor medida, se prescinde de una base de datos y los metadatos se almacenan en los conocidos como ficheros sidecar (Franganillo, 2021), los cuales se enlazan a los recursos de información que describen, normalmente a través de vínculos hipertextuales mediados por un URI (Uniform Resource Identifier). Estos URIs sirven como identificadores unívocos de recursos en la red.

3.2.4. Tipos de metadatos

De acuerdo con la naturaleza de la información que permiten manejar, diversos autores han categorizado los metadatos bajo distintas categorías o tipos. En este sentido, en la literatura científica (Greenberg, 2001; 2005; Lawrence et al., 2009; Pomerantz, 2015; Gartner, 2016; Habermann, 2018) encontramos una gran diversidad en cuanto a clasificaciones, más o menos granulares, que son el resultado de la motivación de los diferentes trabajos y ámbitos profesionales que las han visto nacer. Así, podemos identificar en los textos anteriores los tipos siguientes: de acceso, administrativos, de archivo, de autenticación, de navegación, de caracterización, descriptivos, de descubrimiento, de búsqueda, de identificación, de enlazado, de preservación, de procedencia, de relaciones, de derechos, estructurales, técnicos, de comprensión y de uso. Estos tipos agrupan datos que se utilizan en tareas o acciones específicas en las que los metadatos intervienen directamente en el marco de un sistema de información.

No obstante, otras clasificaciones más habituales son la propuesta por Gilliland (2008), quien identifica cinco grandes tipos: administrativos, descriptivos, de preservación, de uso y técnicos; o la de Riley (2017): descriptivos, administrativos (dentro de los que agrupa a los técnicos, de preservación y de derechos) y estructurales, las cuales recogen todos los tipos anteriores bajo un número más reducido de categorías.

3.2.4.1. Metadatos descriptivos

Los metadatos descriptivos permiten identificar y describir recursos de información a través de ciertas propiedades como sus títulos, autores o resúmenes, así como las relaciones que se establecen entre unos recursos y otros (Gilliland, 2008). Esto facilita también la posterior recuperación y comprensión del recurso en cuestión (Riley, 2017). La inmensa mayoría de los conjuntos

de elementos de metadatos descriptivos existentes nacen de la necesidad de adaptar la práctica catalográfica o descriptiva de diferentes sectores como los de las bibliotecas, archivos o museos a las necesidades particulares de la Web.

Así, en el ámbito de las bibliotecas, a partir de normativas para la descripción bibliográfica como las *Reglas angloamericanas de catalogación* (AACR) o la *Descripción bibliográfica internacional normalizada* (ISBD) y de la experiencia en la automatización de este tipo de registros mediante el estándar MARC (MACHINE-Readable Cataloging), surgen conjuntos de elementos de metadatos pensados para representar estos datos en formatos interoperables y compatibles con la Web. Son ejemplos, los estándares MARCXML (2002), pensado para manejar datos en formato MARC en un entorno XML o MODS (Metadata Object Description Schema), también publicado en 2002 y actualizado por última vez en 2022 (versión 3.8), pensado también para manejar la mayor parte de los datos recogidos en un registro MARC bibliotecario, pero sin una correspondencia exacta tal y como existe en el caso de MARCXML. También surgido del interés por parte de diferentes asociaciones bibliotecarias norteamericanas en contar con un estándar descriptivo para facilitar la descripción de recursos en la Web, aparece en 1998 el conjunto de elementos de metadatos Dublin Core (DC) que, en la actualidad, es el más conocido e implementado de estos estándares, en todo tipo de sectores e industrias.

En el ámbito de los archivos, el conjunto de elementos de metadatos más popular es la Encoded Archival Description (EAD), un estándar pensado para codificar en XML instrumentos de descripción archivística, mantenido por el Technical Subcommittee for Encoded Archival Standards of the Society of American Archivists, en colaboración con la Library of Congress, publicado originalmente en el año 1998. El estándar EAD facilita la integración en la Web de instrumentos de descripción generados a partir de normas internacionales como la ISAD(G) (General International Standard Archival Description) o nacionales como las DACS (Describing Archives: A Content Standard) desarrolladas por la Society of American Archivists. EAD se utiliza juntamente con otros estándares como el EAC-CPF (Encoded Archival Context for Corporate Bodies, Persons, and Families) pensado para la descripción de registros de autoridad.

El sector de los museos también tiene una importante tradición en el desarrollo y uso de estándares de metadatos (Riley, 2017). Las tres iniciativas más relevantes en este campo es el CIDOC Conceptual Reference Model (CIDOC CRM), las Categories for the Description of Works of Art (CDWA) y el Visual Resources Association Core (VRA Core), desarrollados y mantenidos por el Consejo Internacional de Museos (1999), el Art Information Task Force (AITF) de la J. Paul Getty Trust (1995) y

la Library of Congress, juntamente con la Visual Resources Association (1996), respectivamente.

3.2.4.2. *Metadatos administrativos*

El concepto de metadatos administrativos se utiliza como un término paraguas que engloba todos aquellos datos relacionados o que se generan durante el proceso de creación de un recurso (Riley, 2017). Normalmente, bajo esta denominación se recogen los metadatos técnicos, de preservación y los relacionados con los derechos de propiedad intelectual. No obstante, por su papel específico en procesos vinculados con la preservación digital, estos aparecen frecuentemente en la literatura como una categoría independiente.

Los metadatos técnicos recogen, normalmente de manera automatizada, información sobre el formato y sus características técnicas, necesaria para su uso previsto (por ejemplo, la profundidad de bits o la resolución de una imagen).

Los metadatos relacionados con la propiedad intelectual o los derechos de autor almacenan información acerca de los responsables intelectuales del contenido del recurso, información sobre los derechos de autor asociados, una descripción o identificadores de la licencia de uso aplicable, entre otros.

Finalmente, los denominados metadatos de preservación son un tipo de metadato orientado a proporcionar datos que apoyan y documentan los procesos asociados a la preservación digital a nivel de objeto. En general, se trata de metadatos que aportan información sobre la integridad y validez de los ficheros digitales que forman el objeto, aunque también permiten registrar todos los eventos vinculados a estos a lo largo de su ciclo de vida (digitalización, ingesta, migración...).

En 2003, el Online Computer Library Center (OCLC) y el Research Libraries Group (RLG), comenzaron a desarrollar un conjunto de elementos de metadatos orientado a repositorios de preservación con el nombre de PREMIS (PREservation Metadata: Implementation Strategies). Este esquema define cinco tipos de entidades: entidades intelectuales, objetos, derechos, agentes y eventos. Por lo que respecta a los objetos, define tres tipos específicos: ficheros, secuencias de bits dentro de los ficheros y representaciones. Una representación es un conjunto de ficheros necesario para renderizar una entidad intelectual. Por ejemplo, una página web en formato HTML puede estar formada por otros muchos ficheros (hojas de estilo, imágenes JPG...). En este sentido, PREMIS reconoce la necesidad de registrar tanto los metadatos de todo el documento en su conjunto, como de cada uno de los elementos particulares que lo forman.

3.2.4.3. *Metadatos estructurales*

Los metadatos estructurales se utilizan para especificar las relaciones existentes entre los diferentes componentes de un objeto digital, así como las que se dan con otros objetos digitales (Zhang y Gourley, 2008). La finalidad de estos metadatos es la de facilitar la navegación y presentación de los objetos digitales respetando su secuencia original, capítulos, etc.

La estructura interna de un documento es imprescindible para poder representar, por ejemplo, en un visor, un documento multipágina, saltar directamente a uno de sus capítulos o identificar cuál es la primera página o imagen que debe aparecer.

METS (Metadata Encoding & Transmission Standard) es el estándar predominante en el ámbito de las instituciones culturales para resolver esta necesidad. METS es un esquema de metadatos estructurales para encapsular metadatos descriptivos, administrativos y estructurales expresado mediante XML. Se trata de un diccionario de datos extensible que permite que se puedan codificar los diversos tipos de metadatos encapsulados de acuerdo con otros conjuntos de elementos de metadatos basados en XML como DC, MARC XML o PREMIS, entre otros. Sus puntos fuertes son la sección de ficheros y la sección estructural. En estas secciones se define la estructura y ordenación de los objetos digitales formados por diversos ficheros (por ejemplo, un libro con n páginas). METS también permite expresar la relación entre diversas manifestaciones conservadas de una misma obra (la versión en formato TIF, JFIF, PDF, el OCR en txt, etc.), así como la función que desempeña cada una de ellas (versión de consulta, preservación, OCR para búsquedas...).

Un documento METS puede contener hasta siete secciones principales:

- Cabecera METS: contiene metadatos sobre el propio fichero METS como, por ejemplo, el nombre del documentalista que ha creado el fichero.
- Metadatos descriptivos (opcional): utilizada para incluir conjuntos de elementos de metadatos descriptivos (DC, EAD, MODS...) directamente o a través de un vínculo a un fichero externo.
- Metadatos administrativos (opcional): incluye metadatos técnicos, de propiedad intelectual y sobre la fuente y origen del material. Como en el caso de los metadatos descriptivos, es posible incluir estos metadatos directamente en el fichero o a través de un vínculo a un fichero externo.
- Archivo (opcional): contiene una lista de todos los ficheros que conforman el objeto digital. Estos ficheros se pueden agrupar por

categorías (ficheros máster, de consulta, miniaturas...). Como en los casos anteriores, se pueden listar directamente en el fichero o incluir una referencia a un documento externo.

- Mapa estructural (obligatoria): es la única sección obligatoria y contiene una estructura jerárquica y secuencial del objeto digital.
- Enlaces estructurales: diseñada para permitir registrar la existencia de hipervínculos entre elementos dentro de la sección Mapa estructural. Resulta útil cuando se describe un sitio web con METS y se desean describir las relaciones que se establecen entre sus páginas mediante hipervínculos.
- Comportamiento: se puede usar para vincular comportamientos ejecutables con los contenidos del documento METS. Cada comportamiento tiene una definición de interfaz y un “mecanismo” que identifica un módulo de código ejecutable que implementa y ejecuta el comportamiento definido de forma abstracta por la interfaz.

3.2.5. Conjuntos de elementos de metadatos

Si atendemos a un nivel más específico, y nos referimos a casos concretos de conjuntos de elementos de metadatos, lo que observamos es que, aunque cada uno puede adscribirse a alguna de las categorías mencionadas, la mayoría contempla propiedades de naturaleza diversa. Como se observa en la Tabla 2, DC es un claro ejemplo de esta naturaleza diversa.

Tabla 2. Elementos del esquema DC agrupados según la naturaleza de los datos que permiten representar

Contenido	Propiedad intelectual	Instanciación
title	creator	Identifier
description	contributor	Format
type	publisher	Language
source	rights	Date
subject		
coverage		
relation		

DC es por derecho propio el conjunto de elementos de metadatos más popular. DC se encuentra formado por quince elementos pensados para describir todo tipo de recursos de información. Promovido a partir de los resultados de una reunión organizada por organizaciones bibliotecarias y tecnológicas estadounidenses en 1995, su primera versión se publica en 1998 bajo el nombre de Dublin Core Metadata Element Set (DCMES), convirtiéndose en una recomendación europea a través del CWA 13874:2000 (CEN workshop agreement) y, posteriormente, en un estándar americano (ANSI/NISO Z39.85) y en una norma ISO cuya versión más actualizada data de 2019 (ISO 15836-2:2019). En la actualidad, el estándar se encuentra auspiciado por la DCMI (Dublin Core Metadata Initiative).

A partir de los quince elementos DC contemplados en sus primeras versiones (Tabla 3), el estándar se siguió desarrollando con la compatibilidad con la web semántica en mente. Para ello, DC se acomodó al modelo de datos RDF (Resource Description Framework), y se actualizó para ampliar su alcance fuera de los recursos electrónicos, sirviendo también para describir cualquier otro tipo de objeto físico o conceptual.

Tabla 3. Elementos Dublin Core y uso previsto

Elemento	Descripción
identifier (identificador)	Una referencia inequívoca al recurso en un contexto determinado.
title (título)	Nombre del recurso.
creator (autor)	Persona u organismo responsable de la creación del contenido del recurso.
contributor (contribuidor)	Persona u organismo responsable de realizar alguna contribución al contenido del recurso.
publisher (editor)	Entidad responsable de la publicación del recurso.
subject (materia)	Tema del contenido del recurso.
description (descripción)	Información sobre el contenido del recurso.
coverage (cobertura)	Alcance o ámbito del contenido del recurso (geográfico, temporal o jurisdiccional).
format (formato)	Manifestación física o digital del recurso.
type (tipo)	Naturaleza o género del recurso.
date (fecha)	Fecha o periodo temporal asociada a cualquier tipo de suceso en el ciclo de vida del recurso.

(continúa)

(continuación)

Elemento	Descripción
relation (relación)	Referencia a un recurso relacionado con el recurso descrito.
source (fuente)	Referencia a un recurso del que deriva el recurso actual.
rights (derechos)	Información sobre los derechos asociados al recurso.
language (idioma)	Idioma del contenido del recurso.

El resultado fue la aparición, en 2001, de un nuevo espacio de nombres que aportaba nuevos elementos, clases, tipos de datos y esquemas de codificación. DDCMI metadata terms (abreviado como Dublin Core Terms o DC Terms) aporta cuarenta y un nuevos elementos que funcionan, en su gran mayoría, como calificadores o subpropiedades, que permiten describir con mayor detalle las características de un recurso de información.

3.2.6. Cómo se crean los metadatos

En el mismo momento en que se crea un fichero, de la forma que sea y sea cual sea su formato, se vinculan a éste, de manera automática y completamente transparente para su creador, metadatos que recogen datos de diversa naturaleza relacionados con el proceso de creación, el dispositivo de captura, o el entorno del usuario, entre otros. La descripción con metadatos no se limita exclusivamente a los datos que el software que utilizamos para generar contenido vincula automáticamente a los ficheros, sino que, especialmente en el ámbito que nos ocupa en este libro, son los responsables de cada proyecto los que aportan información relevante sobre cada recurso para su posterior uso. El origen lo encontramos en las distintas tradiciones del sector del patrimonio cultural, en las que los metadatos descriptivos –podríamos remontarnos a las fichas de un catálogo manual– se han generado desde hace décadas para facilitar el acceso de los usuarios a los fondos y colecciones. En este sentido, propiedades como el título, el autor, el pie de imprenta, el resumen o la fecha de publicación, siempre se han transcrito manualmente tras examinar el recurso. Posteriormente, las instituciones empezaron a compartir registros de obras a través de protocolos de intercambio de datos como el Z39.50.

Figura 23. Metadatos Exif incrustados en una imagen

```

File Type           : TIFF
File Type Extension : tiff
MIME Type           : image/tiff
Exif Byte Order     : little-endian (Intel, II)
Image Width         : 4864
Image Height        : 4864
Bits Per Sample     : 16
Compression         : 0 (uncompressed)
Photometric Interpretation : BlackIsZero
Image Description   : F54/8d1208e/8d121400/8d121478a.tiff
Make                : Leaf
Camera Model Name   : Leaf Aqua-12 (11381589) / Schneider Lens Control
Strip Offsets       : (Binary data 4264 bytes, use -b option to extract)
Orientation         : Horizontal (normal)
Samples Per Pixel   : 1
Rows Per Strip      : 1
Strip Byte Counts   : (Binary data 24444 bytes, use -b option to extract)
X-Resolution        : 1500
Y-Resolution        : 1500
Plane Configuration : Chunky
Resolution Unit     : inches
Software            : Capture One 6 | Adobe Photoshop CS4
Modify Date         : 2011:07:13 08:50:05
Artist              : Library of Congress: #BF
Host Computer       : Windows XP Service Pack 3 32-bit - LOC-QCJ

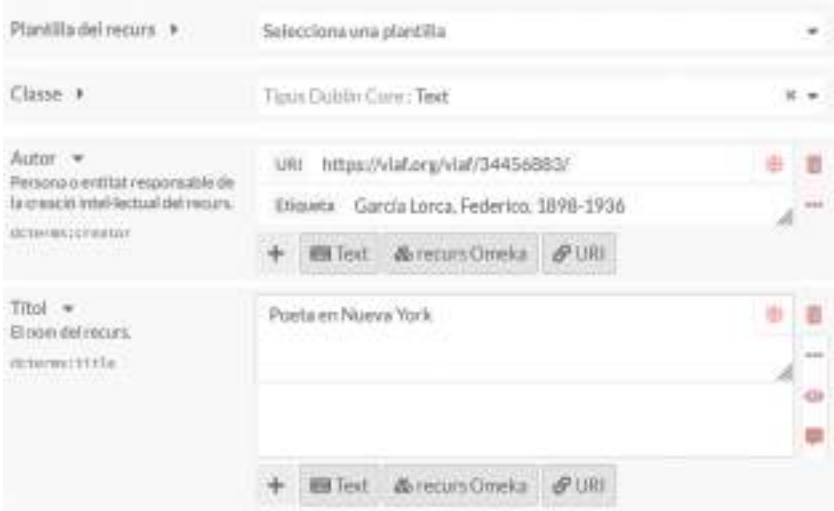
```

Nota: disponible en la colección digital de la Library of Congress vistos a través del software ExifTool. Fuente: elaboración propia.

Aunque los formatos de importación y exportación de metadatos acostumbra a ser estándares como XML, RDF o JSON-LD, raramente los profesionales vinculados a los proyectos de HD los generan directamente en este tipo de ficheros. Como hemos visto en apartados anteriores, esa información se almacena en una base de datos, la cual se alimenta a través de interfaces específicas para la entrada de metadatos disponibles en los diferentes sistemas de gestión de colecciones digitales. Unas interfaces cada vez más sofisticadas y que contemplan las particularidades específicas de los diferentes estándares (instanciación, control de autoridades, representación de URIs y literales...). Además, algunos también dan soporte a procesos de extracción de metadatos incrustados, que pueden trasladarse de manera automatizada a propiedades de otros estándares compatibles con el sistema.

Para proyectos de investigación más pequeños, pero en los que es preciso manejar una importante cantidad de documentos digitalizados, que deben ser descritos con metadatos, añadir anotaciones y, en algunos casos, posteriormente exportarse para su uso en otras aplicaciones, también existen alternativas como Tropy, un software pensado para usuarios con pocos conocimientos técnicos, pero con una importante profundidad por lo que respecta a su capacidad para definir el modelo de datos descriptivo y organizar colecciones de documentos.

Figura 25. Plantilla de catalogación del sistema de gestión de colecciones digitales Omeka S



Nota: en esta plantilla es posible observar cómo en una misma propiedad (*creator*) es posible almacenar un valor literal (nombre) y un URI (identificador de la Virtual International Authority File). Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Interfaz del software Tropy



Fuente: tropy.org

3.2.7. Aplicación práctica de los metadatos

Como hemos venido explicando en apartados anteriores, los conjuntos de elementos de metadatos se integran en una importante cantidad de procesos de gestión y funcionalidades pensadas para los usuarios a los que se dirige un sistema de información. A continuación, se detallan todos estos escenarios a partir de diversos ejemplos representativos.

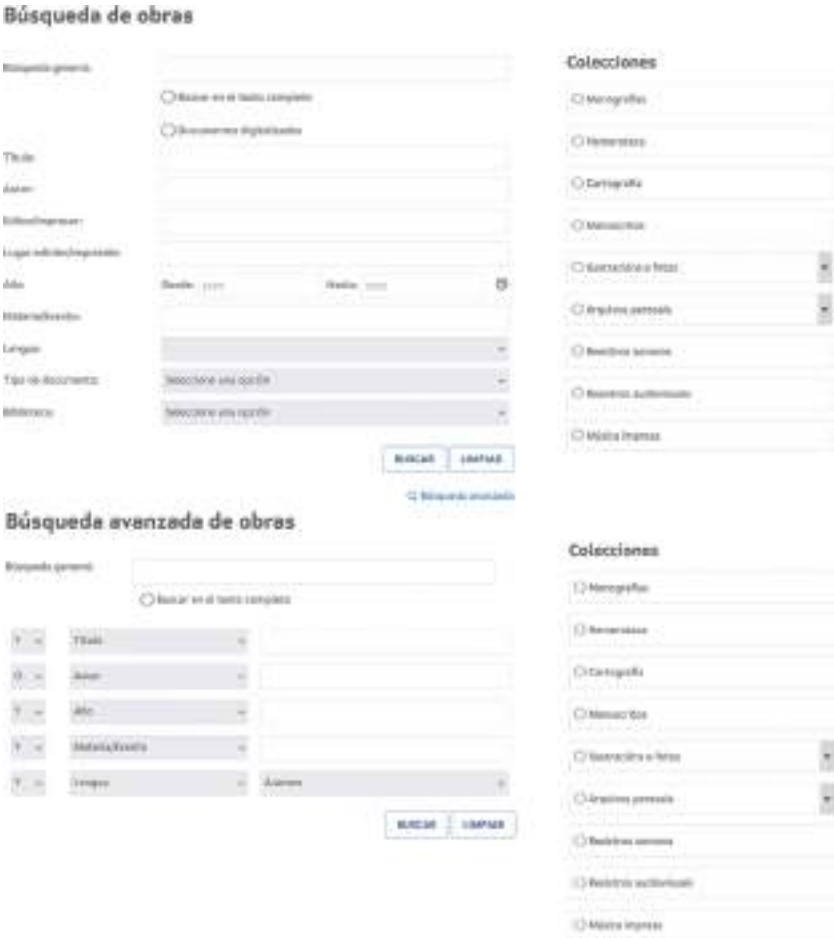
3.2.7.1. Búsqueda y recuperación de la información

Como hemos visto en apartados anteriores, los valores de los metadatos informan acerca de las propiedades más relevantes de los recursos de información disponibles en una colección digital. En el marco de un sistema de recuperación de la información, son precisamente esas propiedades a partir de las cuales se configura el sistema de búsqueda. Algunas colecciones digitales optan por ofrecer sistemas de búsqueda simples, similares a buscadores generalistas como Google o Bing, en los que los usuarios introducen una serie de términos esperando que el sistema les devuelva resultados relevantes. Por detrás, el sistema de búsqueda se configura determinando, entre otras muchas cuestiones, cuáles son las propiedades sobre las que se realizará la consulta. Es decir, en qué campos de los registros se buscarán los términos utilizados por los usuarios al expresar sus búsquedas. Realizar una búsqueda sobre todas las propiedades de un esquema de metadatos, puede resultar en una importante cantidad de resultados no relevantes (ruido documental), mientras que si, por el contrario, se omiten del proceso algunas propiedades de interés, los resultados pueden dejar de mostrar recursos relevantes (silencio documental). Es por esta razón que, al configurar un sistema de búsqueda simple, es necesario determinar sobre qué propiedades disponibles el sistema mapeará la consulta. En algunos casos, bastará con las propiedades autor, título, materias y resumen, mientras que, en otros casos, quizá sea necesario trabajar con propiedades adicionales.

El caso de la búsqueda avanzada es similar, sólo que, en esta ocasión, lo que deberemos determinar es la lista de propiedades que permitiremos combinar a los usuarios mediante sistemas de búsqueda procedurales (requieren el conocimiento de la sintaxis y la lógica booleana) o no procedurales (asistidos mediante combinaciones de campos).

Otra funcionalidad posible gracias a los metadatos relacionada con los sistemas de búsqueda son las opciones de filtrado de resultados a partir de métodos de clusterización y el uso de facetas. La clusterización permite agrupar objetos digitales de acuerdo con ciertas características comunes.

Figura 27. La búsqueda avanzada de Galiciana



Nota: la Biblioteca Digital de Galicia es un buen ejemplo de sistema no procedural que facilita generar consultas complejas mediante un asistente. Fuente: biblioteca.galiciana.gal.

En el contexto de un sistema de búsqueda, se utiliza para organizar los resultados en grupos que comparten valores comunes en alguna de sus propiedades. Las facetas son las propiedades o atributos que es posible utilizar para filtrar los resultados iniciales. Generalmente, se muestran en un lateral de la página de resultados (izquierda o derecha) y facilitan a los usuarios refinar sus consultas, así como explorar y entender mejor los datos disponibles en el sistema.

Figura 28. Resultados de búsqueda de la Digital Public Library of America

The image shows a search results page from the Digital Public Library of America. On the left, there is a sidebar titled "Refine your search" with several filter categories:

- How Can I Use It?**
 - Unspecified Rights Status: 1,072,187
 - Unlimited in Use: 240,020
 - Re-use: No Restrictions: 22,284
 - Re-use With Conditions: 43,677
 - Restriction or Fair Use: 3,084
- Type**
 - text: 981,527
 - image: 707,520
 - physical object: 6,094
 - sound: 3,476
 - moving image: 572
 - interactive resource: 1
- Subject**
- Date**
 - Between Year: 1982
 - and Year: 1990

On the right, there are search results for three items:

- Electric lofts** by **DAVID M.H.** with a thumbnail image of a building. Link: [View Full Item](#) in University of Michigan Libraries.
- Préface générale** by **mathias J. HANCOX** (Angloperse) with a thumbnail image of a document. Link: [View Full Item](#) in University of Michigan Libraries.
- Fugate Sound Newel Yard Houses** with a thumbnail image of a landscape. Link: [View Full Item](#) in University of Michigan Libraries.

Nota: en la página de resultados de búsqueda de la Digital Public Library of America es posible filtrar los resultados obtenidos tras una primera búsqueda a partir de facetas generadas con las propiedades y valores asociados a los recursos del sistema. En la imagen se observan propiedades del esquema de metadatos Dublin Core: rights, type, subject y date. Fuente: dp.la.

La recuperación de la información no sólo se vale de los sistemas de búsqueda para permitir a los usuarios encontrar aquellos documentos de su interés. En el contexto de muchos proyectos, los sistemas de navegación también se construyen a partir de la información disponible en los metadatos. Concretamente, los índices de autores, materias, lugares, entre otros, se pueden generar de manera automatizada mostrando listas de valores asociados a una propiedad específica del esquema de metadatos.

Figura 29. Índices onomásticos, geográficos y de materias de la *International Encyclopedia of the First World War*



Nota: los índices se generan a partir de los valores de los metadatos correspondientes.
Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net.

Una vez los usuarios acceden a un registro concreto, además de poder acceder al texto completo de ese recurso o consultar o descargar las imágenes relacionadas, también pueden acceder a toda la información almacenada a nivel de metadatos sobre ese objeto en cuestión. Además, en aquellos casos en los que los valores de una propiedad estén controlados, también es posible generar relaciones con otros recursos de información disponibles en la misma colección. Por ejemplo, pulsar sobre el nombre de un autor para recuperar todos los recursos creados por esa misma persona, o incluso generar listas de recursos relacionados de acuerdo con otros criterios que se consideren relevantes (materias, periodos históricos...).

3.2.7.2. Identificación digital

La inmensa mayoría de los conjuntos de elementos de metadatos ofrecen una o varias propiedades orientadas a la identificación del objeto digital o recurso al que hacen referencia. Algunos ejemplos son las propiedades *identifier* de Dublin Core, MODS o PB Core. Los valores asociados a estas

tradicional arquitectura cliente-servidor en la que un servicio que busca recolectar metadatos (cliente) solicita información a un proveedor de datos (servidor). Las peticiones se expresan de acuerdo con el protocolo de transferencia de hipertexto HTTP y las respuestas se formalizan a través de documentos XML en los que están codificados los metadatos de los registros que se busca recolectar.

Si bien OAI-PMH es compatible con el intercambio de metadatos expresados mediante diferentes estándares, lo más habitual es utilizarlo para intercambiar metadatos DC.

Aunque el objetivo, como comentamos, es siempre procurar perder la menor cantidad posible de información, en ocasiones los conjuntos de elementos de metadatos utilizados por dos instituciones pueden presentar diferentes grados de expresividad, algo que, aunque no necesariamente implica pérdida de datos, sí que implica una simplificación en su representación.

Un claro ejemplo lo encontramos cuando se busca representar datos en DC que proceden de registros MARC. Tanto MARC como su versión en XML se caracterizan por su alta expresividad y granularidad. Es decir, sus propiedades —en este caso, etiquetas— y los valores que se representan en ellas, se codifican diferenciando subelementos. Por ejemplo, la parte de un título que se corresponde con el subtítulo, o la parte del nombre de un autor que funciona como calificador indicando su fecha de nacimiento y muerte. Si ahondamos en el ejemplo de los títulos, en MARC disponemos de hasta ocho etiquetas para representar las diferentes variantes del título de una obra. En cambio, en la versión estándar de DC, sólo disponemos de un elemento: *title*.

Figura 31. Fragmento de un registro disponible en la Biblioteca Virtual de Patrimonio Bibliográfico del Ministerio de Cultura

```

<datafield tag="245" ind1="1" ind2="3">
  <subfield code="a">El 27 de marzo de 1881</subfield>
  <subfield code="b">
    : crónica de la manifestación provincial contra la reforma del trazado del ferrocarril
  </subfield>
  <subfield code="c">por César Argüelles y Piedra</subfield>
</datafield>

<dc:title xml:lang="es">
  El 27 de marzo de 1881 : crónica de la manifestación provincial contra la reforma del trazado del ferrocarril
</dc:title>

```

Nota: en este fragmento es posible ver un ejemplo del mayor nivel de granularidad en los datos ofrecido por el estándar MARCXML, frente a DC. Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Tabla de equivalencias entre los campos MARC y los elementos DC disponibles para consignar los títulos de una obra. Como se puede observar, el nivel de expresividad del formato MARC es muy superior

Campo MARC	Elemento Dublin Core
210 - Título abreviado	<i>Title</i>
222 - Título clave	<i>Title</i>
240 - Título uniforme	<i>Title</i>
242 - Traducción del título	<i>Title</i>
243 - Título uniforme colectivo	<i>Title</i>
245 - Mención de título	<i>Title</i>
246 - Forma variante del título	<i>Title</i>
247 - Título anterior	<i>Title</i>

3.2.7.4. *Preservación digital*

Finalmente, los datos almacenados en los metadatos también pueden servir para dar soporte a procesos relacionados con la preservación digital. La preservación digital es el conjunto de procesos destinados a garantizar la continuidad de los objetos digitales (que sean accesibles y utilizables) durante el tiempo que se considere necesario (Keefer y Gallart, 2007). Al hablar de “conservación a largo plazo”, no nos referimos a un periodo de tiempo específico, sino a un lapso suficiente durante el cual podamos acceder a la información que contiene los ficheros y que nos permita adaptar el formato (migrar, emular, etc.) en el momento en que aparezca otro que lo sustituya o mejore.

Con el objetivo de sentar unas bases metodológicas comunes y estandarizadas, la comunidad de profesionales dedicada a la preservación digital ha llegado a un consenso en la configuración de un esquema teórico que define y enmarca las principales funciones a las que ha de dar respuesta un sistema global para la gestión de la preservación digital (Termens y Ribera, 2009). El esquema de referencia es OAIS (Reference Model for an Open Archival Information System), desarrollado por la NASA y publicado en enero de 2002 como estándar CCSDS 650.0-B-1 y aprobado el año siguiente como norma ISO 14721:2003, revisada en 2012 (ISO 14721:2012).

El modelo OAIS se ha integrado en sistemas informáticos orientados al diseño de sistemas de gestión de preservación digital. En el marco de estos sistemas, contamos con conjuntos de elementos de metadatos que dan soporte a los procesos necesarios para asegurar la preservación de los objetos digitales que en ellos se almacenan. El más popular de estos

estándares, como hemos comentado en capítulos anteriores, es PREMIS, pensado para documentar el entorno tecnológico de un objeto digital, su procedencia, autenticidad, los derechos de propiedad intelectual vinculados, así como la trazabilidad de todos los eventos relacionados con ese objeto (incorporación o ingesta en el sistema, actualización o migración a otros formatos, quienes son los agentes, usuarios o programas informáticos que han intervenido sobre ellos...), entre otros.

3.3. La Web semántica

Berners-Lee y Miller (2002) definieron la web semántica como “una extensión de la actual Web en la cual a la información disponible se le otorga un significado definido que permita a los ordenadores y a las personas trabajar cooperativamente. Se basa en la idea de proporcionar en la Web datos definidos y enlazados, permitiendo que aplicaciones heterogéneas localicen, integren, razonen y reutilicen la información presente en la Web”.

Es importante destacar que la web semántica no es una versión distinta de la Web que conocemos, sino que consiste en la implementación de una serie de tecnologías que materializan los planteamientos y objetivos anteriormente descritos.

La web semántica se sustenta en una serie de tecnologías y estándares que facilitan la integración de la información necesaria para que el significado (semántica) de los datos que se comparten entre aplicaciones esté bien definido y contextualizado. Las bases que sustentan la lógica de la web semántica son: el uso de metadatos para la descripción de recursos de información; el uso de vocabularios expresados en formato RDF u ontologías para la descripción de las relaciones entre los recursos; la integración de datos de diversas fuentes; y la capacidad para inferir nuevo conocimiento a partir de las relaciones que se establecen entre los recursos descritos (Pástor, 2012).

En el contexto general de la Web, se utilizan los URL para la localización y acceso a recursos de información, el protocolo HTTP para establecer la comunicación entre cliente y servidor, y HTML como estándar para la codificación de los documentos. La web semántica amplía estas tecnologías incorporando identificadores uniformes sin ambigüedad (URI o Uniform Resource Identifier)¹¹ y sustituyendo HTML por XML como lenguaje de marcas para el almacenamiento de los datos.

Para conseguir alcanzar el grado de interoperabilidad necesaria y salvar las limitaciones del modelo jerárquico de organizaciones de datos planteado por XML, se desarrolló RDF (Resource Description Framework), un modelo de datos capaz de identificar recursos y describir sus propiedades y relaciones mediante tripletas de tipo sujeto-predicado-objeto.

