

Entornos de búsquedas navegacionales  
a partir de esquemas de representación  
de conocimiento



# Entornos de búsquedas navegacionales a partir de esquemas de representación de conocimiento

Paulo Alonso Gaona García  
Carlos Enrique Montenegro Marín  
David Martín Moncunill







*“No podemos solucionar problemas usando el mismo  
razonamiento que usamos cuando los creamos”*

***Albert Einstein***



## Agradecimientos

*A Dios, por permitir materializar parte de una visión orientado al desarrollo de estrategias visuales que faciliten el acceso a material digital con fines educativos. Al Centro de Investigación y Desarrollo Científico CIDC de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por el apoyo financiero para llevar a cabo el desarrollo del presente libro resultado de proyecto de investigación mediante código 2-20-490-15. Finalmente, a cada uno de los integrantes de este proyecto de investigación que permitió el desarrollo del presente libro, desde sus etapas de diseño, construcción y elaboración de la presente propuesta, a todos ellos nuestros más sinceros agradecimientos.*



UD  
Editorial

E2  
ESPACIOS

© Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
© Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico  
© Paulo Alonso Gaona García, Carlos Enrique  
Montenegro Marín, David Martín Moncunill  
Primera edición, abril de 2018  
ISBN: 978-958-787-004-6

Dirección Sección de Publicaciones  
Rubén Eliécer Carvajalino C.

Coordinación editorial  
Miguel Fernando Niño Roa

Corrección de estilo  
Andrés Fernando Solano Rodríguez

Diagramación  
Martha Liliana Leal

Imagen de cubierta  
Pexels

Editorial UD  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Carrera 24 No. 34-37  
Teléfono: 3239300 ext. 6202  
Correo electrónico: publicaciones@udistrital.edu.co

Gaona-García, Paulo Alonso

Entornos de búsquedas navegacionales a partir de esquemas de representación de conocimiento / Paulo Alfonso Gaona García, Carlos Enrique Montenegro Marín, David Martín Moncunill. -- Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2018.

146 páginas ; 24 cm. -- (Colección espacios)

ISBN 978-958-787-004-6

1. Ingeniería de sistemas 2. Informática 3. Ingeniería de software 4. Programación en internet 5. Páginas web I. Montenegro Marín, Carlos Enrique, autor II. Moncunill, David Martín, autor III. Tít. IV. Serie. 005.1 cd 22 ed.

A1591337

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Todos los derechos reservados.

Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo escrito de la Sección de Publicaciones de la Universidad Distrital.

Hecho en Colombia

# Contenido

---

<b>Antecedentes</b>	<b>13</b>
Estado de la cuestión	13
Motivación	20
Planteamiento del problema	21
Objetivos	21
Estructura del documento	22
<b>Esquemas de representación de conocimiento</b>	<b>23</b>
Definición	24
Taxonomías	24
Tesauros	26
Ontologías	31
Entornos de aplicación	35
<b>Visualización de información</b>	<b>37</b>
Características	38
Tipos de visualización taxonómica	39
<b>Principios para el diseño de interfaces</b>	<b>45</b>
Usabilidad	45
Usabilidad sobre esquemas de navegación de colecciones digitales	45
Usabilidad de las taxonomías y esquemas de representación de conocimiento	47
Revisión de estudios sobre usabilidad de interfaces de búsqueda	48
Interacción persona – ordenador	48
Principios de usabilidad	49
<b>Propuesta de una solución</b>	<b>51</b>
Fases utilizadas para propuesta de una solución	51
Análisis de datos	52

Diseño de interfaces navegacionales	60
Análisis de resultados	70
<b>Framework propuesto</b>	<b>71</b>
Arquitectura de comunicación	71
Arquitectura propuesta de desarrollo	73
Europeana interpretador	73
Diagramas de casos de uso	74
Diagramas de estados	76
API REST Europea	77
Aspectos de uso del <i>framework</i>	78
<b>Pruebas de usabilidad y análisis de resultados</b>	<b>87</b>
Estudio de usabilidad	87
Selección de participantes	87
Test percepción uso Europea	88
Test de interacción interfaces propuesta de solución	90
Resultados test de percepción	94
Resultados test de interacción	101
<b>Conclusiones y trabajo futuro</b>	<b>111</b>
Conclusiones	111
Recomendaciones	113
Aportaciones originales	116
Trabajos futuros	116
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>119</b>
<b>Anexo 1</b>	<b>141</b>

# Antecedentes

---

El propósito fundamental de este capítulo es ofrecer una síntesis de los temas de trabajo que estudiaremos a lo largo de este documento. A continuación, nos centraremos en el contexto y la motivación que ha dado lugar al desarrollo y formulación de la presente investigación. Posteriormente, se exponen los objetivos que se pretenden abordar, describiendo las contribuciones más representativas, seguido del método de trabajo utilizado y finalmente se resume la estructura que se irá desglosando a medida que vamos avanzando en los diferentes temas.

## Estado de la cuestión

Los repositorios digitales son una de las herramientas de mayor aceptación para la difusión de recursos educativos dentro de un entorno de formación. La mayoría de estas incluyen esquemas de representación de conocimiento (ontologías, tesauros, taxonomías, etc.) con el propósito de ofrecer a creadores y expertos alternativas para gestionar, clasificar y organizar recursos digitales dentro de un repositorio. Sin embargo, estos esquemas de clasificación a veces no son utilizados y aprovechados en la medida que sería deseable dado que: 1) los usuarios no se encuentran familiarizados con los complejos sistemas de representación de conocimiento que los expertos y creadores de repositorios utilizan para clasificar los recursos; 2) las interfaces de usuario actuales no siempre facilitan las tareas esenciales de los usuarios que visitan el repositorio: búsqueda y localización de recursos digitales. El propósito de esta investigación se enfoca en el segundo factor, presentando una propuesta para plantear alternativas de interfaces de búsqueda y navegación de recursos para analizar las deficiencias de usabilidad y utilidad en procesos de exploración. Lo anterior a partir del diseño e implementación de interfaces gráficas con uso de esquemas de representación de conocimiento a través de técnicas de visualización, mediante principios de usabilidad y diseño centrado en computador definidos por aspectos de Interacción Persona Ordenador (IPO).

## Criterios de análisis

A veces las interfaces de búsqueda pueden ser más un problema para los usuarios de una librería digital o un repositorio que buscan recursos digitales adecuados.

En consecuencia, el presente trabajo investiga si a través de técnicas de visualización y metodologías de IPO, se puede ayudar a los creadores de repositorios digitales o personas que gestionan y administran centros de documentación de recursos académicos, a ofrecer mejores servicios a sus usuarios con el fin de: a) localizar materiales de una manera más eficaz y precisa dentro de repositorios de recursos digitales; b) ayudar a los usuarios a facilitar la ubicación de los materiales de acuerdo a una estructura temática o área de conocimiento; c) identificar las interfaces más eficaces en función de los criterios de búsqueda, para llevar a cabo procesos de exploración e indagación de recursos digitales.

Para identificar principios del diseño de interfaces, se utilizan como estrategias diversas técnicas de visualización de información (Bremm, 2011; Herman, Melancon, & Marshall, 2000), que de acuerdo con propósitos de este estudio, se han seleccionado a partir de características asociadas con: a) estructura de representación gráfica (Gleicher, 2012; Graham, 2010; Herman et al., 2000); b) estrategias de agrupamiento temático (Mercun, Zumer & Aalberg, 2012); c) diseño de interfaces (Buchanan, 2012; Hearst, 2009); y d) representaciones jerárquicas para despliegue de categorías (Schulz, Hadlak & Schumann, 2011; Shneiderman, Feldman, Rose & Grau, 2000). Con base a estos criterios de selección, se pretende identificar técnicas de visualización útiles dentro de diferentes entornos de búsqueda. Para realizar esta actividad se llevará a cabo un estudio de usabilidad para evaluar las capacidades de percepción visual de cada una de las interfaces identificadas a partir de las técnicas de visualización seleccionadas; estas capacidades se encuentran asociadas con los siguientes atributos: atención, retención y comprensión de temáticas que se encuentren relacionadas con un área de conocimiento. En la misma dirección, se llevarán a cabo estudios de la capacidad de interacción, criterio que se define como otra de las características dentro del área de IPO que permite, en cierta medida, obtener la impresión subjetiva y objetiva de un usuario en procesos de búsqueda.

## Trabajos relacionados

El desarrollo de repositorios ha sido una de las iniciativas más generalizadas para centralizar procesos de búsqueda sobre recursos digitales. Se consideran tres importantes infraestructuras que facilitan el acceso a colecciones de recursos digitales definidas por museos, bibliotecas, archivos y centros de documentación digital, estos a su vez, están orientados a realizar actividades relacionadas con el almacenamiento de materiales educativos con el fin de optimizar procesos de gestión, administración y búsqueda de los mismos. Sin embargo, el gran volumen de recursos digitales ha generado una serie de limitaciones, específicamente aquellos relativos al uso de repositorios para el acceso sobre materiales educativos relevantes. Este tipo de deficiencias ha favorecido el desarrollo y uso de alternativas asociadas con la implementación de lenguajes enriquecidos (OWL, RDF) y esquemas de representación de conocimiento (tesauros y ontologías) para llevar a cabo actividades de clasificación, categorización y gestión de contenidos. La implementación de estas estrategias ha generado la combinación de una sólida estructura tecnológica, vinculada con una serie de tácticas de enriquecimiento semántico a partir del uso de esquemas de representación de conocimiento. Estas soluciones facilitan, en cierta medida, actividades de gestión y admi-



nistración por parte de creadores y desarrolladores de repositorios, sin embargo, para un usuario convencional —estudiantes o profesores—, el uso de estos repositorios educativos no es sencillo, ya que adolecen de estrategias de acceso a partir del uso de sus interfaces y mecanismos de búsquedas convencionales (textual, booleano), convirtiéndose en un factor clave que puede llegar a dificultar procesos de aprendizaje, generando un progresivo abandono del uso de este tipo de herramientas.

Además de los lenguajes y esquemas de representación del conocimiento, para llevar a cabo un proceso de búsqueda, los repositorios también proporcionan alternativas de acceso mediante el uso de interfaces visuales, si bien algunos repositorios carecen de interfaces que faciliten este tipo de procesos. Bajo esta perspectiva, investigaciones previas han encontrado que algunas interfaces de búsqueda no se ajustan a las necesidades de los usuarios en conjunto (Tenopir, 2003). Con frecuencia, los resultados desplegados no son relevantes de acuerdo a criterios de búsqueda definidos por usuarios (Nash, 2005). Se han identificado problemas de navegación cuando los usuarios desean retornar sobre registros previamente consultados (Jeng, 2005). Por su parte Kim (2008) encontró una serie de problemas asociados con el diseño de la interfaz de un repositorio institucional en Corea, el estudio demostró que los temas de interés de consulta por parte de los usuarios no eran lo suficientemente visibles porque los menús de navegación eran demasiado pequeños y el color muy oscuro. Otros estudios han permitido revelar limitaciones para combinar estrategias de navegación y métodos de búsqueda (Hartson, Shivakumar & Pérez, 2004), donde las interfaces no permiten visualizar —a simple vista— el despliegue de materiales disponibles en un repositorio, a partir de un área de conocimiento específico (Hitchcock et al., 2003; Tsakonas & Papatheodorou, 2008). Esta última limitación resulta ser un factor definitivo para la continuidad de un usuario a través del uso de estas herramientas, dado que les resulta difícil determinar si vale la pena continuar con el proceso de exploración de materiales en el repositorio, o si es mejor valerse de otras estrategias de búsqueda externas.

A los análisis mencionados anteriormente sobre las interfaces de acceso a los repositorios, que como se ha comprobado ponen de manifiesto algunas de sus limitaciones, se han añadido estudios de usabilidad sobre estos sistemas de acceso lo cuales han identificado una serie de limitaciones que presentan algunas bibliotecas y repositorios digitales. Tsakonas & Papatheodorou (2007) llevaron a cabo un análisis de usabilidad sobre repositorio E-LIS, encontrando dificultades para la realización de ciertos procesos de búsqueda y generando un alto consumo de tiempo para llevar a cabo ciertas tareas de búsquedas y grandes esfuerzos para comprender el uso las interfaces. Por su lado Marchionini (2006) y White & Roth (2009), resaltan el uso de las estrategias de búsquedas exploratorias y las capacidades de localización de recursos digitales, así mismo destacan la importancia de complementar este tipo de estrategias, dado que por sí solas no son lo suficientemente robustas y flexibles para facilitar la localización y acceso a una colección de recursos digitales. Bajo la misma línea, se encuentran los estudios realizados por Buchanan & Salako (2009) y Petrelli (2008) donde identificaron un alto consumo de tiempo por parte de usuarios para realizar procesos de búsqueda a partir de una limitada lista de criterios de filtrado por parte de la herramienta, de la misma forma, mencionan dentro de los resultados obtenidos

algunas dificultades por parte de los usuarios, quienes finalmente indicaron que las interfaces eran muy complejas para realizar actividades de búsqueda, dado que no lograban ubicarse con facilidad dentro de las estructuras de navegación.

Otros estudios, igualmente relacionados con el análisis de la usabilidad en el acceso a recursos de bibliotecas digitales, son por ejemplo el llevado a cabo por Klerkx, Duval & Meire (2004) quienes mediante un estudio de usabilidad, encontraron que los criterios de búsquedas a partir de técnicas de agrupación no reflejaban los mejores resultados de búsquedas dentro de una colección de recursos digitales. Por su lado Xie (2008; 2009) y Tsakonas (2013; 2007), mencionan una serie de frustraciones por parte de usuarios asociadas con el uso de interfaces de búsqueda, factores que, junto con procesos previos de autenticación, debían realizar los usuarios para llevar a cabo este tipo de actividades. Otras investigaciones recientes de usabilidad, encontraron serias dificultades para realizar actividades de búsqueda y acceso sobre recursos digitales relevantes a partir del uso de sus interfaces. Khoo, Kusunoki, & MacDonald (2012), realizaron un estudio de usabilidad sobre la biblioteca digital *Internet Public Library* mediante la participación de usuarios expertos en usabilidad y técnicas derivadas de “*thinking aloud*” y “*eye-tracking*”, como resultado de este estudio, lograron identificar algunas limitaciones asociadas con la localización de recursos digitales a partir del uso de sus interfaces. De igual forma, los usuarios manifestaron frustraciones debido al elevado número de resultados imprecisos obtenidos a partir de los criterios de búsqueda definidos.

La tabla 1 presenta a modo de resumen los principales problemas identificados categorizados por aspectos más representativos desde el punto de vista de usabilidad, como de esquemas de representación de conocimiento.

**Tabla 1.** Tabla comparativa principales problemas de métodos de búsqueda utilizados en repositorios

Aspectos	Problemas	Autor
Navegación	Problemas para retornar a los recursos previamente consultados.	(Drobrev, 2010)
	Problemas para retornar a los recursos previamente consultados.	(Tsakonas, 2006)
	Problemas para retornar a los recursos previamente consultados.	(Jeng, 2005)
	Usar métodos de navegación.	(White, 2009)
	Usar métodos de navegación.	(Marchionini, 2006)
	Usar métodos de navegación.	(Jeng, 2005)
	Usar métodos de navegación.	(Moyo, 2002)
	Problemas en el menú de navegación.	(Jeong, 2011)
	Problemas en el menú de navegación.	(Kani-zabihi, 2010)
	Problemas en el menú de navegación.	(Zhang, 2009)

Aspectos	Problemas	Autor
Navegación	Problemas en el menú de navegación.	(Buchanan, 2009)
	Problemas en el menú de navegación.	(Petrelli, 2008)
	Problemas en el menú de navegación.	(Kim, 2008)
	Problemas en el menú de navegación.	(Tsakonas, 2007)
	Problemas en el menú de navegación.	(Hearst, 2002)
	Problemas en el menú de navegación.	(Buchanan, 2009)
	Problemas en el menú de navegación.	(Kim, 2008)
	Problemas en el menú de navegación.	(Xie, 2008)
	Problemas en el menú de navegación.	(Nov, 2008)
Búsqueda	Formular consultas.	(Matusiakm, 2012)
	Formular consultas.	(Sastry, 2011)
	Formular consultas.	(Kani-zabihi, 2010)
	Formular consultas.	(Liu, 2009)
	Formular consultas.	(Zhang, 2009)
	Formular consultas.	(Nov, 2008)
	Formular consultas.	(Theng, 1999)
	Formular consultas.	(Khoo, 2012)
	Formular consultas.	(Tsakonas, 2006)
	Formular consultas.	(Hearst, 2002)
	Diseño interfaces.	(Sastry, 2011)
	Diseño interfaces.	(Kani-zabihi, 2010)
	Diseño interfaces.	(Liu, 2009)
	Diseño interfaces.	(Zhang, 2009)
	Diseño interfaces.	(Nov, 2008)
	Diseño interfaces.	(Theng, 1999)
	Encontrar recursos.	(Khoo, 2012)
	Encontrar recursos.	(Tsakonas, 2007)
	Uso de interfaces.	(Khoo, 2012)
	Uso de interfaces.	(Deng, 2009)
	Uso de interfaces.	(Xie, 2006)
	Uso de interfaces.	(Tsakonas, 2007)
	Uso de interfaces.	(Komlodi, 2007)
	Uso de interfaces.	(Xie, 2006)
	Funcionalidades de la interfaz.	(Jeong, 2011)
	Criterios de búsqueda.	(Drobrev, 2010)
	Criterios de búsqueda.	(Tenopir, 2003)

Aspectos	Problemas	Autor
Búsqueda	Ayuda.	(Chrzastowski, 2006)
	Combinación de métodos navegación y búsqueda.	(White, 2009)
	Combinación de métodos navegación y búsqueda.	(Marchionini, 2006)
	Combinación de métodos navegación y búsqueda.	(Kani-zabihi, 2010)
	Combinación de métodos navegación y búsqueda.	(Hartson, 2004)
	Mayor esfuerzo de aprendizaje.	(Zhang, 2009)
	Mayor esfuerzo de aprendizaje.	(Kani-zabihi, 2006)
Recurso digital	Acceder al recurso.	(Fuhr, 2007)
	Acceder al recurso.	(Jeng, 2005)
	Desplegar recursos.	(Tsakonas, 2008)
	Desplegar recursos.	(Kim, 2008)
	Desplegar recursos.	(Nash, 2005)
	Desplegar recursos.	(Jeng, 2005)
	Desplegar recursos.	(Klerkx, 2004)
	Desplegar recursos.	(Hitchcock, 2003)
	Seleccionar recursos.	(Jeng, 2005)
	Resultados irrelevantes.	(Khoo, 2012)
	Resultados irrelevantes.	(Tsakonas, 2008)
	Resultados irrelevantes.	(Drobrev, 2010)
	Resultados irrelevantes.	(Nash, 2005)
	Clasificación.	(Drobrev, 2010)
Tesauro	Uso.	(Tudhope, 2006)
	Uso.	(Mckay, 2004)
	Uso.	(Blocks, 2002)
	Uso.	(Sutcliffe, 2000)
	Clasificación.	(Schulz, 2011)
	Clasificación.	(Wang, 2008)
	Terminología.	(Soler, 2010)
	Terminología.	(Shiri, 2011)
	Terminología.	(Buchanan, 2009)
	Terminología.	(Aitta, 2008)
	Terminología.	(Shiri, 2005)
Ontología	Acceso a recursos.	(Gašević, 2006)
	Acceso a recursos.	(Li, 2005)
	Uso de terminologías comunes.	(Gašević, 2009)
	Rigidez del esquema a nivel de razonamiento.	(Mangold, 2007)

Aspectos	Problemas	Autor
Ontología	Rigidez del esquema a nivel de razonamiento.	(Gašević, 2006)
	Errores de asociación de términos.	(Noshairwan, 2007)
	Errores de asociación de términos.	(Jovanović, 2007)

## Contexto del problema

Para facilitar procesos agrupados y almacenados de gestión y administración, los objetos de aprendizaje son en repositorios digitales. Dentro de estos repositorios, podemos identificar dos tipos: *a)* los que contienen objetos de aprendizaje y sus metadatos; los objetos de aprendizaje y sus descriptores se encuentran dentro de un mismo sistema; *b)* los que contienen solo los metadatos; el repositorio contiene únicamente los descriptores y se accede al objeto a través de una referencia a su ubicación física que se encuentra en otro sistema o repositorio de objetos.

Una búsqueda de objetos de aprendizaje en cualquiera de estos repositorios podría devolver una enorme lista de resultados, por lo tanto, si no se definen indicadores de calidad que permitan evaluar la perfección de la información registrada, el proceso de búsqueda de objetos de aprendizaje puede resultar una actividad que demande una alta pérdida de tiempo y esfuerzo por parte de un usuario (Kumar, Nesbit & Han, 2005).

Recientemente se han presentado estudios que demuestran la gran aceptación del uso de tesauros en actividades de navegación sobre bibliotecas digitales. Autores como Shiri, Ruecker, Doll, Bouchard & Fiorentino (2011) llevaron a cabo una evaluación de dos interfaces (Searchlink y T-Saurus) gráficas a partir del uso de tesauros para la búsqueda de recursos digitales multilingües. La interfaz Searchlink, proporcionaba una búsqueda lineal y secuencial de recursos digitales mediante facetas, mientras que la interfaz T-Saurus desplegaba una búsqueda basada en el uso de una estructura de navegación taxonómica por categorías. Uno de los resultados que arrojó el estudio es que la búsqueda por facetas facilitaba más la localización de recursos digitales que la estrategia usada a partir del despliegue visual por categorías. Sin embargo, los resultados carecen de un estudio preciso de usabilidad que refleje los resultados objetivos del uso de interfaces a partir de actividades de búsquedas específicas.

Por su parte English, Hearst, Sinha, Swearingen & Lee (2002) desarrollaron un *framework* de interfaz de navegación y búsqueda, caracterizado por la presentación de metadatos jerárquicamente organizados en facetas para guiar a los usuarios hacia posibles opciones de selección y organizar los resultados de búsqueda mediante palabras clave. Como resultado de este desarrollo se identificó que este tipo de interfaz proporcionaban una manera fácil de ayudar a los usuarios a formular consultas mediante criterios de búsquedas booleanos.

En el ámbito de repositorios digitales los métodos de búsqueda visuales también han sido analizados, algunos de estos se tratan con diferentes enfoques para estudiar las formas de acceso a recursos digitales. El proyecto MACE (Stefaner et al., 2007)

propone varias alternativas de búsqueda visual (semántica, social y contextual) para acceder a los recursos digitales en el *diseño* y la *arquitectura* a través de estrategias de clasificación relacionadas con palabras clave, ubicación, competencia, área social y facetas (Lin, Ahn, Brusilovsky, He & Real, 2010; Stefaner & Muller, 2007). Estos estudios se centraron en las perspectivas de utilizar diferentes rutas de navegación, junto con el etiquetado social para el despliegue de más de 150.000 recursos digitales de 18 agregadores de contenido; el resultado de esta práctica sugiere que, en primer lugar, los principios de la navegación con múltiples facetas facilitan los procesos de inmersión a través de actividades de etiquetado de colaboración (Stefaner et al., 2009), y en segundo lugar, que la definición de los metadatos es esencial para mejorar los procesos de búsqueda a través de estrategias de exploración contextual.