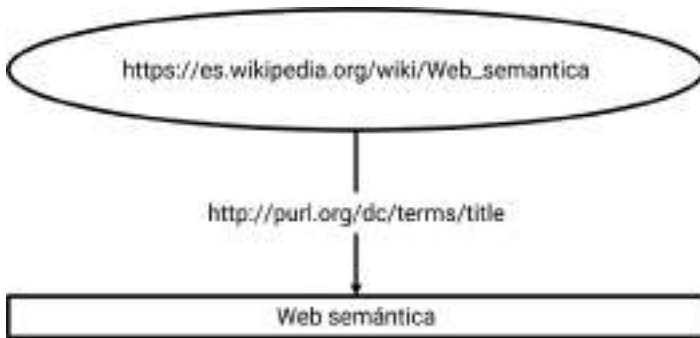
Las tripletas, ternas o sentencias son la estructura básica de datos de la web semántica y de RDF. Tal y como su nombre indica, cada triplete

11 La variante internacional de los URI son los IRI (Internationalized Resource Identifier), capaces de representar caracteres especiales en los identificadores.

consta de tres partes o entidades: sujeto, predicado y objeto, que se codifican en una declaración semántica que expresa la relación inherente entre ellas con el objetivo de que sean fácilmente procesables por una máquina.

El sujeto y el predicado siempre se refieren a recursos específicos, mientras que el objeto puede ser un recurso o un valor literal expresado mediante una cadena de caracteres. En el ejemplo de la Figura 32, el sujeto es la entrada de Wikipedia sobre la Web semántica, identificada mediante su URI. El predicado que podríamos leer como “tiene como título” se refiere al elemento *title* del conjunto de elementos de metadatos Dublin Core, identificado también mediante su propio URI. Finalmente, el valor de la propiedad es el literal “Web semántica”.

Figura 32. Representación gráfica de una tripleta RDF



Fuente: elaboración propia

Serializada en RDF/XML se expresaría tal y como se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Representación de una tripleta en formato RDF/XML

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
4   xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"
5   <rdf:Description rdf:about="https://es.wikipedia.org/wiki/Web_semantica">
6     <dcterms:title>Web semántica</dcterms:title>
7 </rdf:Description>
8 </rdf:RDF>
```

Fuente: elaboración propia

Dos de los pilares fundamentales de la web semántica en los que profundizaremos a continuación son las ontologías y las anotaciones.

3.3.1. Ontologías

Una ontología es una especificación formal (legible por ordenador) y explícita (basada en restricciones) de una conceptualización (modelo abstracto) compartida (captura conocimiento compartido) (Studer et al., 1998). Son vocabularios con información sobre las categorías y conceptos que conforman un ámbito temático, las propiedades que presentan y las relaciones que se establecen entre ellos.

Su objetivo es describir tipos de entidades (conceptualizaciones compartidas de un dominio) y la forma en que se relacionan entre sí. En el marco de la web semántica, las ontologías se representan mediante lenguajes como RDFS (Resource Description Framework Schema) u OWL (Web Ontology Language).

También podemos definir una ontología a partir de los elementos fundamentales que permiten formalizarla: clases, atributos, relaciones, funciones, instancias y axiomas. Una clase o concepto es una idea que se puede formalizar y que representa un conjunto de entidades que comparten características comunes. En el contexto de una ontología, las clases se suelen organizar en taxonomías (clasificaciones). Los atributos son propiedades o características que permiten describir un concepto. Cada atributo puede presentar un valor diferente. Las relaciones son una forma de definir como dos o más conceptos interactúan entre sí. Por ejemplo, entre los conceptos “mamíferos” y “mamíferos placentarios” se da una relación de tipo “subclase de”. Las funciones son relaciones funcionales en las que se identifica un valor a partir del cálculo de una función que toma en consideración varios elementos de la ontología. Las instancias permiten representar entidades, ocurrencias o individuos concretos de un concepto. Finalmente, los axiomas son declaraciones que definen verdades fundamentales (siempre se resuelven como verdaderas) en el marco de la ontología, estableciendo reglas y restricciones que aplican a las relaciones entre entidades. Por ejemplo, “todos los documentos tienen un título”. Estos axiomas son fundamentales para poder inferir conocimiento no explícito en la ontología.

OWL como modelo para la representación de ontologías permite definir clases, subclases, propiedades y subpropiedades y complementa a RDF al permitir expresar relaciones semánticas más complejas.

Figura 34. Fragmento de la representación de la ontología FOAF (una clase y dos propiedades) con OWL

```

1 <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Class"/>
2 <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
3 <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
4 <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Property"/>
5 <owl:Class rdf:about="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
6 <rdf:comment rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
7 <owl:Class>
8 <owl:Class rdf:about="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person">
9 <rdf:type owl:Class rdf:base="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
10 <rdf:comment xml:lang="en">"A person."/>
11 <owl:Class>
12 <owl:ObjectProperty rdf:about="http://xmlns.com/foaf/0.1/knows">
13 <rdf:type owl:ObjectProperty rdf:base="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
14 <rdf:range rdf:resource="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
15 <rdf:type owl:Property rdf:base="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
16 <rdf:comment xml:lang="en">"Indicates a person known by this person
17 (<indicating some level of reciprocated interaction between the parties..."/>
18 <owl:ObjectProperty>
19 <owl:ObjectProperty rdf:about="http://xmlns.com/foaf/0.1/interest">
20 <rdf:type owl:ObjectProperty rdf:base="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
21 <rdf:range rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing"/>
22 <rdf:type owl:Property rdf:base="http://xmlns.com/foaf/0.1/Person"/>
23 <rdf:comment xml:lang="en">"A topic of interest to this person."/>
24 <owl:ObjectProperty>
25 </rdf:RDF>

```

Fuente: elaboración propia

A lo largo de los años, se han ido desarrollando numerosas ontologías para la representación del conocimiento en dominios específicos. Por ejemplo, BIBO (Bibliographic Ontology) es una ontología desarrollada en 2008 pensada para describir entidades como documentos y citas bibliográficas. Su integración en un sitio web, permite relacionar autores y obras o entidades como una revista con sus volúmenes y páginas.

Por ejemplo, *Chronicle America*, la hemeroteca digital patrimonial de la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos, combina el uso de metadatos DC con la ontología BIBO para describir y facilitar la relación entre números, secciones, secuencias, páginas... de los diarios digitalizados. Gracias a la incorporación de estas tecnologías, en su sitio web pueden mostrar vistas alternativas que van desde una simple lista de cabeceras digitalizadas disponibles, hasta la enumeración exhaustiva de todas las páginas que componen cada uno de los números de un diario, así como los diferentes ficheros asociados a cada página (imagen, texto...).

Otra ontología popular es FOAF (Friend of a Friend), diseñada para describir personas y sus relaciones sociales en la web semántica. A partir de ella es posible representar información de cada individuo como sus nombres, direcciones, correo electrónico o intereses, entre otras cuestiones. El uso de FOAF garantiza que todos estos datos puedan almacenarse de manera estructurada y estándar, permitiendo con ello el intercambio e integración de datos entre aplicaciones.

3.3.2. Anotaciones y datos enlazados

Por su parte, el concepto de anotación se refiere a la práctica de agregar metainformación a los recursos web para mejorar la semántica de su contenido. Las anotaciones se utilizan para enriquecer los recursos web con información semántica, facilitando esta práctica la búsqueda, descubrimiento e integración de datos en la Web a partir del contexto adicional que aportan.

Las anotaciones se integran en un sitio web mediante el uso de microformatos, RDFa (Resource Description Framework in attributes), vocabularios como Schema.org que también pueden representarse en formato JSON-LD (JavaScript Object Notation for Linked Data), así como mediante enlaces a ontologías y recursos externos que proporcionan información adicional sobre el contenido de una página web.

En el marco de la web semántica, el concepto datos enlazados (*linked data*) se refiere a un método de publicación de datos estructurados legibles por máquina e interconectados mediante URIs (Uniform Resource Identifier). Concretamente, los datos enlazados se basan en cuatro principios fundamentales (Berners-Lee, 2006):

- El uso de URIs para identificar de manera unívoca y persistente un recurso en la Web.
- El uso del protocolo HTTP para facilitar el acceso a los recursos enlazados.
- La incorporación de información útil sobre lo que cada URI identifica mediante estándares como RDF.
- La adición de referencias adicionales, también en forma de URIs, para fomentar y potenciar el descubrimiento de nuevos recursos.

Linked Open Data (LOD o datos abiertos enlazados) se enfoca específicamente en la publicación de datos abiertos, fomentando su uso a través de licencias abiertas, así como facilitando el acceso a estos conjuntos de datos evitando cualquier tipo de restricción o barrera en el acceso, así como asegurando su transparencia y reutilización.

Por su parte, SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) es un lenguaje de consulta sobre RDF que permite realizar búsquedas sobre los recursos de la web semántica a partir de diferentes fuentes de datos. Abordaremos esta tecnología en el capítulo 5, dedicado a las bases de datos.

3.3.3. Vocabularios

Actualmente, existe una importante cantidad de ontologías pensadas para diferentes propósitos, más o menos estandarizadas, cuyo origen lo encontramos en distintos sectores. En los próximos apartados se analizan con más detalle algunas de ellas.

3.3.3.1. Schema.org

Schema.org proporciona una ontología de dominio ampliamente utilizada en diversos sectores para describir y estructurar datos en la Web de manera que los buscadores de Internet sean capaces de procesar y comprender de manera más eficiente el contenido de las páginas web (Sulé, 2015).

Se trata de una iniciativa surgida de la colaboración entre los principales motores de búsqueda de Internet (Google, Bing, Yahoo! y Yandex) que tiene como objetivo el desarrollo de una serie de esquemas para el marcado de datos en páginas web de todo tipo. Este marcado permite ampliar las capacidades semánticas del estándar HTML5, pudiendo especificar de manera mucho más concreta la naturaleza o función de cada una de las etiquetas que se utilizan para marcar el contenido.

Schema.org organiza sus esquemas en una jerarquía de clases o tipos que va de lo más genérico (*Thing* o cosa) hasta entidades más complejas que permiten describir a personas, organizaciones, lugares, artículos, fotografías, películas, manuscritos, eventos, entre otros muchos.

Cada entidad cuenta con una serie de propiedades que la definen y mediante las cuales es posible describirla. Estas propiedades pueden ser específicas para ese tipo o compartidas con otros. Además, cada tipo hereda las propiedades de sus ancestros en la jerarquía. Así, el tipo *Painting*, además de contar con sus propias propiedades, hereda también las de *CreativeWork* y las de *Thing*.

Para cada propiedad, la documentación de Schema.org especifica qué tipo de dato se requiere. Entre los tipos de datos más comunes encontramos:

- *Text*: un literal de texto.
- *Integer*: un número entero.
- *Float*: un número decimal.
- *Boolean*: un valor verdadero / falso.
- *Date*: una fecha.
- *DateTime*: una combinación de fecha y hora.

- *URL*: una dirección a una página en Internet.
- Un objeto completo correspondiente a otro tipo. Por ejemplo, la propiedad *creator* puede instanciarse con un objeto *Organization* o *Person*.

En los primeros años del estándar se popularizó su uso implementándose en forma de microdatos. Los microdatos son una especificación dentro del estándar HTML que permite anidar metadatos en el código fuente a través de atributos específicos. Concretamente, Schema.org define tres atributos necesarios:

- *itemscope*: especifica que un elemento HTML contiene información de una entidad en particular.
- *itemtype*: especifica el tipo de ítem o entidad que se describe en ese fragmento de código.
- *itemprop*: se utiliza para etiquetar las propiedades del tipo que representan a los valores disponibles en el fragmento de código.

En la Figura 35 se muestra un ejemplo de Schema.org implementado con microdatos para describir un registro del catálogo del MACBA.

Figura 35. Ejemplo de uso de microdatos con la ontología Schema.org

```

1 <div itemscope itemtype="https://schema.org/Photograph">
2   
4   <p Artista: <span itemprop="creator" itemtype="https://schema.org/Person">
5     <span itemprop="name"> Esclusa, Muel</span></div>
6   <p Fecha de creación: <span itemprop="dateCreated">1976</span></p>
7   <p Tècnica: <span itemprop="material">Fotografia a las sales de plata</span></p>
8   <p Dimensiones: <span itemprop="size">Medidas diverses</span></p>
9   <p Número de registre: <span itemprop="id">4676</span></p>
10  <p Copyright: <span itemprop="copyright">© Muel Esclusa</span></p>
11 </div>
12

```

Fuente: elaboración propia

En la actualidad, el uso de microdatos, por la dificultad e inversión de tiempo que implica su marcado, no está tan extendido como la aplicación mediante el formato de codificación JSON-LD. Integrar Schema.org con JSON-LD resulta mucho más simple, puesto que no es necesario etiquetar cada una de las propiedades directamente en el código fuente, sino que basta con incluir un fragmento con todas ellas en la cabecera del documento. Estos fragmentos son mucho más fáciles de integrar de manera

automatizada mediante sistemas de gestión de contenidos. Por otro lado, al separar el marcado del código visible en la página, es posible incorporar datos que quizá interesa proveer a los buscadores u otras aplicaciones, pero no mostrar en la página.

Figura 36. Marcado JSON-LD

```

1 <script type="application/ld+json">
2   {
3     "@context": "https://schema.org/",
4     "@type": "Image",
5     "name": "Nieman-ue otros 3 [septiembre]",
6     "image": "https://img.sachs.com/psd/uc/styles/obra_Ficha/politic/imagenes/obra/4436_800_1.jpg",
7     "creator": {
8       "@type": "Person",
9       "name": "Enclina, Marcel",
10      "isoko": "http://viaf.org/viaf/22021889",
11    },
12    "dateCreated": "1970",
13    "material": "Fotografía a las sales de plata",
14    "dimensiones": "Medidas diversas",
15    "Número de registro": "9670",
16    "copyrightNotice": "© Marcel Enclina"
17  }
18 </script>

```

Fuente: elaboración propia

Schema.org se ha implementado en multitud de sitios web fundamentalmente con tres objetivos en mente: facilitar la comprensión del contenido por parte de los motores de búsqueda de Internet; mejorar la presencia y visibilidad de las páginas de un sitio web en las páginas de resultados de los buscadores, especialmente, Google; y mejorar la compatibilidad con asistentes de voz para integrar el contenido un sitio web como parte de las respuestas proporcionadas por estas tecnologías.

3.3.3.2. FoaF

FoaF (Friend of a Friend) es una ontología utilizada para describir personas y sus relaciones en el marco de la web semántica. De esta manera, es posible describir tanto información sobre cada individuo (nombre, intereses...), como establecer relaciones con otras personas (amigos, familiares, colegas...). La especificación FoaF más reciente (v. 0.99, 2014) se encuentra formada por 13 clases y 62 propiedades.

La combinación de varias ontologías especializadas en diferentes ámbitos es una práctica habitual en el contexto de la web semántica. Así, proyectos como la *1914-1918-online international encyclopedia of the first World War*, utilizan diversos vocabularios simultáneamente. Uno de ellos es Dublin Core, utilizado para describir los datos bibliográficos de cada

Figura 37. Ejemplo de un documento FoaF expresado en RDF

```

1 <?xml:lang="en" ?>
2 <foaf:xmlns rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-syntax-ns#" ?>
3 <foaf:xmlns foaf="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" ?>
4 <foaf:xmlns foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/" ?>
5 <foaf:person rdf:ID="me">
6   <foaf:name>Sean Chomsky</foaf:name>
7   <foaf:title>BSc</foaf:title>
8   <foaf:givenname>Avram Sean</foaf:givenname>
9   <foaf:family_name>Chomsky</foaf:family_name>
10  <foaf:gender>male</foaf:gender>
11  <foaf:photo rdf:resource="mailto:chomsky@att.net" ?>
12  <foaf:homepage rdf:resource="http://chomsky.info" ?>
13  <foaf:blog rdf:resource="https://chomsky.info/articles" ?>
14  <foaf:publication rdf:resource="https://chomsky.info/books" ?>
15  <foaf:depiction rdf:resource="https://chomsky.info/wp-content/uploads/SeanChomsky.jpg" ?>
16  <foaf:isochorelhomepage rdf:resource="https://www.rit.edu" ?>
17  <foaf:isochorelhomepage rdf:resource="https://www.rit.edu" ?>
18  <foaf:isochorelhomepage rdf:resource="https://linguistics.rit.edu/user/chomsky" ?>
19 </foaf:person>
20 </foaf:RDF>

```

Fuente: elaboración propia

una de las entradas de la obra (título, idioma, resumen, fecha de publicación, licencia de uso...). Otro es FoaF, a través del cual se expresan las relaciones entre las entradas y otras entidades presentes en la enciclopedia (regiones, categorías temáticas, materias o personas).

Figura 38. Fragmento de un fichero RDF del proyecto *1914-1918-Online International Encyclopedia of the First World War*

```

<dc:contributor>Ylceel Yankidig</dc:contributor>
<el418:E1418_P_Author>
  <foaf:familyName>Yankidig</foaf:familyName>
  <foaf:givenName>Ylceel</foaf:givenName>
  <foaf:organization>University of Richmond (United States of America)</foaf:organization>
</el418:E1418_P_Author>
<el418:E1418_P_SectionEditor>Elizabeth Thompson</el418:E1418_P_SectionEditor>
<el418:E1418_P_SectionEditor>Maura A. Alonzo</el418:E1418_P_SectionEditor>
<dc:rights>
  This text is licensed under Creative Commons License (Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Germany-CC BY-NC-ND 3.0)
</dc:rights>

```

Nota: se puede observar el uso de FoaF junto con otros elementos del esquema Dublin Core. Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net.

3.3.3.3. CIDOC-CRM y LIDO

CIDOC-CRM (CIDOC Conceptual Reference Model) es un estándar internacional (norma ISO desde 2006) desarrollado por el Comité Internacional de Documentación (CIDOC) del ICOM (Consejo Internacional de Museos) que proporciona un marco conceptual y un conjunto de clases, propiedades y relaciones que permiten modelar la información sobre

objetos culturales, sus eventos asociados, las personas y entidades involucradas, entre otros datos.¹²

Por su parte, LIDO (Lightweight Information Describing Objects) se basa en los principios y conceptos de la ontología CIDOC-CRM y propone un conjunto de elementos de metadatos que implementa esa estructura y relaciones mediante una aproximación más simple y fácil de utilizar en el contexto de la descripción de objetos culturales. En el diseño de LIDO también se tuvieron en cuenta otras experiencias a nivel de metadatos como CDWA Lite (EE. UU.), Museumdat (Alemania) o Spectrum (Reino Unido). El uso de LIDO cobra relevancia en el contexto de la web semántica y también en entornos GLAM, por su alta granularidad, similar a la de estándares como MARC 21 o EAD, lo que facilita la interoperabilidad y el intercambio de datos entre esquemas.

LIDO define cinco entidades contextuales: objetos, eventos, conceptos, lugares y agentes. Cada una de estas entidades está diseñada para capturar y representar diferentes aspectos de la información sobre un objeto cultural:

- **Objetos:** representan los artefactos físicos o digitales que son el foco principal de la descripción.
- **Eventos:** detallan las acciones o sucesos que han ocurrido a lo largo de la historia del objeto, como su creación, modificación, adquisición o exposición.
- **Conceptos:** se refieren a las ideas abstractas, temas o categorías asociadas con los objetos, proporcionando un marco para su clasificación y contextualización.
- **Lugares:** describen las ubicaciones geográficas relevantes para el objeto, ya sea donde fue creado, encontrado, expuesto o almacenado.
- **Agentes:** incluyen personas, grupos o instituciones involucrados en cualquier aspecto relacionado con el objeto, como creadores, descubridores, propietarios o conservadores.

La estructura de LIDO permite describir objetos individuales, una parte de un objeto, un grupo de objetos u obras conceptuales mediante elementos que podemos considerar metadatos administrativos (derechos) y descriptivos (título, descripción, clasificación...). LIDO no sólo proporciona un vocabulario robusto para la documentación y gestión de objetos culturales, sino que también promueve la interoperabilidad y el

12 Para la formalización del esquema global del proyecto *Objetos enlazados*, comentado en el capítulo 2.3. *Entornos y proyectos GLAM / LAM* se utilizó este modelo conceptual.

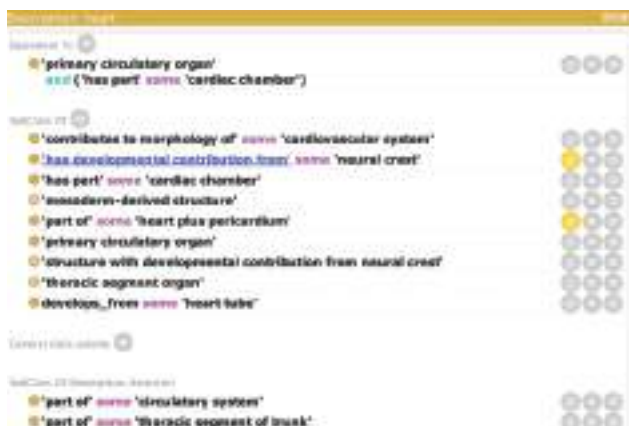
intercambio de información entre instituciones y sistemas, fortaleciendo la preservación y difusión del patrimonio cultural a nivel global.

3.3.4. Software para la edición, gestión y publicación de ontologías y datos enlazados

Uno de los entornos de edición de ontologías de software libre más consolidados es Protégé, desarrollado por la Universidad de Stanford. Su aplicación de escritorio permite la creación y edición de múltiples ontologías en un espacio de trabajo común a través de una interfaz de usuario que, si bien puede resultar algo compleja a priori, resulta bastante amigable tras algunas horas de trabajo, sobre todo por su flexibilidad en la personalización.

La herramienta permite crear nuevas ontologías, así como importar vocabularios existentes en varios formatos (OWL y RDF). Sus herramientas de visualización posibilitan la navegación entre las relaciones ontológicas y cuenta con herramientas de soporte para localizar incoherencias. También cuenta con otras para refactorizar ontologías (modificar y reestructurar el vocabulario para mejorar su diseño, calidad y claridad sin modificar su significado inherente) entre las que destaca la posibilidad de fusionar varias ontologías, trasladar axiomas de un vocabulario a otro, realizar cambios de nombre en entidades, entre otros. La exploración de los datos también puede realizarse a través de consultas SPARQL (ver capítulo 4).

Figura 39. Fragmento del módulo de descripción de clases en Protégé



Fuente: protege.stanford.edu

Por otro lado, también existen aplicaciones de software pensadas para el almacenamiento, revisión, análisis y publicación de datos abiertos enlazados más orientadas a la narratividad. Un ejemplo representativo es ResearchSpace, una aplicación que permite a los usuarios buscar, examinar, visualizar y editar datos enlazados almacenados en forma de tripletes. Concretamente, se basa en la ontología CIDOC-CRM para el establecimiento de las relaciones y en todo un conjunto de herramientas de autor basadas en la web semántica para generar visualizaciones, entre las que destacan grafos de conocimiento, visores de documentos basados en el estándar IIIF,¹³ así como la posibilidad de generar páginas temáticas a partir de diferentes recursos del sistema. Esta última opción resulta de interés para contextualizar y aportar una capa narrativa a los registros y los grafos generados a partir de los datos enlazados.

Figura 40. Detalle de un mapa de conocimiento



Nota: en este mapa se describen relaciones entre una obra, su autor, formato y algunos de sus fragmentos. Fuente: researchspace.org.

13 El International Image Interoperability Framework o Marco Internacional de Interoperabilidad de Imágenes es una iniciativa que define diferentes APIs que proporcionan un método estandarizado para la descripción y publicación de imágenes en la Web.

4. Bases de datos

Las bases de datos desempeñan un rol fundamental en la inmensa mayoría de los proyectos de HD. En concreto, resultan de interés por su capacidad para permitir organizar grandes cantidades de datos de manera estructurada, la posibilidad de integrar sobre ellas toda una serie de herramientas orientadas a la recuperación eficiente de la información, como base para la realización de análisis computacionales avanzados, así como visualizaciones que permiten revelar patrones o inferir conocimiento a partir de los datos recopilados, entre otras.

Una base de datos es una colección de datos interrelacionados, almacenados de forma estructurada, de modo que puedan ser accedidos y gestionados de manera eficiente. Lo cierto, no obstante, es que esta definición, basada en las tradicionalmente manejadas dentro de este ámbito de conocimiento, no acaba de encajar con la realidad tecnológica actual en el ámbito de las bases de datos, puesto que también existen modelos que no almacenan datos de forma estructurada, sino que lo hacen de forma semiestructurada o, incluso, no estructurada.

Lo que sí que tienen en común todas las tecnologías orientadas a la creación de bases de datos, es que con ellas se busca procesar de manera automatizada un conjunto de datos de acuerdo con unas interrelaciones y restricciones del mundo real, si bien es cierto que estas relaciones pueden ser más o menos flexibles o incluso no darse en el caso de las bases de datos no estructuradas, sobre todo, cuando no es necesario modelar datos complejos.

4.1. Bases de datos relacionales

El modelo relacional para la gestión de bases de datos fue propuesto por el británico Edgar F. Codd (1970). Su contribución es, sin lugar a duda, la que más influencia ha tenido sobre esta tecnología, desbancando del mercado a las por aquel entonces dominantes bases de datos jerárquicas y tabulares.

El modelo relacional nace con el objetivo de superar las inconsistencias y debilidades de los modelos anteriores y continúa siendo en la actualidad el modelo de datos preferente en este ámbito. De acuerdo con lo propuesto por Codd, cualquier aspecto del mundo real se puede convertir en una abstracción formada por entidades, atributos y relaciones entre entidades. El conjunto resultante de estos tres elementos da lugar a una base de datos.

Veamos en detalle cada uno de estos elementos, así como otros conceptos relacionados igualmente importantes:

- Entidad: cualquier objeto físico o conceptual que se describe en una base de datos (personas, libros, procesos...). En el contexto de una base de datos relacional, normalmente, cada entidad se asocia a una tabla.
- Campos o atributos: describen una característica o propiedad de las entidades que forman la base de datos. Por ejemplo, en la base de datos de una biblioteca, la entidad “libros”, podría describirse, entre otros, con los campos: autor, título, ISBN, fecha de publicación, editorial...
- Registros: unidad de información que describe cada una de las instancias de las entidades anteriores que forman la base de datos mediante la asignación de un valor a cada campo o atributo. Siguiendo con el ejemplo anterior, cada libro tendrá su título, ISBN, fecha, etc., diferente. El conjunto de todas esas propiedades definirá a cada libro.
- Relaciones: se refieren a la forma en que las entidades (o tablas) se conectan entre sí. Estas relaciones representan los vínculos lógicos entre los datos almacenados en las diferentes tablas de la base de datos. Fundamentalmente, existen tres tipos de relaciones:
 - Relaciones $1:1$: cada fila de una tabla está relacionada con una única fila en otra tabla.
 - Relaciones $1:N$: cada fila de una tabla puede estar relacionada con una o más filas en otra tabla.

- Relaciones $N:N$: varias filas de una tabla pueden estar relacionadas con varias filas en otra tabla. Este tipo de relación es el más complejo e implica normalmente, la creación de tablas intermedias para poder gestionarla.
- Por ejemplo, siguiendo con el ejemplo de la biblioteca, entre la entidad “forma_documental” y la entidad “obra” se establecerá una relación de tipo $1:N$, la cual podemos enunciar de la siguiente manera: Cada obra (documento) presentará 1 única forma documental concreta (monografía, revista, artículo, fotografía...), mientras que en el catálogo será posible encontrar más de una obra (N) con cada una de esas formas documentales.

Las relaciones entre entidades se realizan a través de las denominadas claves primarias, consistentes en un campo o un conjunto de campos que identifica que manera única cada fila o registro en una tabla; y mediante claves foráneas, un campo o conjunto de campos que se refiere a la clave primaria de otra tabla.

Figura 41. Ejemplo relaciones y atributos



Nota: entre las tablas “tipo_documento” y “documento” se da una relación $1:N$, es decir, cada documento puede ser de un sólo tipo (artículo, libro, fotografía...), mientras que de cada tipo de documento pueden existir muchos casos en la base de datos. Por otro lado, entre las tablas “documento” y “materias” y “autores”, se dan relaciones $N:N$. De esta manera, es posible almacenar uno o más autores y materias en los registros de cada documento y cada una de esas materias y autores pueden constar en múltiples documentos. Fuente: elaboración propia

El modelo relacional facilita toda una serie de funciones clave a partir de las relaciones que se establecen entre entidades:

- Integridad de los datos: ya que evita inconsistencias y errores al garantizar relaciones coherentes y válidas entre entidades, que

aseguran una total coherencia en el momento de insertar, actualizar y eliminar datos.

- Reducción de la redundancia de datos: las relaciones permiten evitar la duplicación innecesaria de información al almacenar los datos en tablas separadas, lo que permite también reducir el espacio de almacenamiento requerido, así como facilitar el mantenimiento y actualización de los datos.
- Posibilidad de realizar consultas complejas: al estar relacionadas, es posible realizar consultas que implican el acceso a varias tablas simultáneamente de manera eficiente y precisa.

En 1974, apareció el lenguaje SQL (Structured Query Language) y se convirtió en un estándar para el trabajo con bases de datos. Este lenguaje permite la consulta, inserción, actualización, eliminación de datos de una o más tablas, así como la creación y modificación de la estructura de toda la base de datos o la parametrización de su control de acceso y seguridad, entre otros procesos.

Figura 42. Ejemplo de consulta SQL

```
SELECT autor, fecha_publicacion, titulo, editorial
FROM libros
WHERE materia = 'Humanidades Digitales'
ORDER BY titulo ASC;
```

Nota: se trata de un ejemplo sobre una base de datos en la que se desean recuperar todos los libros con la materia “humanidades digitales” y de cada resultado se desea consultar el autor, fecha de publicación, título y editorial. Finalmente, se solicita que los resultados se muestren ordenados por título de manera ascendente. Fuente: elaboración propia

4.1.1. Sistemas de gestión de bases de datos relacionales

Es raro el proyecto de HD en el que no se utilice una base de datos y esta no sea de tipo relacional. Aunque en los últimos años se ha extendido el uso de otros modelos de bases de datos, tal y como veremos en apartados posteriores, el diseño y empleo de este tipo de sistemas ha sido uno de los pilares del quehacer humanístico desde hace décadas.

El éxito de las bases de datos relacionales en este y otros contextos responde a la necesidad de organizar eficazmente grandes volúmenes de datos, así como para facilitar su edición, consulta y recuperación a múltiples

usuarios finales. Las bases de datos relaciones son también el punto de partida a partir de la cual generar representaciones visuales o cargar el contenido textual de páginas web.

La popularidad de las bases de datos relacionales queda patente en la gran variedad de tecnologías y sistemas de gestión orientados a su creación, gestión y publicación. Una de las tecnologías más populares es MySQL, diseñada a mediados de los noventa por los suecos Michael Widenius, David Axmark y Allan Larsson, quienes buscaban introducir en el mercado un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto con capacidad para manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente y a bajo coste. MySQL rápidamente ganó popularidad debido a su simplicidad, velocidad y capacidad para integrarse con diversas aplicaciones web, convirtiéndose en la opción preferente para los desarrolladores y empresas que buscaban una alternativa a las soluciones propietarias costosas.

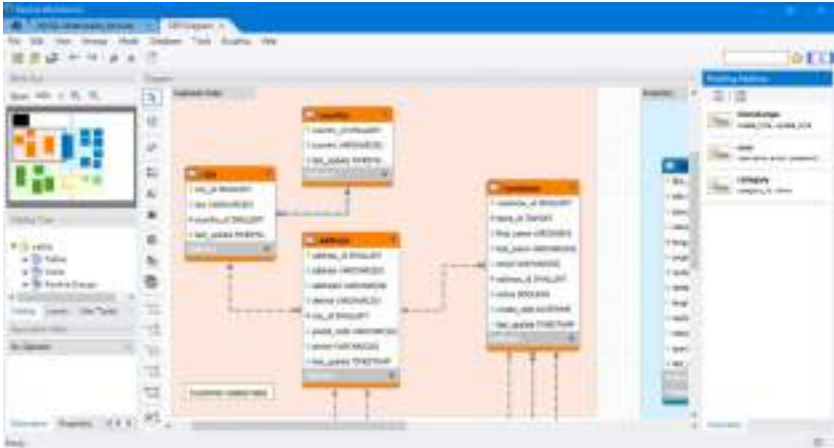
En 2008, Sun Microsystems adquirió MySQL y, dos años después, Oracle Corporation compró Sun Microsystems. La adquisición por parte de Oracle generó preocupaciones en la comunidad de código abierto sobre el futuro de MySQL, dado que Oracle ya disponía de un sistema de gestión de bases de datos comercial líder en el mercado, Oracle Database. Esta inquietud motivó a algunos desarrolladores clave de MySQL, incluyendo a Michael Widenius, a bifurcar el proyecto y crear MariaDB en 2009. MariaDB fue diseñada para ser completamente compatible con MySQL, permitiendo a los usuarios cambiar de una a otra sin dificultades, pero con la promesa de mantenerse siempre como software libre. Desde entonces, MariaDB ha continuado evolucionando, añadiendo mejoras de rendimiento y nuevas funcionalidades, consolidándose como una alternativa robusta y confiable en el ámbito de las bases de datos de código abierto.

Por su parte, Oracle Database tiene una historia que se remonta a 1977, cuando Larry Ellison y otros emprendedores fundaron Software Development Laboratories, que posteriormente se convertiría en Oracle Corporation. Su primera versión de su sistema de gestión de bases de datos, lanzada en 1979, fue uno de los primeros sistemas en utilizar el lenguaje SQL. Oracle Database ha sido pionera en el desarrollo de numerosas tecnologías de bases de datos, destacando por su escalabilidad, robustez y características avanzadas como la replicación, la recuperación ante desastres y el soporte para grandes volúmenes de transacciones. A lo largo de los años, Oracle ha mantenido una posición dominante en el mercado empresarial, especialmente en entornos donde se requiere un alto rendimiento y disponibilidad.

Finalmente, otra solución popular es PostgreSQL, también conocida como Postgres, cuyas raíces se remontan al proyecto Ingres de la Universidad de California en Berkeley en la década de los ochenta. Michael Stonebraker, uno de los líderes del proyecto Ingres, inició Postgres como un sucesor más avanzado, con un enfoque en la extensibilidad y el cumplimiento de estándares. PostgreSQL fue lanzado oficialmente en 1996 y desde entonces ha destacado por su conformidad con el estándar SQL, su integridad transaccional y su capacidad para manejar tareas complejas. PostgreSQL también destaca por su arquitectura robusta y modular, que permite a los desarrolladores añadir nuevas funcionalidades mediante el uso de extensiones.

MySQL, MariaDB y PostgreSQL son las soluciones más populares en proyectos de HD por sus respectivas licencias libres o parcialmente de código abierto, mientras que Oracle Database resulta menos habitual por el coste que implica su implementación, lo que la orienta más a entornos profesionales comerciales.

En cuanto a herramientas de desarrollo y administración, MySQL Workbench es una de las opciones más populares. Una de las principales funciones de MySQL Workbench es el diseño y modelado de bases de datos. La herramienta permite crear diagramas de entidad-relación que representan visualmente la estructura de la base de datos (definir tablas, relaciones, índices y otros elementos de manera gráfica). Una vez completado el diseño, MySQL Workbench permite generar automáticamente el código SQL necesario para implementar el esquema en una base de datos MySQL. La interfaz de MySQL Workbench también incluye paneles de control que muestran información en tiempo real sobre el estado y el rendimiento del servidor, ayudando a los administradores a identificar y resolver problemas rápidamente. El entorno de desarrollo integrado (IDE) de MySQL Workbench es otra de sus características destacadas. Los desarrolladores pueden escribir, ejecutar y depurar consultas SQL directamente desde la herramienta. También incluye un editor de SQL avanzado con resaltado de sintaxis y autocompletado. Además, la herramienta permite crear y gestionar procedimientos almacenados, disparadores y eventos, proporcionando un entorno completo para el desarrollo de aplicaciones basadas en MySQL.

Figura 43. Interfaz del editor gráfico relacional de MySQL Workbench

Fuente: elaboración propia

Es importante tener en cuenta también que prácticamente todas las aplicaciones web que vayamos a utilizar en un proyecto de HD van a tener detrás de ellas una o más bases de datos relacionales que utilizan para almacenar los datos del proyecto, así como otros datos necesarios para el funcionamiento y gestión de la aplicación. Por ejemplo, todas las aplicaciones mencionadas en el apartado 2.4.2 (Sistemas de gestión de repositorios y colecciones digitales) de este libro utilizan una base de datos de tipo relacional a la que no tendremos que acceder directamente en ningún momento, pero es necesaria para la gestión y funcionamiento de la herramienta.

4.2. Bases de datos orientadas a grafos y almacenes RDF

Las bases de datos orientadas a grafos, a diferencia de otros modelos no relacionales, tienen un fundamento teórico muy consolidado: la teoría de grafos. En este tipo de bases de datos, la información se representa como nodos de un grafo, mientras que las aristas permiten indicar las relaciones que se establecen entre ellos. De esta manera es posible utilizar la teoría de grafos para recorrer la base de datos, al describir esta los atributos de los nodos (entidades) y las aristas (relaciones).

Si bien mediante el modelo relacional también es posible representar de una manera relativamente fácil estructuras basadas en grafos, presenta problemas cuando se establecen múltiples niveles de relación.

Este tipo de bases de datos son especialmente útiles cuando se precisa analizar las interconexiones existentes entre los nodos con el objetivo de descubrir o inferir nuevo conocimiento no explícito. Es por este motivo que sus principales ámbitos de aplicación son la minería de datos (*data mining*) o la investigación en redes sociales.

Las bases de datos orientadas a grafos están estrechamente relacionadas con estándares de la web semántica como RDF, el cual se utiliza para el modelado de recursos web y de sus relaciones, así como con SPARQL (acrónimo recursivo de SPARQL Protocol and RDF Query Language), un lenguaje de interrogación equivalente a SQL, pero orientado a este otro tipo de bases de datos.

Los almacenes RDF, también conocidos como almacenes de tripletas (*triplestore*) son una base de datos pensada para almacenar y recuperar tripletas mediante consultas SPARQL.

SPARQL es un lenguaje diseñado para realizar consultas sobre bases de datos que almacenan información en forma de tripletas RDF. Este lenguaje permite crear consultas avanzadas en las que se establecen relaciones entre diferentes entidades, aprovechando las capacidades semánticas y la estructura de grafo subyacente de la base de datos. Aunque está orientado a la web semántica, SPARQL también permite combinar datos de múltiples fuentes mediante enlaces entre los elementos.

A pesar de que SPARQL tiene una sintaxis que recuerda a SQL, se asemeja más a los modelos de datos NoSQL (no relacionales), dado que maneja tripletas RDF que describen relaciones entre elementos. SPARQL se puede implementar mediante varios lenguajes de programación, siendo Java uno de los más comunes, lo que ha facilitado su integración en múltiples aplicaciones.

Un *endpoint* (o punto final) es una interfaz de acceso que expone ciertos recursos y funcionalidades a través de Internet. En el caso que nos ocupa, el acceso al almacén de datos RDF. Aunque este término se refiere también a los puntos de acceso de otras tecnologías, en este caso en concreto un *endpoint* es un servicio web que permite ejecutar consultas SPARQL sobre una colección de datos RDF.

La sintaxis de una consulta SPARQL está formada por varios bloques. A continuación, se muestra una síntesis de su funcionamiento.

En primer lugar, se puede incluir opcionalmente una declaración de prefijos. Los prefijos son una forma de abreviar las URIs de los espacios de nombres para conseguir que las consultas sean más legibles. Cada prefijo va precedido por la palabra clave *PREFIX* seguido por la abreviatura que se da al espacio de nombre, dos puntos y el URI del espacio de nombres.

A continuación, se indica el tipo de consulta que se desea ejecutar. Por ejemplo, *SELECT* para seleccionar un conjunto de datos especificando las variables cuyos valores se desean recuperar en el resultado de la consulta, *CONSTRUCT* que devuelve un grafo RDF previamente especificado mediante un patrón, *ASK* que permite comprobar si un patrón posee o no solución y *DESCRIBE* que devuelve un conjunto de tripletas que describen los recursos especificados. Además, se define el patrón de búsqueda (patrón de tripletas), especificando qué tripletas deben coincidir en los datos RDF. En esta sección se utilizan tripletas que consisten en sujeto, predicado y objeto, con variables representadas por un signo de interrogación. Al final de cada patrón se utiliza un punto para separarlo del siguiente.

En el ejemplo de la Figura 44, *?person* es una variable que representa el sujeto de la tripleta. Concretamente, se está buscando cualquier recurso disponible que tenga un nombre. *foaf:name* es el predicado (propiedad) que se desea encontrar, es decir, el nombre de la persona. Finalmente, *?name* es otra variable que representa el objeto de la tripleta, es decir, el valor del nombre.

Finalmente, se incluyen los modificadores que permiten limitar, agrupar, ordenar, etc., los resultados. También en el ejemplo de la Figura 44, se ordenan los resultados por el nombre y se restringe el número de resultados devueltos a un máximo de diez.

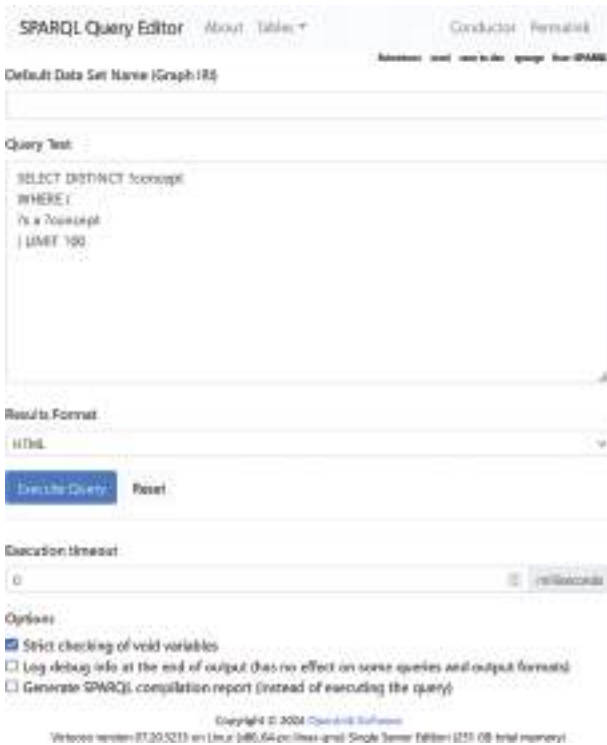
En la actualidad, existen múltiples bases de datos de conocimiento accesibles mediante consultas SPARQL como DBpedia, Wikidata, Linked-GeoData o Europeana, entre otras.

Figura 44. Consulta *SELECT* SPARQL

```
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?name ?email ?homepage
WHERE {
  ?person foaf:name ?name
  ?person foaf:mbox ?email
}
ORDER BY ?name
LIMIT 10
```

Fuente: elaboración propia

Figura 45. Interfaz de consulta SPARQL de la Biblioteca Nacional de España basada en el software Virtuoso



Fuente: datos.bne.es/sparql

4.2.1. Aplicación práctica de las bases de datos orientadas a grafos y los almacenes RDF

Como acabamos de mencionar, Wikidata es un ejemplo representativo de las capacidades de este tipo de sistemas de gestión de bases de datos. Se trata de un almacén RDF implementado con el software libre Blazegraph para representar y consultar información semántica a través de consultas SPARQL. Wikidata es una iniciativa colaborativa que contiene datos estructurados que son utilizados por varios sitios web bajo el paraguas del proyecto Wikimedia Commons, entre los cuales, por supuesto, Wikipedia, pero que también están disponibles y son altamente accesibles para terceros. En este sentido, es posible acceder a los datos de Wikidata a través de su punto final SPARQL, utilizando su API, descargando conjuntos de datos en formato JSON para su posterior tratamiento en local o incluso mediante alguno de los clientes y bibliotecas basadas en Python o JavaScript que se han ido desarrollando en los últimos años.

El caso de DBpedia es similar y consiste en un proyecto que extrae datos estructurados de Wikipedia y los convierte en un formato que puede ser consultado semánticamente. Como en el caso de Wikidata, los datos se almacenan en formato RDF, en este caso, utilizando el software Virtuoso Universal Server, y se pueden consultar a través de SPARQL, mediante su propia API, accediendo y descargando directamente los objetos RDF individuales (por ejemplo, https://dbpedia.org/data/Albert_Einstein.rdf) o en lote o a través de clientes específicos.

4.3. Bases de datos NoSQL

Las bases de datos NoSQL (Not Only SQL) agrupan a un conjunto de tecnologías que coinciden en no utilizar el modelo relacional tradicional. Es decir, en lugar de tablas con filas y columnas, las bases de datos NoSQL están diseñadas para manejar datos no estructurados o semiestructurados, permitiendo el almacenamiento y recuperación de datos de formas más flexibles. Por tanto, al hablar de bases de datos NoSQL no nos referimos a una base de datos específica, ni tampoco a un producto comercial concreto, sino a una serie de soluciones disponibles en el mercado que sirven como complemento o alternativa de las bases de datos relacionales.

Algunas de las características compartidas entre estas soluciones son:

- El uso de lenguajes de consulta diferentes a SQL.
- La posibilidad de ejecutarse sobre diversos servidores simultáneamente (escalabilidad horizontal), lo que permite gestionar mayores volúmenes de datos y tráfico al agregar más nodos al sistema.
- El hecho de no contar con un esquema de datos fijo, a diferencia de las bases de datos relacionales, en las que es necesario definir un esquema mucho más rígido. Esto las dota de una mayor flexibilidad al permitir redefinir fácilmente su estructura añadiendo o eliminando campos.
- En general, están diseñadas para ser altamente disponibles al permitir su distribución simultánea en varias regiones geográficas, así como para resultar muy resilientes ante fallos.
- La posibilidad de utilizar modelos de datos diversos para satisfacer diferentes necesidades: pares clave-valor, almacenamiento de datos en documentos JSON o XML, organización de datos en columnas o en nodos y aristas para relaciones más complejas.

MongoDB es un sistema de gestión de bases de datos NoSQL de código abierto orientado a documentos creado y mantenido por la empresa MongoDB Inc. Se caracteriza por el almacenamiento de datos en documentos similares a JSON, en un formato propio denominado BSON (Binary JSON), que representa los datos en binario para resultar más rápido y eficiente (Sarasa, 2016).

En las bases de datos orientadas a documentos, los documentos son la unidad básica de organización de la información y consisten en un conjunto ordenado de claves con valores asociados. Salvando las distancias, un documento equivaldría a una fila en una base de datos relacional. Cada

documento es una unidad independiente que puede contener campos y valores de diferentes tipos, incluidos otros documentos anidados.

Entre las bases de datos NoSQL también encontramos a las denominadas bases de datos de clave-valor o almacenes clave-valor. En este caso se almacenan datos como pares clave-valor, donde cada clave es única y se utiliza para identificar su valor correspondiente. Se trata de bases de datos simples, pero altamente eficientes en operaciones de lectura y escritura. Se utilizan para almacenar datos en caché, sesiones de usuario, así como para almacenar datos de configuración de algunos sistemas. Un ejemplo representativo es Amazon DynamoDB.

Por otro lado, los sistemas de gestión de bases de datos orientados a columnas o columnares, almacenan datos en columnas en lugar de filas y resultan especialmente adecuados para manejar grandes volúmenes de datos distribuidos a lo largo de múltiples servidores. Este tipo de bases de datos se muestra especialmente eficiente ante consultas complejas que involucran todos los datos disponibles. Un par de ejemplos de código abierto los encontramos en Apache Cassandra y Apache HBase.

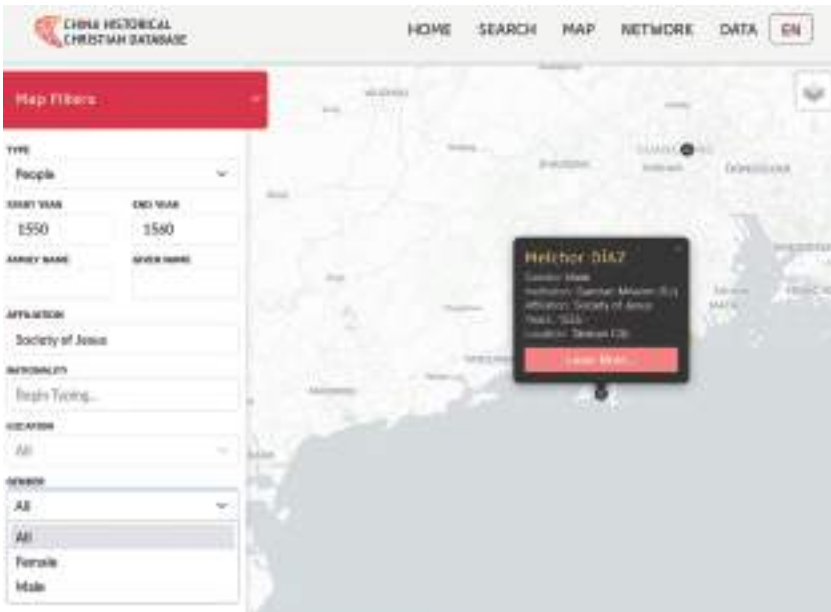
Más allá de que cada una de estas tecnologías junto a las bases de datos relacionales están pensadas para casos de uso específicos, entre las principales desventajas de las bases de datos no relacionales podemos destacar la dificultad que puede entrañar la creación de consultas avanzadas, una menor madurez y soporte comercial o de comunidades de código abierto, así como una curva de aprendizaje algo más pronunciada, teniendo en cuenta también que se trata de tecnologías en las que, hasta ahora, se ha profundizado mucho menos tanto en la academia, como en la industria.

4.3.1. Aplicación práctica de las bases de datos NoSQL

El proyecto *AtlantoCracies*, llevado a cabo por un equipo de investigación de la Universidad Pablo de Olavide, utiliza una base de datos NoSQL orientada a documentos para gestionar datos semiestructurados. En esta base de datos se almacena información sobre personajes históricos, así como sobre las relaciones que se establecen entre estos. Una propuesta que, frente a otros proyectos de investigación histórica en los que se aborda la gestión de los datos con soluciones relacionales, presenta, según sus propios creadores, una mayor flexibilidad necesaria en un entorno de investigación como la historia cambiante en el que a medida que se exploran fuentes de información, pueden surgir nuevos atributos, objetivos o preguntas, pudiendo, de esta manera, variar la naturaleza de los datos recopilados (Díaz et al., 2023).

La *China historical Christian Database* surge de un proyecto centrado en el estudio del cristianismo chino desde 1550 hasta 1950. Para su base de datos se utiliza el sistema de gestión de bases de datos orientadas a grafos, Neo4j. La versión web ofrece la posibilidad de realizar búsquedas por palabra clave (nombres de personas, entidades, eventos, publicaciones...), así como filtrar por cualquiera de los tipos anteriores, la tradición cristiana, la familia religiosa o un período temporal específico. Alternativamente, también es posible acceder al contenido de la base de datos mediante una interfaz de búsqueda que muestra los resultados sobre un mapa.

Figura 46. Interfaz de consulta sobre un mapa disponible en la *China historical Christian Database*



Fuente: chcdatabase.com

5. Lenguajes de marcas y de intercambio de datos

Los lenguajes de marcas que hoy conocemos tienen su origen en la práctica de marcar documentos para su impresión. RUNOFF (1964), uno de los primeros procesadores de textos utilizados en el MIT, ya utilizaba esta tecnología, que siguió evolucionando hasta la aparición del lenguaje de marcas GML (Generalized Markup Language) de IBM. Por su parte, GML evolucionaría al estándar SGML (Standard Generalized Markup Language) en 1986, que se combinaba con documentos DTD (Document type Definition) para especificar la estructura de los textos marcados.

La preocupación o necesidad a partir de la cual nacen los lenguajes de marcas es la de separar la estructura del contenido de un documento. En un contexto en que todos los documentos que se generaban estaban destinados a la impresión, gracias a estándares como SGML, era posible imprimir un mismo documento en varios formatos o presentaciones.

SGML fue un estándar complejo, tanto que, generalmente, sólo lo utilizaban especialistas altamente capacitados en su uso como redactores técnicos (Lecomte y Boulanger, 2009). La complejidad de SGML no lo hacía atractivo para la Web, razón por la que, a partir de sus premisas, nacieron HTML (1991) y XML (1996), los cuales, como veremos más adelante, estos sí se acabaron imponiendo como dos de los estándares más importantes para este ecosistema tecnológico.

Los lenguajes de marcas se incorporaron rápidamente al ámbito de las HD. Aunque no fue la primera iniciativa, en 1988, la Text Encoding Initiative se propuso establecer un formato de intercambio común para evitar la por aquel entonces caótica explosión de formatos propietarios que amenazaban la interoperabilidad en el intercambio de textos en el ámbito de las humanidades (Ide et al., 1988).

Concretamente, se precisaba un estándar de marcado para representar caracteres individuales especiales de un texto normalmente no previstos en la práctica industrial como acentos, símbolos especiales, alfabetos no latinos..., la inclusión de notas a pie de página o cualquier otro elemento

distinto de la secuencia lineal, la posibilidad de codificar las divisiones lógicas de un texto (capítulos, versículos...) y, finalmente, poder representar información analítica e interpretativa sobre el texto (análisis sintácticos, morfológicos o semánticos) (Ide et al., 1988).

Hoy, los lenguajes de marcas se utilizan de forma generalizada en una gran variedad de contextos de uso, tecnologías e industrias. A continuación, repasaremos sus principales características, centrándonos, posteriormente, en los estándares e iniciativas más populares.

5.1. Tipos de lenguajes de marcas

De acuerdo con Franganillo (2021) existen dos tipos de lenguajes de marcas: descriptivos o semánticos y procedimentales o de presentación. Los lenguajes descriptivos están pensados para representar y describir estructuras de datos y se utilizan fundamentalmente en entornos en los que se requiere su transmisión e intercambio entre sistemas. Un ejemplo representativo es XML. Por su parte, los lenguajes de presentación permiten representar información aportando información sobre la estructura y la semántica de un recurso. Son ejemplos de lenguajes orientados a la presentación, los estándares HTML, Markdown o Wikitext, entre otros.

Como complemento a estos lenguajes, contamos con diversos estándares pensados para aportar estilos a los documentos. El más popular es el estándar CSS (Cascading Style Sheets), utilizado junto con XML y HTML.

Las marcas son etiquetas que permiten identificar un fragmento del contenido, informando sobre su papel en el marco de un documento. Normalmente funcionan en base a dos etiquetas (apertura y cierre) que sirven para marcar el principio y el final de un fragmento de texto significativo (un párrafo, una lista, un texto importante, el nombre de un autor, una fecha...). En algunos otros casos, se formalizan a partir de pares nombre-valor, en los que el nombre funciona como etiqueta que representa o informa sobre el valor en cuestión.

5.2. Lenguajes de marcas de presentación y formato de texto

Los lenguajes de marcas de presentación y formato de texto se enfocan en definir el contenido textual y su estructura lógica. A menudo incluyen también elementos de presentación, aunque su principal función es organizar y estructurar el contenido. En este apartado nos centraremos en dos de los más populares: HTML y Markdown.

5.2.1. HTML (*HyperText Markup Language*)

Los antecedentes de HTML se remontan a la década de los ochenta, momento en que Tim Berners-Lee propone un sistema basado en el hipertexto para compartir documentos, que posteriormente se adaptaría a Internet y cuya primera versión, aun no oficial ni estandarizada, se acabaría publicando en 1991.¹⁴ Será en 1995 cuando a través de un grupo de trabajo del IETF (Internet Engineering Task Force) se publica bajo la denominación de HTML 2.0 la primera versión del estándar. A partir de 1996, será el W3C (World Wide Web Consortium) quien se encargará de la publicación de las siguientes versiones del lenguaje.

Así, aparecerán las versiones 3.2 (1997), primera a cargo del W3C; 4.0 (1998) donde se incorpora el uso de las hojas de estilo CSS, así como la posibilidad de utilizar *scripts* incrustados y algunas características para mejorar la accesibilidad de los recursos; XHTML (eXtensible HyperText Markup Language, 2000), una versión del estándar expresada como XML válido mucho más estricta que las anteriores; y la actual versión, HTML5 (2014) centrada en la interoperabilidad, integración de diversas APIs, o la mejora en la capacidad del lenguaje para el desarrollo de aplicaciones web, entre otros aspectos.

En la actualidad, HTML5 ha extendido su alcance y ha pasado de ser el estándar para el marcado de páginas web a utilizarse para otros propósitos como:

- Aplicaciones web progresivas (PWA): sitios que gracias a la implementación de otras tecnologías como los *service workers* y APIs de sincronización en segundo plano, permiten crear experiencias

14 Aún es posible consultar su documentación bajo el título *HTML tags*: <https://www.w3.org/History/19921103-hypertext/hypertext/WWW/MarkUp/Tags.html>

similares a las de una aplicación nativa móvil o de escritorio en un navegador.

- Aplicaciones móviles: que a través de *frameworks* de desarrollo basados en la triplete HTML5 + CSS3 + JavaScript se compilan para emular el funcionamiento de una aplicación nativa en entornos móviles basados en Android o iOS.
- Videojuegos en línea: basados en estándares como WebGL junto a diversas APIs mediante las cuales es posible integrar gráficos 2D y 3D capaces de ejecutarse en un navegador.
- Otras como visualizaciones de datos interactivas, presentaciones dinámicas, aplicaciones de realidad aumentada y virtual, reproductores nativos de audio y vídeo, entre otros.

En un documento HTML los elementos, atributos y los valores de los atributos tienen un significado específico (semántica). Por ejemplo, el elemento `<p>` representa un párrafo y el atributo *lang* el idioma del documento o de uno de sus fragmentos. Este principio es importante y en la creación de cualquier documento HTML debe evitarse el uso de elementos y atributos para propósitos para los cuales no están previstos.

Un concepto especialmente importante al tratar con HTML es el DOM. El DOM (Document Object Model) es una API para documentos HTML y XML que proporciona una representación estructurada del documento como un árbol, donde cada nodo del árbol (un párrafo, un enlace, un encabezado, una imagen...) es un objeto que representa una parte del documento. Esta estructura permite que los lenguajes de programación, por ejemplo, JavaScript, puedan acceder y manipular el contenido, la estructura y el estilo de los documentos web de manera dinámica. Mediante el DOM también es posible manejar eventos, que son acciones que ocurren en el documento (por ejemplo, un clic del ratón o la carga de la página). Los eventos se pueden usar para ejecutar código JavaScript en respuesta a interacciones del usuario.

5.2.2. *Markdown*

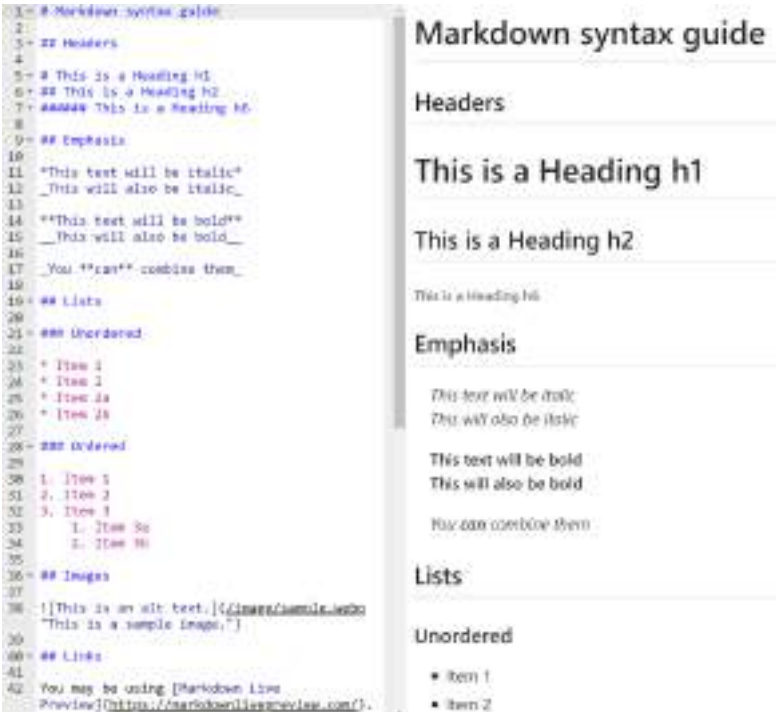
Markdown es un lenguaje de marcas ligero que se utiliza para generar documentos en formato HTML a partir de convenciones usadas tradicionalmente para marcar otros tipos de textos informáticos. Se trata de un estándar utilizado habitualmente en el ámbito del *blogging*, mensajería instantánea, foros de Internet, documentación técnica o ficheros léeme y de licencias en aplicaciones de software.

Markdown nace para permitir a usuarios sin conocimientos técnicos marcar el texto plano para añadir estructura a los documentos, así como para facilitar su conversión automática a HTML.

La principal característica de Markdown es su fácil lectura, una particularidad que lo hace interesante tanto para las personas que trabajan con él, como para el software que lo debe interpretar.

Si bien nace en 2004 a partir del trabajo de John Gruber y Aaron Swartz, nunca se ha llegado a estandarizar del todo, dando lugar a numerosas subversiones utilizadas en diferentes entornos. En 2014, John MacFarlane, Martin Woodward y Jeff Atwood dan vida al proyecto CommonMark, que tiene como objetivo precisamente, definir una especificación común para todos aquellos entornos tecnológicos que deseen utilizar este lenguaje de marcas.

Figura 47. Ejemplo de marcado en formato Markdown (izquierda) y previsualización del resultado (derecha)



Fuente: elaboración propia

5.3. Lenguajes de marcas y de intercambio de datos de propósito general

Los lenguajes de marcas de propósito general son lenguajes diseñados para poder ser personalizados y utilizados en una amplia variedad de aplicaciones y contextos de uso, en lugar de estar específicamente pensados para una función o industria en particular.

Este tipo de lenguajes no impone etiquetas o atributos predefinidos como otros lenguajes, sino que estas deben definirse y utilizarse de acuerdo con las necesidades y restricciones de cada proyecto. Se trata, por tanto, de lenguajes diseñados para ser altamente flexibles y extensibles.

Los lenguajes de marcas de propósito general se utilizan para estructurar y transmitir datos, cada uno de ellos con una sintaxis propia y ciertas diferencias en su enfoque. Los dos lenguajes con un mayor grado de adopción en el ámbito de las HD, así como en la industria en general, son XML y JSON.

5.3.1. XML (*eXtensible Markup Language*)

XML es un metalenguaje desarrollado por el W3C (World Wide Web Consortium) y diseñado para la definición de lenguajes de marcas capaces de almacenar datos estructurados de forma jerárquica.

Como mencionábamos en apartados anteriores, XML tiene sus orígenes en los lenguajes GML y SGML. Tras la aparición de HTML, consolidado en poco tiempo como el estándar para el marcado de contenidos en la Web, en aquel momento aún se precisaba contar con un estándar de propósito general para el marcado de datos, independiente de la Web y capaz de solventar algunas de las limitaciones de HTML. La limitación más evidente es que HTML estaba diseñado específicamente para la representación de contenido en la Web, no admitía la personalización de etiquetas y atributos, se encontraba estrechamente vinculado a su representación visual a través de navegadores web y no facilitaba la creación de esquemas de validación que permitieran definir plantillas con la estructura y contenido válido de un documento XML específico. Además, HTML tampoco estaba pensado para mezclar elementos procedentes de diferentes lenguajes, siendo, por tanto, muy limitada su extensibilidad.

Por su parte, XML se creó con la idea de ser un lenguaje flexible y extensible, capaz de utilizarse para una amplia gama de propósitos, más allá de la representación de contenidos en la Web. Como metalenguaje, es decir, lenguaje capaz de describir otros lenguajes, permite definir estructuras de

datos complejas y personalizadas, utilizando etiquetas y atributos específicos. A diferencia de HTML, XML se puede utilizar para representar datos de manera que no estén directamente relacionados con su apariencia visual o la función de sus elementos en una página, lo que lo convierte en un estándar más adecuado para el intercambio de datos entre sistemas y aplicaciones. Finalmente, XML permite definir esquemas que especifican la estructura y el contenido válido de un documento XML, facilitando así su conformidad con una estructura predefinida. Esta característica permite garantizar la integridad, consistencia e interoperabilidad de los datos representados.

Un documento XML se encuentra formado por un prólogo y un cuerpo, así como por una serie de elementos y atributos que definen su estructura y permiten almacenar los datos.

El prólogo de un documento XML contiene una declaración de tipo de documento opcional en la cual se especifica que el documento en cuestión es un documento XML, su versión y el sistema de codificación de caracteres utilizado (línea 1, Figura 48). También puede contener vínculos a una DTD (Document Type Definition) o un esquema XSD (XML Schema Definition) en los que se define la estructura y restricciones del documento. Finalmente, también podemos encontrar dentro de este bloque uno o más comentarios e instrucciones de procesamiento.

Figura 48. Componentes de un documento XML



Fuente: elaboración propia

En el cuerpo de un documento XML encontramos los diferentes elementos que conforman su estructura. Todo fichero XML debe contar con un elemento raíz para estar bien formado. La etiqueta raíz marca el inicio

y el final de la estructura XML. A su vez, los elementos pueden contener otras etiquetas para formar una estructura jerárquica o almacenar datos. Finalmente, los atributos permiten incorporar a los elementos características o propiedades que los representan.

Figura 49. Elemento XML formado por una etiqueta de apertura y otra de cierre



Fuente: elaboración propia

Los documentos XML deben estar bien formados y ser válidos. Un documento bien formado es aquel que atiende de manera estricta a la sintaxis o especificación XML. Es decir, los elementos se abren y cierran correctamente con una etiqueta de apertura y otra de cierre, se anidan como corresponde, el documento cuenta con un elemento raíz, los atributos se especifican en la etiqueta de apertura y sus valores se incluyen entre comillas, un mismo elemento no tiene dos atributos con el mismo nombre y se evita el uso de los caracteres reservados `<` y `&`, utilizándose en su defecto las entidades `<` y `&`.

Por su parte, un documento válido es aquel que, además de estar bien formado, verifica la gramática que describe el contenido del documento mediante una *Document Type Definition* (DTD) o *XML Schema Definition* (XSD).

5.3.1.1. Aplicación práctica de XML

XML es una de las formas más habituales para la serialización de metadatos. En informática, el concepto de serialización se refiere al proceso de convertir o codificar una estructura de datos o un objeto en un formato que pueda ser fácilmente almacenado y transmitido para, posteriormente, ser reconstruido. XML, al igual que JSON, que veremos a continuación, además es un formato de serialización legible por humanos.

Como hemos visto en apartados anteriores y continuaremos viendo a continuación, XML es también el lenguaje de marcas por excelencia utilizado para el marcado y anotación de textos. Esto permite no sólo

estructurar mediante marcas los textos para facilitar su posterior tratamiento, explotación y análisis, sino que también facilita la generación de múltiples representaciones o versiones de un mismo documento orientadas a diferentes canales (página web en formato HTML, PDF, *ebook*...).

Si bien en la actualidad, JSON es un formato ampliamente utilizado, XML sigue siendo uno de los formatos más utilizados para el intercambio de datos entre sistemas y aplicaciones. Sin ir más lejos, el protocolo de interoperabilidad entre repositorios OAI-PMH del que hemos hablado en el capítulo 3, se basa en este estándar para exponer y recolectar metadatos.

5.3.2. JSON (*JavaScript Object Notation*)

JSON es un formato ligero para el intercambio de datos entre sistemas. Si bien se trata de un formato de codificación completamente independiente del lenguaje, es decir, puede utilizarse como estándar para estructurar datos al trabajar con cualquier lenguaje de programación, utiliza convenciones propias de lenguajes como JavaScript, C, Java o Python, entre otros.

Un documento JSON está formado por dos elementos fundamentales:

- Una colección de pares de nombre/valor.
- Una lista ordenada de valores.

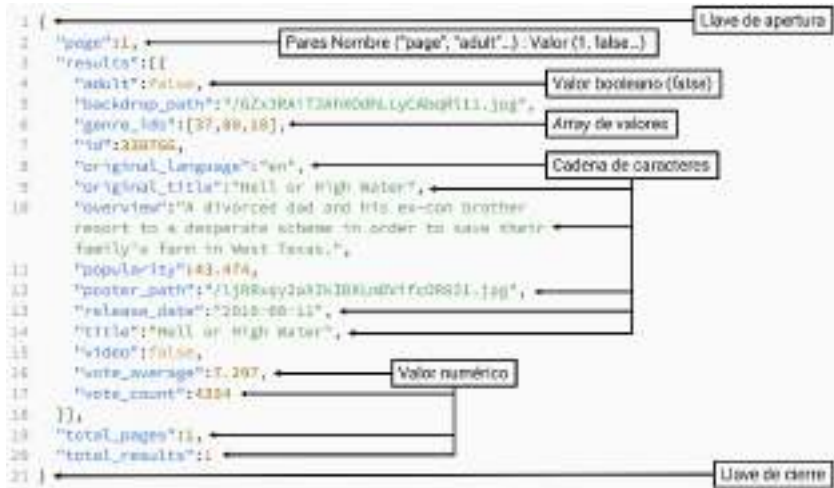
Estos elementos se presentan en un documento JSON mediante objetos. Un objeto es un conjunto desordenado de pares nombre/valor que empieza con una llave de apertura y finaliza con una llave de cierre. Los pares nombre/valor se separan entre ellos con dos puntos y de otros pares mediante comas.

El valor asociado a un nombre puede ser una cadena de caracteres, un número, un valor booleano, un arreglo (o *array*) o un objeto JSON.

5.3.2.1. *Aplicación práctica de JSON*

JSON es un formato cada vez más adoptado en el contexto de uso de las APIs como forma de intercambio de datos entre clientes y servidores. De esta manera, una gran cantidad de servicios ofrecen en la actualidad respuestas de acuerdo con este formato. Un ejemplo de los muchos disponibles lo encontramos en la base de datos del sitio web dedicado al cine, The Movie Database.

Figura 50. Componentes de un documento JSON a partir de un resultado obtenido de la API de *The movie DB* (<https://www.themoviedb.org/>)



Fuente: elaboración propia

Los ficheros JSON también se utilizan frecuentemente para almacenar datos de configuración de aplicaciones web. De esta manera, es frecuente que, al instalar todo tipo de sistemas desplegados en servidor en la actualidad, tengamos que abrir un fichero JSON e insertar en él datos como la dirección web, los puertos, nombres de usuario o contraseñas.

Finalmente, en el contexto de uso de las bases de datos NoSQL como MongoDB o CouchDB, se utilizan formatos basados en JSON, como BSON para almacenar documentos.

5.4. Codificación y marcado de textos

A partir de las primeras aproximaciones y formatos para el marcado de textos, fueron surgiendo diversas iniciativas orientadas a diversos propósitos. Dos de estas iniciativas son TEI y DocBook, las cuales veremos con algo más de detalle en los siguientes apartados.

5.4.1. TEI (*Text Encoding Initiative*)

Los inicios de esta iniciativa se remontan a 1987, como parte de un proyecto de cooperación internacional respaldado por la Association for Computers and the Humanities, la Association for Computational Linguistics y la Association for Literary and Linguistic Computing, que actualmente se conoce como la European Association for Digital Humanities. El propósito fundamental de este proyecto ha sido siempre el de establecer un esquema de codificación común para estructuras textuales complejas, con el fin de unificar las diversas prácticas de codificación de textos digitales existentes a nivel internacional (Alcaraz y Vázquez, 2016).

Desde el año 2000, el proyecto ha sido gestionado por el Consorcio TEI, una organización sin ánimo de lucro conformada por instituciones académicas, proyectos de investigación y académicos individuales de todo el mundo. Los objetivos centrales de este consorcio abarcan el desarrollo de las directrices TEI, la promoción y difusión de estas directrices, la capacitación y divulgación sobre el uso del estándar, así como la creación y mantenimiento de una comunidad de investigadores en torno a la iniciativa.

Es importante aclarar que el término TEI se utiliza de manera intercambiable para referirse tanto a la Text Encoding Initiative como al Consorcio TEI, la documentación oficial conocida como las *TEI guidelines* y al propio lenguaje o estándar.

El estándar TEI se basa en la combinación de módulos independientes que agrupan los diferentes elementos y atributos XML. Cuatros de los módulos (*tei*, *core*, *header* y *textStructure*) son obligatorios.

El módulo *tei* contiene las declaraciones de los diferentes tipos de datos, atributos, modelos y macros utilizadas por el resto de los módulos del esquema. El módulo *core* agrupa elementos básicos necesarios para codificar cualquier tipo de texto (párrafos, listas, referencias bibliográficas...). El módulo *header* facilita la integración de metadatos descriptivos en la cabecera del recurso. Finalmente, el módulo *textStructure* contiene la estructura de alto nivel necesaria para marcar cualquier documento.

Las posibilidades de TEI son amplias y abarcan diversas áreas y aplicaciones en el ámbito académico y cultural. Algunos de los ámbitos de aplicación habituales son:

- Edición y anotación de textos: TEI se utiliza para generar ediciones digitales de textos de todo tipo (históricos, literarios, diccionarios...). El marcado en estas ediciones facilita la representación estructurada de la información que contienen, incluyendo marcadores semánticos y anotaciones, así como formas de presentación y formatos de salida (HTML, EPUB, PDF...) alternativos.
- Bibliotecas y colecciones digitales: el estándar TEI permite representar de forma estructurada los recursos de información disponibles en diferentes colecciones digitales de bibliotecas y archivos de todo el mundo. La representación TEI facilita el acceso, uso y distribución de estos recursos en la web.
- Lingüística computacional: en este campo se utiliza para la representación estructurada de corpus lingüísticos y otros datos relacionados con el lenguaje.
- Estudios literarios y críticos: permite analizar aspectos estructurales y semánticos de textos literarios.

El uso de un estándar común también facilita la interoperabilidad entre proyectos, permitiendo a investigadores e instituciones de todo el mundo compartir sus recursos marcados.

5.4.2. *DocBook*

DocBook nace con el objetivo de servir como lenguaje de marcas para la creación de documentación técnica. Si bien surge para dar respuesta a la edición de documentos técnicos relacionados con el hardware y el software, en la actualidad se utiliza para cualquier tipo de documentación.

Como lenguaje de marcas, DocBook permite crear documentos de forma totalmente neutral en cuanto a su formato de presentación, pudiendo publicarse posteriormente en formatos como HTML, EPUB o PDF mediante herramientas de conversión específicas como XSLTProc, Pandoc o dblatex, respectivamente.

Figura 52. Fragmento de un marcado simple basado en la sintaxis de DocBook

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <book xmlns="http://docbook.org/ns/docbook" version="5.0">
3   <title>Titulo del libro</title>
4   <chapter xmlns="chapter_1">
5     <title>Capítulo 1</title>
6     <para>Un párrafo.</para>
7     <para>Otro párrafo con un texto <emphasis>destacado</emphasis>.</para>
8   </chapter>
9   <chapter xmlns="chapter_2">
10    <title>Capítulo 2</title>
11    <para>Un párrafo que precede a una cita</para>
12    <blockquote>
13      <attribution>Pedro Salinas</attribution>
14      <para>El futuro se llama ayer.</para>
15    </blockquote>
16  </chapter>
17 </book>
```