En Ariadne (Klerkx et al., 2004) se evaluaron las ventajas y desventajas —a nivel computacional— de tres técnicas de visualización: diagramas de árbol, hiperbólicas y diagramas de Venn, para acceder a un conjunto de repositorios de objetos de aprendizaje. Esto dio como resultado el desarrollo de un *framework* que implementaba estas técnicas (Klerkx, Meire, Ternier, Verbert & Duval, 2005) y en donde el nivel de acceso fue favorable a partir del uso de interfaces para la búsqueda de objetos de aprendizaje sobre un tema general. Sin embargo, los resultados de las indagaciones específicas a través de las estrategias de clasificación mediante agrupación, no reflejaron los mejores resultados de búsquedas en una colección de recursos digitales.

Cabe destacar que ninguno de estos esfuerzos incluye un estudio a fondo de usabilidad. En su lugar, se centran en las capacidades computacionales de las interfaces en términos de las técnicas aplicadas (Klerkx et al., 2004), en la identificación de las interfaces con mejores capacidades de navegación (Stefaner et al., 2007) y en el uso de prototipos de navegación orientados sobre estructuras jerárquicas (Merčun & Žumer, 2009; Merčun et al., 2012). Por lo tanto, no se ha dado una mayor importancia a la usabilidad y la interacción para la búsqueda eficaz de recursos digitales de acuerdo a criterios como el número de recursos digitales asociados y búsqueda basada en estructuras taxonómicas visuales.

Dado que no existen estudios previos de usabilidad acerca de interfaces de usuario adecuadas para la visualización de una colección, exploración y navegación de recursos digitales, en estudios preliminares (Martín-Moncunill, Sánchez, Gaona & Marianos, 2013), se han encontrado algunos problemas relacionados con el uso de interfaces de búsqueda. El estudio presentó algunos factores que influían sobre los resultados de búsquedas, asociados con la utilidad, facilidad de aprendizaje y conocimiento del área de estudio sobre dos repositorios (Organic.Edunet y VOA3R). Igualmente, en otras investigaciones anteriores de usabilidad sobre la evaluación de técnicas de visualización mediante el uso de estructuras taxonómicas, se han encontrado algunos problemas relacionados con el proceso de búsqueda de recursos digitales (Gaona-García, Sánchez & Montenegro, 2014).

## Motivación

Uno de los propósitos que persigue esta propuesta de investigación es explorar posibles formas para desplegar información dentro de una colección de recursos digitales

alojados en un repositorio, así mismo, analizar sus diferencias con el fin de llegar a conclusiones que permitan identificar ventajas y desventajas de cada una de ellas. Por lo anterior y de acuerdo a los propósitos planteados en este trabajo, se pretende ofrecer alternativas de búsqueda y acceso a partir de interfaces visuales mediante técnicas de visualización para la localización de recursos digitales a través de proveedores de contenidos ubicados en repositorios o centros de documentación, quienes comparten su información mediante iniciativas de recursos abiertos. Para llevar a cabo esta iniciativa se tomará como caso de estudio una de las librerías con mayor demanda de recursos digitales abiertos en el mundo sobre patrimonio cultural europeo conocida como Europeana (2017a) y el uso de esquemas de representación de conocimiento con temáticas asociadas para la vinculación de recursos a través de mecanismos de búsqueda navegacional.

## Planteamiento del problema

Desde este contexto son inminentes los riesgos que existen en internet para el acceso a recursos de interés a partir de servicios convencionales de búsqueda como Google, Yahoo, Ask, AOL. Esto genera una serie de interrogantes en el uso de este tipo de servicios de búsqueda como: ¿Son realmente relevantes las búsquedas que arrojan?, ¿las fuentes de información son de confianza?, ¿realmente el número de resultados arrojados en procesos de búsqueda existen físicamente alojados en algún servidor?, ¿son adecuadas las interfaces de búsqueda que actualmente disponen de acuerdo a los perfiles de usuarios y la nueva generación de usuarios que demandan acceso a servicios? Sin embargo, a pesar del desarrollo de estrategias de acceso a material educativo relevante mediante el uso de librerías digitales y repositorios, estos aún no disponen de herramientas eficaces que faciliten su acceso de acuerdo a los intereses de los usuarios y asociados a un área de conocimiento específico, para lo cual se plantea la necesidad de definir estrategias de acceso alternativo mediante el uso de esquemas de representación de conocimiento a partir de técnicas de visualización, que permitan el acceso a recursos digitales relevantes a partir de un área de conocimiento.

A partir de este panorama se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo a partir de esquemas de representación de conocimiento se pueden mejorar procesos de búsqueda y localización de recursos digitales mediante principios de usabilidad?

## Objetivos

Plantear un modelo de mecanismos de búsquedas navegacionales a partir de esquemas de representación de conocimiento para el acceso a recursos digitales en abierto.

Para el desarrollo del objetivo principal se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las fuentes de recursos en abierto para su vinculación en procesos de búsqueda navegacional.



- Analizar estructuras de esquemas de representación de conocimiento que faciliten la integración de recursos digitales asociados a temáticas de recursos en abierto seleccionados.
- Identificar mecanismos de acceso visual para la integración de esquemas de representación de conocimiento como interfaces de búsqueda navegacional.
- Definir un componente de búsqueda navegacional para la búsqueda de recursos digitales en abierto a partir de esquemas de representación del conocimiento.
- Llevar a cabo pruebas de usabilidad de interfaces de búsqueda visual implementadas para identificar aquellas más efectivas dentro de procesos de búsqueda y localización de recursos.

## Estructura del documento

El presente documento se encuentra organizado de la siguiente manera:

- El segundo capítulo presenta las características de los esquemas de representación de conocimiento, sus bondades, características y estrategias para ser utilizadas en la creación de interfaces de búsqueda navegacional.
- En el tercer capítulo se describen los principios que se rigen para llevar a cabo procesos de visualización de información, su importancia y aspectos representativos a partir de las diferentes técnicas definidas para clasificar y trabajar jerarquías taxonómicas.
- En el cuarto capítulo se exponen las características que se rigen para el diseño de interfaces a partir de principios definidos por Diseño Centrado en Usuario (DCU), (IPO), así como trabajos relacionados.
- El quinto capítulo se propone una solución para el diseño de interfaces de búsqueda navegacional con principios de visualización de información a partir de esquemas de representación de conocimiento. Se definen las fases y demás aspectos que se tuvieron en cuenta para el planteamiento de la solución.
- En el sexto capítulo se presenta el modelo de comunicación de la propuesta planteada desde un punto de vista técnico y desarrollado, para lo cual se describen los diferentes métodos utilizados para el progreso, así como el consumo de recursos digitales definido como caso de estudio para el proyecto.
- En el séptimo capítulo se presentan los resultados obtenidos sobre el uso de la propuesta definida, a partir de la definición de varias pruebas de usabilidad para medir aspectos tanto de percepción, como de interacción de los usuarios. Esto permite determinar resultados de interés a partir de la población definida para el caso de estudio.
- Finalmente, en el capítulo 8 se exponen las conclusiones y trabajos futuros.



# Esquemas de representación de conocimiento

---

El siguiente apartado presenta las principales formas para la representación de conocimiento, orientado específicamente a la clasificación, organización y caracterización de información de manera clara y oportuna. Estos esquemas para representar información, serán claves para identificar cuáles estrategias se podrán utilizar para definir interfaces de búsqueda navegacional, por tal motivo es importante mencionarlás con el propósito de determinar bondades que puedan ofrecer para los objetivos del proyecto.

La mayoría de aplicaciones informáticas emplean algún tipo de conocimiento, normalmente asociado como datos para su posterior aplicación. Este hecho hace que la manipulación, gestión y administración de contenidos tenga una notable carga de trabajo, sea operativa o desde actividades asociadas a la toma de decisiones. En algunos casos, el conocimiento se representa como datos en bruto que con frecuencia son almacenados en complejas estructuras de acuerdo a: secuencias lógicas, definición de reglas, árboles, grafos semánticos y otras formas de representación (Flouris, Plexousakis & Antoniou 2003). A partir de estas estructuras se refleja formalmente una clasificación y en el mejor de los casos, una relación semántica entre los datos a nivel de dependencia, asociación, afinidad, etc.

Cada técnica de representación de conocimiento requiere de una notación, la cual determina aspectos relacionados con el área temática, niveles de relación, vínculos y formas de asociación, entre otras. Para ser efectivo dentro de un ambiente de aprendizaje un esquema de representación de conocimiento debe ser consistente y lo más realista para representar un área temática y sus relaciones (Chrysafiadi & Virvou, 2013). Esto permitiría, entre otras cosas, aumentar o disminuir los conocimientos de un usuario que esté haciendo uso del mismo. Para el diseño de repositorios digitales los instrumentos usados para representar el conocimiento son: las taxonomías, las ontologías, los tesauros, los grafos, los mapas mentales, etc.

A continuación, se presenta la definición de los esquemas de representación de conocimiento y las formas más comunes de utilizarlo.

## Definición

De acuerdo con (Gaona-García et al., 2014) se puede definir un esquema de representación de conocimiento como cualquier forma en la que se estructuren y representen datos, con el propósito de facilitar procesos de clasificación, organización y asociación de conceptos, a partir de un dominio de conocimiento establecido.

Entre los esquemas de representación del conocimiento más comunes se encuentran los tesauros, las taxonomías y las ontologías, cada uno de ellos tiene asociada una notación, la cual determina aspectos relacionados con el área temática, niveles de relación, vínculos y formas de asociación.

Para el diseño de repositorios digitales se utilizan estos vocabularios controlados como marco y estructura fundamental que organiza la información y permite recuperarla a través de consultas o búsquedas.

De lejos, la inteligencia artificial ha proporcionado una serie de estrategias y tipos de representación de conocimiento (Russell, Norvig & Davis, 2010) que se encuentran asociadas con métodos y estructuras para codificar un conocimiento en sistemas inteligentes y determinar las relaciones existentes en su estructura de datos. Así, en un esquema de representación se pueden identificar estructuras de datos definidas a partir del uso de tablas, árboles, enlaces, grafos, etc. Cada estructura de datos posee ventajas y deficiencias para representar diferentes tipos de conocimiento; por lo tanto, como lo indica Gasevic (2009), no existe un método de representación de conocimiento genérico que permita de manera estándar estructurar datos y trabajar sobre cualquier tipo de aplicación. Para realizar un recorrido por estas estructuras de representación de conocimiento, cada usuario lleva a cabo un proceso de navegación que es esencial dentro del área de visualización de información (Graham et al., 2000). Por lo tanto, es un concepto que se encuentra asociado a la manera en que un usuario procede a explorar y recorrer una estructura jerárquica definida como instrumento de representación taxonómica.

Tomando como base este enfoque, en el siguiente apartado se presentan las formas más comunes de representación de conocimiento.

## Taxonomías

Esta palabra viene del griego (ταξις) taxis = ordenación y (νομος) nomia = reglas, reglas de ordenación o clasificación. La definición de taxonomía es un concepto asociado a la rama de la biología, usado para realizar procesos sencillos de clasificación de organismos, plantas, géneros, reinos, formas, etc., donde varias especies se encuentran agrupadas de acuerdo a un conjunto de similitudes percibidas a partir de su forma, orden o clase (Stace, 1991). La taxonomía también está vinculada a entornos digitales y al desarrollo de sitios web (Morante, 2003), donde proporciona una ruta de navegación estructurada sobre una colección de contenidos. Por lo general, el proceso de creación de una taxonomía se define a partir de un conjunto de datos relacionados entre sí. En el área de la visualización de información, esta definición da lugar a muchas alternativas taxonómicas para representar de manera jerárquica relaciones y niveles de profundidad (Graham & Kennedy, 2005). Para representar con exactitud

esta multiplicidad de jerarquías taxonómicas, estudios previos han resaltado la importancia del desarrollo de modelos de datos mediante el uso de sistemas de almacenamiento definidos a partir de estrategias como las bases de datos (Pullan, Watson, Kennedy, Raguenaud & Hyam, 2000; Ytow, Morse & Roberts, 2001; Zhong, Luo, Pramanik & Beaman, 1999).

Coligadas al entorno digital, las taxonomías presentan un conjunto de finalidades orientadas a la mejora de procesos de navegación, desarrollo de sistemas de búsqueda basados en la exploración y la recuperación de información (Centelles, 2005), así mismo, han facilitado el proceso para gestionar una amplia base de conocimiento a través de nomenclaturas y lenguajes de representación, por lo cual, se presentan como instrumentos válidos para desplegar un amplio dominio de términos y sus relaciones.

Dentro del ámbito normativo, existen estándares que permiten definir y estructurar elementos que facilitan la creación de una taxonomía. Bajo esta perspectiva, la norma ANSI/NISO Z39.19 (ANSI/NISO, 2005), presenta cuatro tipos de clasificación sobre vocabularios controlados, a saber:

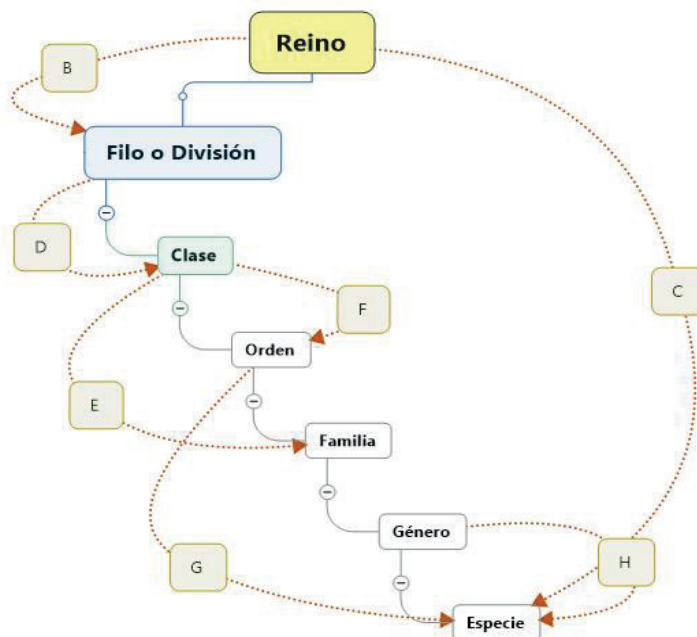
- **Lista:** conjunto de palabras o frases desplegadas en series organizadas.
- **Anillo de sinónimos:** conjunto de palabras o frases que se consideran equivalentes con el propósito de ser usadas para recuperar información.
- **Taxonomía:** conjunto de palabras o frases organizadas, usadas para ordenar información y destinadas principalmente para procesos de navegación.
- **Tesauro:** conjunto de palabras o frases con términos equivalentes y con palabras o frases ambiguas. Dentro de este conjunto de términos se pueden incluir asociaciones de tipo padre/hijo y otro tipo de relaciones.

A partir de esta clasificación, podemos identificar que uno de los propósitos que persigue la definición de una taxonomía es facilitar tareas de clasificación y organización para llevar a cabo actividades de exploración y navegación dentro de entornos digitales. Desde este enfoque se abordarán los aspectos más relevantes del uso de taxonomías a partir de la perspectiva ofrecida por Gilchrist, Kibby, Mahon & Libra (2000):

- Ofrece una correlación de los diferentes lenguajes funcionales utilizados por una institución.
- Apoya mecanismos para navegar y acceder al capital intelectual de una institución.
- Proporciona herramientas de ayuda para navegar en un portal web, etiquetar documentos y otros objetos de información, con el fin de apoyar la tarea de los motores de búsqueda y mapas de conocimiento.
- La taxonomía es una base de conocimiento en sí mismo.

La figura 1 presenta a modo ejemplo una taxonomía básica asociada con el reino animal.

**Figura 1.** Ejemplo de taxonomía



En el área de los repositorios digitales, las taxonomías se relacionan con el uso de estructuras de representación jerárquicas para organizar y clasificar información compleja, del mismo modo, más que un instrumento, se consideran como la base para la definición de un esquema de representación de conocimiento. En este sentido, los recursos digitales presentan un conjunto de relaciones que permiten clasificarlos mediante la definición de una serie de etiquetas a partir de términos asociados a su taxonomía, a estas etiquetas se les conoce con el nombre de metadatos, los cuales son encargados de describir de manera enriquecida un recurso digital.

## Tesauros

El término tesoro tiene raíz etimológica en la palabra latina *thesaurus*, que proviene del griego *thesauros* y su significado es tesoro o repositorio de palabras (Arano, 2005). Es una estructura que maneja la complejidad de diversos términos y proporciona sus relaciones conceptuales mediante relaciones o clasificaciones, permitiendo indexar los elementos para consultas y filtros, generando así un vocabulario controlado. Un tesoro monolingüe es aquel que solo tiene términos en un idioma, mientras que uno multilingüe en dos o más (Soergel, 2002). Los primeros campos de uso de los tesauros fueron la *biblioteconomía* y la *documentación*, pero en la actualidad son utilizados en sistemas de información y librerías digitales para la recuperación y visualización de grandes cantidades de datos.

La norma ISO 2788-1986 define un tesoro como: “un vocabulario controlado y dinámico, compuesto por términos que tienen entre ellos relaciones semánticas y genéricas y que se aplica a un dominio particular del conocimiento”. De acuerdo con Cavieres (2010) un tesoro presenta características asociadas con un vocabulario controlado y estructurado formalmente. Se encuentra formado por términos que guardan entre sí relaciones semánticas y genéricas a nivel de equivalencia, jerárquicas y asociativas. Por lo tanto, se trata de un instrumento de control terminológico que permite convertir el lenguaje natural de los documentos en un lenguaje controlado ya que representa, de manera unívoca, el contenido de estos, con el fin de servir tanto para la indización, como para la recuperación de los documentos.

Un tesoro constituye la estructura conceptual de un campo específico del conocimiento, ofreciendo una estructura semántica a través de la explicación de las relaciones establecidas entre los términos que comprende y a través de su significado. Según Arano (2005), los tesoros son herramientas utilizadas para el control terminológico, ya que su estructura se fundamenta en conceptos. Este control busca neutralizar la sinonimia y la polisemia, ambas características naturales del lenguaje, que dificultan la precisión en la clasificación y organización de los elementos, debido a los diversos significados que puede tomar un término o sus semejanzas con otro, estos aspectos hacen más complejo el proceso de recuperación de la información, en relación a una consulta dada en lenguaje natural, este control es una de sus principales funciones.

Los tesoros son ampliamente utilizados en entornos de aprendizaje y búsqueda de la información, Soergel (2002) afirma que son herramientas de ayuda y apoyo para investigadores y profesionales, ya que permiten la indexación, exhibición y recuperación de datos a través de algoritmos de clasificación y jerarquización, y métodos para examinar las consultas analizando el lenguaje natural. También facilitan la combinación y comunicación entre diversas fuentes gracias al manejo, comprensión y manipulación de índices, otorgando acceso unificado a las mismas entradas, lo que fomenta y simplifica la disposición y manejo del conocimiento para el usuario.

## Relaciones en un tesoro

Los tesoros se componen de unidades léxicas llamados términos preferidos (D) y términos no preferidos (ND). Los términos preferidos (descriptores) son unidades lingüísticas que expresan conceptos dentro de un área de conocimiento específico y estos a su vez se exponen a partir de un único término que responde a un único concepto.

A continuación en la figura 2 se presenta a modo representativo las características de un tesoro asociado con términos preferidos, lo cual permite identificar palabras claves.

Figura 2. Ejemplo de un término preferido - Tesauro UNESCO.

# SKOS

## Tesauro de la UNESCO

[Introducción](#)  
[Consultar el tesauro](#)  
[Presentación alfabética](#)  
[Presentación jerárquica](#)  
[Punto de acceso SPARQL](#)  
[Descargas](#)  
[Estadísticas](#)  
[Créditos y aviso legal](#)  
[Vocabulario UNESKOS](#)

[Español](#) [English](#) [Français](#) [Русский](#)

+ 1 Educación

2 Ciencia

+ 2.05 Enfoque científico

+ 2.10 Administración de la ciencia y de la investigación

+ 2.15 Matemáticas y estadística

+ 2.20 Ciencias físicas

+ 2.25 Ciencias químicas

+ 2.30 Ciencias del espacio

+ 2.35 Ciencias de la tierra

+ 2.40 Geografía y oceanografía

+ 2.45 Meteorología

+ 2.50 Hidrología

+ 2.55 Ciencias ambientales e ingeniería

+ 2.60 Polución, catástrofes y seguridad

+ 2.65 Recursos naturales

2.70 Biología

Anatomía

Aparato respiratorio

Bacteria

Bacteriología

Bioética

Término Preferido

Por su parte, los términos no preferidos (no descriptores), son sinónimos de los términos preferidos (descriptores), también conocidos como términos alternativos. La figura 3 presenta un ejemplo del tesauro AAT en español.

Figura 3. Ejemplo de un término no preferido - Tesauro AAT (ES)

Relaciones

FACETA ESTILOS Y PERIODOS

Estilos Y Periodos

<estilos y periodos por época general>

antigüedad

prehistórico

protohistórico

<sistema de tres edades>

Edad Oscura

Contemporáneo (estilo de arte)

Moderno

Término preferente

Español: prehistórico

Inglés: prehistoric

Término(s) alternativo(s)

Español: prehistoria

• Alcina Franch, Diccionario de Arqueología (1998) (648).

Dentro de la construcción de un tesauro se definen una serie de relaciones que permiten manejar jerarquías, asociaciones o equivalencias:

- **Relaciones de jerarquía:** expresa la subordinación entre dos términos en función de su significado. Por tanto, una relación es jerárquica, cuando un término superior (genérico) engloba conceptualmente a otro (específico), generalmente conocido como relaciones de tipo padre/hijo o género/especie. De igual forma podemos encontrar relaciones *poli jerárquicas*, donde cada hijo puede estar vinculado o asociado a varios padres.
- **Relaciones de asociación:** es la que se establece entre términos próximos entre sí, que representan conceptos asociados por ideas, pero que no son equivalentes, ni existen entre ellos alguna relación de jerarquía.
- **Relaciones de equivalencia:** son relaciones entre sinónimos o nombres que se refieren al mismo concepto.

La figura 4 presenta un ejemplo de relaciones de jerarquía, para el término paleolítico.