Fuente: elaboración propia

5.5. Ejemplos de proyectos

Un ejemplo muy representativo en el campo de la edición de textos con TEI es *The World of Dante* del Institute for Advanced Technologies in the Humanities de la University of Virginia. Se trata de un proyecto que tiene como principal objetivo el estudio de *La divina comedia* de Dante Alighieri a partir del uso de diferentes herramientas multimedia e interactivas que tienen como base fundamental el marcado con TEI.

Gracias a una edición del poema marcada con TEI, se facilita la lectura del texto en un entorno web hipertextual (Parker, 2001). Es precisamente mediante el hipertexto que se puede acceder directamente o visualizar fragmentos concretos en la obra referidos a personajes, lugares, criaturas, divinidades, entre otros. Marcar el contenido con TEI también posibilita realizar búsquedas avanzadas incorporando numerosos criterios. Todo ello facilita el análisis de la obra en su conjunto, así como el estudio minucioso de algún aspecto o figura en concreto.

Figura 53. *The World of Dante*

The screenshot shows the 'The World of Dante' website. At the top, there's a navigation bar with 'INFERNO', 'PURGATORIO', and 'PARADISO'. Below that, there are tabs for 'Gallery', 'Maps', 'Music', 'Timeline', 'Search', 'Teacher Resources', and 'About'. The main content area is divided into two columns. The left column shows 'INFERNO CANTO 9' with the original Italian text and line numbers (9.1, 9.4, 9.7, 9.10). The right column shows 'INFERNO CANTO 8' with the English translation. On the far right, there's a search bar and a list of filters: 'People: (14)', 'Places: (11)', 'Creatures: (10)', 'Deities: (0)', 'Structures: (5)', 'Images: (1)', and 'Music: (1)'.

Fuente: worldofdante.org

El buscador también aprovecha el marcado de datos, permitiendo a los usuarios limitar sus búsquedas no sólo a los diferentes cantos, sino también a partir de ciertos atributos propios de cada una de las entidades identificadas en la obra: personas, lugares, estructuras, criaturas, deidades e

Figura 54. Fragmento de la búsqueda avanzada de *The World of Dante*

The image shows two search interfaces from the website worldofdante.org. The top interface is titled "Search the Text" and includes a "Keyword" input field. Below it are radio buttons for "in the Italian" (selected) and "in the English". Further down are radio buttons for "Find in" with options "All" (selected), "Inferno", "Purgatory", and "Paradise". A note states: "Note: results will show the search term highlighted in red." The bottom interface is titled "People" and features several input fields: "Name", "Location", and "Description". It also has dropdown menus for "Affiliation", "Ecclesiastical", "Nature", "Source", and "Gender". At the bottom of this section are radio buttons for "Search People for" with "All" (selected) and "Any" options, and a checkbox for "Show Results in Context".

Fuente: worldofdante.org

imágenes. Por ejemplo, podemos limitar una búsqueda a personajes bíblicos y clásicos y especificar si queremos recuperar sólo los bíblicos o los clásicos y sólo los masculinos o los femeninos.

En cuanto al uso de TEI en el ámbito de las bibliotecas digitales, encontramos múltiples ejemplos en distintos proyectos. Uno en nuestro país es la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, donde se incorpora en el flujo de trabajo dedicado a la producción de libros digitales en diferentes formatos a partir del documento TEI XML (Bia Platas y Sánchez Quero, 2001).



6. Información y datos geográficos

Los datos geográficos describen entidades o fenómenos situados en una localización específica del mundo real (Olmeda, 2014). No obstante, para algunos autores también expresan elementos temporales, o de índole social, cultural o económica, entre otros (Sáez, 2023), lo que implica diferenciar entre geografía y cartografía, limitándose esta última de la representación del espacio sobre mapas.

Los mapas son la forma de representación más obvia y popular de los datos geográficos. Acostumbran a utilizarse para informar sobre posiciones exactas o mostrar patrones espaciales, aunque también es posible implementar sobre ellos aplicaciones que presentan servicios relacionados con la movilidad. En la actualidad, también se utilizan como parte de narrativas que incorporan otros elementos como texto o audiovisuales.

6.1. Estándares y formas de representación de datos geográficos

A continuación, se recogen algunos de los estándares y formatos de representación de datos geográficos más utilizados, junto con una selección de las formas de visualización más habituales.

6.1.1. Formatos de intercambio de datos

KML (Keyhole Markup Language) es un lenguaje de marcas pensado para expresar información geográfica en dos o tres dimensiones (coordenadas, marcas, polígonos, descripciones de texto...) en el ámbito de los sistemas de información geográfica (SIG o en inglés, Geographic Information Systems, GIS). KML se desarrolló para su uso en Google Earth aunque, desde 2008, es un estándar abierto y de carácter internacional promovido por el Open Geospatial Consortium (OGC) como forma de intercambio de datos geográficos. La estandarización del formato dio lugar a OpenGIS® KML Encoding Standard (OGC KML), gracias a lo cual se ha integrado en numerosas aplicaciones abiertas y comerciales, algunas de las cuales mencionaremos con más detalle en apartados posteriores.

Todo documento KML parte de un elemento raíz <kml> y contiene, normalmente, un elemento <Document>. Dentro de este elemento podemos encontrar puntos de interés concretos dentro de un elemento <Placemark>, descrito con un nombre (<name>), descripción (<description>) y un punto (<point>) con información geográfica (<coordinates>).

Figura 55. Ejemplo simple de un documento KML

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
3   <Document>
4     <name>Reino de Navarra</name>
5     <Placemark>
6       <name>Palacio Real de Olite</name>
7       <description>El Palacio de los Reyes de Navarra de
8         Olite, Palacio Real de Olite o Castillo de Olite es una
9         construcción de carácter cortesano y militar erigida
10        durante los siglos XIII y XIV en la localidad de Olite
11        (Navarra, España)</description>
12       <Point>
13         <coordinates>-1.6497199,18,42.4818426</coordinates>
14       </Point>
15     </Placemark>
16   </Document>
17 </kml>
```

Fuente: elaboración propia

Dentro de los elementos <Placemark> es posible marcar puntos de referencia individuales, pero también es posible crear líneas (LineString), círculos (LinearRing) o polígonos (Polygon), entre otras formas geométricas.

El estándar KML también permite almacenar información temporal como momentos concretos, es decir, una fecha específica, o un intervalo con una fecha de inicio y final.

Figura 56. Datos temporales en una etiqueta KML

```
1 <TimeStamp>
2   <when>1997-07-16T07:30:15Z</when>
3 </TimeStamp>
```

Fuente: elaboración propia

GeoJSON es otro estándar abierto pensado para representar e intercambiar datos geográficos junto a otros atributos no espaciales basado en el también lenguaje de representación de datos espaciales WKT (Well Known Text) y que utiliza el formato de codificación JSON.

Figura 57. Ejemplo de fichero GeoJSON que recoge información sobre dos puntos de interés

```
1 {
2   "type": "FeatureCollection",
3   "features": [
4     {
5       "type": "Feature",
6       "geometry": {
7         "type": "Point",
8         "coordinates": [-3.649265, 42.376425]
9       },
10      "properties": {
11        "name": "Ataquera",
12        "description": "Un conjunto de yacimientos arqueológicos y paleontológicos."
13      }
14    },
15    {
16      "type": "Feature",
17      "geometry": {
18        "type": "Point",
19        "coordinates": [3.110634, 42.130047]
20      },
21      "properties": {
22        "name": "Asurias",
23        "description": "Ruinas de una ciudad griega y romana."
24      }
25    }
26  ]
27 }
```

Fuente: elaboración propia

Con este estándar es posible representar puntos concretos (lugares de interés), líneas (fronteras, calles, autopistas...), polígonos (países, regiones, zonas...), así como colecciones o agrupaciones de cualquiera de los tipos anteriores. Además, también está abierto a la inclusión de metadatos adicionales que sea necesario asociar a estas geometrías.

Se utiliza con frecuencia en bibliotecas de cartografía digital como Leaflet o Mapbox y como formato para el intercambio de datos. Entre sus ventajas destaca su facilidad de lectura y rapidez de procesamiento frente a otros estándares basados en XML.

6.1.2. Formas de visualización

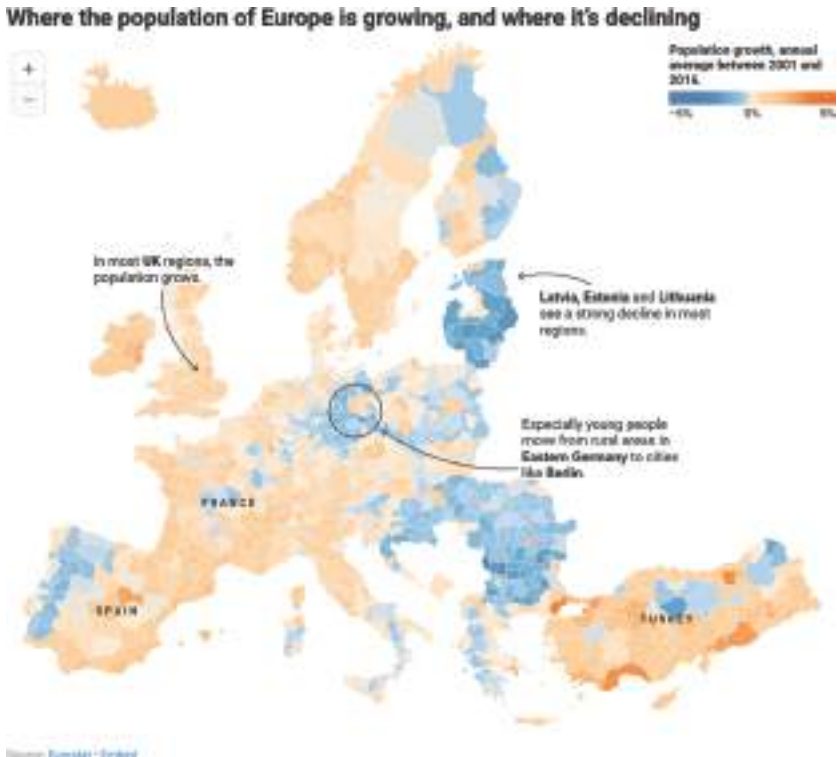
Existen diferentes tipos de mapas que permiten comunicar y resolver tareas a partir de datos geográficos y espaciales.

Los mapas coropléticos (o de coropletas) muestran los valores de una variable sobre un mapa mediante áreas coloreadas, es decir, despliegan directamente las áreas asociadas a los datos como marcas. Los colores se utilizan para representar una variable numérica (normalmente clasificada en intervalos) o la pertenencia a una categoría específica. Concretamente, se utiliza la saturación y la luminosidad para expresar valores de tipo ordinal o cuantitativo. Son de utilidad cuando se busca encontrar patrones geográficos en los datos categorizados por zonas o regiones.

En los mapas de símbolos proporcionales se sitúan iconos o símbolos, normalmente en forma de círculo (o burbujas), con un tamaño proporcional a la variable representada, los cuales aparecen sobre la región a la que corresponden. Son de utilidad en el campo de la cartografía cuantitativa para representar valores totales (por ejemplo, el número de habitantes) relacionados con una superficie. Las tareas que permiten llevar a cabo son la localización de elementos que cumplen un criterio específico y la identificación de tendencias. Al usar este tipo de representaciones se dificulta la forma específica de las áreas de interés, por lo que normalmente se agrega información auxiliar dentro o cerca del símbolo utilizado. Frente a otras visualizaciones, esta es menos escalable, pues la superposición y el tamaño de las burbujas imponen límites en este sentido.

Los mapas de puntos permiten mostrar variables cuantitativas, normalmente discretas, a través de puntos, donde cada punto representa un valor unitario. Se utilizan para mostrar la distribución de un fenómeno (número de habitantes, incidencias de una enfermedad, ubicaciones de negocios, de fauna, plantaciones agrícolas, accidentes de tráfico...), por lo que resultan de utilidad para analizar distribuciones espaciales y determinar formas (áreas que concentran un mayor volumen de datos, los límites de un territorio...).

Figura 58. Mapa de coropletas interactivo con anotaciones creado con Datawrapper



Fuente: blog.datawrapper.de

Los mapas de calor permiten representar zonas calientes y frías en los datos. Normalmente, se utilizan para mostrar la cantidad o intensidad de un fenómeno en una posición determinada. Suele aplicarse sobre áreas, aunque también puede utilizarse sobre líneas o trayectorias. Por ejemplo, para mostrar información sobre viajes, rutas comerciales...

Los mapas de conexión o de flujos muestran conexiones entre puntos que presentan algún tipo de relación geográfica. Por ejemplo, pueden utilizarse para mostrar rutas a través de una cadena de puntos y líneas, revelar patrones espaciales o mostrar la concentración de conexiones en un área determinada. La forma más simple de representar un flujo de movimientos es mediante dos puntos (origen y destino), junto a un atributo cuantitativo que permita visualizar la importancia como, por ejemplo, su grosor o color.

Figura 59. Mapa de calor creado con el software CARTO



Fuente: carto.com

6.2. Sistemas de información geográfica, bases de datos, APIs y bibliotecas de cartografía digital

Un sistema de información geográfica (SIG) es un software que permite capturar, almacenar, gestionar, organizar, modelar, manipular, analizar y visualizar datos geoespaciales a través de representaciones cartográficas (Burrough, 1986). Cuando se utilizan para representar datos procedentes del pasado, se habla de SIG históricos (en inglés, *historical GIS* o *HGIS*). Las aplicaciones que se ajustan a esta variante están específicamente diseñadas para un análisis geográfico centrado en un enfoque en la interpretación histórica y la representación espacial y temporal de datos (Gregory y Ell, 2007).

Una base de datos geográfica es una colección de datos espaciales almacenados de forma estructurada de acuerdo con criterios espaciales y pensada para dar soporte a la gestión y consultas de información de tipo geográfico. Este tipo de bases de datos son una parte fundamental de los SIG en tanto que se encargan de gestionar la información que estos manipulan.

Los institutos cartográficos nacionales de cada país cuentan con sus propias bases de datos geográficas. También existen diferentes agencias y empresas privadas que ofrecen este tipo de servicios. Entre las bases de datos geográficas abiertas destaca GeoNames, un proyecto distribuido bajo licencia Creative Commons muy popular por su integración en múltiples proyectos relacionados con tecnologías de la web semántica.

En una base de datos geográfica podemos distinguir tres tipos de entidades: datos alfanuméricos, vectoriales y ráster (Botella, 2011). Los datos alfanuméricos recogen información de carácter numérico y textual como, por ejemplo, nombres de localizaciones o su población. Los datos vectoriales pueden ser lineales o de área, y permiten almacenar objetos situados en un punto específico del espacio como un edificio, un río, una parcela o un árbol. Finalmente, los objetos ráster pueden ser de dos tipos: coberturas e imágenes ráster. Las coberturas son información geoespacial que representa fenómenos cuyos valores varían en cada punto del territorio (calidad del aire, la cantidad de nitratos en el suelo...). Por otro lado, las imágenes ráster son fotografías aéreas que se sitúan sobre el territorio.

Más allá de estas tecnologías en las últimas dos décadas también han surgido diferentes APIs y bibliotecas de software que facilitan el acceso a servicios de información cartográfica pensadas para su integración en otros productos, facilitar la creación de terceras aplicaciones para ofrecer servicios basados en la localización, o simplemente para crear y distribuir mapas dentro de un sitio web. Algunas de estas soluciones son QGIS, Google Maps, OpenStreetMaps, Mapbox, Carto o Leaflet, por citar algunas de las más populares.

QGIS (Quantum GIS) es una aplicación de código abierto multiplataforma (Windows, macOS y Linux) que facilita la creación, edición, visualización, análisis y publicación de información geoespacial. Lanzado en 2002, QGIS ha crecido considerablemente gracias a una comunidad activa de desarrolladores y usuarios que contribuyen continuamente a su desarrollo y expansión. Una de las principales fortalezas de QGIS es su capacidad para integrarse con una amplia gama de formatos y servicios de datos geoespaciales. En este sentido, QGIS puede leer y escribir numerosos formatos, incluidos shapefiles, GeoTIFF o PostGI, entre otros. Además, se puede conectar a servicios web como WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service), y otros servicios OGC (Open Geospatial Consortium), lo que permite a los usuarios incorporar datos de diversas fuentes externas. La aplicación también es conocida por su potente funcionalidad de análisis espacial, permitiendo a los usuarios realizar operaciones complejas como análisis de redes, interpolación, análisis de ráster u operaciones de vectorización. La extensión de QGIS mediante *plugins* es otro aspecto destacado gracias a la rica biblioteca de extensiones desarrolladas por la comunidad y que van desde herramientas de procesamiento avanzado, hasta integraciones con otros SIG y sistemas de gestión de bases de datos. Una característica fundamental de QGIS es su interfaz intuitiva y personalizable. Con ella es posible crear mapas y visualizaciones personalizadas, aplicando simbología avanzada y etiquetas, para la generación de mapas temáticos que pueden ser exportados en varios formatos para su uso en informes y presentaciones. QGIS también soporta la producción de mapas impresos de alta calidad mediante su compositor de mapas integrado. Además de sus capacidades de análisis y visualización, QGIS se utiliza ampliamente para la edición de datos geoespaciales, permitiendo crear y modificar capas vectoriales y ráster, realizar georreferenciación de imágenes y digitalizar nuevas características directamente en el software. Esta capacidad de edición es esencial para muchas aplicaciones prácticas, como la gestión de recursos naturales, la planificación urbana y la investigación ambiental.

Google Maps es un servicio en línea de Google que ofrece diferentes funcionalidades a partir de un servidor de aplicaciones de mapas digitales interactivos. Se trata de un servicio que dispone, entre otras funcionalidades, de la posibilidad de visualizar fotografías por satélite de todo el mundo, obtener la ruta entre diferentes ubicaciones, o incluso imágenes a pie de calle de diferentes puntos del mundo (Google Street View). La API de Google Maps, disponible desde 2006, ofrece una interfaz de programación que permite a los desarrolladores integrar mapas de Google en sus propias aplicaciones y sitios web, ofreciendo una amplia gama de funcionalidades, como la capacidad de añadir marcadores personalizados, crear rutas de navegación, y utilizar datos geoespaciales para crear potentes aplicaciones

basadas en la localización. La API de Google Maps se ha convertido en una herramienta esencial en muchos proyectos, permitiendo la integración de características avanzadas como Street View, geocodificación (conversión de direcciones en coordenadas geográficas), y capas de tráfico en tiempo real.

OpenStreetMap (OSM) es un proyecto colaborativo iniciado en 2004 por Steve Coast, con la misión de crear un mapa libre y editable del mundo. A diferencia de Google Maps, OSM se basa en contribuciones de voluntarios de todo el mundo, lo que le permite mantener un modelo de datos abierto y libre de restricciones de uso. Un proyecto con una filosofía similar a la de Wikipedia, en el que cualquier usuario puede colaborar en la generación de contenido. De hecho, desde 2009, la OpenStreetMap Foundation y Wikipedia colaboran integrando mapas del primero en los artículos de la enciclopedia (Haklay y Weber, 2008). Las APIs de OSM, como la API principal para edición y recuperación de datos, y la Overpass API, que facilita consultas complejas sobre los datos de OSM, son ampliamente utilizadas por desarrolladores que buscan una solución de mapas completamente abierta. OSM ha ganado popularidad en aplicaciones que requieren mapas personalizados y específicos, ya que permite a los desarrolladores extraer y manipular datos geoespaciales según sus necesidades exactas sin las restricciones propias de la licencia de Google.

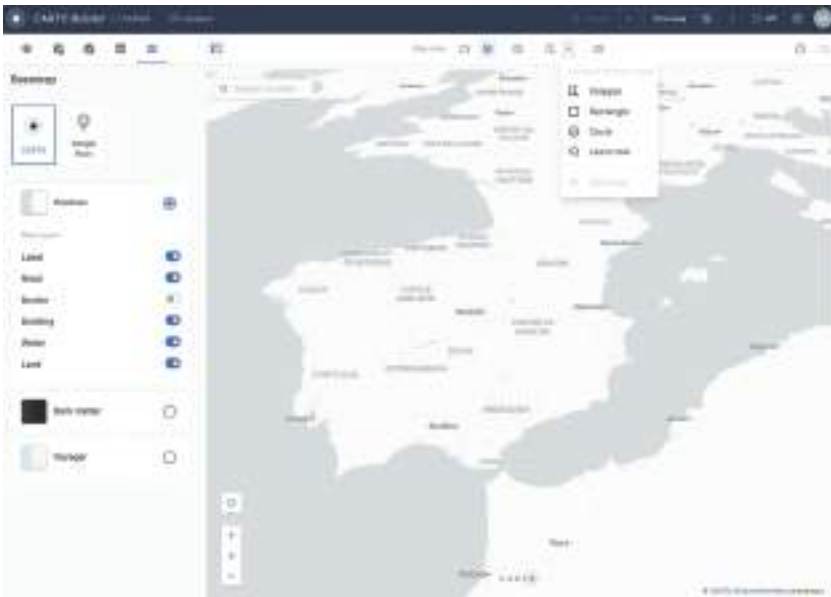
Bing Maps, desarrollado por Microsoft, fue lanzado en 2005 como parte de la plataforma de búsqueda de MSN. La API de Bing Maps proporciona herramientas similares a las de Google Maps, permitiendo a los desarrolladores integrar mapas interactivos en aplicaciones web y móviles. Las funcionalidades incluyen la capacidad de añadir marcadores, calcular rutas, y realizar geocodificación y geocodificación inversa. Bing Maps destaca por su integración con otros servicios de Microsoft como Azure, lo que facilita la creación de soluciones empresariales que pueden aprovechar la infraestructura en la nube de Microsoft. Además, Bing Maps ofrece servicios avanzados de análisis geoespacial y datos de tráfico en tiempo real.

A diferencia de Google Maps o Bing Maps, que son servicios de mapas mucho más completos, Mapbox se centra en ofrecer herramientas para crear mapas altamente personalizables y adaptables. La API de Mapbox permite a los desarrolladores diseñar mapas totalmente personalizados a nivel visual, integrar datos en tiempo real, y utilizar herramientas de análisis geoespacial avanzadas. Mapbox también proporciona un SDK (kit de desarrollo de software) que permite la renderización de mapas vectoriales en tiempo real con un alto nivel de interactividad y rendimiento.

CARTO, originalmente lanzado en 2012 como CartoDB, es un servicio fundado por Javier de la Torre y Sergio Álvarez. La plataforma se centra en el análisis y la visualización de datos geoespaciales, permitiendo a los

usuarios transformar datos de ubicación en mapas interactivos y aplicaciones de análisis espacial. Carto destaca por su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y realizar análisis complejos, lo que lo convierte en una herramienta interesante tanto para empresas, gobiernos, u organizaciones que necesitan tomar decisiones basadas en datos geográficos. La API de CARTO y su plataforma de desarrollo proporcionan una variedad de herramientas para la creación de aplicaciones geoespaciales. Con CARTO es posible integrar datos de múltiples fuentes, realizar análisis geoespaciales avanzados y crear visualizaciones interactivas. Una de las características distintivas de CARTO es su motor de análisis, que permite realizar operaciones geoespaciales complejas, como el análisis de proximidad o la identificación de patrones espaciales. Su interfaz es intuitiva y fácil de usar, lo que permite a usuarios no técnicos crear y personalizar mapas sin tener que profundizar en el código fuente a diferencia de las soluciones anteriores. Además, la plataforma es altamente extensible, cuenta con soporte para SQL y una integración robusta con lenguajes de programación como Python y JavaScript, lo que permite crear soluciones totalmente personalizadas.

Figura 60. Interfaz de CARTO



Fuente: elaboración propia

Leaflet es una biblioteca de JavaScript de código abierto lanzada en 2011 por Vladimir Agafonkin. Es ligera y fácil de usar. Está diseñada para crear mapas interactivos que se pueden integrar en aplicaciones web y destaca por su simplicidad y flexibilidad, permitiendo a los desarrolladores añadir rápidamente mapas interactivos a sus proyectos con muy poco código. A pesar de su tamaño reducido, Leaflet soporta una amplia gama de funcionalidades, incluyendo la adición de capas, marcadores, *popups* o controles de navegación, entre otros. La comunidad de Leaflet ha creado numerosos *plugins* que extienden sus capacidades, permitiendo la integración con diversos servicios de mapas y la adición de características avanzadas.

6.2.1. Aplicación práctica de las tecnologías de cartografía digital

Un proyecto en el que convergen la apertura de datos y una interfaz basada en un sistema de información geográfica es la Carta Arqueológica de Barcelona creada por el Servicio de Arqueología de Barcelona. En este proyecto se proporciona acceso a toda la información obtenida a partir de las memorias de intervención realizadas (datos geográficos, textos e imágenes) sobre un mapa digital interactivo

En paralelo, el servicio de archivo ofrece también acceso a través de su repositorio en línea a la misma y otra documentación técnica, en este caso a través de un catálogo en línea implementado con el software AtoM, más orientado a la búsqueda y consulta de documentación específica. Se trata por tanto también de un ejercicio de reutilización de los contenidos a través de diferentes proyectos que implementan interfaces de acceso, consulta y uso muy distintas enfocadas a diferentes perfiles de usuario y necesidades.

El proyecto *Mapping the Republic of letters* de la Universidad de Stanford estudia las redes de correspondencia de los intelectuales de los siglos XVI a XVIII. El proyecto se centra fundamentalmente en los recorridos, las rutas y conexiones entre personas a través de sus cartas y no tanto en su contenido, y se vale de la colaboración entre instituciones que han ido catalogando y digitalizando sus respectivos fondos de archivo.

Figura 61. Detalle de la Carta Arqueológica de Barcelona



Fuente: cartaarqueologica.bcn.cat

Figura 62. Detalle de la visualización interactiva de la red de correspondencia de Voltaire del proyecto Mapping the Republic of letters de la Universidad de Stanford



Fuente: republicofletters.stanford.edu

7. Interacción persona-ordenador

Una buena parte de los proyectos de HD implican la creación de algún tipo de interfaz a través de la cual se facilita la interacción entre el contenido y los usuarios. La interfaz es la conexión funcional física o lógica entre dos sistemas, programas o componentes. Las interfaces de usuario son la forma de conexión entre ordenadores y personas. Como usuarios dependemos en gran medida de las interfaces para poder llevar a cabo tareas como la recuperación de la información, la comparación de datos, lectura u otras.

La IPO, conocida en inglés como Human-Computer Interaction (HCI) o Computer-Human Interaction (CHI), es la “disciplina relativa al diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para uso por parte de personas, así como del estudio de los principales fenómenos relacionados con ellos” (Hewett y Baecker, 1992).

La IPO se centra en comprender cómo se lleva a cabo la interacción entre las personas y los ordenadores, prestando especial atención a los numerosos factores interrelacionados propios de esta interacción, como los factores humanos, los contextos de uso, o la arquitectura e interfaces de usuario. LA IPO y todo un conjunto de disciplinas relacionadas como la usabilidad, la accesibilidad o la arquitectura de la información, buscan asegurar que estas interfaces sean intuitivas, eficientes y accesibles para los usuarios, permitiendo así una experiencia de usuario satisfactoria y efectiva. Estas disciplinas buscan entender las necesidades y comportamientos de los usuarios, adaptarse a sus capacidades, así como organizar la información de manera clara y coherente para facilitar su acceso y comprensión.

Por su parte, la norma ISO 9241-210:2019 define el concepto de experiencia de usuario (UX) como las “percepciones y respuestas de una persona que resultan del uso o uso anticipado de un producto, sistema o servicio”. Un concepto complejo, multidimensional y que atañe a una gran diversidad de actividades y disciplinas entre las que se incluyen la usabilidad, la accesibilidad o la arquitectura de la información, entre otras muchas.

El término UX se populariza a mediados de los noventa gracias al trabajo seminal de Norman (1995), donde se describen de manera exhaustiva todos aquellos aspectos de la experiencia de un individuo con un sistema, ampliando el alcance más allá de conceptos, mucho más específicos, como la usabilidad, incapaces de proporcionar una visión holística de la interacción persona-ordenador.

Si bien diversos autores han intentado sistematizar las características que determinan una buena UX, lo cierto es que no existe un consenso generalizado y, cada trabajo o disciplina tiende a centrarse en aquellos aspectos que le son más cercanos. Por ejemplo, para Morville (2004) la mejor UX se consigue diseñando productos útiles, utilizables, deseables, accesibles y creíbles.

La IPO y la UX son fundamentales en cualquier proyecto de HD porque ayudan a garantizar que los productos y servicios desarrollados sean accesibles y usables para los usuarios finales. Abordar el diseño de cualquier interfaz partiendo de buenas prácticas en materia de arquitectura de la información, usabilidad y accesibilidad permite obtener resultados que redundan en interfaces más intuitivas, eficientes y eficaces, facilitando además el acceso a estos recursos a cualquier tipo de usuario con independencia de sus conocimientos, capacidades o las tecnologías y dispositivos a partir de los cuales acceda al contenido.

7.1. Arquitectura de la información

Rosenfeld y Morville (2006) definen la arquitectura de la información (AI) como “el diseño estructural de espacios informacionales para facilitar la realización de tareas y el acceso a los contenidos de forma intuitiva”.

De todas las disciplinas relacionadas con la UX, la AI es la que presenta una relación más estrecha con las ciencias de la información y la documentación. Algunos ejemplos representativos de esta relación son la investigación y estudio de las necesidades de información de los usuarios, el diseño y evaluación de los sistemas de búsqueda y recuperación de la información, el uso de metadatos y vocabularios controlados para la descripción y el acceso a los contenidos, o la organización del contenido a partir de sistemas de clasificación o taxonomías.

De acuerdo con Rosenfeld y Morville, los principales componentes de la AI son los sistemas de organización, navegación, etiquetaje, búsqueda y el uso de tesauros, vocabularios controlados y metadatos. Todos estos componentes son perfectamente compatibles entre sí y se prestan a facilitar el acceso a los contenidos de manera complementaria, pudiendo ser más o menos útiles de acuerdo con el contexto de uso previsto.

7.1.1. Sistemas de organización

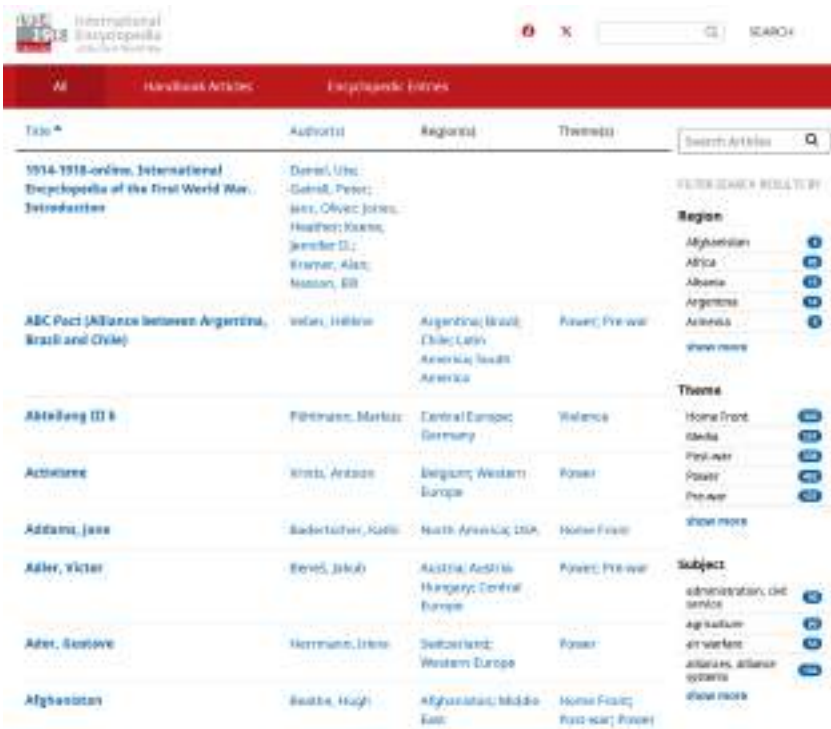
Los sistemas de organización determinan cómo organizamos y clasificamos la información de un sitio web. Están formados por un esquema de organización y una estructura de organización. El primero define las características comunes de los elementos del contenido que se busca relacionar, determinando en parte la agrupación lógica de estos elementos. Por su parte, las estructuras de organización definen los tipos de relaciones que se establecen entre los elementos de contenido.

En cuanto a sistemas de organización, podemos distinguir entre los exactos, los ambiguos y los híbridos. A su vez, los sistemas de organización exactos pueden ser:

- Alfabéticos: los elementos de información se organizan y ordenan alfabéticamente, por ejemplo, un directorio de personas ordenado por el primer apellido de cada integrante.
- Cronológicos: los elementos de información se organizan de acuerdo con una fecha relacionada con el contenido (creación, publicación...).

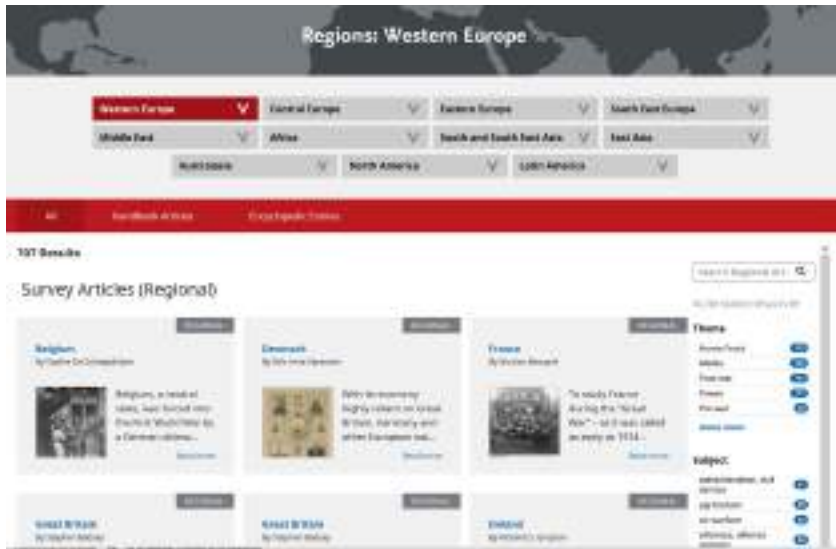
- Geográficos: el criterio de organización de los elementos de información es la localización geográfica a la que hacen referencia. Generalmente, se valen de mapas para mostrar y dar acceso a cada elemento, aunque también pueden implementarse con texto organizando el contenido en regiones o países.

Figura 63. Las entradas de la *International Encyclopedia of the First World War* pueden consultarse a través de un sistema de organización alfabético



Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net

Figura 64. Entradas de la enciclopedia mediante un sistema de organización geográfico

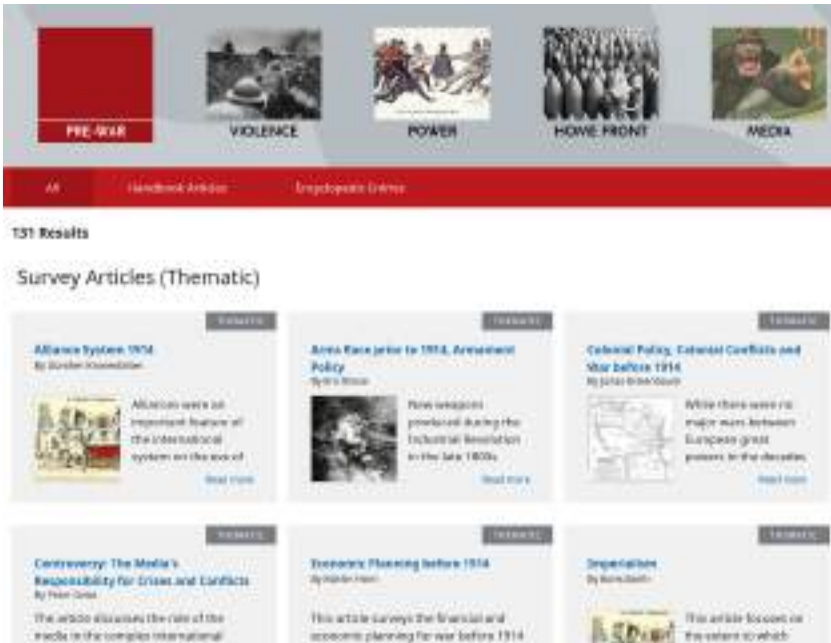


Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net

Entre los sistemas de organización ambiguos encontramos los siguientes subtipos:

- Temáticos: los elementos de organización se organizan de acuerdo con el tema que abordan.
- Orientados a tareas: los elementos de organización se organizan bajo una colección de procesos, funciones o tareas.
- Orientados a la audiencia: los elementos de información se organizan de acuerdo con las necesidades de cada uno de los perfiles de usuarios o audiencias del sitio web.
- Metafóricos: las metáforas permiten a los usuarios entender cosas que aún no conocen, al relacionarlas con otras que sí les son familiares. Un ejemplo tradicional del uso de metáforas en interfaces, lo encontramos en el contexto de los sistemas operativos en que las carpetas, ficheros o papeleras que nos ayudan a entender la función y significado de estos elementos, aun teniendo poco que ver con sus equivalentes del mundo real.

Figura 65. Entradas organizadas bajo categorías temáticas



Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net

Finalmente, los sistemas de organización híbridos combinan dos o más de los anteriores.

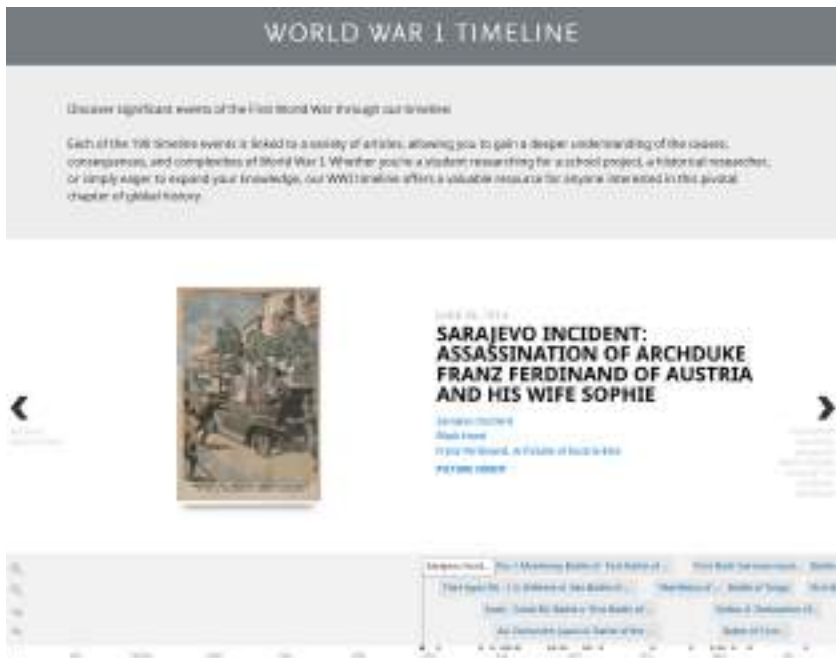
Por lo que respecta a las estructuras de organización, podemos distinguir entre las siguientes categorías:

- Jerárquicas: el modelo de clasificación adopta la forma de un árbol invertido en que los elementos se organizan en torno a relaciones jerárquicas genericoespecíficas (categoría/miembro), partitivas (todo/parte) o de ocurrencia (categoría general/ocurrencia individual).
- Basadas en registros: son estructuras asociadas a las bases de datos distribuidas en línea. Los elementos de información se presentan en forma de registros formados por los diferentes campos que definen a cada entidad.
- Hipertextuales: también conocida como estructura en red, es una forma no lineal de estructuración de la información. Se basa en el uso del hipertexto para ayudar a los usuarios, de manera más o

menos aleatoria, a navegar por el sitio web. Se trata de una estructura de organización que raramente se utiliza de manera exclusiva, pero que, en cambio aparece en todos los sitios de Internet como complemento o dando soporte navegacional a las estructuras de organización principales.

- Secuenciales: estructuran el contenido de manera lineal, con un inicio y final propuestos de antemano a los visitantes del sitio web.
- En tablas o matrices: como en el caso de las estructuras hipertextuales, suelen utilizarse en combinación de otras estructuras. Concretamente, utilizan tablas o matrices para estructurar el contenido de cada página.

Figura 66. Líneas de tiempo



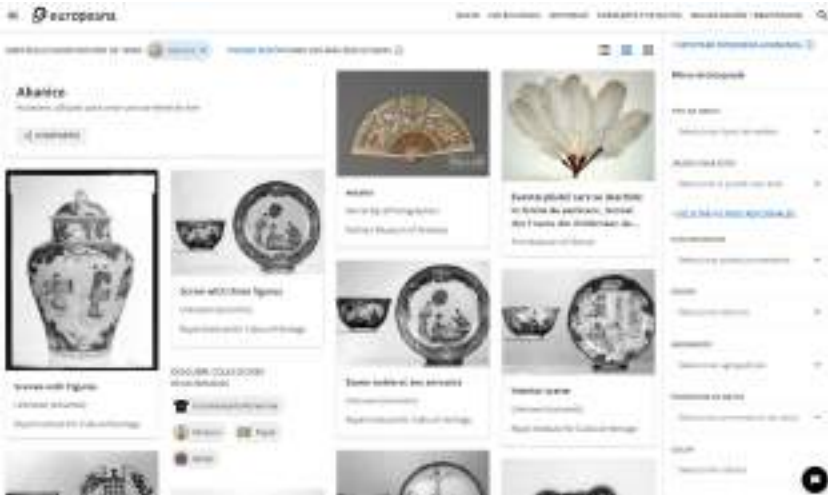
Nota: las líneas de tiempo utilizan estructuras secuenciales para mostrar eventos sobre un eje cronológico. Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net

7.1.2. Sistemas de navegación

Un sistema de navegación es una estructura arquitectónica que permite ordenar y agrupar los contenidos de un sitio web bajo unas categorías determinadas (Pérez-Montoro, 2010). Mediante los sistemas de navegación es posible identificar las relaciones que se establecen entre los elementos de información que forman parte de ellos, normalmente, a través de jerarquías.

En el contexto de un sitio web, los sistemas de navegación se utilizan principalmente para la creación de los menús de navegación principales y secundarios. Adicionalmente, los encontramos también en las denominadas migas de pan o hilos de Ariadna, un elemento arquitectónico importantísimo para asegurar que el usuario no se pierda al navegador dentro de un sitio web, facilitando saber, en todo momento, dónde se encuentra y de dónde viene). También se integran en los mapas del sitio y los índices, espacios en los que se relacionan y listas todas las páginas de un sitio web.

Figura 67. “Colecciones” de Europeana



Nota: partiendo de la página “Colecciones” de Europeana propone una navegación facetada a partir de la cual es posible seleccionar una temática o faceta (en el ejemplo “abanico”) y seguir filtrando en la página de resultados activando otras que funcionan como filtro (tipo, licencia, proveedor, color...). Fuente: europeana.eu

7.1.3. Etiquetado

El etiquetado de un sitio web es una forma de representación o caracterización de los contenidos a partir de palabras del lenguaje natural o mediante el uso de metáforas representadas por iconos u otro tipo de imágenes. Se trata de un factor crítico para la localización de la información dentro de un sitio web. Un correcto etiquetado permite a los usuarios identificar rápidamente la sección o elemento de información que buscan. Por el contrario, un etiquetado incorrecto o ambiguo dificultará a los usuarios encontrar aquello que buscan.

En el contexto de un sitio web, podemos identificar el uso de los sistemas de etiquetado en los menús de navegación, los títulos de las páginas y de los encabezamientos de cada sección, en las etiquetas o categorías mediante las cuales se describe u organizan los contenidos de un sitio web o en los textos ancla de los enlaces, entre otros.

Al determinar las etiquetas de cualquiera de estos elementos debemos tener en cuenta los siguientes principios:

- Evita términos ambiguos o complejos. Todas las etiquetas deben ser fáciles de entender.
- Utiliza etiquetas breves, pero suficientemente descriptivas para cada una de las páginas a las que enlazan.
- Sé consistente en cuanto a su diseño, forma, ubicación y texto a lo largo de todo el sitio web.
- Si utilizas iconos, aunque sean universalmente reconocibles, utiliza texto para reforzar su significado y garantizar su accesibilidad.

7.1.4. Sistemas de búsqueda

Los sistemas de búsqueda facilitan formas alternativas y complementarias de acceso a los contenidos de un sitio web, a las propuestas a partir de los sistemas de organización y navegación. Mientras que, en el sistema de navegación, el usuario explora una estructura (normalmente un menú compuesto por varios hipervínculos) para acabar seleccionando un enlace que le dirige a un contenido específico, en los sistemas de búsqueda ese mismo usuario interroga al sistema mediante una ecuación de búsqueda construida a partir de unas reglas determinadas o sintaxis.

Al hablar de sistemas de búsqueda, podemos diferenciar entre sistemas reactivos y proactivos. Los reactivos acompañan en su consulta al usuario, que es quien inicia el proceso de búsqueda introduciendo la ecuación en el

buscador del sitio web. En cambio, los proactivos ofrecen a los usuarios los resultados de una búsqueda preestablecida, normalmente configurada previamente, aunque no siempre es así, y sin que este la haya reclamado explícitamente. Algunos ejemplos dentro de esta segunda categoría son los sistemas de alertas, de difusión selectiva de la información, los resultados de búsqueda relacionados que un buscador muestra a partir de ciertas características de los objetos recuperados para la búsqueda del usuario o, incluso, el *feed* de contenidos recomendados que un sitio web o aplicación muestra a los usuarios en base a su historial, preferencias o actividad reciente.

Una de las partes fundamentales de los sistemas de búsqueda es la página de resultados. Más allá del correcto funcionamiento del motor de búsqueda, resulta imperativo que el sistema ofrezca una interfaz clara, que permita a los usuarios varias opciones de ordenación de los resultados obtenidos (alfabética, por relevancia, por fecha...).

En el mismo sentido, la información que el sistema ofrece en la página de resultados para cada uno de los recursos recuperados debe ser suficientemente significativa para que el usuario pueda evaluar la adecuación de cada resultado de acuerdo con su necesidad de información.

Figura 68. Ejemplos de *snippets*



Nota: en el ejemplo de la izquierda (Memòria Digital de Catalunya), los *snippets* están formados únicamente por una miniatura y el título del documento. En el ejemplo de la derecha (Digital Public Library of America) se ofrece mucha más información: título, autor, fragmento de la descripción e institución en la que se encuentra el documento. Cada recurso debe encontrar un equilibrio y utilizar los campos necesarios para permitir a los usuarios analizar la relevancia de cada resultado. Fuente: elaboración propia a partir de mdc1.csuc.cat y dp.la

Tradicionalmente, las páginas de resultados muestran, para cada registro, su título –que normalmente funciona como enlace, el autor, la fecha y una breve descripción textual del contenido. De acuerdo con la naturaleza de cada sitio y de sus propios contenidos, estos elementos pueden variar. Todos ellos en su conjunto forman los denominados *snippets*.

7.1.5. Vocabularios controlados

Los vocabularios controlados forman parte intrínseca de la ciencia de la información y la documentación y aportan consistencia a la práctica catalográfica y los procesos de clasificación e indexación. Desde un punto de vista semiótico al hablar de significado y representación del conocimiento podemos identificar tres dimensiones: a) referentes o cosas, es decir, objetos y otras entidades presentes en la realidad; b) conceptos con un significado asociado; y c) términos o denominaciones y nombres que utilizamos al comunicarnos (Odgen y Richards, 1923). Los conceptos son “construcciones mentales que sirven para clasificar entidades individuales del mundo exterior e interior mediante abstracciones arbitrarias” (ISO, 2009). Los términos son, en un contexto de especialidad, designaciones de un concepto formadas por una o más palabras, que poseen una parte significativa que, en terminología, se denomina concepto.

La clasificación es la disciplina que se encarga de la organización lógica del conocimiento humano. Es también el proceso analítico consistente en identificar la materia o tema principal de un recurso de información, así como la disciplina a la que pertenece, con el objetivo de formalizarla y expresarla mediante un lenguaje preestablecido, que presenta sistemáticamente los conceptos bajo diversas agrupaciones temáticas. Es decir, clasificar es agrupar en categorías o clases un conjunto de recursos de acuerdo con su naturaleza o contenido.

Los sistemas de clasificación garantizan una recuperación de la información rápida y eficaz. De acuerdo con la naturaleza del proyecto que tengamos entre manos, es posible que debamos trabajar con un tipo u otro de sistema de clasificación. Así, al trabajar con fondos de archivo, probablemente el acceso a los contenidos se estructure a partir de un cuadro de clasificación archivística. Esto es, una clasificación que reproduce las funciones y procesos –o, en algunos casos, la estructura de una organización– mediante los cuales han sido creados los documentos de un fondo. En otros casos, utilizaremos una taxonomía como forma de organización del conocimiento, a partir de la cual, es posible, por ejemplo, generar el sistema de navegación del sitio web. En las taxonomías se lleva a cabo un control de la ambigüedad de los términos, de sinónimos, así como de relaciones jerárquicas.

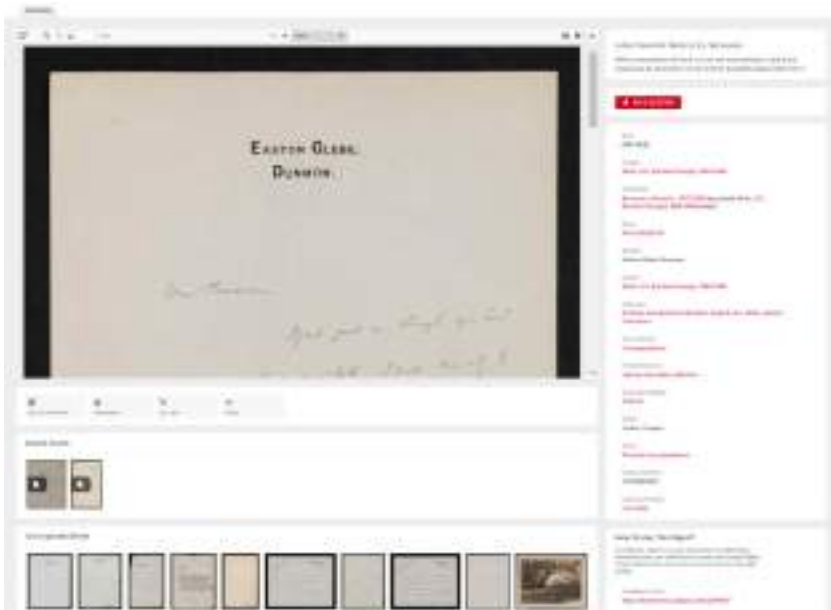
Figura 69. Fragmentos del fondo de archivo de la Norman Foster Foundation



Nota: En la parte izquierda es posible observar algunos fragmentos del cuadro de clasificación del fondo de archivo de la Norman Foster Foundation. Fuente: archive.normanfos-terfoundation.org

La indexación se refiere al proceso intelectual consistente en representar el contenido de un recurso de manera precisa, mediante términos que expresan conceptos. Estos términos pueden ser palabras clave, descriptores procedentes de un tesauro, encabezamientos de materia, entre otros.

La función de los lenguajes de indexación es facilitar la recuperación de los recursos que abordan uno o más conceptos específicos. En este sentido, resulta esencial que cualquiera de estos vocabularios refleje con la mayor fidelidad posible los términos, relaciones y distinciones conceptuales que se pueden dar en los recursos que se están manejando. Los tesauros o las listas de encabezamientos de materia son lenguajes controlados en los que cada descriptor o término presenta un significado preciso. Además, las relaciones entre descriptores permiten ampliar la recuperación de la información proponiendo al usuario nuevos términos o, en algunos sistemas, directamente otros recursos en los que se han utilizado términos relacionados para indexar su contenido.

Figura 70. Uso de lenguajes controlados

Nota: en la parte derecha del registro se observa el uso de lenguajes controlados en los campos lugar (*place*) o materia (*subject*). Utilizarlos de manera consistente en los documentos de las diferentes colecciones permite crear listas de documentos relacionados como los disponibles bajo el visor del documento (*conceptually similar*). Fuente: digitalcollections.ucalgary.ca

El objetivo del control del vocabulario es facilitar la representación de los conceptos a través de términos procedentes de un vocabulario específico, así como la recuperación de la información por parte de los usuarios a partir de estos mismos términos. Para ello, los lenguajes controlados procuran salvar las limitaciones del lenguaje natural. Esto es, la sinonimia y la polisemia. Los tesauros, por ejemplo, definidos por Slype (1991) como una “lista estructurada de conceptos, destinados a representar de manera unívoca el contenido de los documentos y de las consultas dentro de un sistema de información determinado, y a ayudar al usuario en la indexación de los documentos y las consultas”, permiten además establecer diferentes tipos de relaciones semánticas (de equivalencia, jerárquicas y asociativas).

7.1.6. *Diseño e implementación de la arquitectura de la información*

En apartados anteriores hemos introducido los fundamentos que subyacen a los diferentes elementos arquitectónicos que definen esta disciplina. Este último apartado aborda brevemente la metodología básica para la implementación de la arquitectura de la información de un sitio web.

La arquitectura de la información se trabaja a lo largo de cuatro fases: análisis previo, diseño, implementación y evaluación. La fase de análisis se centra en estudiar las posibilidades tecnológicas con las que se contará para el desarrollo del sitio web, en comprender la naturaleza y el alcance del contenido al que se deberá dar acceso, en la identificación y el estudio de referentes, así como en la realización de posibles estudios de usuarios a partir de los cuáles entender mejor las necesidades de las personas a las que se dirige el recurso. Entre los métodos para trabajar con usuarios destacan el *card sorting*,¹⁵ las entrevistas y las encuestas. En la fase de diseño se desarrolla la arquitectura de la información a partir del conocimiento reunido en la fase anterior. Aquí se acostumbra a trabajar con *wireframes* y herramientas de prototipado de diferente fidelidad, interactivas o no. En la fase de implementación se programan, maquetan e introducen en el sistema todos los elementos arquitectónicos planteados en fases anteriores de acuerdo con las convenciones del producto tecnológico que se esté utilizando en cada caso. Finalmente, la fase de evaluación sirve para revisar, de manera iterativa, la adecuación de los sistemas planteados a partir del estudio de métricas de analítica digital (uso del buscador, visitas a páginas del sitio, clics sobre unos enlaces y otros...) o incluso nuevos estudios con usuarios para detectar posibles deficiencias.

Una vez implementada, la arquitectura de la información funciona como un todo. Las distinciones teóricas planteadas en apartados anteriores quedan algo difuminadas cuando varios sistemas se entrelazan para construir componentes que dan acceso a la información y recursos disponibles. La Tabla 5 sintetiza esta idea con algunos ejemplos.

15 El *card sorting* (u ordenación de tarjetas) es una técnica utilizada en la arquitectura de la información con el objetivo de entender cómo los usuarios organizan y categorizan la información. Consiste en pedir a una serie de participantes que organicen tarjetas (que representan diferentes conceptos o contenidos) en grupos que tengan sentido para ellos. Esta técnica permite a los responsables de un sitio web estructurarlos de manera intuitiva, facilitando la navegación y la experiencia del usuario.

Tabla 5. Síntesis de algunos modos de acceso a la información con los sistemas arquitectónicos involucrados y el tipo de información y contexto de uso habitual

Tipo de consulta	Sistema involucrado	Tipo de información recuperada	Contexto de uso
Navegación jerárquica.	Sistema de navegación, sistema de etiquetado.	Páginas o registros estructurados en diferentes niveles de jerarquía.	Facilitar la comprensión de la organización del sitio web y el descubrimiento de contenidos.
Navegación facetada.	Sistema de navegación, sistema de etiquetado, lenguajes controlados.	Registros que cumplen con una o más de las características o propiedades seleccionadas.	Explorar un conjunto de páginas o registros organizadas de acuerdo con un sistema de clasificación facetado mediante la aplicación progresiva de uno o varios filtros.
Navegación intratextual.	Sistema de navegación, sistema de etiquetado.	Páginas o registros relacionados.	Ampliar información sobre un aspecto más específico de un tema o un tema relacionado. Facilitador de procesos serendípicos.
Mapas del sitio.	Sistema de navegación, Sistema de etiquetado.	Esquema integral del sitio web y páginas o registros específicos.	Facilitar la comprensión de la organización del sitio web y dar acceso directo a cualquiera de sus contenidos.
Índices.	Sistema de navegación, sistema de etiquetado.	Páginas o registros específicos.	Facilitar el acceso a un contenido conocido o relacionado con un tema, autor, título..., conocido.
Etiquetas y folksonomías.	Sistema de navegación, sistema de etiquetado, lenguajes controlados.	Páginas o registros etiquetados con un término específico.	Permitir el descubrimiento de contenido relacionado con un término.
Búsqueda a través de los metadatos.	Sistema de búsqueda.	Registros que coinciden total o parcialmente con una ecuación de búsqueda.	Búsqueda de recursos de acuerdo con un criterio específico (autor, formato, fecha de publicación...).

(continúa)

Tabla 5. Síntesis de algunos modos de acceso a la información con los sistemas arquitectónicos involucrados y el tipo de información y contexto de uso habitual (*continuación*)

Tipo de consulta	Sistema involucrado	Tipo de información recuperada	Contexto de uso
Búsqueda avanzada.	Sistema de búsqueda.	Registros que se ajustan a criterios más específicos definidos de antemano por el usuario.	Búsqueda de recursos de acuerdo con varios criterios específicos (fecha, tipo de documento, materia...).
Búsqueda a texto completo.	Sistema de búsqueda.	Páginas concretas en las que se encuentra el texto en bruto.	Búsqueda exhaustiva sobre un concepto en un fondo o colección.
Filtrado de resultados.	Sistema de búsqueda, vocabularios controlados.	Registros que coinciden con la reformulación de la consulta tras la aplicación de una serie de filtros organizados en facetas.	Reformulación de una búsqueda tras la obtención de un número muy elevado de resultados, algunos irrelevantes (ruido).
Personalización y recomendación de contenidos.	Sistema de organización.	Páginas o registros basados en el historial y comportamiento del usuario.	Los contenidos se muestran sin una interacción previa explícita por parte del usuario.

7.2. Usabilidad

La norma ISO 9241-11:2018 define la usabilidad como “la medida en que un sistema, producto o servicio puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar metas con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico”. La usabilidad destaca por ser uno de los atributos más reconocidos de entre todos aquellos que afectan a la calidad de las interfaces y acostumbra a definirse a partir de cinco elementos que determinan el grado de facilidad de uso de un producto o servicio (Nielsen, 2012):

- Facilidad de aprendizaje (*learnability*): cómo de fácil les resulta a los usuarios completar las tareas vinculadas al producto o servicio la primera vez que las abordan.
- Eficiencia: una vez los usuarios se han familiarizado con el diseño, cómo de rápido son capaces de realizar las tareas propuestas.
- Memorabilidad (*memorability*): tras un periodo de inactividad, cómo de fácil resulta a los usuarios volver a utilizar el producto o servicio.
- Gestión de los errores: cuál es la cantidad de errores que se produce en el uso del producto o servicio, cómo de severos son esos errores y cómo de sencillo resulta recuperarse de ellos.
- Satisfacción: cómo de agradable resulta el uso del producto o servicio.

La usabilidad de las herramientas y servicios que forman una infraestructura digital de investigación en HD es un activo clave para su aceptación entre los investigadores. La posibilidad de disponer de un software que atienda a los principios recogidos en la lista anterior facilita una mayor eficacia, eficiencia y satisfacción en el desarrollo de proyectos de investigación en HD. Por otro lado, cuando se aplica a los productos finales desarrollados, el concepto de usabilidad se centra en los usuarios finales, no necesariamente provistos de un perfil técnico o expertos en el área temática del recurso.

7.2.1. Métodos de evaluación de la usabilidad

La usabilidad de una interfaz puede evaluarse mediante diferentes métodos, que pueden clasificarse bajo tres grupos: métodos por inspección, por indagación y de tipo test. En los métodos por inspección intervienen expertos que evalúan el nivel de usabilidad de una interfaz

a través de una inspección exhaustiva del sitio web. Los dos métodos más populares dentro de esta categoría son la evaluación heurística y los recorridos cognitivos. Por otro lado, los métodos por indagación se centran en el análisis de la opinión o el comportamiento de los usuarios a través de entrevistas o mediante la observación de su comportamiento frente a tareas específicas, pudiéndose valorar también así métricas cuantitativas como la efectividad o la eficiencia. Por último, en los métodos basados en test, se evalúan los resultados de la interacción de los usuarios con una interfaz a partir de una serie de tareas específicas, normalmente críticas, con el propósito de evaluar su capacidad para realizar dichas tareas y detectar cualquier obstáculo o factor que pueda dificultar su logro.

7.2.2. Evaluación heurística

Por su capacidad para dar respuestas rápidas, necesitar tan sólo unos pocos evaluadores (entre tres y cinco para dar con el 75% de los problemas), no precisar de la participación directa de los usuarios, implicar un coste más reducido, especialmente cuando la amplitud del enfoque resulta más importante que la precisión de los resultados obtenidos, la evaluación heurística (EH) acostumbra a ser uno de los métodos mejor valorados para evaluar la usabilidad de una interfaz. A continuación, profundizaremos en la metodología de la EH. Antes de ello, es importante destacar que la EH no debe considerarse como un reemplazo del trabajo con usuarios. Ambos métodos son complementarios y ofrecen perspectivas y resultados diferentes.

Las EH es un método de evaluación de la usabilidad en la que un conjunto de evaluadores expertos analiza una interfaz a partir de una serie de principios heurísticos previamente predefinidos (González; Pascual; Lorés, 2001). El origen de esta técnica se remonta al trabajo de Johnson et al. (1989), aunque quienes realmente la popularizaron fueron Nielsen y Molich (1990). Los diez principios heurísticos propuestos posteriormente por Nielsen (1994) son precisamente el conjunto de indicadores más populares. A partir de esta lista genérica de principios, no exenta de dificultades en su aplicación por lo generales que son cada uno de los diez puntos que se proponen evaluar, numerosos autores han propuesto conjuntos de principios mucho más concretos, pensados tanto para evaluar interfaces web en general, como sitios web específicos (comercio electrónico, bibliotecas digitales, medios de comunicación...).

Tabla 6. Los diez principios heurísticos de Nielsen

Principio heurístico	Descripción
Visibilidad del estado del sistema.	La interfaz debe mantener siempre informados a los usuarios de lo que ocurre mediante una retroalimentación adecuada en un plazo de tiempo razonable.
Conexión entre el sistema y el mundo real.	El diseño debe hablar el idioma de los usuarios. Se debe utilizar palabras, frases y conceptos familiares para el usuario, seguir las convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico.
Control y libertad del usuario.	Se debe prever “salidas de emergencia” obvias que permitan abandonar acciones no deseadas o errores de una manera simple y eficiente.
Consistencia y estándares.	El diseño debe basarse en convenciones propias del medio y del sector en el que se enmarca.
Prevención de errores.	Las interacciones deben plantearse de manera que prevenga que los usuarios cometan errores.
Reconocimiento en lugar de memoria.	La interfaz debe permitir al usuario minimizar la carga de memoria mostrando las opciones o acciones disponibles relevantes en aquella situación, mientras que todas, en general, deberían ser fácilmente accesible siempre que sea necesario.
Flexibilidad y eficiencia de uso.	Tanto los usuarios nuevos, como los avanzados deben encontrar formas de interactuar con la interfaz que permitan llevar a cabo las tareas previstas de la manera más eficiente posible. Esto incluye la posibilidad de contar con atajos, accesos directos, entre otros.
Estética y diseño minimalista.	Debe evitarse incluir elementos irrelevantes, superfluos, meramente decorativos o raramente necesarios y prestar atención a los componentes de la interfaz principales.
Ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores.	Los mensajes de error deben mostrarse de la manera más clara y amigable posible, identificando claramente el error, su origen y la manera de corregirlo.
Ayuda y documentación.	Si bien es cierto que el paradigma de la usabilidad es conseguir una interfaz que no requiera de ayuda, en determinados casos puede ser necesario ofrecer documentación, consejos o preguntas frecuentes, las cuales deben estar enfocadas a las tareas del usuario, estar expresadas de manera clara y concreta y no ser demasiado extensa.

Una de las propuestas en habla hispana, ya clásicas que amplían la lista de Nielsen, es la de Hassan y Martín (2003), formada por setenta y dos principios agrupados bajo once categorías: generales, identidad e información, lenguaje y redacción, rotulado, estructura y navegación,

7.3. Accesibilidad

Una gran parte de los proyectos de HD surgen del sector público. Concretamente, de las universidades, aunque también como resultado de proyectos en instituciones de la memoria. En Europa, cualquier producto o servicio digital puesto a disposición de la ciudadanía debe ser conforme a la *Directiva (UE) 2016/2102 del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de octubre de 2016 sobre accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles de los organismos del sector público*. La transposición al ordenamiento jurídico español se completa con el *Real Decreto 1112/2018, de 7 de septiembre, sobre accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles del sector público*, que toma como marco normativo el estándar EN 301 549 (2014), cuya última actualización data de 2021 (v. 3.2.1) y se recoge en la norma UNE-EN 301549:2022. La referencia actual para la elaboración de estas normas son las *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2* publicadas por el W3C (2023b). Estas directrices son el texto normativo de referencia a nivel internacional, adoptadas no sólo en España y Europa, sino también en múltiples países del resto de continentes.

Abordar todas las cuestiones que atañen al diseño y desarrollo de un sitio web accesible sobrepasaría los límites y el enfoque de esta obra y tampoco tendría demasiado sentido teniendo en cuenta que otras cumplen con ese propósito. No obstante, en este apartado intentaremos caracterizar los perfiles de discapacidad más habituales, las barreras con las que se encuentran con más frecuencia al acceder al contenido web, así como las soluciones y ayudas técnicas que utilizan cada uno de ellos. También se recogen algunos problemas de accesibilidad habituales en proyectos de HD.

7.3.1. Discapacidades, barreras y ayudas técnicas

La discapacidad se manifiesta de forma distinta entre las personas. Podemos clasificar las discapacidades en cinco grandes grupos: visuales, auditivas, motoras, cognitivas y del aprendizaje. Junto a estos también se acostumbra a incluir a las personas mayores, un colectivo muy diverso con pluridiscapacidades leves de diversa naturaleza (visuales, auditivas, cognitivas, motrices...). Cada uno de los perfiles anteriores presenta unas necesidades y preferencias específicas, así como el uso de todo un conjunto de ayudas técnicas (lectores de pantalla, magnificadores de texto...) necesarias para salvar las barreras con las que se topan en el acceso al contenido.

A continuación, se resumen las características más importantes de cada uno de los perfiles mencionados anteriormente:

- **Discapacidades visuales:** este perfil engloba a individuos con problemas de visión que van desde la ceguera total o parcial hasta diferentes grados de baja visión, así como a personas daltónicas o con sensibilidad reducida al contraste o sensibles al deslumbramiento. Se trata de un perfil que se caracteriza por la utilización de una importante variedad de ayudas técnicas adaptadas a la condición particular de cada individuo, tales como lectores de pantalla, ampliadores de texto o modos de alto contraste o contraste inverso. Las personas ciegas o con una agudeza visual muy reducida se benefician de las alternativas de texto para el contenido no textual, así como de páginas con un contenido bien estructurado y totalmente compatible con el teclado, ya que no son capaces de utilizar el ratón. Por su parte, los usuarios con baja visión requieren fuentes de tamaño generoso, la capacidad de ajustar el tamaño del texto o combinaciones de colores con un contraste suficiente, entre otros. Dentro de los usuarios con baja visión también encontramos a las personas con daltonismo, quienes requieren combinaciones de colores seguras, así como que el color no se utilice como único mecanismo para transmitir información.
- **Discapacidades auditivas:** las personas con discapacidades auditivas experimentan dificultades o la imposibilidad de percibir el sonido. En algunos casos, esta situación puede ser total o parcialmente corregida mediante el uso de audífonos o implantes cocleares. Dentro de este grupo, se pueden distinguir personas sordas prelocutivas, quienes perdieron la capacidad auditiva antes de aprender a hablar, y personas sordas postlocutivas, quienes la perdieron después de haber adquirido el lenguaje. La diferencia es importante, puesto que aquellos en la primera categoría pueden enfrentar desafíos adicionales en la adquisición del habla. Otra clasificación se basa en la preferencia por el lenguaje oral o de señas, dividiendo a las personas sordas en oralistas o signistas. Los primeros pueden valerse de la lectura labial y comunicarse verbalmente, mientras que los segundos utilizan una de las diversas lenguas de signos. Las personas con discapacidades auditivas se benefician de subtítulos, transcripciones y, en determinados casos, intérpretes en idioma de signos.

- **Discapacidades motoras:** bajo este perfil encontramos un muy diverso conjunto de personas que pueden presentar desde una discapacidad motriz leve, hasta discapacidades motrices severas o parálisis mental. Las discapacidades que afectan a las extremidades superiores son las que imponen mayores barreras en el acceso al contenido digital. Este colectivo utiliza teclados y apuntadores alternativos, reconocimiento automático de voz, entre otras ayudas. Al diseñar contenido accesible para este colectivo se ha de pensar especialmente en las interacciones, las cuales deben poder realizarse a través de elementos interactivos suficientemente grandes y mediante la mínima cantidad de pasos, así como disponiendo de un tiempo suficiente en aquellos casos en los que las tareas deben resolverse en un cierto intervalo temporal.
- **Discapacidades cognitivas y dificultades específicas de aprendizaje:** este es un colectivo que acostumbra a presentar total autonomía en el uso del ordenador, pero que experimenta algunas dificultades relacionadas con el lenguaje o la comprensión del contenido. Entre ellos encontramos, por un lado, a personas con discapacidades cognitivas como los trastornos del espectro autista, con deterioros cognitivos leves o parálisis cerebral y, por el otro, a personas con dislexia, TDAH (Trastorno de déficit de atención con hiperactividad) y otras dificultades relacionadas con el aprendizaje. Entre las ayudas y recursos que utilizan destaca el uso de fuentes tipográficas específicas, modos de alto contraste y lectores de pantalla. En el momento de crear el contenido conviene seguir las directrices para materiales de lectura fácil de la IFLA (2010), principios del lenguaje llano, el uso de recursos visuales para facilitar la comprensión, así como destacar tipográficamente las palabras y conceptos más importantes.
- **Personas mayores:** dentro de este colectivo encontramos una gran heterogeneidad. Se trata de un colectivo que se beneficia de diversas características de accesibilidad según la persona, incluyendo evitar contenidos e interacciones que requieran una alta carga cognitiva.

En los siguientes apartados se recogen algunas cuestiones que deben abordarse para conseguir sitios web accesibles.

7.3.2. Organización y estructura del contenido

Un documento HTML bien estructurado es aquel cuyo código fuente se formaliza a través de etiquetas semánticas que permiten describir el contenido y su estructura de manera clara y precisa. Esto implica organizar el contenido en bloques significativos y bien etiquetados, de manera que las personas con discapacidad puedan percibir, comprender, navegar e interactuar en las mismas condiciones que cualquier otra persona.

Esta estructura no sólo facilita el acceso a las personas con discapacidad, sino que también mejora el procesamiento y compatibilidad de esos contenidos por parte de los agentes de usuario (navegadores, lectores de pantalla, reproductores...), el rastreo e indexación que llevan a cabo motores de búsqueda como Google o Bing, así como permite obtener un código fuente mucho más robusto.

Antes de la aparición de HTML5, los bloques de contenido significativos se marcaban con etiquetas genéricas, normalmente `<div>`, a las cuales se les otorgaba una apariencia visual determinada. La llegada de HTML5 aportó todo un conjunto de nuevas etiquetas semánticas pensadas precisamente para marcar la estructura de las páginas de un sitio web. Estas etiquetas junto a otras que ya estaban disponibles en versiones anteriores del estándar configuran un lenguaje con una importante capacidad semántica.

Las etiquetas estructurales más importantes en el estándar son:

- `<header>`: agrupa un conjunto de elementos introductorios, así como otros relacionados con la navegación del sitio o página web, además de otros elementos como el logotipo o el formulario de búsqueda. Puede aparecer varias veces en una misma página, puesto que puede utilizarse tanto para marcar el encabezado de una página, como el encabezado de otro elemento dentro de la página, por ejemplo, el de un artículo.
- `<nav>`: permiten representar un bloque de enlaces que, en conjunto, constituyen un menú de navegación, tabla de contenidos o índice.
- `<main>`: recoge el contenido principal de la página y permite diferenciarlo de otros bloques de contenido secundarios o recurrentes en las diferentes páginas del sitio (navegación, pie de página...).
- `<aside>`: representa un bloque de contenido relacionado con el contenido principal de la página o del bloque dentro del que se encuentra. Puede ser desde una biografía del autor, a un bloque con recursos relacionados u otro con elementos publicitarios.

- `<section>`: permite marcar el inicio y el final de una sección genérica dentro del documento. Puede utilizarse para mostrar los diferentes bloques de información de una página, así como los diferentes apartados, por ejemplo, de un artículo u otro tipo de contenido textual.
- `<article>`: representa cualquier tipo de contenido independiente con interés o sentido por sí mismo. Son ejemplos un artículo, un post, el mensaje de un foro, un comentario en un blog, entre otros.
- `<footer>`: sirve para marcar el pie de página de un contenido. Puede ser tanto el pie de página general de la página, como el pie de página de un artículo, sección, figura..., contenido dentro de una página cualquiera.

Figura 72. Elementos estructurales semánticos de HTML5



Fuente: elaboración propia

Más allá de los elementos estructurales de alto nivel vistos hasta ahora, el estándar HTML también contempla otras marcas que permiten organizar el contenido y el discurso presente en cada página. En este sentido, los diferentes niveles de organización del contenido deben marcarse mediante

una estructura de encabezados que puede ir del nivel <h1> al <h6> en orden jerárquico. La etiqueta <h1> se utiliza, en la inmensa mayoría de los casos, tan sólo una vez por página para marcar el título principal del contenido. El resto de los niveles pueden instanciarse tantas veces como sea necesario de acuerdo con las particularidades del contenido. Finalmente, si bien es posible llegar hasta el nivel h6, lo más habitual y prudente para no crear estructuras demasiado complejas es llegar a un tercer o cuarto nivel de profundidad. Utilizar títulos únicos y estructurar el contenido de esta manera permite a las personas ciegas y con baja visión moverse más fácilmente por el contenido.

El estándar HTML también contempla etiquetas específicas para marcar las listas ordenadas y no ordenadas (y), citas largas y cortas (<blockquote> y <q>), abreviaturas (<abbr>), direcciones de contacto (<address>), definiciones (<dfn>), títulos (<cite>), fragmentos de código (<code>) o listas de términos con sus definiciones (<dl>, <dt> y <dd>), entre otras.

Otro dato que resulta especialmente relevante para algunos perfiles de usuarios es la información sobre el idioma de la página, así como de determinados fragmentos –por ejemplo, una cita– que puedan estar en un idioma diferente del principal. El estándar HTML contempla un atributo específico (*lang*), mediante el cual es posible indicar el idioma del contenido y de sus partes con el código ISO correspondiente (es, en, ca, fr...). Esta información se encuentra disponible para los lectores de pantalla, que pueden utilizarla para cambiar la verbalización según el idioma en cuestión. También puede resultar de utilidad para los buscadores, quienes tendrán una mayor facilidad para determinar el idioma del contenido y saber a qué usuarios ofrecer esas páginas como resultado de búsqueda.

Figura 73. Fragmento de código con marca de idioma