**Figura 4.** Ejemplo de una relación de jerarquía - Tesauro AAT (ES).





## Ejemplos de tesauros

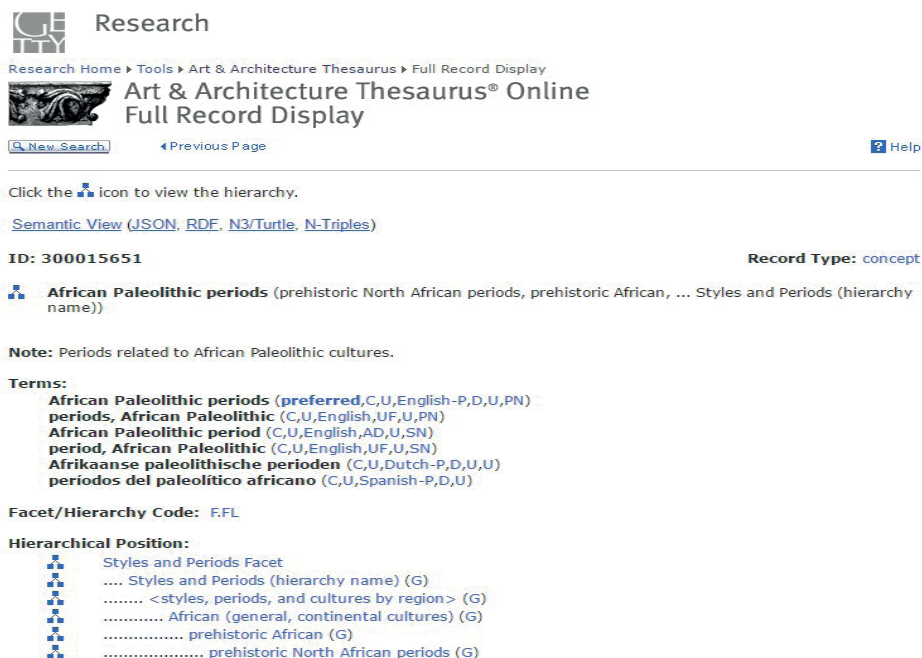
Existen varios tesauros especializados en diversas áreas de conocimiento, a continuación se describen los más representativos:

### AAT

AAT (*Art & Architecture Thesaurus*) es un macrotesauro desarrollado por la Fundación Getty (Trust, 1988), se basó en las directrices establecidas por la organización internacional de normalización para la creación del tesauro monolingüe ANSI/NISO Z39.19 (ANSI/NISO, 2005) y multilingüe ISO 5964-1985 (ISO, 1985).

Destaca las características de indexación y recuperación de información. Su área de cobertura es el arte, la arquitectura y los materiales relacionados con el mundo cultural, específicamente al patrimonio cultural europeo. En la figura 5, se presenta una parte de la estructura del tesauro.

Figura 5. Tesauro AAT.



The screenshot displays the 'Art & Architecture Thesaurus® Online Full Record Display' for the term 'African Paleolithic periods'. The interface includes a navigation bar with 'Research Home', 'Tools', and 'Art & Architecture Thesaurus'. The main content area shows the ID '300015651' and the record type 'concept'. The term is defined as '(prehistoric North African periods, prehistoric African, ... Styles and Periods (hierarchy name))'. A note indicates 'Periods related to African Paleolithic cultures.' The 'Terms' section lists various translations and preferred terms in multiple languages. The 'Facet/Hierarchy Code' is 'F.FL'. The 'Hierarchical Position' section shows a tree structure starting from 'Styles and Periods Facet' down to 'prehistoric North African periods (G)'.

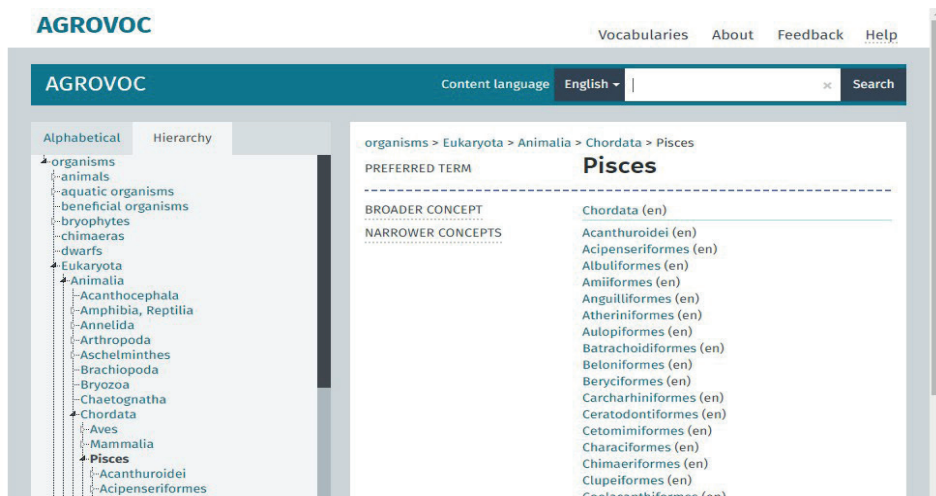
Fuente: AAT (2017).

### Agrovoc

Agrovoc es un vocabulario controlado que abarca todos los ámbitos de interés de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), entre ellos la alimentación, la nutrición, la agricultura, la pesca, las ciencias forestales y el medio ambiente. Lo publica la FAO y una comunidad de expertos se encarga de su edición (Agrovoc, 2017). Un ejemplo de esta estructura se presenta en la figura 6.



Figura 6. Interfaz de búsqueda Agrovoc.



Fuente: Agrovoc (2017).

Agrovoc se considera como un tesoro maduro que proporciona un rico vocabulario y terminología de la agricultura, la silvicultura, la alimentación y los dominios relacionados (Sánchez-Alonso & Sicilia, 2009), basados en descripciones definidas por ontologías.

## Ontologías

Piraquive et al. (2009) citan a Smith (2001) definiendo el concepto de ontología como la ciencia que estudia los objetos, sus estructuras, propiedades, eventos y relaciones, partiendo de su fundamento filosófico como la rama que estudia la naturaleza en la realidad. Estos autores también citan a Neches (1991), quien finalmente define una ontología como un vocabulario que se compone de términos, relaciones y reglas de combinación de los mismos que lo delimitan y especifican.

Las ontologías son esquemas de representación de información que brindan definiciones y conceptos otorgando vocabularios organizados según áreas de conocimiento, en donde los conceptos, las relaciones y las restricciones conceptuales se explicitan a través de los formalismos dentro de un dominio específico (Arano, 2005). Comúnmente son utilizadas como estructuras base para buscadores, ya que al especificar relaciones y diferencias entre términos son bastante precisas. Pueden ser interpretadas tanto por humanos como por máquinas y es muy común encontrarlas en sectores que manejan grandes cúmulos de información como por ejemplo el sector bancario, en la salud, en la gestión de riesgos, en bibliotecas, entre otros. En internet son bastante usadas para despliegue de información y recursos digitales y son fundamentales en motores de búsqueda.

Gruber (1993) afirma que una ontología es una descripción de diversos conceptos y sus relaciones, lo que le permite representar información de algún dominio o área

específica del conocimiento. Identifica elementos clave dentro de estas estructuras como los conceptos, siendo estos las ideas básicas que se buscan formalizar y pueden ser clases de objetos, métodos, planes o estrategias. Otro componente fundamental en una ontología según Gruber es la relación, la cual representa las interacciones o conexiones entre conceptos ya definidos, que facilita la formación y delimitación del esquema como tal. Un tipo de relación específica es la denominada función, en la que se identifican conjuntos de entrada y salida dentro de la ontología que corresponden a un cálculo u operación determinada. Las instancias representan objetos singulares y particularizados de un concepto; por último, los axiomas son teoremas que se formalizan sobre relaciones existentes, los cuales permiten hallar más conceptos que no se encuentran en la ontología y añadirlos a la misma.

En la literatura se pueden encontrar diferentes tipos de ontologías de acuerdo a una serie de criterios básicos de clasificación, algunas posturas indican que estas varían de acuerdo a su forma, estructura y uso (Valente, 2005). Las orientadas al desarrollo de aplicaciones en el área de *e-learning* (Stojanovic, Staab & Studer, 2001), definen tres dimensiones ontológicas asociadas con: *a)* el contenido (en qué consiste un material de aprendizaje); *b)* su contenido (de qué forma se presenta un tema); *c)* la estructura (define un conjunto de material de aprendizaje en un curso). A partir de este último enfoque, a continuación, se presentan las clasificaciones de ontologías más representativas asociadas al diseño de repositorios digitales:

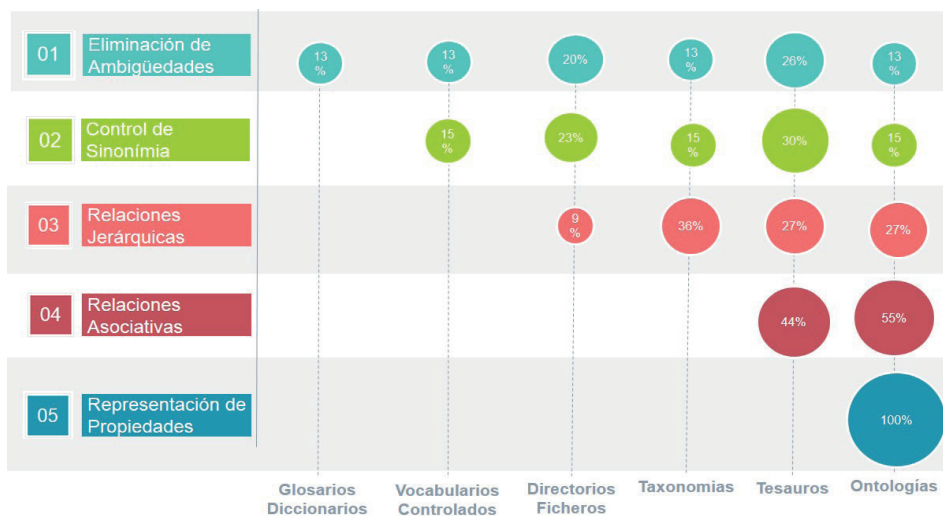
- **Ontologías para representación de conocimiento:** permiten relacionar conceptualizaciones asociadas a formalismos de representación de conocimiento (Davis, Shrobe & Szolovits, 1993; Gruber, 1993; Guarino & Poli, 1995).
- **Ontologías terminológicas, lingüísticas:** especifica a un conjunto de términos usados para representar conocimiento de un dominio específico, permitiendo clasificar los términos en varios niveles (Lindberg, Humphreys & McCray, 1993).
- **Ontologías de dominio:** contiene todos los conceptos asociados a un dominio particular a partir de una estructura detallada de un contexto y subdominios asociados (Mizoguchi, Vanwelkenhuysen & Ikeda, 1995).

El uso de ontologías en recursos digitales ayudan a aumentar la coherencia y la interoperabilidad a partir de la descripción de sus metadatos (Jovanović, Gašević, Knight & Richards, 2007). Sin embargo, existen estudios donde indican que el uso de ontologías presenta inconvenientes para el acceso a recursos digitales (Gašević & Hatala, 2006; Li, Gasevic, Nesbit & Richards, 2005), dado que los usuarios prefieren utilizar terminologías comunes que familiarizarse con el uso de una estructura ontológica.

Estos inconvenientes pueden desencadenar un proceso bastante complejo para llevar a cabo actividades de búsquedas de recursos digitales, una solución a esto, es el uso de ontologías especializadas, tales como la aplicación de un Sistema de Organización Simple de Conocimiento (SKOS) (Miles, Matthews, Wilson & Brickley, 2005), para la definición de taxonomías de un dominio específico basado en un conjunto enriquecido de propiedades para definir jerarquías de conceptos (Miles et al., 2005).

La figura 7 presenta a modo de resumen una adaptación de una propuesta realizada por Lei (2008) sobre el soporte que presentan algunos esquemas de representación de conocimiento en cuanto a su estructura y organización de contenidos.

**Figura 7.** Esquemas de representación de conocimiento, estructura y organización de contenidos.



Fuente: Lei (2008).

En la figura 7 se identifica en la primera columna las diferentes funcionalidades que pueden ofrecer algunos esquemas de representación de conocimiento, dentro de las cuales el autor resalta cinco principios: 1) eliminación de ambigüedades, asociado con la manera en que el esquema de representación facilita la ubicación de un término o concepto sin duplicaciones del término; 2) control de sinonimia, se refiere al control que realiza la estructura para distinguir o asociar varios términos relacionados conceptualmente; 3) relaciones jerárquicas, la capacidad de la estructura para determinar el nivel de relación de dos términos en función de su significado; 4) relaciones asociativas, la facilidad de una estructura para indicar la relación de términos próximos entre sí para representar conceptos asociados por ideas; 5) presentación de propiedades, relacionados a la facilidad de un instrumento de representación de conocimiento para asociar niveles de representación semántica a partir del uso de metadatos. En la figura 8, se presenta una ontología donde se representa los estilos de aprendizaje para un aula virtual, definida por Valencia et al. (2017).

Figura 8. Ontología para representar estilos de aprendizaje.



Fuente: Valencia et al. (2017).

## Entornos de aplicación

Las bibliotecas digitales enfrentan retos ante el crecimiento exponencial de la información y de sus múltiples fuentes, que también aumentan descontroladamente. Desafíos como el incrementar la eficacia de recuperación y ofrecimiento de la información al usuario, la unificación del acceso a datos en diferentes formatos, mejoras en la visualización de los mismos, a través de interfaces más intuitivas y amigables, y la generación de entornos personalizados para conjuntos de clientes especializados que propicie el trabajo colaborativo y la comunicación entre estos, son algunas de las metas expuestas por Soergel (2002).

El rápido crecimiento que ha tenido el desarrollo de materiales educativos ha generado desafíos orientados a organizar, clasificar y gestionar los contenidos. Por lo tanto, una de las estrategias de mayor acogida para este tipo de necesidades a lo largo de los últimos años es el uso de instrumentos de clasificación a partir de esquemas de representación de conocimiento. Se puede indicar que los esquemas de representación de conocimiento, dentro del ámbito de los repositorios digitales, son las diferentes formas o maneras en las que se puede usar para estructurar y representar datos con el propósito de facilitar procesos de clasificación, organización y asociación de conceptos, a partir de un dominio de conocimiento o área temática previamente definida.

Según esta perspectiva podemos complementar que esta representación dentro de un entorno de aprendizaje facilitaría:

- La comprensión de una serie de temáticas asociadas con un área de conocimiento, a partir de un subconjunto de categorías relacionadas entre sí (Chrysafiadi & Virvou, 2013).
- La navegación de un dominio de conocimiento a partir de una estructura de datos previamente definida (Shneiderman et al., 2000; Wang, Chaudhry & Khoo, 2008).
- La búsqueda de recursos digitales, a partir de la descripción de sus metadatos mediante criterios de selección por áreas de conocimiento (Marchionini & White, 2010).
- La asociación de áreas temáticas afines, de acuerdo al nivel de relación que presente el esquema de representación de conocimiento de manera jerárquica (Uddin & Janecek, 2007).

A partir de este panorama, la siguiente propuesta se orienta a utilizar esquemas de representación de conocimiento válidos, que apoyados con mecanismo de visualización permitan definir estrategias para mejorar el acceso a recursos digitales abiertos a través de interfaces de búsqueda navegacionales. Por lo tanto, el siguiente capítulo está orientado a describir las diversas formas de representar aspectos de visualización, que permitan modelar e integrar sobre mecanismos de búsqueda navegacional.



# Visualización de información

---

El siguiente apartado presenta los principios que se rigen para llevar a cabo procesos de visualización de información desde el punto de vista de jerarquías taxonómicas, los cuales serán base para determinar la selección de mecanismos navegacionales que se puedan utilizar en el proyecto con el propósito de utilizarlas a partir del esquema de representación de conocimiento.

La visualización de la información es una disciplina que nace de la necesidad de representar grandes cantidades de datos a la vez. Card, Mackinlay & Shneiderman (1999) la definen como el uso de ordenadores para mostrar representaciones visuales interactivas de los datos para amplificar la cognición.

Comprende el uso de interfaces y herramientas gráficas que permitan una mejor interpretación por parte de un usuario. Esta disciplina busca transformar proporciones amplias de datos en información relevante, sin que haya pérdida o cambio en los mismos. Es bastante útil para casos en que sea limitada la comprensión de los datos o que sea difícil verbalizarlos. De acuerdo con Herman et al. (2000), la visualización de información otorga dos funcionalidades dependiendo de las relaciones entre los datos, si no existe conexión alguna entre ellos, se considera información no estructurada por lo que la visualización de la misma será para encontrar vínculos entre ellos a través de su representación gráfica. En cambio, si hay correspondencia y nexos entre ellos, pueden ser simbolizados como nodos y sus relaciones como bordes. Expertos en el diseño de mecanismos visuales describen características como la similitud, continuidad, proximidad, simetría, límites y dimensiones de elementos en entornos gráficos como aspectos fundamentales para incrementar el valor de comunicación de una interfaz, como por ejemplo la proximidad hace referencia al agrupamiento de los componentes, la similitud brinda relaciones de semejanza y cercanía entre los mismos, a su vez su dimensión muestra jerarquías y niveles de relaciones, así como dependencias entre objetos (Fekete, Hémerly, Baudel & Wood, 2011).

La visualización de información genera un impacto en múltiples áreas y disciplinas del conocimiento como son la minería de datos, la psicología, los ambientes de negocios, el periodismo de datos, el diseño de interfaces de usuario, entre otras, debido a que permite transformar datos masivos en conocimiento; al contrario que en la visualización de los datos, esta tiene un componente fundamental que gira en torno



a la comunicación, es decir, que transforma y sintetiza la información dispuesta para una mayor comprensión del usuario que si fuese entregada en bloques, mientras que la visualización de los datos explora las formas de representación gráfica de estos.

Así mismo, la visualización de la información es un componente fundamental de la arquitectura de información ya que aporta a la usabilidad, accesibilidad e interacción de usuarios, de acuerdo con Gaona-García et al. (2014) criterios que apoyan el uso de la asociación de organizaciones, esquematización y diseño de contenidos que se presentan en un entorno (IPO), fomentando y estimulando la participación de los usuarios.

## Características

Esta disciplina parte de la comunicación entre dos actores, el ser humano y la máquina, los cuales interactúan a través de interfaces que representan y exponen información con diversos niveles de complejidad. Por consiguiente, analizar la experiencia del usuario es trascendental, ya que teniendo en cuenta sus limitaciones y facultades se pueden determinar sus relaciones con el hardware y el software para diseñar entornos de mayor usabilidad y utilidad para los individuos.

Entre sus fundamentos está la representación de información a través de medios visuales como lo son imágenes que fomentan el aumento de la memoria y el análisis cognitivo. Precisamente, sus vínculos con el diseño son estrechos y necesarios, ya que la presentación semántica y sintáctica de la información es fundamental. Esta característica mejoraría no solo el orden y la distribución de los datos, sino el significado que adquieren en conjunto, llegando a ser este más valioso que si se tomaran cantidades pequeñas o de forma individual. Una de las características importantes para abordar estos principios los define Gašević, Djurić & Devedzic (2009), siendo relaciones de causa y dependencia fundamentales para el significado.

Fekete et al. (2011) destacan ventajas que ofrece el uso de técnicas de visualización de los datos en general, como el aumento de la memoria, la reducción de la necesidad de búsquedas de información, el aprendizaje y afianzamiento sobre el reconocimiento de patrones, entre otros. De acuerdo a estos autores, la visión es el sentido más rápido y directo para llevar la información al cerebro, pues refiriéndose a Ware (2004), la visión tiene el ancho de banda más grande para la transmisión de la información. Norman (2008) afirma que gracias a elementos visuales que despliegan datos se mejora el rendimiento y la eficiencia a la hora de realizar tareas que requieren del uso de estas herramientas, además, la complejidad de inferencias lógicas disminuye a través de inferencias perceptivas que son consecuencia de la disposición de la información a través de elementos visuales y gráficos.

Dada la naturaleza del proyecto, para hacer uso de la visualización, se requieren de aspectos que permitan clasificar, organizar y categorizar áreas de conocimiento. Lo anterior a partir de principios definidos por los SKOS.



## Tipos de visualización taxonómica

Etimológicamente la palabra taxonomía proviene de los términos griegos *taxis*, que significa ordenación, y *nomos*, que se refiere a norma. Piraquive et al. (2009) la definen como la ciencia que trata los principios, métodos y fines de la clasificación, brindando la organización jerarquizada y sistemática, dando nombres a conjuntos de elementos y a sus componentes.

Específicamente en las ciencias de la computación y la información, las taxonomías son estructuras de términos que están dispuestos mediante algún modelo, ya sea jerárquico, arbóreo, facetado, etc., definiendo relaciones o categorizaciones en un dominio dado. Ofrecen mejor organización de datos a través de la representación del conocimiento, definiendo por demás estructuras para su navegación. Son ampliamente utilizadas para organizar y distribuir grandes cúmulos de información en los que se puede navegar, buscar y relacionar la misma, pero no es una condición obligatoria que sus elementos se encuentren conectados, solo se requiere que estén organizados de alguna forma para su exploración y acceso.

Estas estructuras han sido ampliamente usadas para búsquedas y recuperación de información en internet, para sitios web e incluso dentro de los portafolios corporativos de las empresas y sus intranets. Un sitio que contiene información bien estructurada, definida y organizada puede ser fácilmente entendido por otros. Las taxonomías de buscadores en línea deben ser claras, lógicas y precisas, sin dar lugar a ambigüedades, Hawkins et al. (2003) afirman además que deben tener la capacidad de actualizarse y comportarse dinámicamente, reflejando los cambios en tiempo real. Por su parte autores como Gregio et al. (2007) afirman que un sistema taxonómico debe ser claro y consistente, flexible, exhaustivo y práctico.

Existen diversas herramientas y técnicas para la visualización de la información, las cuales deben ser apropiadas para representar modelos y patrones evitando la sobrecarga y mala distribución del espacio. La interacción es fundamental, por lo que estudios de usabilidad son vitales para la prueba y análisis de efectividad de una herramienta de visualización de datos. Según Castillo et al. (2012), el despliegue de información debe partir de un panorama global que el usuario pueda comprender y así mismo considerar, particularizar y profundizar en tópicos más pequeños, es decir, que pueda elegir y navegar desde niveles generales hacia otros más específicos.

### Árbol

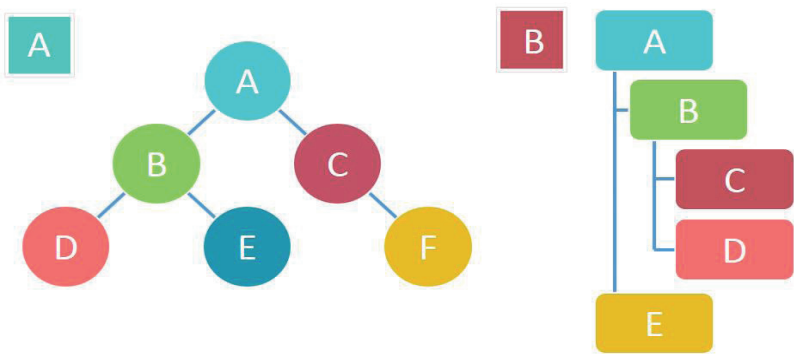
Estas estructuras son grafos que permiten visualizar elementos en un orden jerárquico. La información está contenida en la unidad principal y básica: el nodo, que se conecta a otros mediante relaciones generacionales ya sea de padres, hijos, abuelos, etc. Un árbol se distingue de un grafo cualquiera en que presenta un nodo sin padre, denominado raíz, siendo este el nivel 0 de la jerarquía del cual se desprenden los demás, construyendo niveles intermedios que corresponden a las ramas y los finales se conocen como hojas.