```
<blockquote lang="en">It is the responsibility of  
intellectuals to speak the truth and expose lies.</blockquote>
```

Nota: en este fragmento se observa una etiqueta <blockquote> para especificar un cambio de idioma en una cita larga. Fuente: elaboración propia

Por otro lado, el contenido de todo sitio se articula a través de numerosos enlaces que permiten a los lectores navegar por las diferentes páginas y secciones. Para asegurar la accesibilidad de los enlaces es imprescindible crear textos ancla semánticos, que permitan prever el destino al que apunta ese enlace incluso sin leer el contenido que lo rodea. El texto ancla es la parte visible del enlace, en la que es posible hacer clic para activarlo. Este es

un requisito especialmente relevante para los usuarios de lectores de pantalla, pues estos navegan a través de los enlaces disponibles en las páginas, no siempre de forma secuencial, ni leyendo completamente el párrafo en el que aparece. En este sentido, se recomienda evitar fórmulas como los “clic aquí”, “saber más” o “continúa leyendo”, para usar en su defecto otras fórmulas que identifiquen claramente lo que el usuario encontrará tras pulsar sobre el enlace. Por ejemplo:

- Mal: Consulta [aquí](#) las especificaciones técnicas del proyecto.
- Bien: Consulta las [especificaciones técnicas del proyecto](#).
- Mal: Aprende más sobre las humanidades digitales. [Continuar leyendo](#).
- Bien: [Aprende más sobre las humanidades digitales](#).

Finalmente, a nivel de metadatos también es posible añadir información relevante en cada página. En este sentido, el elemento quizá más importante es el título. El título de una página HTML se crea con la etiqueta <title>, un elemento no visible en la página, pero que, si se encuentra disponible para las ayudas técnicas como los lectores de pantalla, o para los mismos buscadores de Internet.

7.3.3. Color, contraste y legibilidad

Tradicionalmente, el color se ha utilizado como un método para transmitir y comunicar información como datos, valores, categorías, ayudar a estructurar el contenido diferenciando, por ejemplo, unos bloques de información de otros, o incluso transmitiendo sentimientos y emociones. No obstante, no todos los usuarios son capaces de percibirlo o, en el caso de poder hacerlo, pueden existir importantes diferencias entre aquello percibido por una persona con deuteranopia (carencia de sensibilidad al verde), protanopia (carencia de sensibilidad al rojo) o tritanopia (carencia de sensibilidad al azul), todas ellas diferentes modalidades de lo que se conoce de manera genérica como daltonismo.

En este sentido, al conceptualizar la interfaz de cualquier proyecto es importante prever que el color no debe ser utilizado nunca como el único mecanismo a través del cual proporcionar información. Por ejemplo, si en una página de inicio se decide utilizar un color de fondo distinto para cada uno de los bloques de contenido que se presentan, será imprescindible proporcionar esa misma información a través de un encabezado (<h2>, <h3>...).

Esta solución implica no tener que renunciar a propuestas cromáticas para la interfaz que, por otro lado, pueden aportar beneficios al resto de usuarios con o sin discapacidad en la consecución de determinadas tareas

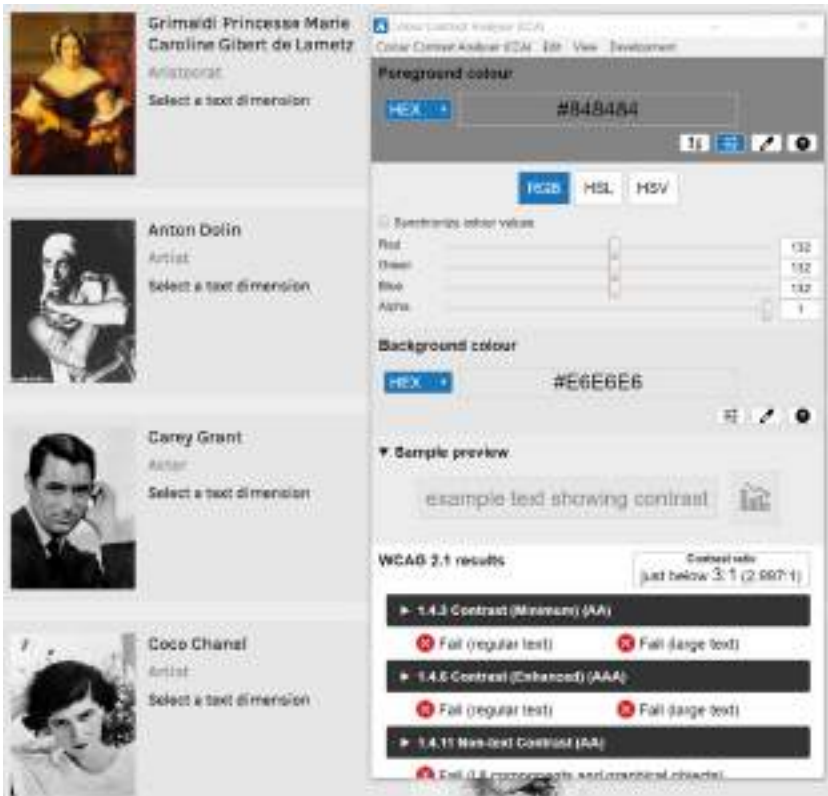
relacionadas la búsqueda y recuperación de la información. El equilibrio, por tanto, lo encontramos en el uso de paletas de colores con una alta relación de contraste de luminancia que permitan seguir utilizando un atributo como el color muy útil en procesos de distinción y comprensión de la información o, en el caso de las visualizaciones de datos, otras técnicas como el uso de patrones o texturas para diferenciar los elementos coloreados.

Asegurar un contraste suficiente entre el color del texto y el color de fondo, así como entre colores adyacentes también resulta fundamental para asegurar que las personas con baja sensibilidad al contraste pueden percibir correctamente el texto o distinguir dos colores. Las WCAG 2.2 establecen que la ratio mínima de contraste entre el texto y el fondo debe ser de 4.5:1, mientras que, en el caso de la ratio de contraste entre dos colores adyacentes en los que no medie texto (por ejemplo, una caja de búsqueda sobre un fondo de color, dos fragmentos de un gráfico circular, dos áreas geográficas pintadas en un mapa...), debe ser, como mínimo, de 3:1. Herramientas como Colour Contrast Analyzer facilitan la selección de combinaciones de colores accesibles.

La baja agudeza visual y otras alteraciones de la vista implican una mayor dificultad para leer textos, una morfología de contenido presente en casi todos los sitios de Internet y por supuesto también en cualquier proyecto de HD. Garantizar la legibilidad del contenido es fundamental para varios perfiles de usuario enmarcados dentro de la baja visión en vistas a minimizar esa barrera, aunque resulta también de interés para cualquier persona cuando no se dan las circunstancias adecuadas para la lectura, tales como la ausencia o exceso de luz. Se trata de una característica igualmente importante para otros perfiles de usuario como, por ejemplo, todas aquellas personas con trastornos específicos de desarrollo de la lectura como puede ser la dislexia.

La fuente o familia tipográfica condiciona la legibilidad del texto (Mansfield et al., 1996). Aunque no existe un consenso generalizado ni entre los profesionales del diseño, los investigadores o, incluso entre lectores, sobre cuáles son las fuentes más legibles, lo cierto es que tanto la investigación en esta área, como los usuarios de pantallas han mostrado preferencia por las fuentes sin serifa o de palo seco. Las fuentes más legibles son aquellas que permiten identificar y diferenciar con mayor rapidez los diferentes caracteres que forman un mensaje. Mientras que en algunas familias tipográficas ciertos caracteres pueden parecerse mucho entre sí, en otros casos se observan diferencias mucho más significativas. Este mayor contraste entre letras y números es de mucha utilidad para personas con dislexia.

Figura 74. Ejemplo sobre el color de la fuente



Nota: en el ejemplo se observa como el color gris de la fuente que indica la profesión (artista, actor...) no presenta un contraste suficiente con el color de fondo (2.9:1). Fuente: elaboración propia.

Otras recomendaciones que tener en cuenta al escoger una fuente tipográfica son:

- Utilizar un tamaño base para el texto tirado de, al menos, 16 px.
- Permitir al usuario redimensionar el texto tanto como el navegador o software de lectura lo permita sin imponer límites desde un punto de vista técnico.
- Evitar líneas de más de ochenta caracteres.
- No justificar el texto. Es preferible utilizar composiciones con alineaciones a la izquierda.

- Utilizar interlineados de 1,5 veces el tamaño de la fuente, así como márgenes entre párrafos de, al menos, dos veces el tamaño de la fuente.
- Garantizar un espacio entre letras mínimo de 0,12 veces el tamaño de la fuente y un espacio entre palabras mínimo de 0,16 el tamaño de la fuente.
- Evitar el uso excesivo de mayúsculas ya que su velocidad de lectura es considerablemente inferior a la de las minúsculas (Tinker, 1963). Deberían, por tanto, limitarse a títulos o fragmentos destacados.
- Seleccionar tan sólo unas pocas variantes por fuente. Cada familia puede contar con diferentes variantes a nivel de peso (thin o delgada, regular o normal, bold o negrita...).
- Utilizar números proporcionales o de ancho variable cuando se incluyen en fragmentos de texto y números tabulares o de ancho fijo al trabajar con datos.
- Evitar la silabificación al final de las líneas.

7.3.4. *Contenido no textual*

La inmensa mayoría de los proyectos de HD son especialmente ricos en materiales audiovisuales de todo tipo: documentos, fotografías, gráficos, vídeos, entrevistas... Para que todo ese contenido sea accesible es necesario atender a un principio fundamental y a toda una serie de requisitos específicos.

El principio lo podemos resumir en la siguiente declaración, extraída de las WCAG: “todo contenido no textual que se presenta al usuario debe tener un texto alternativo equivalente”. Esto implica implementar alternativas basadas en el texto para las imágenes, sonido y vídeo.

En el caso de las imágenes, podemos encontrarnos con diversas situaciones según la función que cumpla el elemento en la página. Algunas imágenes juegan un papel informativo, es decir, representan conceptos o transmiten información relevante relacionada con el contenido de la página. Este es el caso típico de las fotografías, esquemas, diagramas o ilustraciones. Para ellas, el texto alternativo debe ser una descripción breve que transmita la información esencial tras esa imagen.

Otras imágenes tienen un rol funcional, por ejemplo, un icono que representa un botón que puede ser clicado para descargar un fichero o imprimir una página. En estas situaciones el texto alternativo no debe

centrarse en explicar que ese botón muestra una impresora o una flecha, sino que debe comunicar la función que desempeña ese elemento gráfico a través de esa metáfora.

También nos encontramos con imágenes decorativas que forman parte del diseño, la estética o la composición gráfica de la página. En estos casos, al no contar con una función específica más allá de lo estético y tampoco transmitir información relevante para el usuario, las directrices de accesibilidad recomiendan dejar el texto alternativo en blanco o, incluso, añadir esas imágenes mediante CSS como fondo de pantalla, para que los lectores de pantalla no las puedan identificar.

Aunque con los años son menos frecuentes, todavía encontramos millones de imágenes de texto en la Web. Una imagen de texto es un fichero de imagen en formato de mapa de bits (jpeg, gif, webp...) en el que, como parte de la imagen, aparece un texto. Está práctica es muy habitual en *banners*, anuncios, imágenes destacadas en las páginas de inicio, entre otros casos. En el contexto de los proyectos de HD, las páginas de libros, carteles u otros documentos también son imágenes de texto. Para estos casos, la alternativa textual debe reproducir exactamente el texto contenido en la imagen.

En el caso de las imágenes, el estándar HTML contempla dos atributos pensados específicamente para esta función. El primero de ellos es el atributo *alt*. Este atributo junto al elemento *img* permite ofrecer un breve texto alternativo con la función de servir al mismo propósito que la imagen en todos aquellos contextos en los que no sea posible acceder a esta.

Figura 75. Código HTML con una imagen y su correspondiente texto alternativo

```
1 
```

Fuente: elaboración propia

En la actualidad, la inmensa mayoría de los sistemas de gestión de contenidos facilitan la integración de textos alternativos desde sus interfaces de edición. Por otro lado, la mayoría de estas herramientas también permiten acceder a una vista de código fuente, desde la cual es posible añadir también el atributo *alt*.

Figura 76. Opción para añadir un texto alternativo en Omeka S

The screenshot shows the Omeka S multimedia editor interface. At the top, there is a title bar with 'MULTIMEDIA The Great Wave off Kanagawa' and buttons for 'Suprimir', 'Cancelar', and 'Otra'. Below the title bar, there are tabs for 'Valors', 'Aparat', and 'Extremetadades'. The main content area is divided into several sections: 'Miniatura' with a dropdown menu and a 'Selecciona' button; 'Propietari' with a dropdown menu showing 'Rubin'; 'Text alternatiu' with a text input field containing 'The Great Wave off Kanagawa'; and 'Idioma' with an empty text input field.

Fuente: elaboración propia

En algunos casos, una descripción breve no es suficiente para comunicar el contenido y el propósito de una imagen compleja. Para estas situaciones el estándar HTML contempla el atributo *longdesc*. Este atributo contiene una referencia o enlace a una descripción mucho más detallada de la imagen. Este enlace puede llevar al usuario a una sección dentro de la misma página en la que se encuentra la imagen o, en su defecto, a otra página en la que se ofrece sólo la alternativa.

Figura 77. Ejemplo de aplicación del atributo *longdesc*

```

1 
2 <a href="grafico-correspondencia.html">Descripción
  larga del gráfico</a>

```

Nota: el W3C recomienda complementar el enlace en el atributo *longdesc*, con un enlace clásico a continuación de la imagen para aportar una mayor compatibilidad en todos los navegadores. Fuente: elaboración propia

Otra opción es el uso del estándar WAI-ARIA. WAI-ARIA (WAI-Accessible Rich Internet Applications Suite) es una ontología de roles, estados y propiedades que nace para mejorar la accesibilidad de las aplicaciones web enriquecidas, pero que también puede integrarse en elementos más o menos tradicionales, como sobre los que estamos abordando en este apartado. Concretamente, el atributo *aria-describedby* permite asociar a través de un identificador, cualquier elemento de la página (en este caso, una imagen) con su descripción.

Figura 78. Ejemplo de implementación del atributo *aria-describedby* de WAI-ARIA

```
1 
4 <p id="descripcion">
5 Esta impresión es del tipo yoko-e, es decir, en
   forma de paisaje, y fue realizada con un tamaño
   ōban, de 25 centímetros de alto por 37 de ancho.
   El paisaje se compone de tres elementos: el mar
   agitado por una tormenta, tres barcos y una
   montaña, imagen que se complementa con la firma,
   la cual es claramente visible en la parte superior
   izquierda.
6 </p>
```

Fuente: elaboración propia

Para asegurar que el contenido audiovisual (sonido y vídeo) sea accesible para todos los usuarios, es imprescindible también integrar alternativas textuales que permitan acceder al mismo contenido. Una de estas alternativas es el uso de subtítulos. La integración de subtítulos es algo habitual en la inmensa mayoría de los reproductores, así como en las plataformas de *streaming* más populares, algunas de las cuales incluso tienen la capacidad de generar una versión automática que, si bien dista mucho de ser perfecta, puede ser de utilidad ante la ausencia de estos. En el ámbito español, disponemos de una norma específica para la implementación de subtítulos, la *UNE 153010:2012*, en la que se detallan todas las cuestiones técnicas que se deben abordar cuando se precisa añadir subtítulos para personas sordas a un vídeo. Cabe destacar que la posibilidad de contar con subtítulos, especialmente cuando se encuentran disponibles en varios

idiomas, también facilita el acceso al contenido a personas que no conocen el idioma de origen en el que está planteado el proyecto, ampliando esto su alcance internacional.

Para asegurar la accesibilidad de otros colectivos de personas sordas resulta necesario integrar una alternativa en lengua de signos. En este sentido, es importante tener en cuenta que el déficit auditivo no sólo impone barreras o imposibilita la audición, sino que en determinados casos conduce a un importante déficit en la comprensión de la información verbal, sea oral o escrita, lo que limita la utilidad de los subtítulos.

Otra alternativa es la disponibilidad de las transcripciones, las cuales pueden sincronizarse con la pista de audio, facilitando así no sólo la lectura del contenido, sino también la navegación a través de este.

Figura 79. Interfaz de AblePlayer



Nota: en esta interfaz se observa el reproductor con subtítulos y, en la parte derecha, una transcripción interactiva y un contenedor con un vídeo con lengua de signos.
Fuente: ableplayer.github.io/ableplayer/demos

En algunos casos también será necesaria la incorporación de audiodescripciones. Las audiodescripciones son pistas de audio que se sincronizan con el resto de las pistas del vídeo (imagen, audio, subtítulos...) y que consisten en una narración pensada para proporcionar información sobre elementos visuales clave a los cuales no podrán acceder las personas con discapacidad visual.

Para facilitar la integración de todos estos requisitos existen diferentes reproductores capacitados para permitir sincronizar todas estas modalidades, junto a otras características y funcionalidades que permitan el acceso al reproductor mismo, como su acceso a través del teclado, la posibilidad de personalizar tipos y tamaños de letra, entre otros.

Un ejemplo más que representativo es Able Player, un reproductor de audio y vídeo de código abierto y multilingüe, compatible con todos los requisitos mencionados anteriormente, capaz de integrar también vídeos desde plataformas como YouTube o Vimeo, generar listas de reproducción, ofrecer alternativas en varios idiomas, entre otras funcionalidades.

7.3.5. Herramientas de evaluación

Si bien la evaluación de la accesibilidad requiere de un análisis manual pormenorizado del sitio web objeto de auditoría, existen diferentes herramientas de análisis automático que permiten explorar ciertos elementos de una manera mucho más rápida y sencilla. Un ejemplo clásico es WAVE, un conjunto de herramientas de evaluación capaz de identificar diversos problemas de accesibilidad relacionados con las WCAG. El W3C mantiene desde hace años un directorio específico de herramientas de este tipo, así como de otras aplicaciones de utilidad en este ámbito.¹⁶

¹⁶ La *Web accessibility evaluation tools list* (<https://www.w3.org/WAI/test-evaluate/tools/list>) es uno de los múltiples recursos que el W3C pone a disposición de diseñadores y desarrolladores en el ámbito de la accesibilidad.



8. Narrativas digitales

En este capítulo abordaremos los conceptos de visualización de la información y de visualización de datos para, posteriormente, observar técnicas, métodos y tecnologías de utilidad para el área de las HD. A continuación, profundizaremos en el que es, sin duda, el medio de comunicación de masas por excelencia de los museos, las exposiciones, centrándonos en el caso específico de las exposiciones virtuales.

8.1. Visualización de la información y visualizaciones de datos

En la literatura no se ha llegado a un consenso sobre la relación entre los conceptos de visualización de la información y visualización de datos. Kim et al. (2016), mencionan que la diferencia entre ambas se encuentra en el tipo de datos que se manejan en cada disciplina. Para estos autores, la visualización de la información se centra en datos abstractos o no espaciales, mientras que la visualización de datos lo hace en datos numéricos o estadísticos. Otra diferencia entre ambas disciplinas la podemos encontrar en las áreas de interés propias de cada ámbito. Los trabajos en el área de la visualización de la información se centran fundamentalmente en todo aquello relacionado con la interactividad y la percepción y cognición humana. Por su parte, la investigación en visualización de datos se ha centrado en el desarrollo y mejora de las técnicas de procesamiento de datos.

Card et al. (1999) definen la visualización de la información como “el uso de representaciones visuales interactivas digitales de datos para mejorar la cognición”. Para Ware (2012), la visualización de datos es un área de estudio interdisciplinar centrado en la representación gráfica de datos o conceptos que resulta en una imagen mental o un artefacto externo que da soporte a la toma de decisiones.

Las técnicas de visualización de la información, muy ligadas al ámbito de la investigación, son una forma obvia de transmisión del conocimiento experto al ciudadano (Cukier, 2009), por lo que su presencia fuera del ámbito académico está cada vez más presente. Si bien es el sector periodístico uno de los en que estas técnicas están más presentes como forma de narrar noticias a partir de datos, en lo que se ha convenido en denominar, periodismo de datos, no es menos cierto que otras áreas de conocimiento y sectores profesionales, entre ellas, las HD, también la han integrado en sus prácticas proyectuales.

La capacidad de las visualizaciones de datos para acercar al lector conceptos abstractos, relaciones complejas que no se pueden observar a simple vista o, simplemente, la posibilidad de observar patrones o tendencias que mediante otros tipos de representaciones tabulares resultan altamente complejas de procesar, hace que la visualización de la información resulte de interés cuando se persigue comunicar datos científicos al gran público.

Más allá de estas propiedades intrínsecas de la visualización de la información, cuando el público objetivo no es experto en la materia o no dispone de los mecanismos necesarios para abordar la consulta de estos artefactos, resulta necesario incorporar mecanismos adicionales que permitan vehicular el acceso a ese conocimiento. Es en ese momento cuando se integra la narratividad o el *storytelling* (Segel y Heer, 2010; Kosara y Mackinlay, 2013).

Aplicaciones como Storyline JS son un buen ejemplo de esta aproximación. Se trata de una biblioteca de JavaScript pensada para generar gráficos de líneas anotados que muestran la evolución de un fenómeno a lo largo del tiempo. Otras herramientas como Palladio se centran en la visualización de relaciones entre datos mediante grafos, mapas o registros.

Figura 80. Gráfico de líneas que incorpora elementos narrativos



Fuente: storyline.knightlab.com

8.2. Narrativa o *storytelling* digital

La narrativa digital se caracteriza por su interactividad, no linealidad, flexibilidad y la participación del usuario, en ocasiones, como agente activo o incluso cocreador. Mientras que la academia se ha centrado tradicionalmente en difundir los avances científicos a través de publicaciones en revistas y libros, las HD se han caracterizado siempre por ampliar el alcance y la naturaleza de la investigación académica al integrar herramientas y metodologías digitales en el estudio de las áreas de conocimiento que le son afines. En este contexto, la narrativa digital emerge como un campo interdisciplinario que fusiona aspectos de la narrativa tradicional con las posibilidades interactivas y multimedia que ofrecen las TIC.

Además de su carácter lúdico y creativo, las narrativas digitales han sido reconocidas por su capacidad para democratizar el conocimiento al hacerlo más accesible y participativo para una audiencia más amplia. A través de la combinación de texto, imágenes, sonido, vídeo, realidad virtual, aumentada..., las narrativas digitales pueden ofrecer experiencias inmersivas y multidimensionales que van más allá de los límites de los medios impresos. En este sentido, las HD han abrazado la narrativa digital como una forma de explorar y comunicar la complejidad de los temas humanísticos de manera más dinámica y significativa.

Estas narrativas digitales se han materializado en proyectos que han dado lugar a documentales interactivos o exposiciones virtuales, pero también a otros muchos sitios web en los que se permite a los usuarios abordar la exploración de los contenidos o el acceso a los resultados de un proyecto de investigación de formas alternativas a las que tradicionalmente la academia ha utilizado.

Los documentales interactivos son formas híbridas de no ficción interactiva que presentan una narrativa no lineal y fragmentada, que demanda la interacción del usuario a través de un medio digital interactivo como la Web con el objetivo de generar una experiencia en el espectador (Vázquez, 2023). Estos tipos de narrativas permiten a los usuarios escoger el orden y el ritmo al que avanzan, así como, en algunos casos, tomar decisiones que pueden afectar a la narrativa o incluso participar directamente con sus propias contribuciones. Cuando se integran mecánicas propias de los juegos, hablamos de gamificación y es, en estos casos, cuando el usuario se acaba convirtiendo en el protagonista de la narración con una misión y objetivos específicos.

Un ejemplo representativo de documental interactivo gamificado lo encontramos en *Rider por un día* de RTVE Lab donde, basándose en el funcionamiento de una aplicación de reparto de comida a domicilio,

vivimos directamente la experiencia de uno de estos trabajadores, mientras se nos proporcionan datos e información sobre sus condiciones laborales y las vicisitudes que viven en una de sus jornadas.

Otro ejemplo lo encontramos en la propuesta de cronología del Zoo de Barcelona, que nos permite avanzar por el “pasado, presente y futuro de una institución de conservación de la biodiversidad”. La interacción con el recurso es lineal, mediante el ratón o el teclado avanzamos por la historia de la institución manejando diferentes especies de animales que pasan a lo largo de diferentes hitos materializados en forma de documentos históricos como fotografías y textos, mientras se incorporan también ciertas mecánicas propias de la gamificación.

Figura 81. Fuente: Detalle de la línea de tiempo del Zoo de Barcelona



Fuente: historiazoo-barcelona.latempesta.eu/es

El recurso *12 sunsets* publicado por el Getty Institute también se vale de un eje secuencial, en este caso para compartir las imágenes que el artista Ed Ruscha tomó mediante una cámara motorizada montada en la parte trasera de una camioneta mientras recorría el Sunset strip, en West Hollywood (Los Ángeles). El autor fotografió metódicamente todos los edificios de cada lado de la calle entre 1965 y 2007. Reunió las fotos en el libro *Every building on the Sunset strip* y desde hace algunos años también se encuentra disponible en una versión interactiva que permite recorrer secuencial y

cronológicamente la avenida. Además, es posible acceder a todas y cada una de las fotografías individualmente, buscar localizaciones concretas o ver simultáneamente la calle en varios periodos, entre otras opciones.

Figura 82. Detalle del recurso 12 *sunsets*



Fuente: 12sunsets.getty.edu

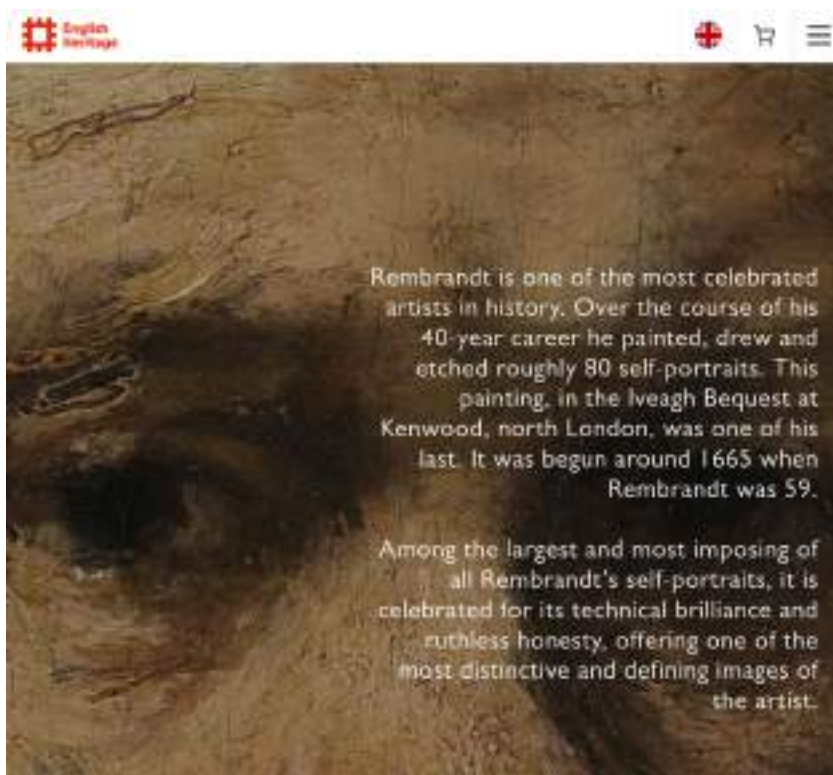
En ocasiones, también puede resultar interesante abordar aproximaciones multimodales, permitiendo a los usuarios acceder a la información a través de diferentes capas. Por ejemplo, el proyecto *Hearing the Americas* de la George Mason University explora las primeras décadas de la industria discográfica (1898-1925) mediante recursos textuales en los que se incrustan ficheros de audio a los que es posible acceder mientras se lee el contenido, ya que es el mismo texto el que los activa, integrándose de esta manera una nueva modalidad sobre éste gracias a la biblioteca de JavaScript Souncite JS.

En los últimos años también se han popularizado las visitas virtuales a edificios, exposiciones o emplazamientos singulares. Una creación reciente y especialmente relevante, es la visita virtual al conjunto rupestre de La Roca dels Moros El Cogul, un yacimiento inscrito en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO. La propuesta consiste en una visita guiada que ofrece un recorrido inmersivo en tres dimensiones con anotaciones en el que se pueden admirar el mural que se conserva en la gruta y su entorno.

La integración de las narrativas y el *storytelling* digital no sólo en las HD, sino también en otras áreas como el periodismo o el máquetin, ha multiplicado la disponibilidad de soluciones orientadas a la creación de recursos interactivos de todo tipo.

Un ejemplo representativo es Shorthand, un sistema de gestión de publicación en línea orientado a la creación de narrativas digitales, que hasta el momento ha sido utilizado tanto por diferentes tipos de instituciones del ámbito de la cultura y el patrimonio (museos, archivos o bibliotecas), como por otros tipos de organizaciones como medios de comunicación, revistas, clubes deportivos o gobiernos, entre otros.

Figura 83. Fragmento del recurso *Rembrandt, self-portrait with two circles*

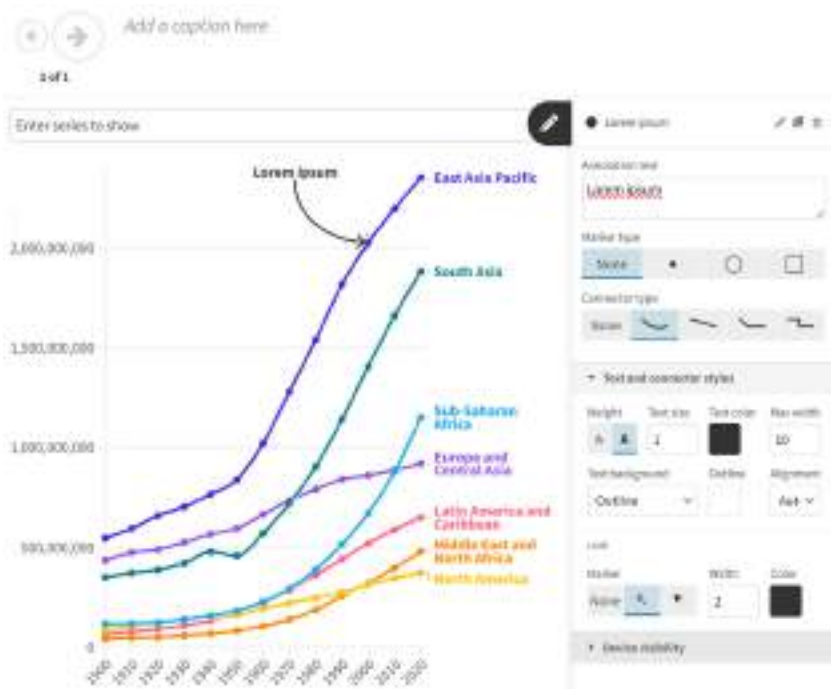


Nota: creado con Shorthand para el English Heritage, por Louise Cooling en el que también se integran otras herramientas como Genially. Fuente: english-heritage.org.uk/visit/places/kenwood/history-stories-kenwood/rembrandt-self-portrait

Una de las razones por las que Shorthand se ha hecho popular es por su facilidad de uso. La plataforma presenta una curva de aprendizaje muy poco pronunciada, a pesar de contar con un importante número de opciones para personalizar cada proyecto de acuerdo con las particularidades de la historia que se desea contar.

Otra aplicación muy popular entre periodistas es Flourish, una aplicación web que permite crear todo tipo de visualizaciones de datos y, a partir de colecciones formadas por varias de ellas, narrar historias. Se trata de una herramienta con una curva de aprendizaje muy poco pronunciada gracias a editores que permiten personalizar hasta el último detalle de las decenas de tipos de visualizaciones con la que es compatible. En las historias es posible añadir anotaciones para contextualizar o profundizar en aspectos concretos de los datos (Figura 84).

Figura 84. Detalle del editor de historias de Flourish



Nota: en la imagen se observa cómo se añade una anotación a un gráfico de líneas. Fuente: flourish.studio

8.3. Exposiciones virtuales

Entre las aproximaciones narrativas que más se han explorado en la última década encontramos a las exposiciones virtuales. Las exposiciones son el producto comunicativo y de difusión por excelencia de los museos, pero cada vez más también de otros tipos de instituciones de la memoria como bibliotecas y archivos. Si bien en los noventa la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos ya comenzó a explorar este tipo de aproximación narrativa para la difusión de sus fondos y colecciones, fue Europea, a partir del 2011, uno de sus principales valedores en el ámbito digital con propuestas concretas, mientras que el Smithsonian, lo ha sido tanto a nivel teórico como a nivel práctico, con numerosos ejemplos de exposiciones.

Las exposiciones virtuales buscan llevar a la Web la práctica expositiva tradicional, valiéndose de los formatos, narrativas e interacciones propias de este otro medio. Frente a las exposiciones concebidas en espacios físicos, las virtuales presentan una mayor capacidad para que el usuario pueda descubrir recursos adicionales, la posibilidad de integrar una mayor cantidad de recursos interactivos, también de recursos de terceras instituciones o fuentes de información, proponer múltiples rutas a los contenidos, o enriquecer el contenido con fuentes enlazadas relacionadas, entre otras.

No todas las exposiciones virtuales presentan el mismo origen. En algunos casos, se trata de productos cuya procedencia es totalmente digital. En otros casos, se trata de versiones en línea o virtuales de exposiciones que previamente se han concebido en espacios físicos. Son, por tanto, adaptaciones que permiten ampliar el alcance geográfico y temporal de la muestra, dándole de esta manera una nueva vida al trabajo realizado.

En cualquier caso, es necesario tener presente que las exposiciones no son recursos pensados para transmitir conocimiento exhaustivo sobre un tema, sino para introducir a los visitantes en un territorio desconocido, relacionar unos temas con otros, explicar el impacto de una tecnología o una línea de pensamiento sobre nuestras vidas o en la cultura popular, o describir los principales hitos de una persona, institución o empresa y la huella que ha dejado en la historia, entre otras posibles aproximaciones. Son, por tanto, enfoques mucho más breves y muy visuales, que proporcionan al visitante las claves fundamentales para interpretar el relato.

También es posible establecer diferencias según la prioridad en el mensaje. Mientras que algunas exposiciones se centran en la identificación y visualización de una serie de objetos, otras priorizan la narrativa en torno a estos. Es precisamente la narrativa, junto a la experiencia, la principal diferencia entre una exposición virtual y una colección digital. En este sentido, las colecciones digitales priorizan el acceso al objeto digital y permiten

entender el alcance global y aportar una visión integral de una colección, mientras que las exposiciones fomentan el aprendizaje y el descubrimiento, el querer saber más sobre un tema (Alcaraz y Massaguer, 2023).

Un elemento de diseño que reviste especial trascendencia en las exposiciones virtuales son los sistemas de navegación. Si bien muchas exposiciones presentan recorridos lineales y unidireccionales que pueden resolverse mediante aproximaciones navegacionales relativamente simples, en otros casos se fomenta el descubrimiento de temas, personajes, recursos... de una manera mucho más libre, permitiendo a los visitantes aproximarse a la exposición a partir de sus intereses personales sin la rigidez que implica el acceso secuencial. En estos casos, conviene crear salas temáticas bien diferenciadas, facilitar la navegación entre ellas, así como ayudar a los usuarios

Figura 85. Detalle del sistema de navegación de la exposición *La vida privada dels llibres* de la Biblioteca de Reserva de la Universitat de Barcelona



Nota: se puede observar como se muestra la sala activa deshabilitada (también se informa mediante el código fuente a los usuarios ciegos) y un efecto (sombreado) que cambia el diseño del resto de las salas al interactuar con cualquiera de ellas con el ratón o el teclado.
Fuente: <https://apps.crai.ub.edu/biblioteques/reserva/expo>

a saber en todo momento dónde se encuentran, a dónde pueden ir y de dónde vienen.

Uno de los principales límites que tradicionalmente se han asociado a las exposiciones virtuales –y a los catálogos en línea o colecciones digitales por extensión– es la imposibilidad de replicar en la Web la experiencia de acercarse a un objeto original. No obstante, tecnologías como las digitalizaciones en 3D permiten incorporar representaciones cada vez más precisas de los objetos del mundo real que representan. Esto resulta especialmente relevante en aquellos casos en los que poder contemplar el volumen del objeto resulta de interés, pero también cuando estos objetos no resultan accesibles por su estado de conservación, fragilidad o, incluso, su escala.

Figura 86. Detalle de una digitalización en 3D de un volumen de la Biblioteca de Reserva de la Universidad de Barcelona



Nota: forma parte de la exposición sobre encuadernaciones singulares, *Materials i àeries*, desarrollada como parte del trabajo final de Daniel Segrelles en el máster de Humanidades Digitales de la misma universidad. Fuente: sites.google.com/view/encuadernaciones

Otros ejemplos como el *Repensar el Guernica* del Museo Reina Sofía permiten observar el buen hacer expositivo mediante un ejemplo del que podemos extraer un sinfín de buenas prácticas, así como ejemplos de muchos de los aspectos comentados a lo largo de este libro por lo que respecta a arquitectura de la información o usabilidad. Este recurso persigue estudiar la obra de Picasso desde diferentes puntos de vista, así como mediante diferentes métodos y herramientas narrativas como líneas de

tiempo, itinerarios basados en eventos o personajes relacionados con la obra, historia oral de la mano de algunos protagonistas o a través de la consulta de la obra con un visor que permite comparar la versión visible con su radiografía, infrarrojos o ultravioleta, y en la que también se han marcado alteraciones o detalles técnicos.

Los actuales hábitos de consumo de contenido digital, más breves, fragmentados y mediados fundamentalmente por redes sociales como TikTok, Instagram o YouTube, nos invitan a pensar también en nuevos canales y formatos a través de los cuales alcanzar al gran público, especialmente, aunque no exclusivamente, al más joven. Los denominados microrrelatos o micronarrativas se ajustan perfectamente a estas plataformas. Estas piezas de contenido se caracterizan por su brevedad, ajustándose a los cánones de la Web gracias a su concisión, tensión narrativa y un estilo característico que favorece la sugerencia y la elipsis (Rueda, 2017). Su capacidad para crear vacíos narrativos permite mantener la unidad y la tensión en medio de la fragmentación propia del entorno digital, en el que los usuarios interactúan compartiendo, replicando y reinterpretando el contenido de manera ágil y a menudo humorística (Llosa, 2019). Además, los microrrelatos se insertan fácilmente en el proceso de coautoría que define a las redes sociales, donde los mensajes pueden ser respondidos, adaptados, difundidos y reescritos por diversos usuarios, en un ciclo continuo de interacción transmediática (Llosa, 2019). Esta característica de los microrrelatos los convierte en una potente herramienta para la difusión periódica y escalonada de contenido, adecuada para plataformas como las redes sociales, donde las publicaciones se dosifican y se actualizan con frecuencia (Río y Benito, 2018), manteniendo el interés de la audiencia mientras se favorece la participación colectiva. La posibilidad de distribuir estos textos breves a través de distintos medios permite que no sólo lleguen a un gran número de personas, sino que también se reconfiguren en función de las interacciones y reinterpretaciones de los usuarios. En un sentido más práctico, mediante estos formatos es posible compartir pedazos de la historia, anécdotas, estilos, recordar eventos, celebrar aniversarios o compartir parte del trabajo técnico de conservación y restauración, entre otras muchas posibilidades.

Figura 87. El Museo del Prado en su perfil en TikTok

Nota: en su perfil en TikTok el Museo del Prado difunde su colección a través de micro-narrativas reseñando obras, comentando curiosidades o compartiendo parte del proceso de estudio y restauración de las obras como se puede ver en la imagen. Fuente: @museodelprado (TikTok)



9. Evaluación de proyectos de humanidades digitales

La Red de Humanidades Digitales (RHD) definió en 2013 y actualizó en 2020, una guía de buenas prácticas para la elaboración y evaluación de proyectos de humanidades digitales. Se trata de un recurso que se configura como una lista de verificación que es posible utilizar como herramienta de autoevaluación para proyectos y recursos de HD. A partir de esta iniciativa, así como después de sintetizar otras cuestiones abordadas a lo largo de este libro, se ofrece a continuación una propuesta de mecanismo de evaluación complementario:

Tabla 7. Indicadores para la evaluación de un proyecto de HD

Indicador	Descripción
1. Información sobre el proyecto.	
1.1. Información sobre los responsables del proyecto.	El recurso dispone de una página específica en la que aparecen todos los miembros del proyecto, su afiliación, así como su responsabilidad específica.
1.2. Instituciones participantes.	El recurso ofrece información acerca de las instituciones participantes en el proyecto.
1.3. Fuentes de financiación.	Se ofrece información acerca de todas aquellas otras organizaciones, proyectos o subvenciones que han contribuido económicamente o con recursos de cualquier tipo al proyecto.
1.4. Fecha de creación.	Se ofrece información sobre la fecha de creación del recurso.
1.5. Fecha de última actualización.	Se ofrece información sobre la fecha de la última actualización del recurso.
1.6. Estado del proyecto.	Se indica si el proyecto está vivo o cerrado.
1.7. Objetivos del proyecto.	El recurso cuenta con una página en la que se recogen los objetivos del proyecto.

(continúa)

Tabla 7. Indicadores para la evaluación de un proyecto de HD (*continuación*)

Indicador	Descripción
1.8. Audiencia.	Se especifica la audiencia a la que se dirige el recurso.
1.9. Reconocimiento y premios.	Se incluye información sobre premios, menciones o reconocimientos recibidos por el proyecto.
1.10. Identificadores.	El recurso cuenta con un identificador unívoco estandarizado (DOI, ISBN, ARK...). Si el recurso está formado por diversas publicaciones, cada una de ellas cuenta con su propio identificador.
1.11. Forma de citación.	Se especifica la forma de citación del recurso.
2. Metodología y validación académica.	
2.1. Metodología del proyecto.	Se detallan los materiales y métodos utilizados en el marco del proyecto y el papel específico que juega el recurso en cuestión.
2.2. Mecanismos de validación.	Se aporta información sobre el comité editorial, el sistema de revisión por pares o cualquier otro mecanismo de validación utilizado.
2.3. Criterios de inclusión.	Se detallan los criterios de inclusión y selección de los objetos, textos, imágenes, etc., utilizados.
2.4. Estándares utilizados.	El recurso aporta información sobre los estándares, normas o recomendaciones implementadas.
2.5. Software.	Se especifica la arquitectura tecnológica utilizada para la implementación y despliegue del recurso.
3. Propiedad intelectual y protección de datos.	
3.1. Licencia de uso.	Se especifica la licencia de uso aplicable a los textos, imágenes, metadatos, etc., así como las condiciones para la redistribución o modificación del recurso.
3.2. Política de privacidad y cookies.	Se especifica claramente la política de privacidad, las cookies utilizadas y la información recabada de los usuarios, así como el propósito, responsable del tratamiento y todas aquellas otras cuestiones normativas aplicables.
4. Interoperabilidad, visibilidad, transparencia y difusión.	
4.1. Inclusión en bases de datos y agregadores de contenido.	El recurso se ha indexado en bases de datos, agregadores de contenido, directorios específicos.
4.2. Protocolos de interoperabilidad.	El recurso implementa protocolos de interoperabilidad que permiten exponer y recolectar metadatos e imágenes (OAI-PMH, IIIF...).
4.3. API pública.	Se especifica si el recurso ofrece una API pública para que otros desarrolladores puedan interactuar y utilizar los datos o funcionalidades del proyecto.

(continúa)

Tabla 7. Indicadores para la evaluación de un proyecto de HD (*continuación*)

Indicador	Descripción
4.4. Apertura de los datos.	Se indica si los datos generados en el proyecto son de acceso abierto y reutilizables por otros investigadores.
4.5. Exportación de datos.	Se ofrece la posibilidad de exportar datos del proyecto en formatos abiertos y estructurados.
4.6. Multilingüismo.	El recurso está disponible en varios idiomas o, al menos, las páginas con información sobre el proyecto están traducidas a otros idiomas.
4.7. Publicaciones.	Se recogen las publicaciones académicas o de divulgación en las que se trata el proyecto.
4.8. Métricas de uso.	El recurso ofrece estadísticas de uso (número de visitas, descargas, etc.) y su evolución temporal.
4.9. Métricas de impacto.	Se proporcionan métricas de impacto, como citas académicas, en repositorios, bibliométricas o altmétricas.
5. Accesibilidad y usabilidad.	
5.1. Declaración de accesibilidad.	El recurso dispone de una declaración de accesibilidad fácil de localizar de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1112/2018 y la Decisión de Ejecución (UE) 2018/1523.
5.2. Documentación y tutoriales.	Se incluye documentación de uso, guías, tutoriales o preguntas frecuentes para facilitar la comprensión del recurso.
5.3. Compatibilidad multiplataforma.	El recurso es compatible con todo tipo de dispositivos, incluidos teléfonos móviles.
6. Ética y responsabilidad social.	
6.1. Consideraciones éticas.	El recurso detalla las consideraciones éticas tomadas en cuenta durante su desarrollo y en su uso.
6.2. Inclusividad y diversidad.	Se informa si el proyecto promueve la inclusión y diversidad en los datos, las metodologías o el equipo de trabajo.



10. Conclusiones

Las generaciones Y y Z presentan un nivel de comodidad superior en el uso de la tecnología al de generaciones anteriores, lo cual, si bien no implica necesariamente que se desenvuelvan mejor con ella, sí que se presta a una mayor apertura hacia su uso en una gama más amplia de formas y contextos. Este hecho, sumado a los avances que se han producido en Internet y a la aparición de numerosas tecnologías aplicables a las humanidades, ha propiciado una expansión de las HD en los últimos años, tanto por parte de creadores, como por lo que respecta a su aceptación por parte de los usuarios finales.

Las TIC han modificado no sólo nuestras rutinas diarias, sino que se han integrado en prácticamente todos nuestros quehaceres profesionales y académicos, hasta el punto de influir en la forma en que se desarrollan los procesos de enseñanza, aprendizaje e investigación. Estas tecnologías ofrecen nuevos formatos, técnicas y metodologías algunas de las cuales hemos introducido a lo largo de este libro.

La naturaleza colaborativa de las HD ha sido clave para su desarrollo y expansión. A diferencia de las disciplinas más tradicionales, las HD fomentan la intersección entre distintos campos del conocimiento, como la informática, la lingüística, la historia o la biblioteconomía, lo que permite generar enfoques más innovadores y multidisciplinarios. Este enfoque colaborativo no sólo se da entre investigadores, sino también entre instituciones académicas, museos, bibliotecas o comunidades de usuarios. Si bien el mundo académico aún tiene dificultades para aceptar todo el trabajo realizado en esta área, lo cierto es que también se ha avanzado significativamente en este sentido, hasta el punto de aparecer numerosas asignaturas o titulaciones de postgrado estrechamente relacionadas.

Como se ha puesto de relieve a lo largo del libro, los resultados de un proyecto de HD acostumbra a ser productos digitales concretos como bases de datos, repositorios, recursos narrativos interactivos de naturaleza totalmente abierta e incluso colaborativa, lo que también ha abierto las

puertas a un público más amplio, aumentando la visibilidad y el impacto de las investigaciones de las que derivan, las cuales pueden tener también de esta manera un mayor impacto en la democratización en el acceso al conocimiento, haciéndolo más accesible para la sociedad en general.

La pregunta que llegados a este punto quizá se hará el lector menos ducho en esta área de conocimiento es ¿Y por dónde empiezo? Lo cierto es que no existe un único camino para iniciarse en las HD, ya que el punto de partida puede variar significativamente según los intereses y objetivos de cada individuo. Sin embargo, un buen punto de partida es familiarizarse con ciertas herramientas y métodos básicos que permiten trabajar con datos digitales, lo que abarca desde el conocimiento de algún lenguaje de programación, estándares web, así como el diseño o el manejo de bases de datos.

No obstante, lo fundamental es mantener una mentalidad abierta, no sólo hacia la tecnología en sí misma, sino hacia el potencial de colaboración e innovación que caracteriza a las HD. A medida que se va profundizando en esta disciplina, el intercambio con otros investigadores, el trabajo interdisciplinario y el uso creativo de herramientas digitales se convertirán en pilares clave para avanzar en cualquier proyecto. La propia naturaleza colaborativa e interdisciplinar de las HD nos llevará a cruzarnos con todo tipo de profesionales de las humanidades, informáticos, bibliotecarios y documentalistas, por lo que la especialización profunda en ciertos tipos de contenidos o tecnologías es una buena estrategia a todas luces para diferenciarse del resto y aportar valor específico a un proyecto. En cualquier caso, las HD no sólo tratan de utilizar la tecnología, sino de imaginar colectivamente nuevas formas de comprender, interpretar y, por qué no, mejorar el mundo a través de ella.

Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Soportes y dispositivos preferentes para la digitalización

Tabla 2. Elementos del esquema DC agrupados según la naturaleza de los datos que permiten representar

Tabla 3. Elementos Dublin Core y uso previsto

Tabla 4. Tabla de equivalencias entre los campos MARC y los elementos DC disponibles para consignar los títulos de una obra. Como se puede observar, el nivel de expresividad del formato MARC es muy superior

Tabla 5. Síntesis de algunos modos de acceso a la información con los sistemas arquitectónicos involucrados y el tipo de información y contexto de uso habitual

Tabla 6. Los diez principios heurísticos de Nielsen