Es una de las estructuras no lineales dinámicas más importantes en la computación, por lo que ha sido ampliamente usada en múltiples aplicaciones para el desplie-

que de datos numéricos, conceptos aritméticos y relaciones conceptuales y generacionales. Su comprensión es simple, ya que solo se debe navegar a través de las ramas del mismo adquiriendo mayor información o detalle a medida que se profundiza en los niveles. El despliegue de esta estructura es decisión completamente del usuario, por lo que el individuo tiene el control y el manejo sobre qué caminos tomar al recorrer los diversos elementos.

Su presentación comúnmente se puede dar a través de tres formas: grafos, diagramas de Venn o mediante listas. La primera es su expresión convencional, en la que los nodos se expresan por círculos y las relaciones por aristas o líneas que los unen. En la figura 9 se presenta un ejemplo.

Figura 9. Representación convencional de un árbol



Por su parte, las listas despliegan la información verticalmente pero expresando los niveles y jerarquías del árbol, que es la profundidad del mismo. La visualización por diagramas de Venn será explicada en el siguiente ítem. La figura 10 presenta una representación de esta forma de clasificación.

Figura 10. Representación en forma de lista de un árbol

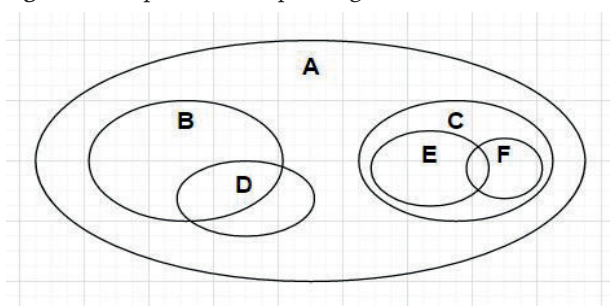
Nodo A	
	Nodo A.1
	Nodo A.2
Nodo B	
	Nodo B.1
	Nodo B.2
	Nodo B.2.1

Además del despliegue de datos no lineales y jerárquicos, esta estructura fomenta y facilita las búsquedas a lo largo de ella, haciendo uso de sus relaciones generacionales; también es usada para la toma de decisiones, expresando en nodos hijos posibilidades y combinaciones entre los diferentes conjuntos.

### *Diagramas de Venn*

Esta herramienta muestra gráficamente relaciones lógicas entre conjuntos de elementos y representa múltiples combinaciones y dimensiones entre ellos, haciendo uso de figuras geométricas y operaciones lógicas como la unión, intersección, diferencia, complemento, etc. Son ampliamente utilizados para realizar análisis y razonamiento en ciencias como la probabilidad, la estadística, la biología y la química, entre otras. En la figura 11 se presenta una caracterización de este tipo de diagramas.

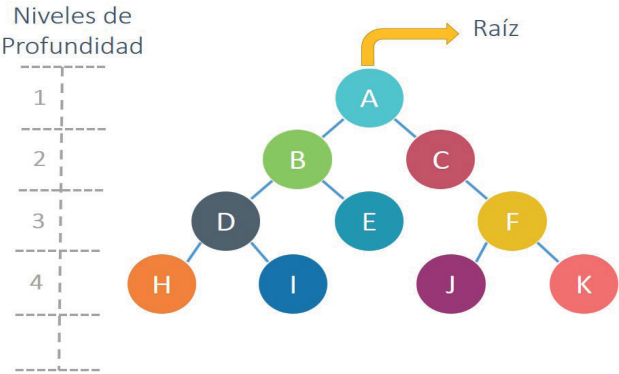
**Figura 11.** Representación por diagrama de Venn de un árbol



Dentro de las áreas de ciencias de la computación este tipo de despliegue de información ha adquirido relevancia como técnica de visualización de datos, por lo que en múltiples aplicaciones se utiliza para la representación y disposición de la información, Kestler et al. (2004) muestran cómo han sido utilizados en programas diseñados para el análisis de relaciones entre conjuntos genéticos.

Por su parte Koike et al. (2000) afirman que estos diagramas son ideales para representar conjuntos de forma intuitiva, permitiéndole al usuario familiarizarse con la información sin necesidad de conocer sobre el cúmulo de la misma en una base de datos, lo cual fue en gran medida evidenciado en su aplicación de realidad aumentada que permite desplegar contenidos y relacionarlos a través de diagramas de Venn interactivos. Finalmente, uno de los aspectos que persigue este tipo de visualización es clasificar, y definir niveles de profundidad, tal como se presenta en la figura 12.

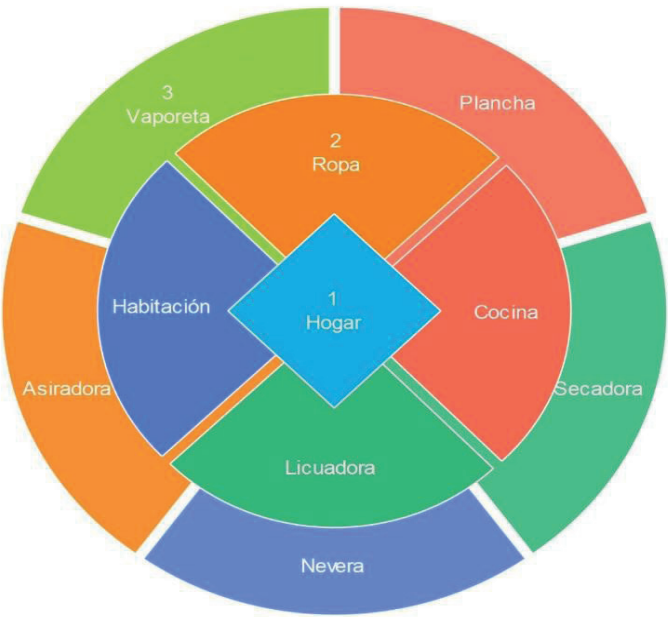
**Figura 12.** Niveles de profundidad de un árbol.



### Radial

Es una técnica de visualización no lineal que permite visualizar datos en más de dos dimensiones. Alvarado (2010) afirma que entre sus ventajas está la distribución y aprovechamiento del espacio ya que se fundamenta en el concepto de circunferencia, siendo esta la zona de visualización de las relaciones entre los atributos de los datos y brinda el manejo de gran cantidad de información, siendo altamente escalable. Este método permite la superposición de puntos, lo que genera diversas interpretaciones o indeterminaciones estadísticas. La figura 13 presenta un ejemplo de este tipo de visualización.

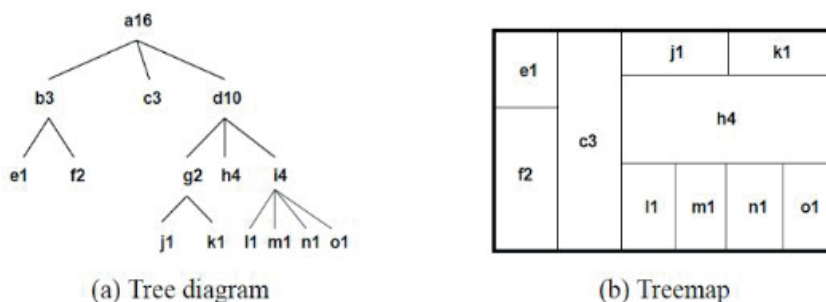
**Figura 13.** Forma de representación radial



## Treemaps

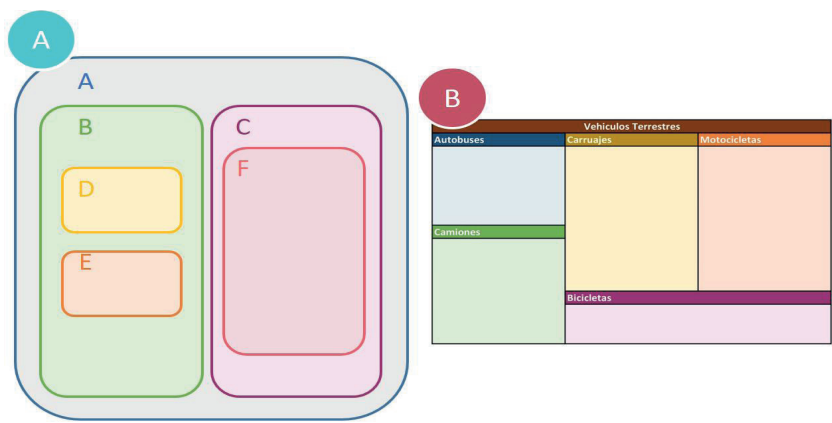
Es una técnica de visualización útil para presentar grandes volúmenes de datos. El proceso de construcción de un *treemap* a partir de un árbol, se basa en la subdivisión recursiva de rectángulos. Se parte de un rectángulo inicial que es dividido para dar origen a sus nodos hijos, luego cada uno de ellos es fragmentado hasta encontrar un nodo hoja, momento en el que se detiene la subdivisión, este proceso debe ser realizado para cada nodo presente en el árbol original. En la figura 14 se pueden observar un árbol y su correspondiente *treemap*. Como indicador gráfico y descriptivo de la estructura está el tamaño de cada rectángulo, el cual refleja el tamaño del nodo, su cercanía a la raíz y sus relaciones en la jerarquía global.

**Figura 14.** Forma de representación *treemaps* V1



Por su parte, autores como Bruls et al. (2000) analizan esta técnica de visualización de información, considerando dentro de sus ventajas de diseño que permite evidenciar todos los nodos de un árbol en una sola vista, por lo cual se facilita realizar búsquedas intuitivas. Así mismo expresan que los rectángulos, a medida que el árbol crece en su longitud, tienden a ser más delgados y alargados por lo que se dificulta su selección y comparación para comprender e identificar los diferentes niveles de la estructura. Finalmente, a través de colores, sombreados y demás elementos gráficos, se facilita la visualización y reconocimiento de la estructura general del árbol, tal como se muestra en la figura 15.

Figura 15. Forma de representación *treemaps* V2.



# Principios para el diseño de interfaces \_\_\_\_\_

En este capítulo se presentan los principios básicos que desde el punto de vista IPO y DCU se definieron para el diseño y posterior planteamiento de una solución. Consecuentemente, desde el punto de vista de usabilidad se tienen en cuenta para afinamiento tanto de estrategias de estructuras de navegación, así como interfaz general para consulta de recursos digitales.

## **Usabilidad**

La usabilidad es un concepto asociado a la facilidad de uso de un producto, aplicación o herramienta informática. A pesar de ser una palabra que no ha sido aceptada por la Real Academia de la Lengua, es un término ampliamente utilizado en varios ámbitos. Uno de ellos se encuentra orientado al análisis de factores asociados al funcionamiento de aplicaciones informáticas (Nielsen, 1994b; 2003). Varios autores coinciden en que la usabilidad es un factor determinante que permite medir la calidad de un producto informático y por tanto definir su éxito o fracaso (Perallos, 2007). Por su lado autores como Nielsen & Hackos (1994), definen que la usabilidad es un factor crítico para que el sistema alcance su objetivo. Existen varios enfoques y metodologías que permiten definir criterios de evaluación de la usabilidad de acuerdo a un dominio de aplicación específico. Algunos de ellos orientados a la evaluación de sitios de comercio electrónico (Nielsen, Snyder, Molich & Farrell, 2001), aplicaciones educativas (Alva et al., 2010), y otros, orientados sobre dominios de conocimiento general (Granollers, 2004; Hassan, Martín & Iazza, 2004; Nielsen, 1994<sup>a</sup>; 2003; Vora, 1998).

## **Usabilidad sobre esquemas de navegación de colecciones digitales**

Varios autores coinciden en que uno de los principios fundamentales para la creación de interfaces de búsqueda es la simplicidad (Aula & Käksi, 2005; Hargittai, 2004; Hearst, 2009). Por tal motivo, es importante analizar la interfaz desde el punto de vista de los usuarios, aspecto primordial desde el punto de vista de IPO, con el propósito de maximizar el grado de uso de estas interfaces.

Las estrategias de usabilidad dentro del campo de IPO son un factor importante en el desarrollo y la evolución de las interfaces que se encuentran en las bibliotecas y repositorios digitales (Buttenfield, 1999; Fox et al., 1999; Jeng, 2009). Estudios como el de Marchionini (2006) y White & Roth (2009) se han centrado específicamente en las estrategias de búsqueda y capacidades de navegación para localizar recursos digitales, demostrando que las estrategias de exploración y búsqueda por sí solas no son lo suficientemente robustas ni flexibles para facilitar la localización y acceso a una colección de recursos digitales. En términos de eficiencia, los resultados de estos estudios demuestran que las interfaces visuales a menudo conducen a una subutilización de la información de metadatos muy por debajo de todo su potencial semántico, a pesar de que estas son clave para enriquecer el proceso de búsqueda de recursos digitales en un área de conocimiento específico (Cechinel, Sánchez & Sicilia, 2009; Fernández, 2001; Pastor, 2009).

En lo relativo a la usabilidad, Hitchcock (2003) evaluó la utilidad y la facilidad de la biblioteca digital de acceso libre *Citebase*<sup>1</sup>, relacionado con los índices de citas en el área de la investigación. Aunque los resultados fueron en general satisfactorios, se detectaron unos problemas asociados con el nivel de cobertura y de navegación proporcionados por las interfaces, y algunos se reportaron en un estudio similar sobre el repositorio de uso libre *eprints* E-LIS (Tsakonas & Papatheodorou, 2008), donde la mayoría de los atributos para evaluar la usabilidad fueron criterios altamente valorados por los usuarios para satisfacer sus necesidades de búsqueda. Por último, cabe destacar los estudios realizados por (Kani, Ghinea & Chen, 2006), quienes examinaron las preferencias de uso, para la selección de contenidos en tres bibliotecas digitales: la Biblioteca Digital ACM<sup>2</sup>, la Biblioteca de referencia técnica de ciencias de computación y redes<sup>3</sup> y la Biblioteca digital de Nueva Zelanda<sup>4</sup>. Los autores encontraron que, independientemente del tipo de consumidor, la facilidad de aprendizaje y la fiabilidad de las herramientas fueron requisitos fundamentales para la satisfacción de los usuarios en las bibliotecas digitales.

En los siguientes capítulos se llevará a cabo una evaluación de la eficacia y precisión de interfaces de búsqueda visual desarrolladas a partir de ocho técnicas de visualización para el acceso a recursos digitales. El propósito de este estudio es proporcionar a creadores de repositorios digitales la identificación de factores que faciliten el desarrollo e implementación de este tipo de estrategias para la búsqueda de recursos digitales, dado que el uso de taxonomías presenta desafíos a la hora de gestionar, organizar y visualizar información compleja (Morante, 2003), además que el tamaño de los datos es también una cuestión clave para visualizar correctamente la información (Herman, et al., 2000; Huang, Liang & Nguyen, 2008). Cabe resaltar que se ha tratado de abordar de manera cuidadosa la preparación y el diseño de los experimentos, basados en principios básicos de usabilidad.

---

1 Disponible en: <http://iplus.ukoln.ac.uk/technology/citebase>, (consultada el 5 de marzo de 2017).

2 Disponible en: <http://dl.acm.org/>, (consultada el 5 de marzo de 2017).

3 Disponible en: <http://www.ncstrl.org/>, (consultada el 5 de marzo de 2017).

4 Disponible en: <http://www.nzdl.org/cgi-bin/library.cgi>, (consultada el 5 de marzo de 2017).



## Usabilidad de las taxonomías y esquemas de representación de conocimiento

Los datos de una taxonomía son elementos candidatos para llevar a cabo actividades de exploración mediante técnicas de visualización a partir de su estructura jerárquica. En esta línea, se encuentran varios trabajos que han enfocado sus esfuerzos a analizar las relaciones entre múltiples estructuras taxonómicas; sin embargo, el diseño de estas que despliegan cientos y miles de nodos presenta serios problemas asociados con la localización de un gran número de registros (Graham & Kennedy, 2005).

Estudios previos han detallado las ventajas del uso de estructuras taxonómicas para la clasificación de recursos en línea. Morante (2003) presenta una serie de directrices para el desarrollo de taxonomías de sitios web; resaltando la importancia de la definición de una buena taxonomía y describiendo buenas prácticas en la aplicación de cada una de ellas. Bajo la misma línea (Fang & Holsapple, 2007) demostraron a partir de un estudio empírico sobre las estructuras de navegación de sitios web, que las taxonomías pueden beneficiar el acceso a las páginas. Los resultados que se obtuvieron demostraron que el diseño de una jerarquía es una estructura de navegación con mayor facilidad de uso, tanto para tareas de exploración simples, como actividades complejas de adquisición de conocimiento. Wang et al. (2008) hallaron sistemas de clasificación y tesauros para representar niveles jerárquicos y clasificar las fuentes de información, Uddin & Janecek (2007) desarrollaron un método para buscar los documentos a través de taxonomías multidimensionales. De acuerdo con los resultados de las pruebas de usabilidad, encontraron que las taxonomías y clasificación por facetas definidas eran útiles para la búsqueda y localización de documentos. Finalmente se resalta el estudio realizado por Shiri (2008) quien encontró que los elementos de los metadatos y el uso de interfaces visuales bajo las categorías previamente definidas favorecen los procesos de búsqueda mediante un lenguaje enriquecido de palabras claves para el acceso a una colección de recursos digitales.

Otro estudio representativo realizado por Graham (2000) sobre la exploración de relaciones entre múltiples estructuras jerárquicas en taxonomías botánicas, determinó la utilidad de este tipo de representaciones jerárquicas para la ubicación de términos. Por su parte Dinkla et al. (2011) llevaron a cabo una comparación de múltiples tamaños de jerarquías en el campo de la biología, uno de los resultados más representativos del estudio fue que a través de las taxonomías los expertos podían descubrir rápidamente correlaciones en un conjunto abundante de microbios a partir del descubrimiento de patrones entre muchas instancias de una jerarquía.

En relación a otros esquemas de representación del conocimiento, existen también un gran número de estudios orientados a la evaluación de interfaces basados en el uso de tesauros. Blocks, Binding, Cunliffe & Tudhope (2002) encontraron que las interfaces de búsqueda basada en tesauros, permitían el uso de funcionalidades básicas sobre usuarios con limitados conocimientos tecnológicos. Sin embargo, la interfaz no facilitaba búsquedas avanzadas basadas en un proceso de exploración para actividades específicas de recuperación de información. Por su parte, McKay et al. (2004) realizaron la evaluación de una interfaz de búsqueda basada en un tesauro sobre una biblioteca digital y encontraron que el uso de ventanas múltiples e

independientes en los resultados de búsquedas era difícil de manejar por los usuarios. De igual forma, sugieren que las búsquedas se realicen de forma semiautomática, es decir, que el buscador sugiera al usuario términos de búsqueda. Stafford et al. (2008) evaluaron una versión bilingüe de una interfaz gráfica basada en un tesoro encontrando que la integración de funcionalidades de búsqueda y navegación eran útiles para el acceso a recursos digitales; además, identificaron que la interfaz visual fue útil desde el comienzo en que se probó esta, dada que las temáticas que no eran conocidas por los usuarios fueron siendo cubiertas a medida que realizaban el proceso de navegación, lo que les ayudaba a restringir o ampliar los criterios de búsqueda a partir del despliegue de temáticas en su estructura taxonómica.

## Interacción persona – ordenador

Dentro de la toma de decisiones se han argumentado que las técnicas de visualización de información deben diseñarse de acuerdo con los principios cognitivos y de percepción (Lee & Vickers, 1998; Wise, 1999). En la disciplina de análisis y evaluación de interfaces computacionales, muchas de las evaluaciones de técnicas de visualización han descuidado las capacidades de un usuario para utilizar una técnica de manera precisa y eficiente (Tractinsky, Katz & Ikar, 2000). Una de las estrategias para evaluar estas interfaces es mediante la interacción de personas de forma empírica, es decir, probando la manera en que estas utilizan las interfaces de manera controlada y experimental (Allan, Leuski, Swan & Byrd, 2001; Lee, Reilly & Butavicius, 2003; Petrelli, 2008; Sebrechts, Cugini, Laskowski, Vasilakis & Miller, 1999; Sutcliffe, Ennis & Hu, 2000; Swan & Allan, 1998; Westerman & Cribbin, 2000). Esta prueba es crucial debido a la evidencia de que las evaluaciones objetivas y subjetivas a menudo difieren en las evaluaciones de interfaz (Frøkjær, Hertzum & Hornbæk, 2000; Lee, et al., 2003; Wu, Fuller & Wilkinson, 2001).

IPO es una disciplina en constante crecimiento que desde sus orígenes ha permitido abrir un espacio en el desarrollo de productos informáticos, cuyo objetivo es atender las necesidades de uso y tiempos de ejecución para evitar así posibles errores y en consecuencia ofrecer satisfacción del producto a los usuarios (Booth, 1989; Dix, Janet, Abowd & Beale, 2003; Marchionini, 1997; Shneiderman, 2003). La visualización de información presenta varias áreas de estudio las cuales se han abordado desde el campo de la computación gráfica y de la IPO mediante investigaciones orientadas a determinar las influencias asociadas a través de variables visuales como la posición, longitud, color y figura, que impacten en la efectividad de una visualización de datos (Cleveland, 1984; Simkin & Hastie, 1987; Vessey & Galletta, 1991). Otros estudios más recientes en este campo se involucran con técnicas avanzadas de análisis visual como *eye-tracking* (Jacob & Karn, 2003; Poole & Ball, 2006; Rosch & Vogel-Walcutt, 2013), estrategias para evaluación de diseños de productos en la web (Heer & Bostock, 2010; Simkin & Hastie, 1987) y una variada lista de aplicaciones que se encuentran registradas en uno de los más recientes análisis de investigación orientados en esta línea (Von Landesberger et al., 2011). Para llevar a cabo este tipo de investigaciones una de las áreas encargadas de analizar este tipo de comportamientos se conoce como la usabilidad.

## Principios de usabilidad

La usabilidad es un concepto que se refiere principalmente a la facilidad de uso de una aplicación o producto interactivo, existe una variedad de estrategias para evaluar este campo de estudio. Empíricamente, la usabilidad puede ser medida y evaluada, por lo tanto, es un atributo de calidad que se acompaña de diversos componentes (Nielsen, 1994b). Algunos de los más importantes son:

- **Eficacia:** durante la realización de una actividad, determinar el número de errores que hace un usuario, o de la confianza para llegar a realizar una tarea.
- **Eficiencia:** define el tiempo que lleva a los usuarios realizar alguna actividad.
- **Satisfacción:** se determina cómo se perciben si agradables o simples las actividades de desarrollo de un usuario.
- **Facilidad de uso:** medida del nivel de utilidad que puede tener la herramienta para llevar a cabo una actividad.

Existen principios básicos para el diseño de interfaces de modo que se facilite su usabilidad, uno de ellos es la simplicidad, la cual se puede definir como la facilidad que ofrece una interfaz para realizar alguna actividad en particular, sea de búsqueda, exploración, etc. Nielsen (2006) se refiere al concepto de simplicidad como: “una práctica continuada, centrada en optimizar los sitios web y que permita maximizar el éxito de los negocios”. Práctica, que se considera como una forma de reducir las barreras que se imponen a los usuarios para llegar a donde deseen dentro de una aplicación informática.

En el proceso de usabilidad se persigue también la reducción del número de procesos que debe realizar un usuario para llevar a cabo determinada actividad; pues tal como lo reseña Norman (2008), el objetivo final de la usabilidad es reducir la frustración del usuario a la hora de enfrentarse a las tareas. Por lo tanto, la simplicidad también desempeña un papel importante para lograr un diseño con buen nivel de comprensión, y por tanto, que permita generar experiencias de uso satisfactorias. Hearst (2009) definió la importancia de los pequeños detalles de diseño de la interfaz, tales como el tamaño del cuadro de búsqueda, la existencia de sugerencias de ortografía, etc., detalles que pueden afectar profundamente la conducta de búsqueda de información por parte de los usuarios.

Además de estas directrices para medir usabilidad, existen propuestas concretas de principios de esta centrados en niveles de consistencia (Shneiderman, 2003), factores heurísticos (Nielsen, 1994b), criterios para identificación de errores y métodos de recuperación de problemas de uso (Polson & Lewis, 1990) o niveles de flexibilidad (9241 ISO, 1998), entre otros.

A partir de estos conceptos básicos sobre visualización de información y los principios a tener en cuenta para el diseño de interfaces, el siguiente capítulo se centra en el planteamiento de una solución para el diseño de interfaces navegacionales a partir de esquemas de representación de conocimiento.



# Propuesta de una solución \_\_\_\_\_

Este capítulo presenta las fases definidas para llevar a cabo la propuesta de una solución. Por lo tanto, se abordarán mediante la definición de una serie de fases que, combinada con aspectos de selección de esquemas de representación de conocimiento y estrategias de diseño centrado en usuario para el diseño de interfaces, permitan definir aspectos de trabajo para determinar mecanismos de búsqueda navegacionales, utilizando para ello recursos digitales de acceso libre.

La propuesta se enmarca dentro de una serie de metodologías definidas en principios IPO y DCU, para lo cual fue necesario plantear una serie de fases. La primera parte del estudio (percepción) analiza la apreciación visual de los participantes mediante el diseño de unos escenarios de trabajo definidos a partir de imágenes estáticas, los cuales representan a todas las estructuras de navegación diseñadas. El objetivo de este test es analizar tres capacidades de percepción visual para el uso de interfaces de búsqueda, a saber: *a)* atención; *b)* retención de información; *c)* comprensión. La segunda parte del estudio (interacción) analiza el uso de las interfaces a través del planteamiento de un caso de estudio guiado por un moderador para llevar a cabo actividades de búsqueda de un conjunto de términos dentro de las estructuras de navegación definidas a partir de las interfaces.

## **Fases utilizadas para propuesta de una solución**

A partir del panorama expuesto a lo largo de este capítulo, se define una serie de fases utilizadas para el planteamiento de una solución la cual parte del uso de repositorios a partir de fuentes de información abiertas y el desarrollo de esquemas de navegación a partir de estructuras de representación de conocimiento. Finalmente se exponen las estrategias de conexión entre recursos digitales, interfaces de búsqueda navegacional y esquema de representación de conocimiento implementado. En la figura 16 se presentan las fases de trabajo generales, definidas para el planteamiento de la solución.

**Figura 16.** Fases de trabajo aplicadas para diseño solución



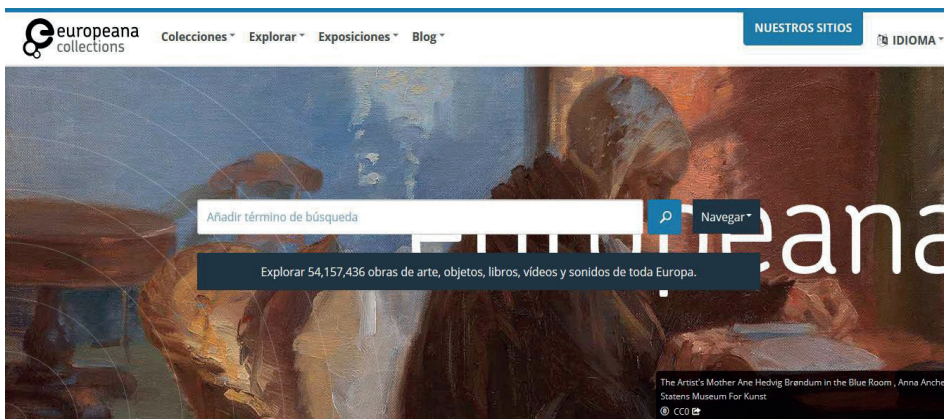
## Análisis de datos

### Selección estrategia para el consumo de datos

Para conocer el uso de recursos en abierto se determinó utilizar como caso de estudio la Biblioteca Digital Europeana que es un proyecto destinado a recopilar y poner a disposición la mayor cantidad posible de recursos culturales en forma digital, su objetivo es ofrecer acceso a millones de recursos digitales registrados por proveedores externos. Europeana es una biblioteca de patrimonio cultural europeo que contiene más de 54 millones de recursos digitales relacionados con arte, arquitectura, etc., y está orientada a centralizar la mayor cantidad posible de recursos digitales que se almacenan en repositorios externos para ser catalogados, centralizados y de fácil acceso a través de la indexación de metadatos. Actualmente dispone de dos formas para el acceso a estos recursos: 1) a través de consumo de servicios REST para acceso a más de 45 millones de recursos (Europeana, 2017a); 2) mediante consultas de tripletas mediante lenguaje SPARQL definidas por estrategias de vinculación de datos definidas por Linked Data (Halshofer, 2011; Hilario, 2012), la cual brinda acceso a más de 20 millones de tripletas (Europeana, 2017b).

Se seleccionó esta biblioteca como caso de estudio teniendo en cuenta que actualmente es una de las que tiene mayor cantidad de recursos que pueden ser potencialmente útiles para reutilización como objetos de aprendizaje (Gaona-García et al., 2017), a su vez, por ser uno de los proyectos con mayor cobertura para la catalogación de recursos digitales en patrimonio cultural europeo (Doerr, 2010) y tener mayor soporte para el consumo de recursos de manera multilingüe (Purday 2009; Agosti et al., 2009). La figura 17 presenta un ejemplo de la interfaz de búsqueda textual de la que dispone el proyecto.

Figura 17. Interfaz de búsqueda textual utilizada por Europeana



La figura 18 presenta la interfaz de recursos utilizados por Europeana para búsqueda de recursos digitales.

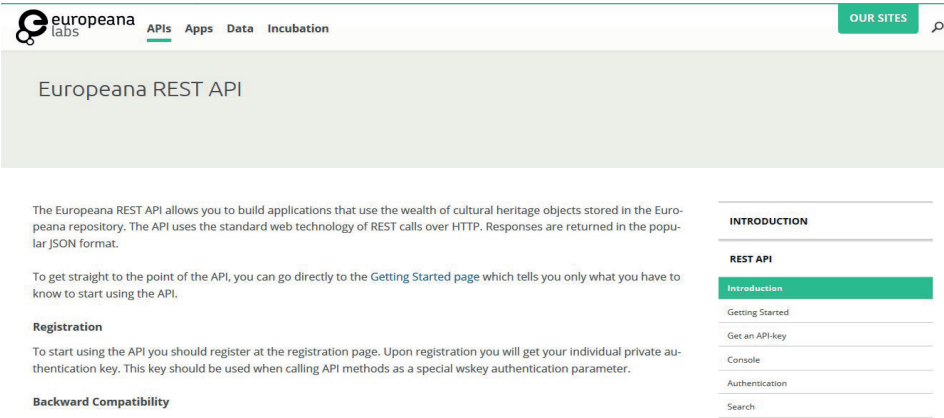
Figura 18. Interfaz de búsqueda de recursos utilizada por Europeana



Para nuestro caso en particular, se ha seleccionado la estrategia de acceso mediante servicios tipo REST, como mecanismo utilizado para integrar sobre las interfaces de búsqueda visual seleccionadas. La figura 19 presenta la librería que dispone el proyecto para el uso del API.



Figura 19. API REST Europeana



Fuente: Europeana (2017).

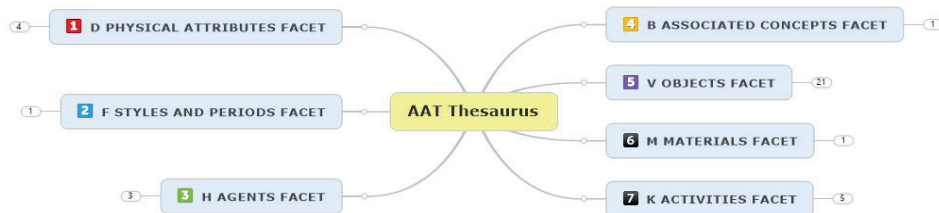
Una vez seleccionada la biblioteca donde se consumirán los recursos digitales, se procede a seleccionar un esquema de representación de conocimiento para la construcción del esquema de búsqueda navegacional. En la siguiente sección se analizan las posibilidades de su selección y creación.

### Selección de esquema de representación de conocimiento

Al utilizar Europeana como centro de acceso a recursos digitales se ha determinado el uso de un esquema de representación de conocimiento que permita categorizar y clasificar temáticas relacionadas con patrimonio cultural. En este orden de ideas, se decide utilizar una adaptación del tesauro AAT, el cual permite trabajar más de 40.000 vocabularios. Al tratarse de un tesauro completo, se han seleccionado una serie de términos relacionados con arte y patrimonio cultural con el propósito de definir una estructura simple de representación de conocimiento que posteriormente se utilizará como estrategia para el diseño de las interfaces navegacionales.

De manera previa se ha realizado un estudio de análisis de cobertura para conocer las bondades que el tesauro AAT puede ofrecer y la relación de recursos digitales con los términos seleccionados (Gaona-García et al., 2017), a su vez se consideró que de acuerdo a sus características y la estrecha relación que pueda tener con términos presentes en Europeana, se ha recorrido el tesauro en cada una de sus facetas para relacionarlo con términos asociados a nivel de cultura, arte, estilos y periodos, que son algunos de las palabras claves que se pueden encontrar dentro de Europeana a nivel de patrimonio cultural. A continuación, en la figura 20 se presentan las facetas que de manera general dispone el tesauro AAT.



**Figura 20.** Facetas definidas por el tesauro AAT.

A partir de estas facetas, se procedió a analizar qué conceptos están relacionados directamente con los recursos digitales disponibles en la Biblioteca Digital Europea. De este ejercicio se despliegan algunas facetas con distintos escenarios que se pueden utilizar para construir la estructura de navegación posible para el diseño de las interfaces navegacionales.

Al contener AAT más de 40.000 conceptos cada uno puede tener etiquetas en hasta 22 idiomas que se organizan en una jerarquía con cuatro relaciones que definen la reciprocidad entre ellos, a saber:

- **NT** (término más estrecho): si X es un NT de Y, entonces X es más estrecho en algún sentido que Y.
- **BT** (término más amplio): si Y es un BT de X, entonces X es más amplio que Y.
- **RT** (término relacionado): esta relación expresa cualquier tipo de asociación entre dos términos que no sean jerárquicos. Es el predeterminado para todas las relaciones por lo que es muy ambiguo.
- **UF** (usado para): es una relación de equivalencia que indica que el término X es usado para el término Y para propósitos de indexación.

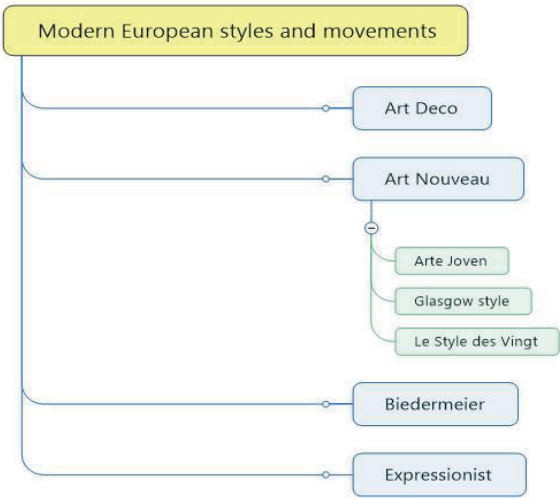
En este sentido, las relaciones NT y BT son jerárquicas que siguen un concepto, haciendo de AAT un KOS adecuado para el experimento. Para analizar el nivel de relaciones se presenta de manera preliminar la exploración de todo el tesauro por áreas de conocimiento.

### *Styles and Periods Facet*

Esta fase permite asociar una gran cantidad de conceptos relacionados con historia, arte y patrimonio cultural que puedan estar relacionados con la Biblioteca Digital Europea. Esta guía en particular nos presenta los diferentes estilos y movimientos de la Europa Moderna, el cual podría complementar parte del ejercicio que se venía realizando, ya que este trabaja otra rama de esta faceta de estilos y periodos por región, presentando un contraste del estilo actual sobre Europa, de estos términos en particular.

Finalmente, el número de términos aproximados en el tesauro que pueden servir como conceptos es de 318. En la figura 21 se muestra una parte de la representación de conceptos de esta faceta.

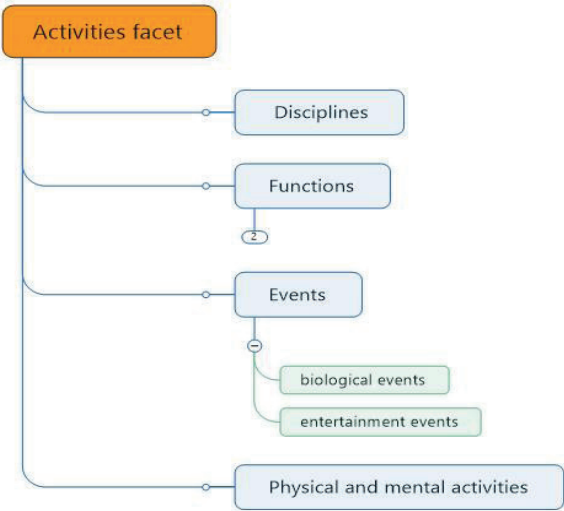
**Figura 21.** Análisis de clasificación de términos para la guía *Modern European Styles and periods*



*Activities Facet*

Podríamos asociar términos de esta guía para definir coberturas con algunas áreas de disciplina a nivel de historia. El número de términos aproximados en el tesauro para esta es de 17. A continuación, la figura 22 presenta partes de esta rama de representación.

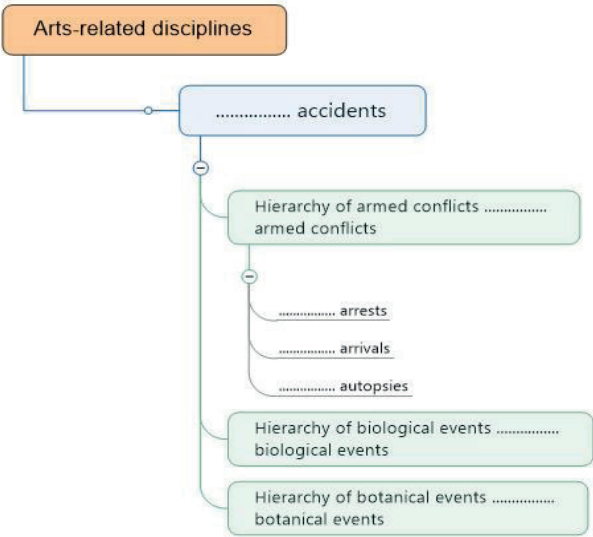
**Figura 22.** Análisis de clasificación de términos para la guía *Activities facet*



Arts-related disciplines

Podríamos asociar términos de esta guía para definir coberturas con algunas áreas de disciplina a nivel de arte para su posterior visualización. El número de términos aproximados para utilizar como conceptos es de 19. La figura 23 presenta parte de esta representación.

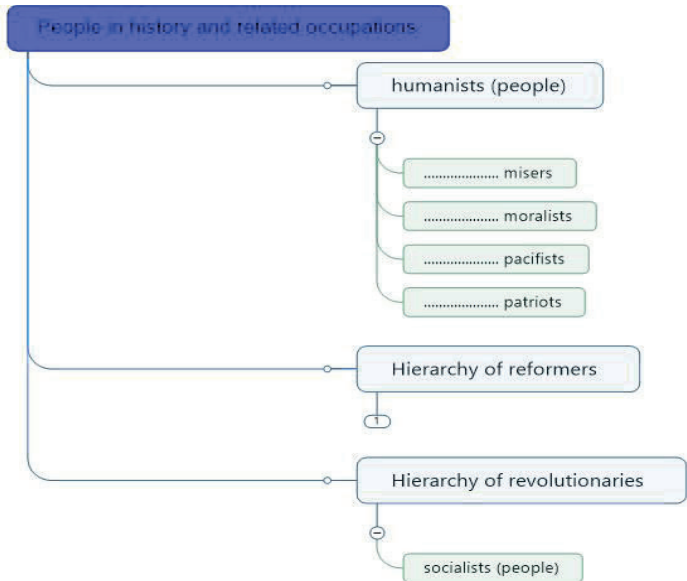
Figura 23. Análisis de clasificación para guía relacionada con Arts disciplines



Agents Facets

Se podrían asociar términos de esta guía para definir coberturas de personas cuyas ocupaciones estén relacionadas dentro de la disciplina de la *historia*. Términos aproximados en el tesoro: 65. La figura 24 presenta parte de estos términos.

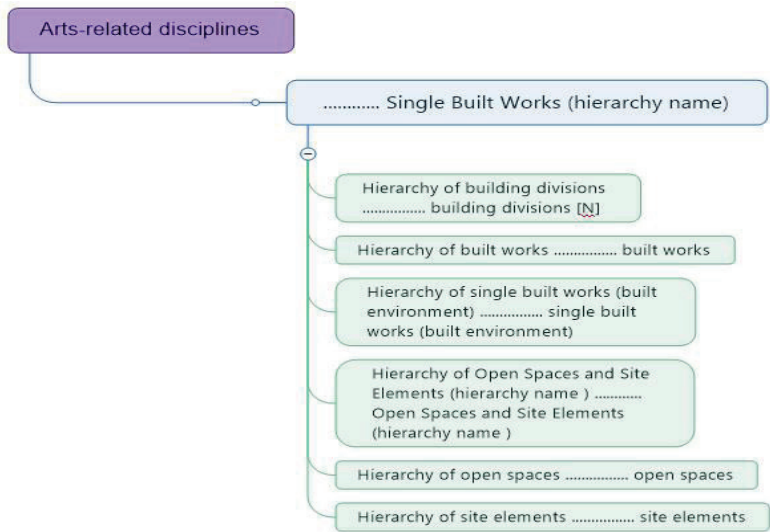
**Figura 24.** Términos asociados con guía *People and history related occupations*



### Object Facet

Esta es una guía interesante que define términos asociados a sitios de interés, por ejemplo, lugares que son patrimonio cultural y lugares históricos. Se podrían asociar con otros términos donde se puedan ubicar obras o esculturas de algún país en particular apoyado por la faceta de estilos y periodos por regiones. Términos aproximados en el tesoro: 74. La figura 25 presenta un ejemplo de esta.

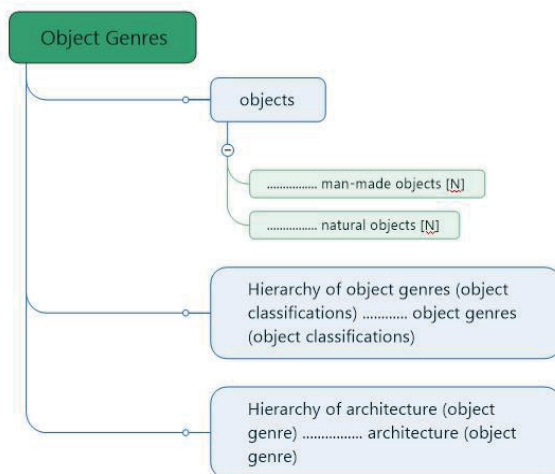
**Figura 25.** Conceptos asociados a la guía *Arts-related disciplines*



## Object Facet

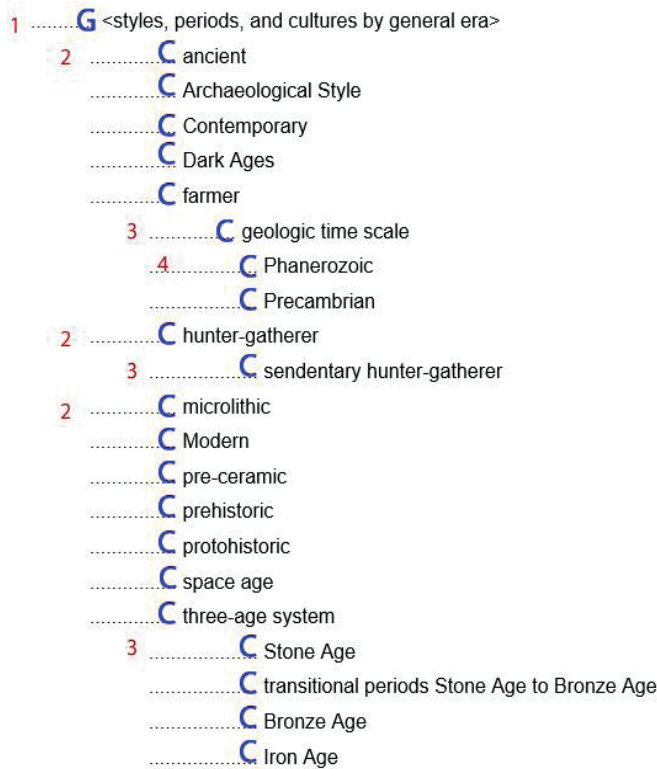
Nos presenta algunos términos relacionados con objetos a nivel cultural para definir su valor patrimonial o cultural, es decir, aquellos que son curiosos, coleccionables, anticuados, etc. Términos aproximados en el tesauro: 62. La figura 26 presenta un ejemplo de esta guía.

**Figura 26.** Conceptos asociados a la guía *Object Genres*



No obstante, para la construcción de interfaces de búsqueda navegacional, el número total de términos es muy elevado. Por lo tanto, y de acuerdo a estrategias definidas por (Martín-Moncunill et al., 2015; 2016) hemos llevado a cabo un análisis de la evaluación del grado de especificidad del dominio de los términos seleccionados al tratarse de terminologías grandes. Lo anterior con el propósito de determinar una distancia semántica apropiada que permitiera recortar niveles de jerarquía para facilitar la búsqueda y asociación de conceptos por parte de usuarios. El uso de estas estrategias son valiosas para diferentes tareas relacionadas con la recuperación de la información y los propósitos de búsqueda, tales como anotaciones y procesos de indexación de recursos utilizando vocabularios controlados (Park et al., 2013); el aumento de las consultas de los usuarios mediante su expansión está basada en una semántica ontológica (Segura et al., 2011) y el apoyo a las búsquedas inteligentes mediante el uso de semántica formal (Madhu et al., 2013; Sicilia, 2014). Para este caso, se utilizó para la última estrategia con el propósito de facilitar las búsquedas sobre interfaces navegacionales. En este sentido, de los 355 posibles conceptos que se emplearían para diseñar el esquema de búsqueda navegacional, finalmente se estableció el uso de 220 términos que se utilizarán como mecanismos de búsqueda en las interfaces navegacionales. En la figura 27 se presenta un apartado del esquema navegacional que finalmente se definió para la construcción de las interfaces visuales.