Tabla 7. Indicadores para la evaluación de un proyecto de HD

Figura 1. Ejemplo de imagen en formato de mapa de bits

Figura 2. Simulación de la comparación de una onda sonora en alta y baja resolución. Fuente: imagen generada con Dall-e

Figura 3. Resultado de una búsqueda sobre el contenido de un vídeo en el reproductor AblePlayer. Fuente: ableplayer.github.io/ableplayer/demos

Figura 4. Registro bibliográfico de un incunable en formato PDF en la colección digital NEPTUN de la Bibliothèque Universitaire Moretus Plantin. (Université de Namur). Fuente: neptun.unamur.be

Figura 5. Fragmento de *La campaña del Maestrazgo* de Benito Pérez Galdós disponible en formato EPUB en la Biblioteca Digital Hispánica. Fuente: bdh.bne.es

Figura 6. Escáner aéreo Bookeye 5. Fuente: imageaccess.de

Figura 7. Fragmento de un fichero ALTO-XML. Fuente: loc.gov/standards/alto

Figura 8. Transcripción de un fragmento de la primera traducción al catalán de *Alicia en el país de las maravillas* (Mentora, 1927) generada con Chat-GPT. Fuente del documento: Biblioteca de Catalunya, Memòria Digital de Catalunya. (mdc.csuc.cat/digital/collection/lilibimps19/id/47867/rec/10)

Figura 9. Detalle de la interfaz del proyecto *Objetos enlazados* del Museo del Diseño de Barcelona. Fuente: Disseny Hub Barcelona

Figura 10. Representación gráfica de un objeto digital

Figura 11. Interfaz de administración de Omeka S en la que se puede observar un registro con metadatos Dublin Core. Fuente: elaboración propia

Figura 12. Página de inicio del repositorio AMSHistorica de la Universidad de Bolonia creado con DSpace-GLAM. Fuente: historica.unibo.it

Figura 13. Detalle de un registro del catálogo razonado de la Mark Rothko Works on Paper, National Gallery of Art (Washington) creado con CollectiveAccess. Fuente: rothko.nga.gov

Figura 14. Registro con una de las fotografías disponibles en el fondo de Archivo de la Fundación Miguel Delibes

Figura 15. Herramienta de indexación con un tesoro

Figura 16. Detalle de un registro del Museu de Quart de Poblet implementado con Dédalo. Fuente: museuquartdepoblet.org

Figura 17. Diagrama de la arquitectura cliente-servidor. Fuente: elaboración propia

Figura 18. Registro con datos sobre equipamientos de educación de Barcelona

Figura 19. Ejemplo de código para crear un gráfico de dispersión simple con la biblioteca ggplot2 de R. Fuente: elaboración propia

Figura 20. Detalle de la interfaz para reconciliar datos con fuentes extrnas. Fuente: openrefine.org

Figura 21. Detalle de la interfaz de catalogación con Dublin Core de Omeka Classic. Fuente: elaboración propia

Figura 22. Fragmento de un fichero PREMIS

Figura 23. Metadatos Exif incrustados en una imagen

Figura 24. Módulo de Omeka S para extraer metadatos

Figura 25. Plantilla de catalogación del sistema de gestión de colecciones digitales Omeka S

Figura 26. Interfaz del software Tropy. Fuente: tropy.org

Figura 27. La búsqueda avanzada de Galiciana

Figura 28. Resultados de búsqueda de la Digital Public Library of America

Figura 29. Los índices onomásticos, geográficos y de materias de la *International Encyclopedia of the First World War*

Figura 30. Fragmento de los metadatos asociados a la entrada Francisco Fernando de Austria en la *International Encyclopedia of the First World War*

Figura 31. Fragmento de un registro disponible en la Biblioteca Virtual de Patrimonio Bibliográfico del Ministerio de Cultura

Figura 32. Representación gráfica de una tripleta RDF. Fuente: elaboración propia

Figura 33. Representación de una tripleta en formato RDF/XML. Fuente: elaboración propia

Figura 34. Fragmento de la representación de la ontología FOAF (una clase y dos propiedades) con OWL. Fuente: elaboración propia

Figura 35. Ejemplo de uso de microdatos con la ontología Schema.org. Fuente: elaboración propia

Figura 36. Marcado JSON-LD. Fuente: elaboración propia

Figura 37. Ejemplo de un documento Foaf expresado en RDF. Fuente: elaboración propia

Figura 38. Fragmento de un fichero RDF del proyecto *1914-1918-Online International Encyclopedia of the First World War*

Figura 39. Fragmento del módulo de descripción de clases en Protégé. Fuente: protege.stanford.edu

Figura 40. Detalle de un mapa de conocimiento

Figura 41. Ejemplo relaciones y atributos

Figura 42. Ejemplo de consulta SQL

Figura 43. Interfaz del editor gráfico relacional de MySQL Workbench. Fuente: elaboración propia

Figura 44. Consulta *SELECT* SPARQL. Fuente: elaboración propia

Figura 45. Interfaz de consulta SPARQL de la Biblioteca Nacional de España basada en el software Virtuoso. Fuente: datos.bne.es/sparql

Figura 46. Interfaz de consulta sobre un mapa disponible en la *China historical Christian Database*. Fuente: chcdatabase.com

Figura 47. Ejemplo de marcado en formato Markdown (izquierda) y previsualización del resultado (derecha). Fuente: elaboración propia

Figura 48. Componentes de un documento XML. Fuente: elaboración propia

Figura 49. Elemento XML formado por una etiqueta de apertura y otra de cierre. Fuente: elaboración propia

Figura 50. Componentes de un documento JSON a partir de un resultado obtenido de la API de *The movie DB* (<https://www.themoviedb.org/>). Fuente: elaboración propia

Figura 51. Ejemplo de un fragmento de la obra *La importancia de llamarse Ernesto* de Oscar Wilde marcado con TEI. Fuente: elaboración propia

Figura 52. Fragmento de un marcado simple basado en la sintaxis de Doc-Book. Fuente: elaboración propia

Figura 53. *The World of Dante*. Fuente: worldofdante.org

Figura 54. Fragmento de la búsqueda avanzada de *The World of Dante*. Fuente: worldofdante.org

Figura 55. Ejemplo simple de un documento KML. Fuente: elaboración propia

Figura 56. Datos temporales en una etiqueta KML. Fuente: elaboración propia

Figura 57. Ejemplo de fichero GeoJSON que recoge información sobre dos puntos de interés. Fuente: elaboración propia

Figura 58. Mapa de coropletas interactivo con anotaciones creado con Datawrapper. Fuente: blog.datawrapper.de

Figura 59. Mapa de calor creado con el software CARTO. Fuente: carto.com.

Figura 60. Interfaz de CARTO. Fuente: elaboración propia

Figura 61. Detalle de la Carta Arqueológica de Barcelona. Fuente: cartarqueologica.bcn.cat

Figura 62. Detalle de la visualización interactiva de la red de correspondencia de Voltaire del proyecto *Mapping the Republic of letters* de la Universidad de Stanford. Fuente: republicofletters.stanford.edu

Figura 63. Las entradas de la *International Encyclopaedia of the First World War* pueden consultarse a través de un sistema de organización alfabético

Figura 64. Entradas de la enciclopedia mediante un sistema de organización geográfico. Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net

Figura 65. Entradas organizadas bajo categorías temáticas. Fuente: encyclopedia.1914-1918-online.net

Figura 66. Líneas de tiempo

Figura 67. “Colecciones” de Europeana

Figura 68. Ejemplos des *snippets*

Figura 69. Fragmentos del fondo de archivo de la Norman Foster Foundation

Figura 70. Uso de lenguajes controlados

Figura 71. Ejemplo de plantilla para realizar evaluaciones heurísticas. Fuente: Toni Granollers, 2021 (<https://mpiua.invid.udl.cat/evaluacion-heuristica-una-nueva-propuesta>)

Figura 72. Elementos estructurales semánticos de HTML5. Fuente: elaboración propia

Figura 73. Fragmento de código con marca de idioma

Figura 74. Ejemplo sobre el color de la fuente

Figura 75. Código HTML con una imagen y su correspondiente texto alternativo. Fuente: elaboración propia

Figura 76. Opción para añadir un texto alternativo en Omeka S. Fuente: elaboración propia

Figura 77. Ejemplo de aplicación del atributo *longdesc*

Figura 78. Ejemplo de implementación del atributo *aria-describedby* de WAI-ARIA. Fuente: elaboración propia

Figura 79. Interfaz de AblePlayer

Figura 80. Gráfico de líneas que incorpora elementos narrativos. Fuente: storyline.knightlab.com

Figura 81. Fuente: Detalle de la línea de tiempo del Zoo de Barcelona. Fuente: historiazoobarcelona.latempesta.eu/es

Figura 82. Detalle del recurso *12 sunsets*. Fuente: 12sunsets.getty.edu

Figura 83. Fragmento del recurso *Rembrandt, self-portrait with two circles*

Figura 84. Detalle del editor de historias de Flourish

Figura 85. Detalle del sistema de navegación de la exposición *La vida privada dels llibres* de la Biblioteca de Reserva de la Universitat de Barcelona

Figura 86. Detalle de una digitalización en 3D de un volumen de la Biblioteca de Reserva de la Universidad de Barcelona

Figura 87. El Museo del Prado en su perfil en TikTok



BIBLIOGRAFÍA



Software y recursos citados

Identificación y validación de formatos digital y características técnicas

DROID - <https://www.nationalarchives.gov.uk/information-management/manage-information/preserving-digital-records/droid>

JHOVE - <https://jhove.openpreservation.org>

PRONOM - <https://www.nationalarchives.gov.uk/PRONOM>

Digitalización

ABBYY Finereader - <https://pdf.abbyy.com/finereader-pdf>

OmniPage - <https://www.kofax.es/Products/omnipage>

Reconigform - <https://www.recogniform.com>

Tesseract - <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>

Reproductores multimedia

AblePlayer - <https://ableplayer.github.io/ableplayer>

Sistemas de gestión de repositorios y colecciones digitales

AtoM - <https://www.accesstomemory.org/es>

CollectiveAccess - <https://www.collectiveaccess.org>

Dédalo - <https://dedalo.dev>

DSpace GLAM - <https://4science.com/dspace-glam>

Omeka Classic - <https://omeka.org/classic>

Omeka S - <https://omeka.org/s>

ResearchSpace - <https://researchspace.org>

Scripto - <https://scripto.org>

XAMPP - <https://www.apachefriends.org/es>

Datos, metadatos y ontologías

CDWA Lite - https://www.getty.edu/research/publications/electronic_publications/cdwa/cdwalite.pdf

CIDOC-CRM - <https://www.cidoc-crm.org>

Dublin Core - <https://www.dublincore.org>

EAD - <https://www.loc.gov/ead>

ExifTool - <https://exiftool.org>

FOAF - <http://xmlns.com/foaf/spec>

LIDO - <https://cidoc.mini.icom.museum/working-groups/lido/lido-overview>

MARC XML - <https://www.loc.gov/standards/marcxml>

METS - <https://www.loc.gov/standards/mets>

MODS - <https://www.loc.gov/standards/mods>

OpenRefine - <https://openrefine.org>

OWL - <https://www.w3.org/OWL>

Power BI - <https://www.microsoft.com/es-es/power-platform/products/power-bi>

PREMIS - <https://www.loc.gov/standards/premis>

Protégé - <https://protege.stanford.edu>

R - <https://www.r-project.org>

ResearchSpace - <https://researchspace.org>

RStudio - <https://posit.co/download/rstudio-desktop>

Spectrum - <https://collectionstrust.org.uk/spectrum>

Tropy - <https://tropy.org>

Lenguajes de marcas e intercambio de datos

CommonMark - <https://commonmark.org>

HTML - <https://html.spec.whatwg.org>

Markdown - <https://www.markdownguide.org>

XML - <https://www.w3.org/TR/xml>

Bases de datos

Amazon DynamoDB - <https://aws.amazon.com/dynamodb>

Blazegraph - <https://blazegraph.com>

CouchDB - <https://couchdb.apache.org>
MariaDB - <https://mariadb.org>
MongoDB - <https://www.mongodb.com>
MySQL - <https://www.mysql.com>
MySQL Workbench - <https://www.mysql.com/products/workbench>
Neo4j - <https://neo4j.com>
OpenLink Virtuoso - <https://virtuoso.openlinksw.com>
PostgreSQL - <https://www.postgresql.org>
SPARQL - <https://www.w3.org/TR/sparql11-query>
Virtuoso Universal Server - <https://virtuoso.openlinksw.com>

Cartografía digital

ArcGIS - <https://www.arcgis.com>
CARTO - <https://carto.com>
Datawrapper - <https://www.datawrapper.de>
GeoJSON - <https://geojson.org>
GeoNames - <https://www.geonames.org>
Google Maps Platform - <https://developers.google.com/maps>
GrassGIS - <https://grass.osgeo.org>
KML - <https://www.ogc.org/standard/kml>
Leaflet - <https://leafletjs.com>
Mapbox - <https://www.mapbox.com>
OpenStreetMap - <https://www.openstreetmap.org>
QGIS - <https://www.qgis.org/es>

Visualización de datos

D3 - <https://d3js.org>
Datawrapper - <https://www.datawrapper.de>
Flourish - <https://flourish.studio>
Highcharts JS - <https://www.highcharts.com>
Palladio - <https://hdlab.stanford.edu/palladio>
Tableau - <https://www.tableau.com>

Narrativas digitales

ArcGIS StoryMaps - <https://storymaps.arcgis.com>

Genially - <https://genially.com/es>

MapsAlive - <https://explore.mapsalive.com>

Shorthand - <https://shorthand.com>

Souncite JS - <https://soundcite.knightlab.com>

Storyline JS - <http://storyline.knightlab.com>

StoryMap JS - <https://storymap.knightlab.com>

Timeline JS - <https://timeline.knightlab.com>

Accesibilidad digital

Colour Contrast Analyzer (CCA). <https://www.tpgi.com/color-contrast-checker>

WAVE: web accessibility evaluation tool - <https://wave.webaim.org>

Web Accessibility Evaluation Tools List - <https://www.w3.org/WAI/test-evaluate/tools/list>

Projectos citados

- 12 sunsets - <https://12sunsets.getty.edu>
- AMSHistorica - <https://historica.unibo.it>
- AtlantoCracies - <https://atlantocracies.com>
- Archivo de la Fundación Miguel Delibes - <https://fondomigueldelibes.fundacionmigueldelibes.es>
- Arxiu del Servei d'Arqueologia de Barcelona - <https://arxiu.arqueologia.barcelona.bcn.cat>
- Biblioteca Digital Hispánica - <https://bdh.bne.es>
- Carta Arqueológica de Barcelona - <http://cartaarqueologica.bcn.cat>
- China historical Christian database - <https://chcdatabase.com>
- Chronicling America: historic American newspapers - <https://chroniclingamerica.loc.gov>
- DatosBNE - <https://datos.bne.es>
- DBpedia - <https://dbpedia.org>
- Digital Public Library of America - <https://dp.la>
- Europeana - <https://www.europeana.eu>
- Galiciana - <https://biblioteca.galiciana.gal>
- Hearing the Americas - <https://hearingtheamericas.org>
- International encyclopedia of the first world war - <https://encyclopedia.1914-1918-online.net>
- La Roca dels Moros El Cogul - <https://patrimoni.gencat.cat/es/monumentos/monuments/conjunto-rupestre-de-la-roca-dels-moros-el-cogul/visita-virtual-es>
- La vida privada dels llibres - <https://apps.crai.ub.edu/biblioteques/reserva/expo>
- Library of Congress, Digital Collections - <https://www.loc.gov/collections>
- Línea del tiempo del Zoo de Barcelona - <https://historiazoobarcelona.latempesta.eu/es>
- LinkedGeoData - <https://linkedgeodata.org>
- Mapping the Republic of letters - <http://republicofletters.stanford.edu>
- Mark Rothko Works on Paper - <https://rothko.nga.gov>
- Materials i aèries: una mostra d'enquadernacions singulars del CRAI Biblioteca Fons Antic de la Universitat de Barcelona - <https://sites.google.com/view/encuadernaciones/inicio-cas>

- Memòria Digital de Catalunya - <https://mdc1.csuc.cat>
Museu de Quart de Poblet - <https://museuquartdepoblet.org>
NEPTUN - <https://neptun.unamur.be>
Norman Foster Foundation Archive - <https://archive.normanfosterfoundation.org>
Open Data BCN - <https://opendata-ajuntament.barcelona.cat>
Repensar el Guernica - <https://guernica.museoreinasofia.es>
Rembrandt, self-portrait with two circles. <https://www.english-heritage.org.uk/visit/places/kenwood/history-stories-kenwood/rembrandt-self-portrait>
Rider por un día - <https://lab.rtve.es/lab/trabajar-rider>
The Movie Database - <https://www.themoviedb.org>
The World of Dante - <https://worldofdante.org>
University of Calgary Collections - <https://digitalcollections.ucalgary.ca>
VIAF (Virtual International Authority File) - <https://viaf.org>
Wikidata - <https://www.wikidata.org>

Fuentes de información y recursos para las humanidades digitales

Directorios de recursos

Digital humanities: tools and resource recommendations -<https://libguides.mit.edu/c.php?g=176357&p=1158575>

Digital humanities: tools & software - <https://libguides.utk.edu/dh/tools>

Digital humanities at UMD - <https://libguides.d.umn.edu/c.php?g=301110&p=2007378>

Posner, Miriam. DH101: a highly opinionated resource guide - <https://docs.google.com/document/d/1Z-14hgZPMiAzT6vx1mVg5l60zkRVU9EHgZgK9HHdU4>

Revistas académicas

Digital humanities quarterly - <https://www.digitalhumanities.org/dhq>

Digital scholarship in the humanities - <https://academic.oup.com/dsh>

Digital Studies/Le Champ Numérique - <https://www.digitalstudies.org>

Reviews in digital humanities - <https://reviewsindh.pubpub.org>

Bibliografía

- Abadal, E. (2012). *Acceso abierto a la ciencia*. UOC. <http://hdl.handle.net/2445/24542>
- Alcaraz Martínez, R. (2012). Omeka: exposiciones virtuales y distribución de colecciones digitales. *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, 28. <https://doi.org/10.1344/105.000001829>
- Alcaraz Martínez, R. (2014). CollectiveAccess, un sistema de gestión y difusión de colecciones de museos, archivos y bibliotecas. *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, 33. <https://bid.ub.edu/es/33/alcaraz2.htm>
- Alcaraz Martínez, R. (2022). Omeka S como alternativa para el desarrollo de colecciones digitales y proyectos de humanidades digitales. *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, 48. <https://doi.org/10.1344/BiD2022.48.06>
- Alcaraz Martínez, R. (2023). *Dublin Core: guía de uso*. <http://hdl.handle.net/2445/203374>
- Alcaraz Martínez, R. y Massaguer, L. (2023). *Exposiciones virtuales en instituciones culturales: de la idea a la publicación*. UOC; Profesional de la Información.
- Alcaraz Martínez, R. y Urbano, C. (2024). *Análisis de requisitos para la selección de software de gestión para bibliotecas y colecciones digitales patrimoniales*. Universitat de Barcelona. (Informes del CRICC). <http://hdl.handle.net/2445/209582>
- Alcaraz Martínez, R. y Vázquez Puig, E. (2016). TEI: un estándar para codificar textos en el ámbito de las humanidades digitales. *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, 37. <https://doi.org/10.1344/BiD2016.37.25>
- Berners-Lee, T. (2006). Linked data. *Design issues*.
- Berners-Lee, T. y Miller, E. (2002). The semantic web lifts off. *ERCIM News*, 51, 9-11. https://www.ercim.eu/publication/Ercim_News/enw51/berners-lee.html <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>
- Bia Platas, A. y Sánchez Quero, M. (2001). Diseño de un procedimiento de marcado para la automatización del procesamiento de textos digitales usando XML y TEI. En Fuente, P. y Pérez, A. (Eds.), *JBIDI 2001, II Jornadas Bibliotecas Digitales* (pp. 153-165). <http://www.biblioteca.org.ar/libros/142321.pdf>

- Bicknell, K. (2017). The future looks GLAMorous: from resource sharing to collaboration and convergence. *Online Searcher*, 41(4), 11–14.
- Boughida, K. (2005). CDWA Lite for cataloging cultural objects (CCO): a new XML schema for the cultural heritage community. En *Humanities, computers, and cultural heritage: proceedings of the XVI International Conference of the Association for History and Computing* (pp. 14-17).
- Burrough P. A. (1986). Principles of geographical information systems for land resources assessment. *Geocarto international*, 1, 3, 54. <https://doi.org/10.1080/10106048609354060> https://www.carli.illinois.edu/sites/files/digital_collections/documentation/guidelines_for_audio.pdf
- Busa, R. (2004). Foreword: perspectives on the digital Humanities. En Schriebman, S., Siemens, R. y Unsworth, J. (Eds.), *A Companion to digital humanities*. Blackwell. https://companions.digitalhumanities.org/DH/?chapter=content/9781405103213_foreword.html
- Card, S. K., Mackinlay, J. D. y Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: using vision to think*. Morgan Kaufmann.
- CARLI (2017). *Guidelines for the creation of digital collections: digitization best practices for audio*. Illinois: CARLI Digital Collections Users' Group.
- Codd, E. F. (1970). A relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, 13(6), 377-387. <https://doi.org/10.1145/362384.362685>
- Consultative Committee for Space Data Systems (2012). *Reference model for an open archival information system (OAIS)*. Magenta Book. <https://public.ccsds.org/pubs/650x0m2.pdf>
- Coronel, C. y Morris, S. (2013). *Database systems: design, implementation, and management*. Cengage Learning.
- Cukier, J. (2009). Can data visualization improve knowledge and decision-making? En Kosara, R., Cohe, S., Cukier, M. (Eds.), *Panel: Changing the world with visualization. IEEE Visualization Conference Compendium*. <https://kosara.net/papers/2009/Kosara-InfoVisPanel-2009.pdf>
- Danko, D. M. (2012). Geospatial metadata. En K. Wolfgang y D. M. Danko (Eds.), *Springer handbook of geographic information* (pp. 359-391). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72680-7_12

- Díaz Mota, A., y Folia, M. (2018). Biblioteca i arxiu en un context museístic: experiències LAM institucionals en el Museu del Disseny de Barcelona. En *15es Jornades Catalanes d'Informació i Documentació*. <https://www.cobdc.net/15JCID/wp-content/uploads/2018/05/Exp36.pdf>
- Díaz-Ordoñez, M., Savio Rodríguez Baena, M., y Yun-Casalilla, B. (2023). A new approach for the construction of historical databases, NoSQL document oriented databases: the example of AtlantoCracies. *Digital scholarship in the humanities*, 38(3), 1014-1032. <https://doi.org/10.1093/llc/fqad033>
- Donadeo, L. y Flores, Z. (2019). Transformando y enriqueciendo nuestros datos con OpenRefine. *El blog de la BNE*. <https://www.bne.es/es/blog/blog-bne/transformando-y-enriqueciendo-nuestros-datos-con-openrefine>
- Drucker, J., Kim, D., Salehian, I. y Bushong, A. (2014). *Introduction to digital humanities: concepts, methods, and tutorials for students and instructors*. <https://archive.org/details/IntroductionToDigitalHumanities>
- España. Ministerio de Cultura y Deporte (2021). *Recomendaciones para proyectos de digitalización de patrimonio bibliográfico y fotografía histórica*. Ministerio de Cultura y Deporte. <http://hdl.handle.net/10421/9200>
- European Union's REKconstructed Content in 3D (2024). *3D digitisation guidelines: steps to success a guide based on the EU VIGIE2020/654 study on quality in 3D digitisation of tangible cultural heritage*. ISBN: 978-84-8496-324-0. <https://eureka3d.eu/3d-digitisation-guidelines/>
- Fegras, E. H., Andelman, S., Jones, M. B. y Schildhauer, M. (2005). Maximizing the value of ecological data with structured metadata: an introduction to ecological metadata language (EML) and principles for metadata creation. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 86(3), 158-168. [http://doi.org/10.1890/0012-9623\(2005\)86\[158:MTVOED\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1890/0012-9623(2005)86[158:MTVOED]2.0.CO;2)
- Franganillo Fernández, J. (2021). *Formatos digitales: propiedades técnicas y contextos de uso*. UOC; Profesional de la información.
- Gartner, R. (2016). *Metadata: shaping knowledge from antiquity to the semantic web*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40893-4>

- Gilliland, A. J. (2008). Setting the stage. En M. Baca (Ed.), *Introduction to metadata: pathways to digital information*. Getty Information Institute. <https://www.getty.edu/publications/intrometadata/setting-the-stage>
- Gobierno Vasco. Departamento de Educación, Política y Cultura. (2011). *Formatos de difusión y formatos de preservación de contenidos digitales*. Kultura 2.0 (Cuadernos de formación; 2).
- Gómez García, J. L., Conesa y Caralt, J. (2015). *Introducción al big data*. UOC.
- González, M. P., Pascual, A. y Lorés, J. (2001). Evaluación heurística. En *Introducción a la interacción persona-ordenador*. AIPO, Asociación Interacción Persona-Ordenador. <https://aipo.es/wp-content/uploads/2022/02/LibroAIPO.pdf>
- Greenberg, J. A. (2001). Quantitative categorical analysis of metadata elements in image-applicable metadata schemas. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52(11), 914-917. <https://doi.org/10.1002/asi.1170>
- Greenberg, J. A. (2003). Metadata and the World Wide Web. En M. A. Drake (Ed.), *Encyclopedia of library and information science* (pp. 1876-1888). Marcel Dekker.
- Greenberg, J. A. (2005). Understanding metadata and metadata schemes. *Cataloging & classification quarterly*, 40(3), 17-36. http://dx.doi.org/doi:10.1300/J104v40n03_02
- Gregory, I. N. y Ell, P. S. (2007). *Historical GIS: technologies, methodologies, and scholarship*. Cambridge University Press.
- Habermann, T. (2018). Metadata life cycles, use cases and hierarchies. *Geosciences*, 8(5), 179. <https://doi.org/10.3390/geosciences8050179>
- Haklay, M. y Weber, P. (2008). OpenStreetMap: user-generated street maps. *IEEE Pervasive Computing*, 7(4), 12-18. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2008.80>
- Hassan Montero, Y. y Martín Fernández, F. J. (2003). Guía de evaluación heurística de sitios web. *No solo usabilidad: revista sobre personas, diseño y tecnología*, 2. <https://www.nosolousabilidad.com/articulos/heuristica.htm>
- Hewett, T. T. y Baecker, R. (1992). *ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2594128>
- Hodge, G. (2001). *Metadata made simpler*. NISO Press.

- Huynh, D. (2011). *Google refine*. <http://web.archive.org/web/20141021040915/http://davidhuynh.net/spaces/nicar2011/tutorial.pdf>
- Ide, N., Colledge, V., Amsler, R., Waler, D., Hockey, S. y Zampolli, A. (1988). *Proposal for funding for an initiative to formulate guidelines for the encoding and interchange of machine-readable texts*. <https://tei-c.org/Vault/SC/scg02.html>
- IFLA (2010). *Directrices para materiales de lectura fácil*. <https://www.ifla.org/wp-content/uploads/2019/05/assets/hq/publications/profesional-report/120-es.pdf>
- Iglésias Franch, D. (2008). *La fotografía digital en los archivos: qué es y cómo se trata*. Trea.
- ISO (2006). *ISO 21127:2006. Information and documentation -- A reference ontology for the interchange of cultural heritage information*. ISO.
- ISO (2009). *ISO 704:2009. Terminology work: principles and methods*. ISO.
- ISO (2014). *ISO 21127:2014 Information and documentation – A reference ontology for the interchange of cultural heritage information*. ISO.
- ISO (2018). *ISO 9241-11:2018: ergonomics of human-system interaction. Part 11: usability: definitions and concepts*. ISO.
- ISO (2019). *ISO 9241-210:2019: ergonomics of human-system interaction. Part 210: human-centred design for interactive systems*. ISO.
- Johnson, G. I., Clegg, C. W. y Ravden, S. J. (1989). Towards a practical method for user interface evaluation. *Applied ergonomics*, 20(4), 255-260.
- Keefer, A. y Gallart, N. (2007). *La preservación de recursos digitales: el reto para las bibliotecas del siglo XXI*. UOC.
- Kim, M. C., Zhu, Y. y Chen, C. (2016). How are they different? a quantitative domain comparison of information visualization and data visualization (2000-2014). *Scientometrics*, 107, 123-165. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1830-0>
- Kirschenbaum, M. (2010). What is digital humanities and what is doing in English departments? *ADE Bulletin* 150, 1-7. https://mkirschenbaum.files.wordpress.com/2011/01/kirschenbaum_ade150.pdf
- Kosara, R. y Mackinlay, J. (2013). Storytelling: next step for visualization. *IEEE Computer Society*, 46(5), 44-50. <http://dx.doi.org/10.1109/MC.2013.36>

- Law, J. (2004). *After method: mess in social science research*. Routledge.
- Lawrance, B. N., Lowry, R., Miller, P., Snaith, H. y Woolf, A. (2009). Information in environmental data grids. *Philosophical transactions of the Royal Society a: mathematical, physical and engineering sciences*, 367(1890), 1003-1014. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0237>
- Lecomte, S. y Boulanger, T. (2009). *XML práctico: bases esenciales, conceptos y casos prácticos*. ENI.
- Llosa Sanz, Á. (2019). De microrrelatos y memes literarios en las redes sociales: estrategias de edición digital en la mini ficción multimodal. *Microtextualidades: revista internacional de microrrelato y mini ficción*, 7, 26-45. <https://doi.org/10.31921/microtextualidades.n7a2>
- Mansfield, J. S., Legge, G. E. y Bane, M. C. (1996). Psychophysics of reading XV: font effects in normal and low vision. *Investigative ophthalmology and visual science*, 37(8), 1492-1501. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8675391>
- Mayer Schönberger, V. y Cukier, K. (2013). *Big data: la revolución de los datos masivos*. Turner.
- Mayernik, M. S. (2020). Metadata. *Knowledge Organization*, 47(8), 696-713. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2020-8-696>
- Merriam-Webster (s.f.). Metadata. En *Merriam-Webster.com Dictionary*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/metadata>
- Morville, P. (2004). *User experience design*. http://semanticstudios.com/user_experience_design
- Nielsen, J. (1994). *10 usability heuristics for user interface design*. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics>
- Nielsen, J. (2012). *Usability 101: introduction to usability*. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- Nielsen, J. y Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. En *CHI '90: proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 249-256). <https://doi.org/10.1145/97243.97281>
- Norman, D. A., Miller, J. y Henderson, A. (1995). What you see, some of what's in the future, and how we go about doing it: HI at apple computer. En *Proceedings of the ACM conference on human factors in computing systems (CHI 1995)*. <https://doi.org/10.1145/223355.223477>

- Odgen, C. K. y Richards, I. A. (1923). *Meaning of meaning: a study of the influence of language upon thought and of the science of symbolism*. Harcourt, Brace and Co.
- Olmeda Gómez, C. (2014). Visualización de información. *El profesional de la información*, 23(3), 213-220. <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2014.may.01>
- Padgavankar, M. H. y Gupta, S. R. (2014). Big data storage and challenges. *International journal of computer science and information technologies*, 5(2), 2218-2223.
- Parker, D. (2001). The World of Dante: a hypermedia archive for the study of the Inferno. *Literary and linguistic computing: Journal of the Association for Literary and Linguistic Computing*, 16(3), 287-297. <http://llc.oxfordjournals.org/content/16/3/287.abstract>
- Pástor Sánchez, J. A. (2012). *Tecnologías de la web semántica*. UOC.
- Pérez-Montoro, M. (2009). *Arquitectura de la información en entornos web*. Trea.
- Plana, A. (2011). Bases de datos geográficos: almacenes de datos geográficos. En Pérez Navarro, A. (Ed.). *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. UOC.
- Plichta, B. y Kornbluh, M. (2002). *Digitizing speech recordings for archival purposes*. Matrix, Michigan State University. http://www.historiccalvoices.org/papers/audio_digitization.pdf
- Pomerantz, J. (2015). *Metadata*. MIT Press.
- Riley, J. (2017). *Understanding metadata: what is metadata and what is for?* National Information Standards Organization.
- Río Castañeda, L. y Benito Temprano, C. S. (2018). Flavita Banana: ilustración y microrrelato. *Microtextualidades: revista internacional de microrrelato y minificción*, 3, 41-55. <https://doi.org/10.31921/microtextualidades.n3a3>
- Rosenfeld, L. y Morville, P. (2006). *Information architecture for the World Wide Web*. 3rd. O'Reilly.
- Rueda, A. (2017). Perspectivas actuales para la minificción: un balance. En *Minificción y nanofilología: latitudes de la hiperbrevedad*. Iberoamericana-Vervuert.
- Sáez Geoffroy, A. (2023). Humanidades Digitales y Roma: una aproximación a nuevas herramientas para el estudio de la geografía imperial romana. *Publicaciones de la Asociación Argentina de Humanidades Digitales*, 4, e047. <https://doi.org/10.24215/27187470e047>

- Salse, M., Jornet, N. y Guallar, J. (2021). El patrimonio universitario desde una perspectiva GLAM: análisis de los sitios web de las universidades europeas. *Revista general de información y documentación*, 31(2), 521-543. <https://dx.doi.org/10.5209/rgid.77215>
- Salse Rovira, M. (2023). *La documentació del patrimoni universitari en contextos No Museu: propostes per a la seva organització i descripció a partir de les col·leccions de la Universitat de Barcelona*. Tesis de doctorado, Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/690193>
- Sarasa, A. (2016). *Introducción a las bases de datos NoSQL usando MongoDB*. UOC.
- Schmidt, D. (2012). The role of markup in the digital humanities. *Historical social research*, 37(3), 125-146. <https://www.jstor.org/stable/41636601>
- Segel, E. y Heer, J. (2010). Narrative visualization: telling stories with data. En *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (pp. 1139-1148). <http://vis.stanford.edu/files/2010-Narrative-InfoVis.pdf>
- Slype, G. Van (1991). *Los lenguajes de indización: concepción, construcción y utilización en los sistemas documentales*. Fundación Germán Sánchez Ruipérez.
- Smiraglia, R. P. (2005). Introducing metadata. En *Metadata: a cataloger's primer* (pp. 1-15). Routledge.
- Studer, R., Benjamins, V. Richards y Fensel, D. (1998). Knowledge engineering, principles and methods. *Data & knowledge engineering*, 25(1-2), 161-197. [https://doi.org/10.1016/S0169-023X\(97\)00056-6](https://doi.org/10.1016/S0169-023X(97)00056-6)
- Sulé, A. (2015). Schema.org, la mejora de la visualización de los resultados en los buscadores y mucho más. *BiD: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*, 34. <https://dx.doi.org/10.1344/BiD2015.34.23>
- Talja, S., Keso, H. y Pietiläinen, T. (1999). The production of "context" in information seeking research: a metatheoretical view. *Information processing & management*, 35(6), 751-763. [https://doi.org/10.1016/S0306-4573\(99\)00024-2](https://doi.org/10.1016/S0306-4573(99)00024-2)
- Térmens, M. y Ribera, M. (2009). El control de los formatos en la preservación digital. En *XI Jornadas Españolas de Documentación: Interinformación*. FESABID (pp. 139-146). <http://www.fesabid.org/zaragoza2009/actas-fesabid-2009/139-146.pdf>

- The digital humanities manifesto 2.0*. https://humanitiesblast.com/manifesto/Manifiesto_V2.pdf
- Vázquez-Herrero, J. (2023). Los documentales interactivos. En Herrera-Damas, S.; Rojas-Torrijos, J. L. (Eds.). *Manual de nuevos formatos y narrativas para el periodismo y la no ficción*. Tirant Lo Blanch.
- W3C (2023a). *EPUB 3.3*. <https://www.w3.org/publishing/EPUB3>
- W3C (2023b). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. <https://www.w3.org/TR/WCAG22>
- Ware, C. (2012). *Information visualization: perception for design*. 3rd ed. Elsevier; Morgan Kaufman.
- Warren, E. y Matthews, G. (2020). Public libraries, museums and physical convergence: context, issues, opportunities: a literature review Part 2. *Journal of librarianship and information science*, 52(1), 54-56. <https://doi.org/10.1177/0961000618769721>
- Zhang, Allison B. y Gourley, D. (2008). *Creating digital collections: a practical guide*. Chandos Publishing.
- Zorich, D. M., Waibel, G. y Erway, R. (2008). *Beyond the silos of the LAMs collaboration among libraries, archives and museums*. OCLC Online Computer Library Center. <https://doi.org/10.25333/x187-3w53>