**Figura 27.** Esquema navegacional del tesauro AAT.



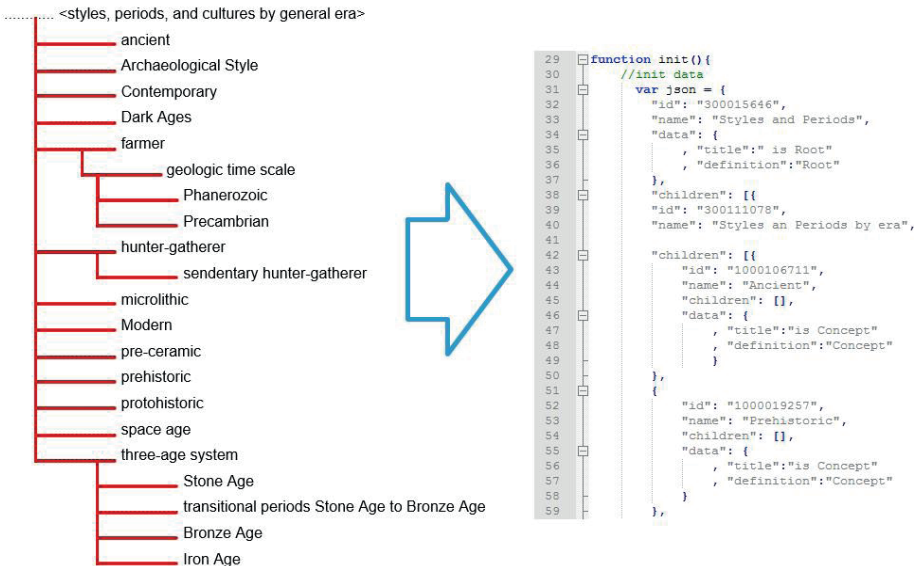
La G representa una guía y la C un concepto, el cual se utilizará como mecanismo de búsqueda sobre la interfaz visual seleccionada. Por su parte los números representan los niveles de jerarquía que serán la clave para desplegar conceptos y asociar a áreas de conocimiento.

## Diseño de interfaces navegacionales

### Estructura navegacional

A partir del análisis de conceptos definidos en la anterior sección, se definió la manera en que se trabajaría el esquema navegacional. Para ello se utilizó lenguaje JSON, con el propósito de ser replicado en librerías gráficas y posteriormente ser utilizadas mediante el API de búsqueda navegacional. La figura 28 presenta un diagrama de este proceso:

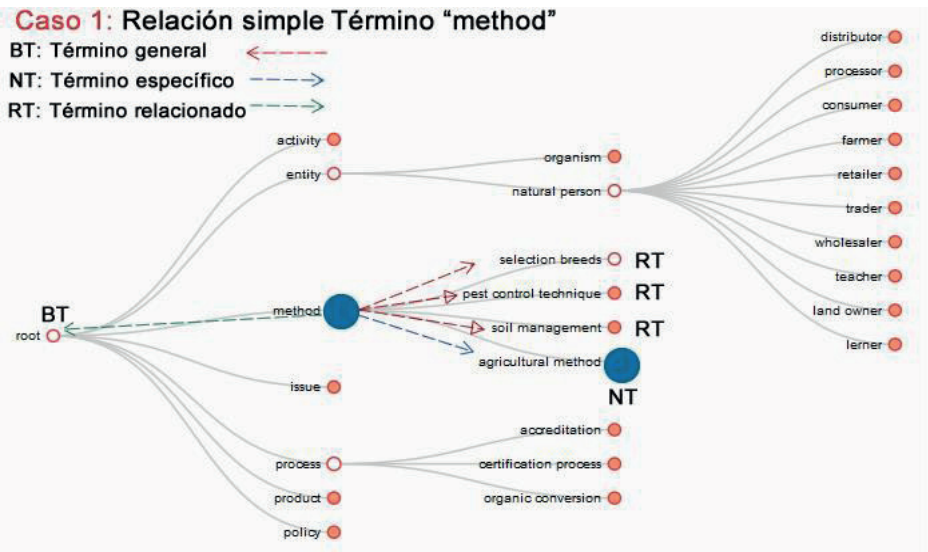
Figura 28. Proceso de transformación a JSON.



Finalmente, esta estructura es utilizada por librerías graficas que permitirán definir la navegación entre conceptos y jerarquías. Para este caso se utilizaron librerías gráficas con soporte JavaScript de uso libre conocida como D3JS (Roostock, 2009).

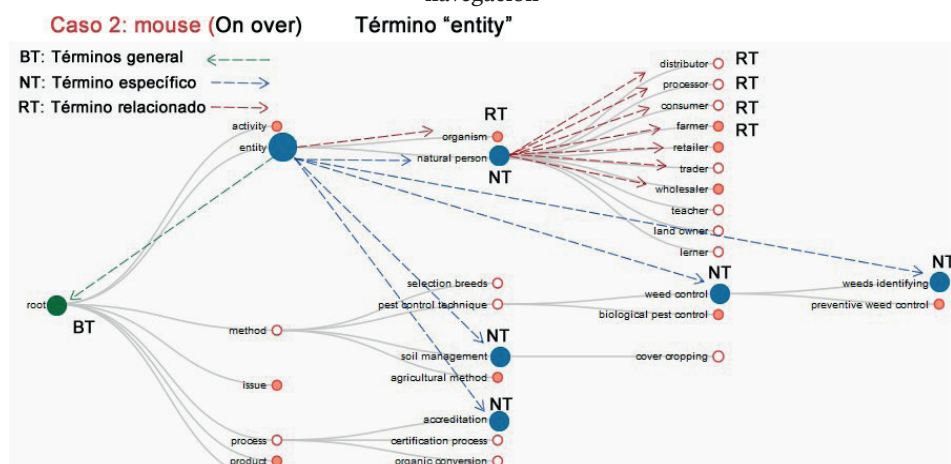
La figura 29 presenta un ejemplo de este proceso de transformación mediante estrategia de navegación por árbol, teniendo en cuenta las características de los términos a usar dentro de un proceso de navegación.

Figura 29. Caso 1: ejemplo características navegación



Dentro de las especificaciones de la librería D3Js, el caso 1 de la figura 29 representa un estado de navegación para un término específico, es decir, un proceso de navegación normal que se establece por la relación entre padre e hijo. Sin embargo, al tratarse de una gran cantidad de términos, es necesario llevar a cabo ajustes dentro de la librería gráfica para poder ocultar nodos padres una vez se empieza a navegar dentro de niveles de profundidad mayores, esto permitirá, entre otras cosas, facilitar el proceso de navegación e identificar fácilmente la relación existente entre dominios de conocimientos representados por nodos padre e hijo. La figura 30 expone este caso mediante una función que permita ocultar los nodos explorados.

**Figura 30.** Caso 2: ejemplo características ocultar nodos padres dentro estructura de navegación



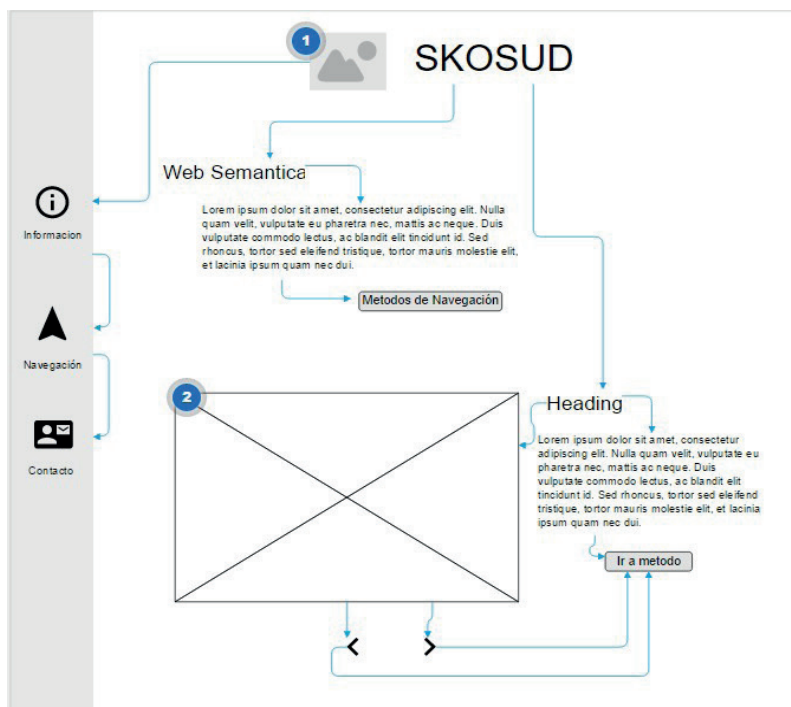
Es importante precisar que, dependiendo de la estructura de navegación, se pretende presentar al usuario de manera clara y lo más comprensible, por esta razón se llevan a cabo una serie de adaptaciones con el propósito de ajustarlas a las diferentes técnicas de navegación, para posteriormente llevar a cabo pruebas de usabilidad. Dentro de este proceso la estructura de navegación se presenta como una prioridad antes de llevar a cabo el proceso de integración. Por tal motivo esta fase de análisis tanto del tesauro como del esquema de navegación, se presenta de manera detallada con el propósito de llevar a cabo diseños que permitan ser base para la propuesta planteada. Para ello, en la siguiente sección se presentan las diferentes etapas determinadas para el diseño de la interfaz de la aplicación. Estos diseños se basaron en principios de DCU y demás aspectos que se abordaron en el capítulo de “Principios para el diseño de interfaces”; por ello, se detallarán los diseños que se consideraron prioritarios para el desarrollo de la solución partiendo primordialmente por la definición de esquemas de navegación a utilizar, así como la manera de desplegar la información (recursos digitales) asociados a cada concepto seleccionado del esquema de navegación diseñado para tal efecto.



## Diseño de interfaz de aplicación

Para esta etapa se han definido una serie de escenarios posibles de diseño de la interfaz, partiendo de los principios de usabilidad definidos por Nielsen (1994; 2003). En este orden de ideas, el diseño parte de principios de favorabilidad para llevar a cabo búsquedas navegacionales, así como la integración de búsquedas textuales dentro del esquema de navegación a partir de palabras claves. Es así como en la figura 31 se presenta de manera preliminar un primer boceto de posible interfaz de la aplicación.

**Figura 31.** Mock de interfaz preliminar para el diseño de aplicación



En la parte lateral izquierda de la figura 31 se resalta la opción para seleccionar diferentes técnicas de navegación, así como información general de la aplicación. En la parte superior se resalta el método de búsqueda textual que se implementará para llevar a cabo el consumo de recursos de Europeana. Finalmente, la parte central presenta la técnica de navegación utilizada para realizar la consulta de recursos en la biblioteca. Tanto el método de búsqueda textual, como el de búsqueda navegacional estarán vinculados con el propósito de que el usuario asocie conceptos de la estructura de representación de conocimiento. En la figura 32 hay un acercamiento con mayor detalle de la aplicación.

Figura 32. Mock ilustrativo de esquema de navegación inicial.



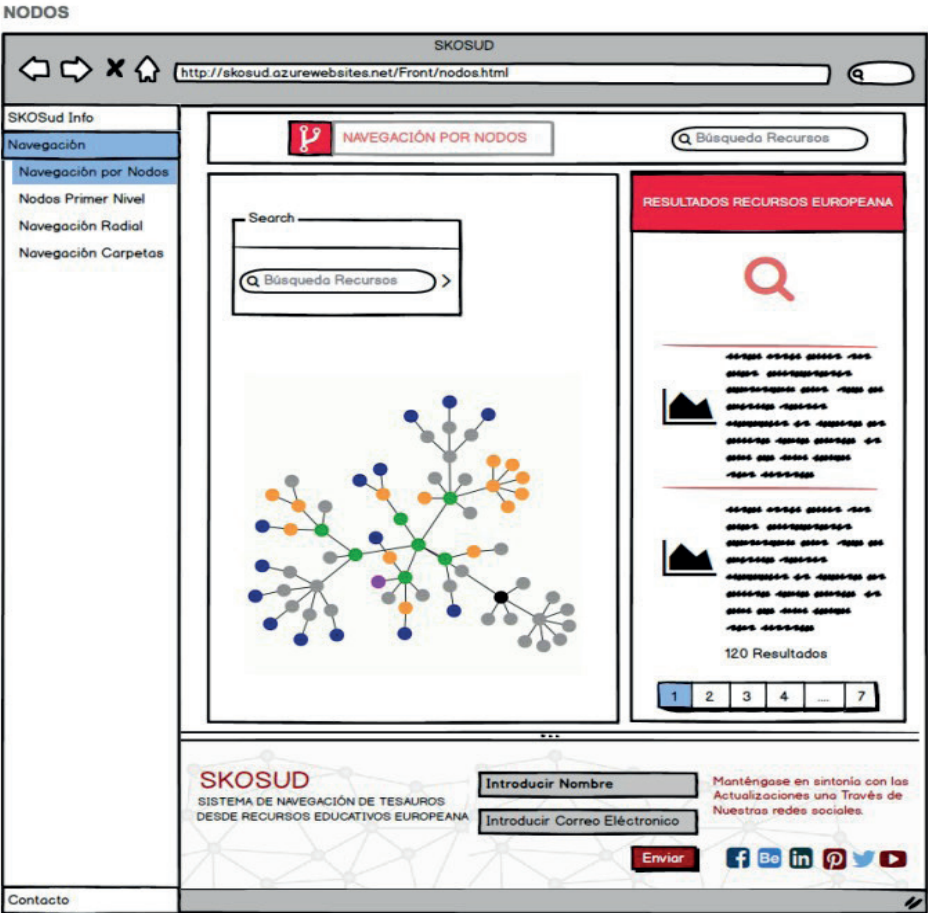
En la figura 33 se presenta el diseño de información general de la aplicación.

Figura 33. Mock información general de la aplicación



Con esta interfaz se pretende determinar mecanismos de ayuda para que el usuario pueda leer el propósito de la aplicación, la información general relacionada con los esquemas de navegación utilizados y el consumo de recursos a realizarse a través del API Europeana. En la figura 34 se muestra un ejemplo de cómo sería el primer método de navegación utilizado a partir de estrategia por nodos.

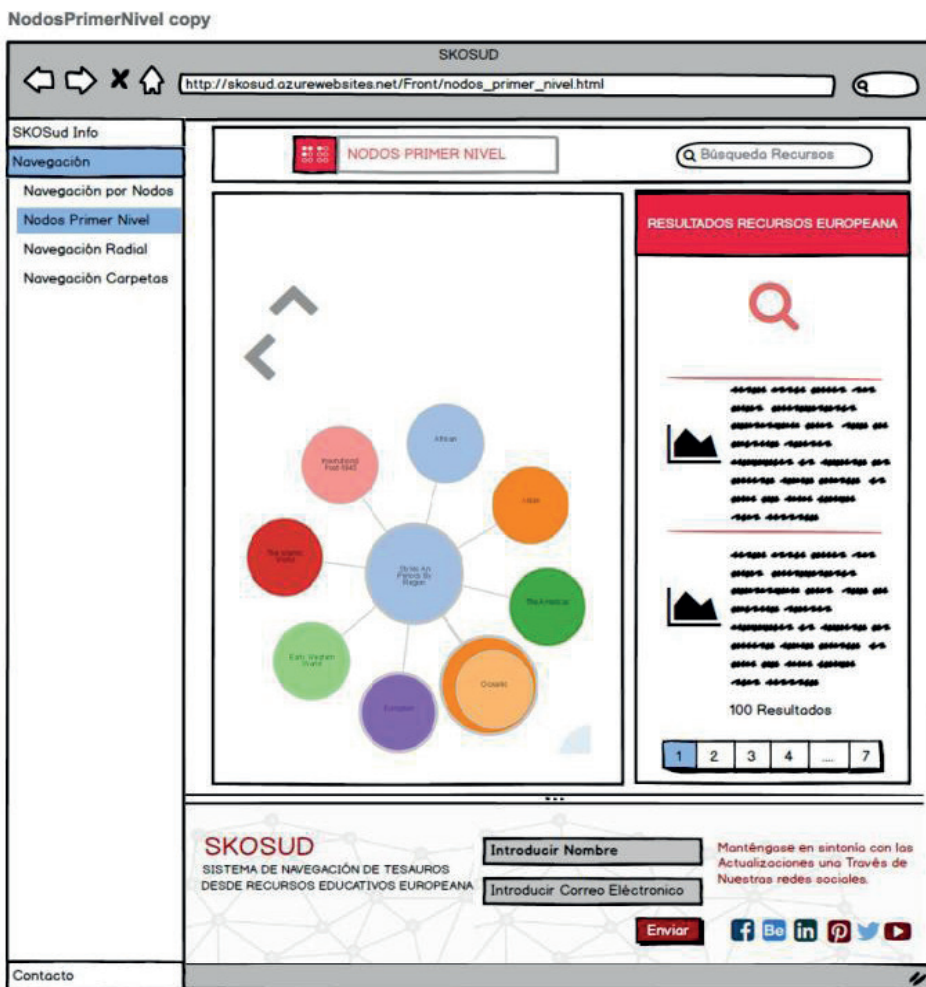
**Figura 34.** Mock selección se recursos mediante estrategia de navegación por nodos



En la anterior figura se presenta un ejemplo donde el usuario podrá seleccionar los distintos métodos de navegación y representaría el mecanismo seleccionado previa fase de navegación que sería por nodos. Teniendo en cuenta el alcance del proyecto se han seleccionado 4 métodos a saber: 1) navegación por nodos; 2) navegación por niveles; 3) navegación radial; 4) navegación por carpetas.

En la figura 35 se presenta un ejemplo de cómo podría representarse un esquema de navegación por niveles.

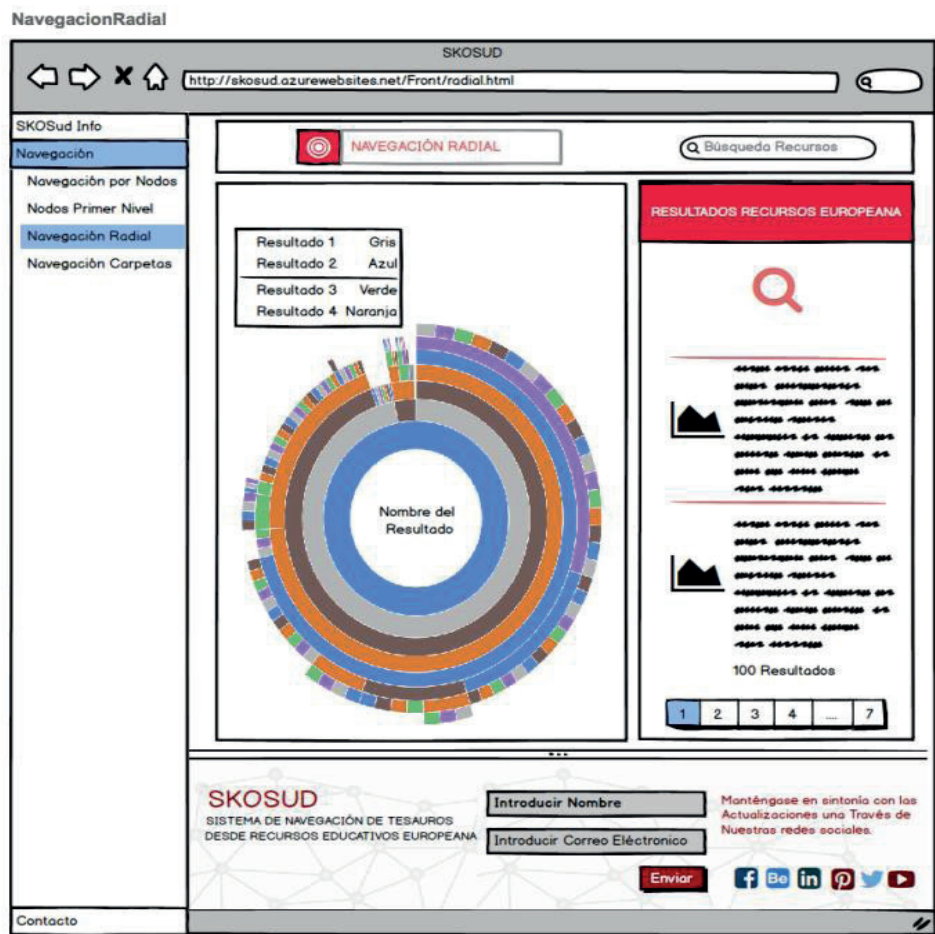
Figura 35. Mock esquema de navegación por niveles





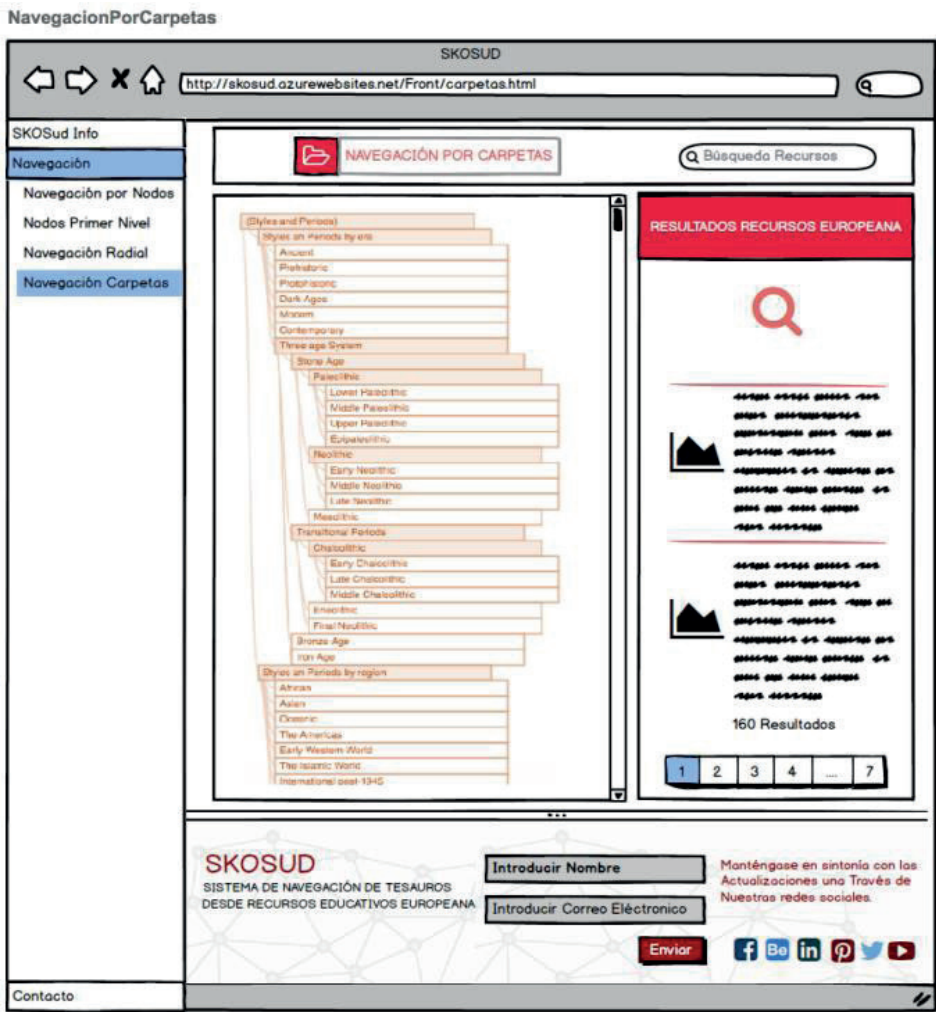
La diferencia de este método de navegación con el primero (nodos) sería la forma de expandir los niveles de jerarquía, es decir, que los desplegaría por niveles de clasificación y no todos los niveles que presenta el esquema de representación de conocimiento de manera general. En la figura 36 se muestra un ejemplo de cómo podría representarse el esquema de navegación radial, nótese que al lado izquierdo se podrían visualizar los diferentes recursos digitales de la biblioteca asociados a cada término seleccionado tanto del esquema navegacional, como del de búsqueda textual en la parte superior de los resultados.

Figura 36. Mock esquema de navegación radial



Finalmente, la figura 37 representaría el posible diseño para el esquema de navegación por carpetas, siguiendo el mismo patrón de los métodos de búsquedas taxonómicas definidos en la sección de tipos de visualización.

Figura 37. Mock esquema de navegación por carpetas



Para ampliar más la integración de estos diseños el siguiente capítulo se presenta de manera detallada la propuesta de esta solución, específicamente aspectos del *framework*, librerías y demás aspectos para el consumo de recursos, que desde el punto de vista de desarrollo se concretarán en seguida.

## **Análisis de resultados**

Esta fase presenta los resultados de usabilidad de la solución planteada, dada su relevancia se ha definido un capítulo especial (7) con el propósito de definir metodológicamente el diseño de la prueba mediante la definición de un caso de estudio con usuarios que interactuaron con la aplicación, así como un análisis de los resultados de la misma.



# Framework propuesto

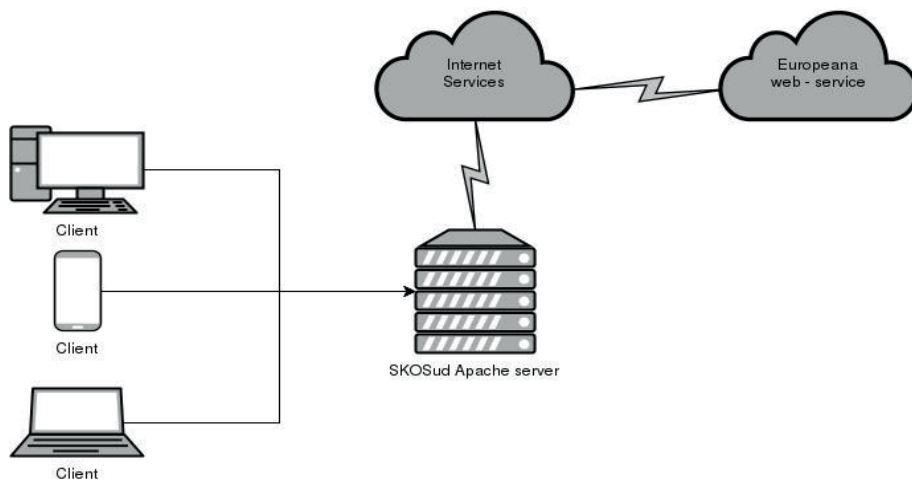
---

Este capítulo presenta a modo técnico las estrategias empleadas para la definición del *framework*, partiendo por requerimientos de desarrollo, así como las especificaciones para la construcción de la solución.

## Arquitectura de comunicación

En el presente apartado se abordarán las necesidades a nivel de comunicación que tiene el aplicativo SKOSud para ser desplegado en un ambiente de producción; además se describirán los componentes y sus respectivas especificaciones (ver figura 38).

**Figura 38.** Modelo de comunicación de propuesta solución SKOS-UD



## Apache server

Ordenador con sistema operativo Linux de preferencia, sin embargo, también puede contar con Windows Server o el sistema operativo de preferencia sobre el cual se puedan instalar todas las dependencias técnicas anteriormente nombradas con especial énfasis en el servidor apache. Además, este ordenador debe contar con una conexión a internet que le permita ejecutar peticiones a los servicios de Europeana o la fuente del conocimiento sobre la que se efectuará la visualización.

## Client

Los dispositivos desde los cuales se quiera usar la aplicación deben contar con las especificaciones ya nombradas en su respectiva sección. Además de esto deben contar con una conexión estable con el servidor apache, ya sea proveído por una conexión a internet o vía intranet.

## Desplegando SKOSud

Todas las tecnologías anteriormente descritas se encuentran en el proyecto, por lo cual este se sube al servidor de preferencia. En entorno local no importa el sistema operativo ni es necesario instalar nada más que el sistema de infraestructura que prefiera como Xampp, Wamp u otro que tenga el servidor web apache y agregarlo a la carpeta de proyectos del sistema de su elección. De momento no se planea llevar a cabo actualizaciones ni sobre el aplicativo en general ni sobre ninguna de las dependencias.

## Licenciamiento SKOSud

**Tabla 2.** Librerías gráficas utilizadas en proyecto

Dependencia	Tipo de licenciamiento	Link a la licencia
Sigma JS	Open	<a href="https://github.com/jacomyal/sigma.js/blob/master/LICENSE.txt">https://github.com/jacomyal/sigma.js/blob/master/LICENSE.txt</a>
D3.js	Open with	<a href="https://github.com/d3/d3/blob/master/LICENSE">https://github.com/d3/d3/blob/master/LICENSE</a>
NodeJS	Open with	<a href="https://github.com/nodejs/node/blob/master/LICENSE">https://github.com/nodejs/node/blob/master/LICENSE</a>
AngularJS	Open	<a href="https://github.com/angular/angular.js/blob/master/LICENSE">https://github.com/angular/angular.js/blob/master/LICENSE</a>
Bootstrap	Open with	<a href="http://v4-alpha.getbootstrap.com/about/license/">http://v4-alpha.getbootstrap.com/about/license/</a>
JQuery	Open	<a href="https://github.com/jquery/jquery/blob/master/LICENSE.txt">https://github.com/jquery/jquery/blob/master/LICENSE.txt</a>

## Arquitectura propuesta de desarrollo

En este apartado se enuncian los componentes genéricos de la aplicación definida como propuesta de una solución, que para efectos de nombre se ha llamado aplicativo SKOS-UD. Por lo tanto, se presentará la forma de interacción entre módulos: existiendo entre ellos relaciones de uso (dependencia) o interacciones mediante peticiones bajo el protocolo HTTP. Los componentes que se encuentran en el diagrama son:

### Cliente web

Es un componente encargado de la visualización de información a través de un web browser, este componente es la vista final que interactuará con el usuario final. Brindará las opciones descritas en los casos de uso y hará uso de los dibujadores para poder desplegar la información necesaria.

### Graficadores

Componente que alberga los distintos tipos de visualización.

### Peticiones

Es el elemento encargado de efectuar cualquier petición de información a nivel HTTP, proveerá a sí mismo una interfaz de acceso a cualquier recurso que se necesite obtener mediante el mismo protocolo.

### API Interpretador

Es una interfaz que ofrece un intérprete genérico base que tiene la capacidad de tomar la información de una serie de exégetas concretos los cuales se encuentran en este mismo paquete. Cada uno de estos hace referencia a los API a los que se desea el usuario tenga acceso.

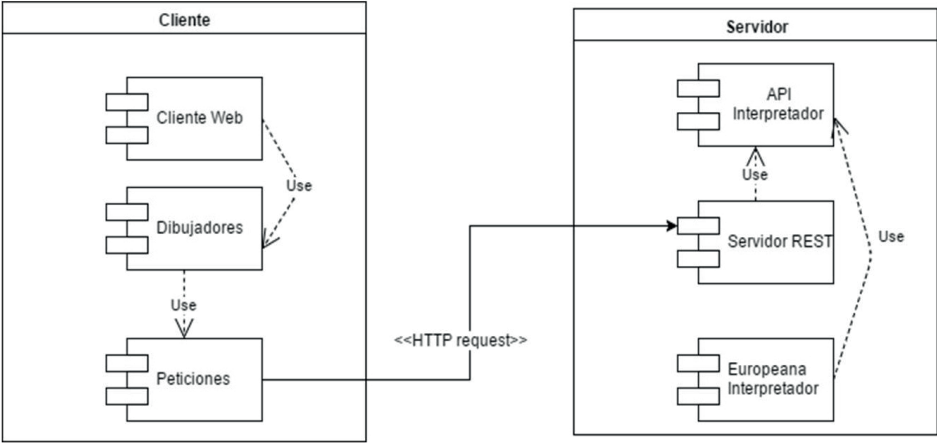
### Servidor REST

Interfaz de acceso tipo REST. Brinda la entrada a una serie de métodos mediante los cuales cualquier cliente puede acceder a los servicios básicos ofrecidos por el mismo.

### Europeana interpretador

Es un interpretador concreto que contiene todas las reglas de negocio necesarias para poder pasar por el API Interpretador. Ofrece un acceso programable a las reglas específicas del API de Europeana (ver figura 39).

Figura 39. Componentes interprete Europea



Diagramas de casos de uso

Diagrama caso de uso información proyecto

Figura 40. Diagrama caso de uso información proyecto

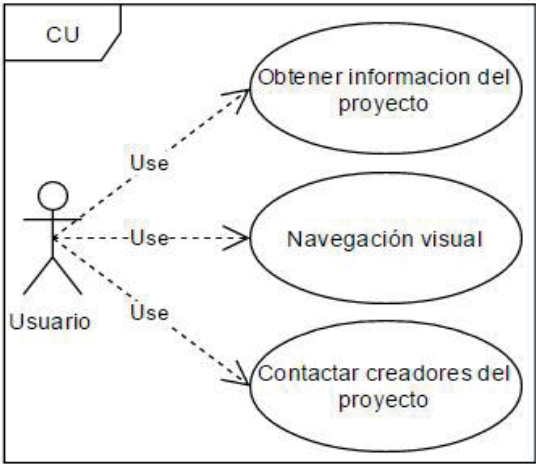


Diagrama caso de uso consulta recurso

Figura 41. Diagrama caso de uso consulta de recurso

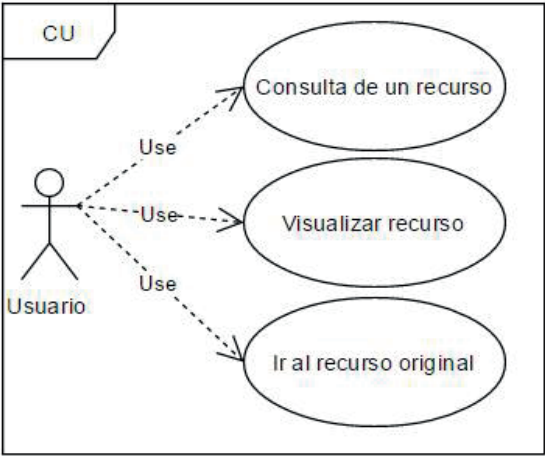


Diagrama caso de uso navegación visual

Figura 42. Diagrama caso de uso navegación visual

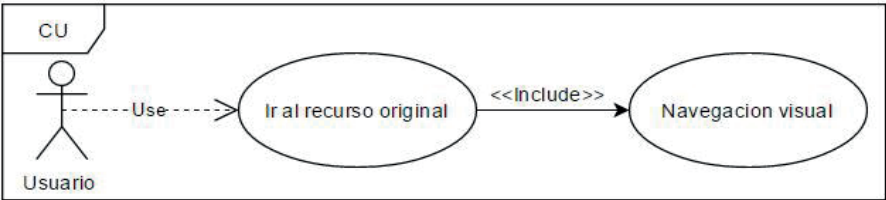
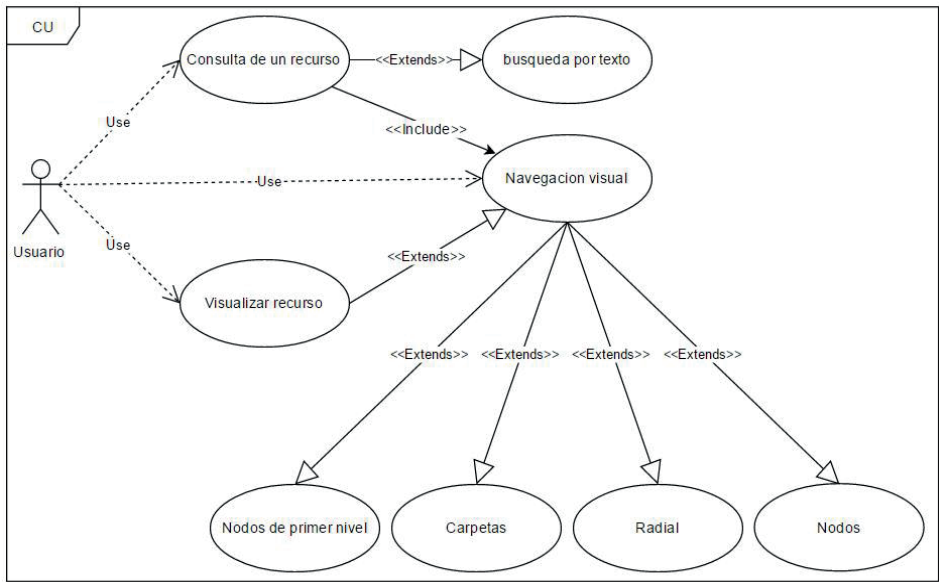


Diagrama caso de uso selección método navegación

Figura 43. Diagrama caso de uso selección método de navegación.



Diagramas de estados

Figura 44. Diagrama de estado validación query

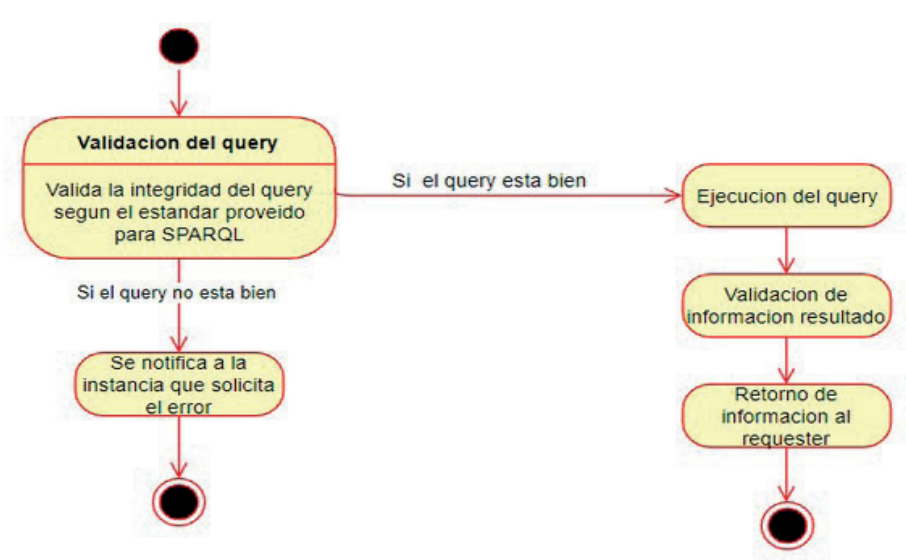
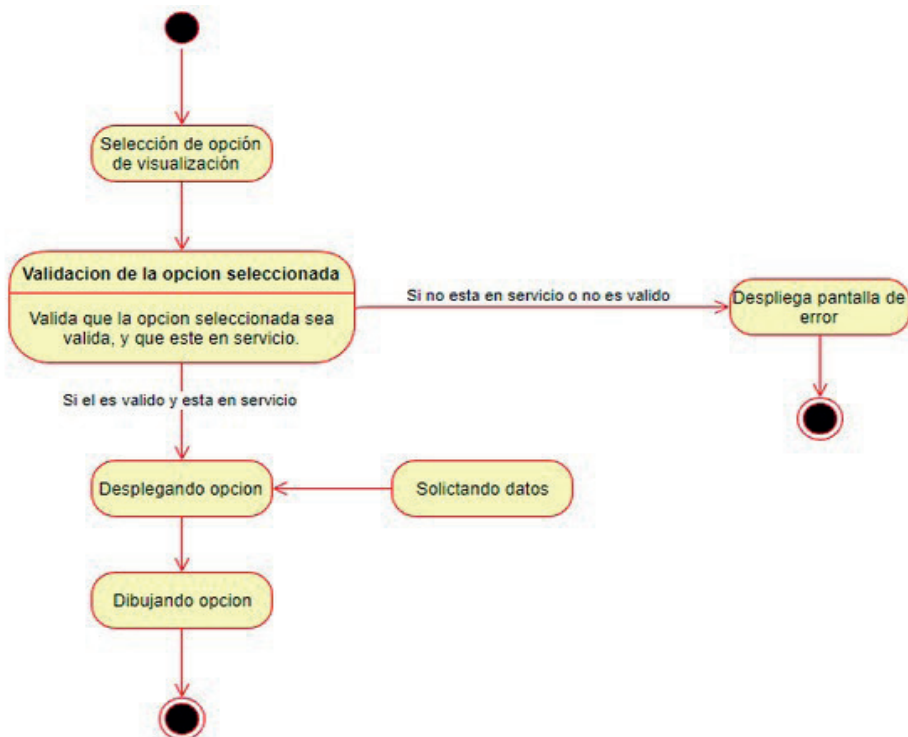


Figura 45. Diagrama de estado selección método navegación



## API REST Europeana

En esta sección se describirán los métodos más importantes que se usaron del API tipo REST de Europeana. Así mismo, se presentará la información y estructuras más relevantes que ofrece en general el API. En general el API REST de Europeana necesita de una API Key, una llave que permitirá al solicitante identificarse ante la biblioteca para poder acceder a la información. Esta llave se puede tramitar a través de la página web <http://labs.europeana.eu/api/registration>, donde se solicitarán unos datos correspondientes a la información de la persona y organización que requieren el acceso.

La llave obtenida lleva a la lista de métodos que dispone Europeana para consulta y se encuentran divididos en tres secciones:

1. “Methods” (Métodos). Core de métodos para el acceso a recursos mediante una interfaz programable.
2. “MyEuropeanaActions” (Mis acciones dentro Europeana). Información acerca de la cuenta asociada al token.
3. “Data Providers and Datasets” (Proveedores de información y sets de información). Información acerca de los proveedores de información y los datasets que ofrecen.

Es importante entender que el API de Europeana no pretende hacer algo diferente que ofrecer un punto de acceso para el desarrollo de aplicaciones sobre los conjuntos de información que ellos poseen y referencian. Por lo tanto, los objetos generalmente retornados, sobre todo en la sección “Methods”, retorna un objeto similar o casi igual al conjunto de metadatos definidos por el modelo de Europeana EDM (Europeana Data Model) (Doerr, 2011). Durante el desarrollo de la aplicación se definieron métodos enlistados dentro de “Methods” en donde se usaron las siguientes funciones:

## Record

- Entradas: ID del recurso del que se requiere información.
- Salida: objeto de tipo *Object* que representa el EDM.
- <http://labs.europeana.eu/api/record>

## Search

Entradas:

- *Query*: consulta estructurada bajo el formato validado por Europeana, <http://labs.europeana.eu/api/query>.
- *Profile*: nivel de enriquecimiento del formato de respuesta, <http://labs.europeana.eu/api/search#profile-parameter>.
- Salida: número de ítems que coinciden con la búsqueda.
- Cursor siguiente, <http://labs.europeana.eu/api/search#pagination>.
- Arreglo de ítems que corresponden al resultado del *query*.
- Miga de pan de los recursos obtenidos.

## Aspectos de uso del *framework*

### Introducción

SKOSud es un aplicativo que busca usar SKOS como modelo de organización para diferentes tipos de estructuras, se basa en la adaptación de un tesauro que junto a la búsqueda web busca facilitar el consumo de recursos del API de Europeana logrando brindar agilidad a la hora de consultar estos recursos en una forma atractiva e intuitiva para todo aquel que quiera hacer una búsqueda relacionada. La aplicación pretende ser referente para consultar de manera ágil y sencilla recursos digitales relacionados con el patrimonio cultural europeo; para ello se basa en esquemas de representación de conocimiento mediante estructuras de navegación visual, gracias a la utilización de infraestructuras simples de graficación.

### Requisitos mínimos

La infraestructura para el desarrollo y visualización del prototipo es la siguiente: navegador compatible con HTML5 en versión más recientes como Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari, etc.



## Acceso a la aplicación

Desde cualquier navegador web que tenga soporte sobre los requisitos mínimos de la aplicación, ingresar la siguiente URL en la barra de navegación: <http://giira.online-connection.co/skos/index.html>

## Página inicial

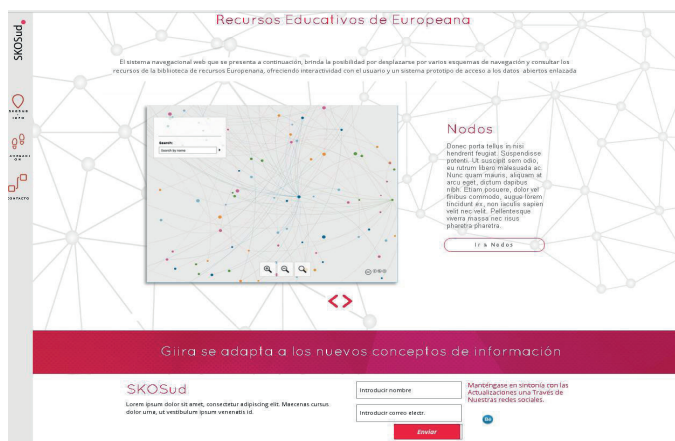
Esta dirección despliega una página web con la siguiente información del proyecto como se presenta en la figura 46.

**Figura 46.** Estructura de la aplicación



La página principal muestra una presentación con el título, menú e información básica sobre el proyecto. Como complemento en la figura 47 se presenta información adicional de las estrategias de navegación utilizadas, así como la información de contacto.

**Figura 47.** Página principal de la aplicación



Para tener más información se utiliza la barra de desplazamiento o la rueda central del mouse, encontrándose un resumen del consumo de recursos que muestra una explicación básica y ejemplo visual sobre cada elemento del proyecto.

## Menú

El menú lateral brinda la posibilidad de navegar a través de la página web y sus respectivas funcionalidades. El menú está dividido en tres partes: 1) Información; 2) Navegación; y 3) Contacto.

## Información

La mecánica de navegación para este menú consiste en colocar el puntero del mouse sobre la opción que se desea seleccionar —sin la necesidad de hacer clic—, esto desplegará un panel con el contenido referido a la opción tal como se presenta en la figura 48.

Figura 48. Página informativa de la aplicación.



En la primera parte del menú se aprecia la información de manera resumida sobre las características del proyecto, así como el propósito de las interfaces de búsqueda navegacionales utilizadas en el proyecto.

## Navegación

Al seleccionar esta opción la aplicación desplegará un submenú con las diferentes formas de visualización con las que esta cuenta para el consumo de recursos, en este se da la opción de elegir cualquiera de las alternativas haciendo clic sobre ella, tras hacerlo el usuario va a ser redireccionado a la sección de la aplicación donde se encuentra el método de visualización correspondiente de cada uno de ellos. Así mismo en cada una de las opciones del submenú se explica de forma breve cada modelo de visualización, estas se listan como se muestra en la figura 49.

**Figura 49.** Selección de interfaces.

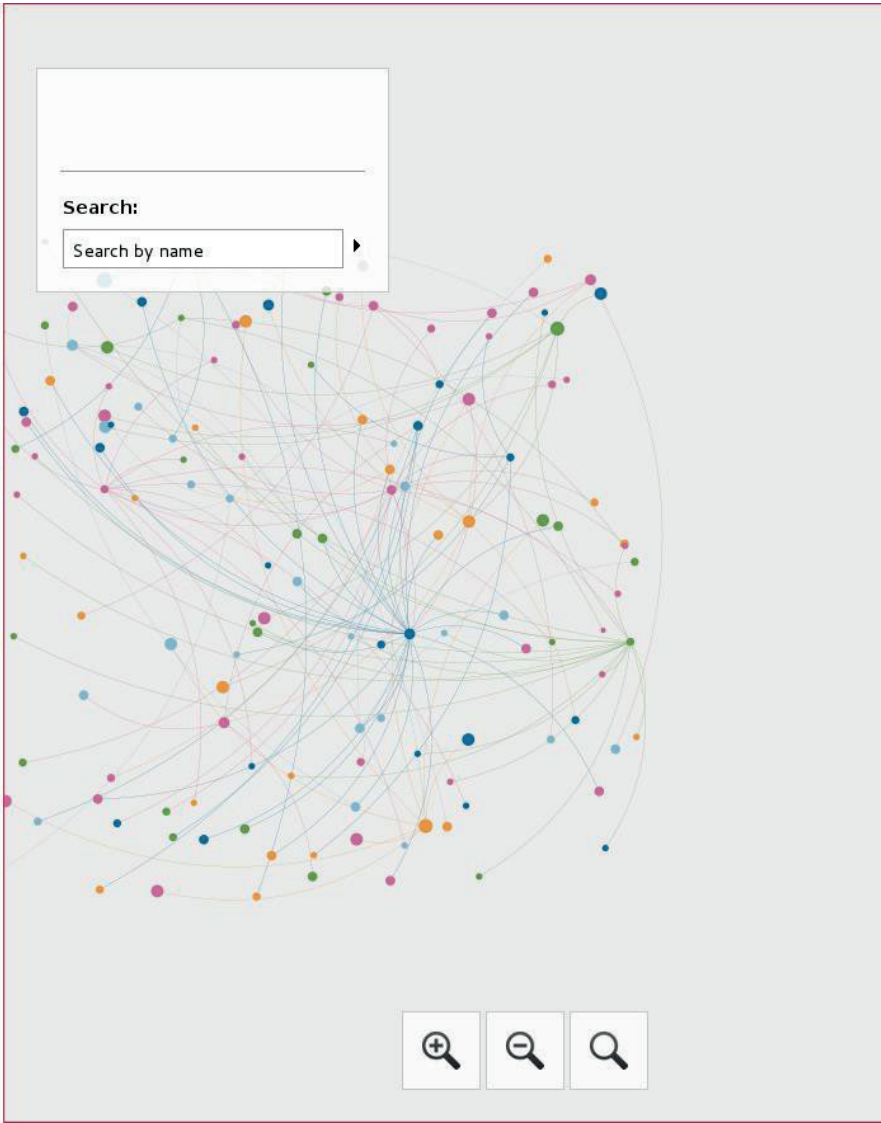

A continuación, se describen cada uno de los métodos seleccionados como estrategias de búsqueda navegacional.

### *Navegación por nodo*

Esta opción permite desplegar una interfaz donde se construyen nodos con base a los términos del esquema de representación de conocimiento. Esta forma de entrar y observar presenta todas las estructuras de navegación relacionadas entre sí haciendo a su vez parte en una red de información. Cada nodo es un segmento de información que siempre muestra los resultados más cercanos y simplificando cualquier búsqueda, dado que no solo se ve la información con la que está relacionada cada uno de los elementos que se elijan en la búsqueda. En las figuras 50 y 51 se presenta un ejemplo de esta selección.

**Figura 50.** Navegación por nodos.

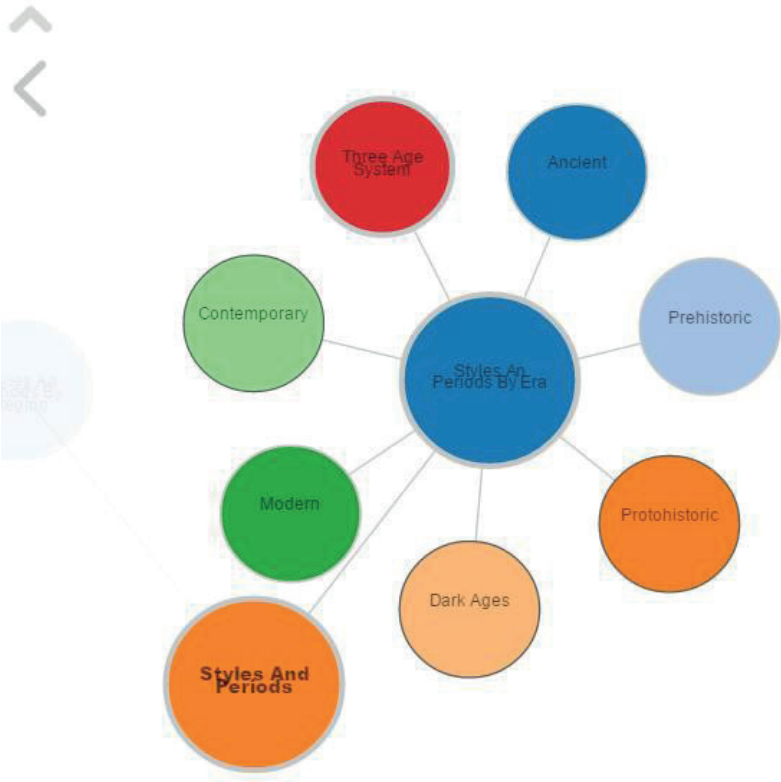

**Figura 51.** Interfaz de navegación por nodos



*Navegación por nodos primer nivel*

Con esta opción la aplicación desplegará una construcción de nodos a partir de niveles de manera jerarquizada, esto proporcionará una forma de asociación de conceptos de fácil comprensión y navegación, siempre mostrando los resultados relacionados a la búsqueda realizada con el nodo principal y sus nodos más cercanos. En la figura 52 se presenta un ejemplo de esta interfaz.

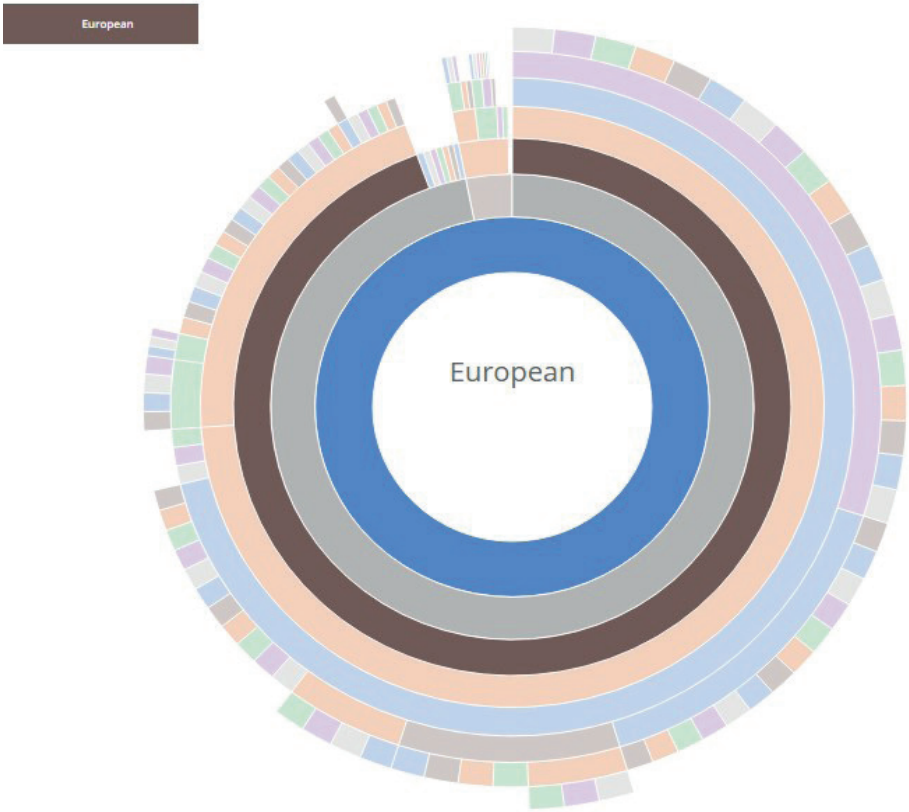
**Figura 52.** Interfaz navegación por nodos en primer nivel.



### *Navegación radial*

En este método de visualización se plasma toda la información gráficamente de tal forma que el usuario puede escoger y ver la categoría de conceptos relacionada al elemento de la búsqueda. En la figura 53 se puede apreciar un resumen de la ruta seleccionada, así no se pierden de vista los elementos relacionados.

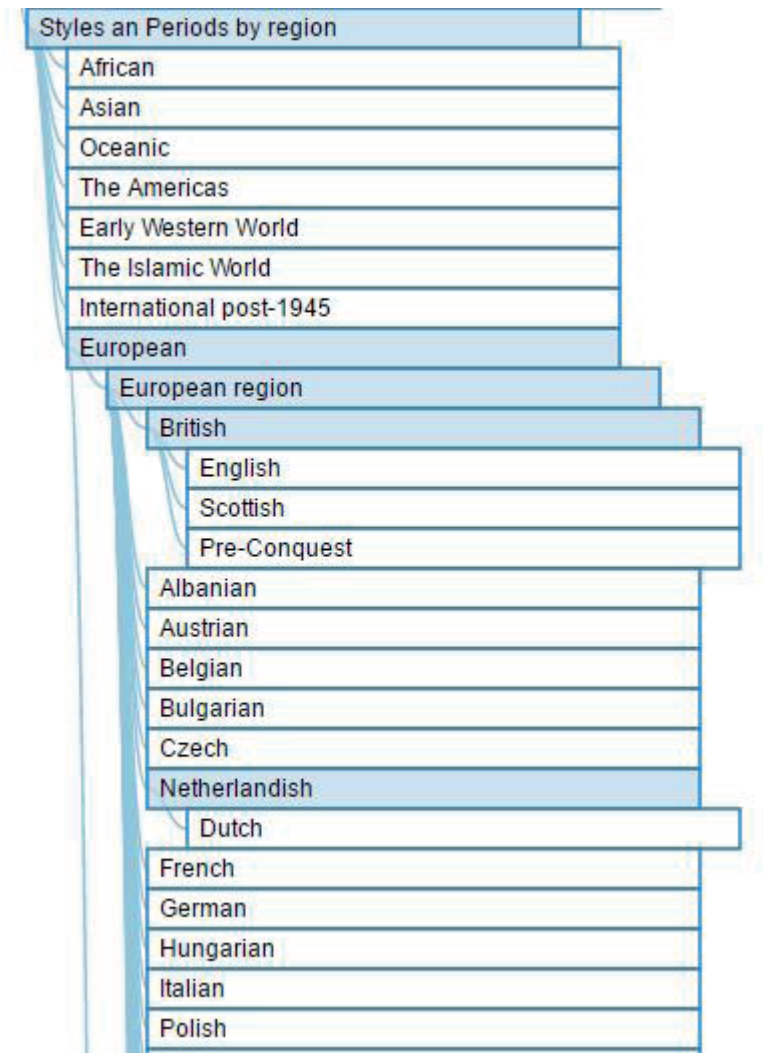
**Figura 53.** Interfaz radial



*Navegación por carpetas*

Esta estrategia de navegación es una manera de visualización más clásica para poder ver en forma de cascada la representación jerárquica de la información que se visualiza de tal modo que se puede seguir una ruta de los términos relacionados, pero a su vez, permite asociar gráficamente los términos asociados de la raíz de una jerarquía. La figura 54 presenta parte de este esquema navegacional.

**Figura 54.** Interfaz de carpetas





## Navegación por recursos digitales

En esta sección del aplicativo es donde se presentan los distintos métodos gráficos en los cuales se visualiza la información que se quiere consumir del API de Europeana. En la figura 55 se presenta de manera global un ejemplo de toda la solución.

**Figura 55.** Propuesta y áreas de trabajo para navegación, búsqueda y resultados obtenidos



La anterior figura se encuentra dividida en cuatro partes primordiales que son: a) el título del gráfico; b) la barra de búsqueda; c) el tipo de gráfica escogido; d) los resultados obtenidos de recursos digitales asociados al término seleccionado en esquema de navegación. Estos resultados de búsqueda se consumen directamente desde el API de Europeana.

En el siguiente capítulo se presenta la estrategia definida para probar la solución planteada, lo anterior a través de una prueba de usabilidad de la aplicación, determinando así su nivel de aceptación para identificar ventajas y desventajas que puedan ofrecer estos métodos de búsqueda de recursos digitales.



# Pruebas de usabilidad y análisis de resultados

---

Este capítulo presenta, a modo de caso de estudio, las pruebas de usabilidad realizadas sobre un conjunto de participantes a nivel de percepción, así como de interacción con cada una de las interfaces de navegación propuestas. Finalmente se lleva a cabo un análisis e interpretación de resultados de acuerdo a los test realizados.

## Estudio de usabilidad

Dada la naturaleza del proyecto y debido a las limitaciones para llevar a cabo pruebas de usabilidad, se determinó realizar una evaluación de aspectos objetivos y subjetivos de acuerdo con características definidas por Nielsen (1994a; 1994b; 2003). Por lo tanto, se crearon dos pruebas que analizarán dos criterios de evaluación orientados al análisis de actividades asociadas con la percepción visual y la interacción sobre un grupo de participantes que participaron sobre cada una de las interfaces diseñadas. Estos aspectos permitían tener opiniones subjetivas de los participantes y de efectividad al momento de realizar pruebas. Consecuentemente, para las pruebas de percepción visual se tuvo en cuenta estrategias de evaluación basadas en Technology Acceptance Model TAM (Fuhr et al., 2007; Jeong, 2011; Park, 2009; Thong, Hong & Tam, 2002). Finalmente, para las pruebas objetivas se llevó a cabo, a modo de caso de estudio, la localización de una serie de términos dentro del esquema de navegación para establecer el nivel de usabilidad de los esquemas de búsqueda navegacional.

## Selección de participantes

De acuerdo con los objetivos del análisis y con las recomendaciones definidas para este tipo de estudios de usabilidad (Nielsen, 1994a, 1994b), 42 participantes fueron seleccionados para llevar a cabo las pruebas, todos estudiantes de Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, entre 23 y 26 años de edad, buen nivel de inglés y hábiles en el manejo de aplicaciones web para la búsqueda de información. Dada la naturaleza del estudio, no era necesario que los participantes tuvieran un conocimiento específico asociado con el uso de estructuras taxonómicas, esquemas de representación de conocimiento, así como de estrategias de búsquedas avanzadas. En su lugar, se prestó especial atención a la preparación que

tenían acerca de métodos de búsqueda, que junto con la información mencionada anteriormente se recogieron en un cuestionario (ver anexo 1).

Dada la relevancia de las pruebas, se determinó llevar a cabo dos tipos de pruebas a saber: *a)* percepción de uso Europeana; *b)* interacción uso de interfaces de búsqueda navegacional.

## Test percepción uso Europeana

El término percepción visual se ha utilizado en la definición de la primera prueba de usabilidad para referirnos a la capacidad que tiene un usuario para interpretar información codificada y representada a partir de una imagen visual (Cleveland, Diaconis & McGill, 1982). La evaluación del impacto que se lleva a cabo a partir de este tipo de estudios permite a los diseñadores realizar procesos de optimización de sus visualizaciones de cara a mejorar el diseño de cada presentación visual (Mackinlay, 1991; Mackinlay, Hanrahan & Stolte, 2007).

Con el propósito que los usuarios se familiarizaran con los recursos digitales de la Biblioteca Digital Europeana, se realizó un proceso de inducción preliminar para que conocieran los tipos de información a buscar, así como sus características y bondades, lo que condujo a realizar una primera encuesta orientada a determinar la percepción de los usuarios acerca de su uso; para ello se construyeron una serie de preguntas tipo TAM con la finalidad de poder evaluar la experiencia de utilización del portal. Las guías de estas preguntas se definieron a partir de un cuestionario detallando el propósito de la prueba y del proyecto, tal como se presenta en la figura 56.

**Figura 56.** Introducción encuesta prueba de usabilidad: Búsqueda Europeana

**Prueba de Usabilidad: Búsqueda Europeana**

Este cuestionario se encuentra enmarcado dentro del grupo investigación GIIRA - Universidad Distrital. Específicamente tiene como objetivo recopilar datos (dictámenes) para la evaluación de interfaces de búsqueda visual a través de los aspectos de la usabilidad, utilidad y facilidad de uso.

Por favor, responda a las siguientes afirmaciones, empleando una tasa de medición del uno (1) a cinco (5), dirigidos de negativo a positivo.

Los conductores de esta investigación garantizan la custodia y el anonimato de los datos recogidos. Para cualquier consulta por favor, póngase en contacto con nosotros a través de correo electrónico a [giiraud@udistrital.edu.co](mailto:giiraud@udistrital.edu.co)

Gracias por su interés y su participación.

Link de la interfaces: <http://europeana.eu>

**SIGUIENTE**

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

La evaluación se dividió en tres fases: la primera, examina los resultados asociados a las búsquedas en Europeana, la siguiente analiza sus interfaces y por último se realizan preguntas sobre los aspectos generales de la biblioteca digital. En las figuras 57 y 58 se presentan partes de estas secciones.

**Figura 57.** Preguntas asociadas con resultados de búsqueda de un concepto

Sobre resultados de búsqueda

Link de la interfaces:  
<http://europeana.eu>

Consulta los siguientes términos y conteste las preguntas a continuación.

- Iron Age
- Prehistoric

¿Cree que Europeana retorna exactamente los recursos que quiere? \*

1

2

3

4

5

No estoy de acuerdo

☐
☐
☐
☐
☒

De acuerdo

**Figura 58.** Pregunta asociada con interfaz de búsqueda presentada por Europeana

Sobre las Interfaces de Búsqueda

¿Cree que la interfaz es de búsqueda en Europeana es intuitiva? \*

intuitiva se refiere que se entiende desde el primer momento en que entra en la pagina

1

2

3

4

5

No estoy de acuerdo

☐
☐
☐
☐
☒

De acuerdo

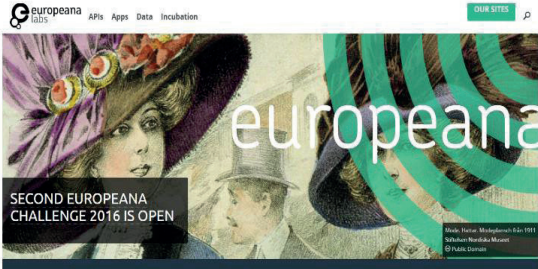
En la figura 59 se muestra un aparte de una serie de preguntas asociadas con formatos, características del recurso y la manera de desplegar los resultados de búsqueda de Europeana.

**Figura 59.** Aspectos generales de Europeana

### Aspectos Generales

Este apartado se evaluará la interfaz de búsqueda de Biblioteca digital Europeana, por favor responda cada una de las preguntas, suponiendo que usted es un estudiante que requiere realizar búsqueda para localizar recursos asociados con Arte y patrimonio cultural. Para realizar esta consulta, usted dispone de una biblioteca digital conocida como Europeana, por favor diríjase a la siguiente dirección: <http://europeana.eu> y realice búsqueda de recursos asociados con: modern art

#### Biblioteca digital Europeana



¿Cree que las fuentes en EUROPEANA son relevantes para sus trabajo? \*

Fuentes: se refiere al contenido que despliega Europeana de mi consulta

1

2

3

4

5

No estoy de acuerdo

☐

☐

☐

☐

☒

De acuerdo

Este tipo de prueba se definió con el propósito que los participantes pudieran conocer los recursos digitales de Europeana, así como familiarizarse con la estrategia de búsqueda tradicional de consulta de recursos digitales. A partir de este primer acercamiento, se definió una segunda prueba de percepción con la propuesta de solución a partir de esquemas de representación de conocimiento, tal como se presenta en la siguiente sección.

## Test de interacción interfaces propuesta de solución

Después de realizar el test de percepción, se llevó a cabo un caso de estudio para realizar el proceso de interacción con las interfaces. El caso de estudio consistía en que cada participante debía tomar el rol de un estudiante para identificar si la aplicación que se les presentaba facilitaba la ubicación de una serie de términos y adicional a ello, determinar si los resultados de búsqueda se encontraban directamente asociados con el término seleccionado. Por lo tanto, cada participante debía localizar un conjunto de términos ubicados en diferentes niveles de jerarquía dentro de una interfaz y

realizar una serie de actividades orientadas a localizar el término solicitado dentro de la estructura taxonómica, identificar el número de recursos digitales asociados a cada término solicitado y evaluar la interfaz de acuerdo a criterios de usabilidad asociados con *facilidad de uso*, *navegación* y *estética*. Para ejecutar esta actividad se definieron dos fases de interacción: de entrenamiento y de pruebas.

## Fase de entrenamiento

Aquí el participante seleccionaba una interfaz y el moderador solicitaba buscar una serie de términos asociados a la rama de conocimiento de “*styles and periods by era*”. Una vez localizado el término, se le pedía identificar el número de recursos digitales asociados. Concluida esta actividad, el moderador planteaba una serie de preguntas coligadas con el número de recursos digitales obtenidos para determinar si el participante era capaz de reconocer la información que la interfaz estaba desplegando.

Para evitar el sesgo que pudiera ocasionar la complejidad taxonómica, se consideró que cada término a consultar estuviera en niveles básicos de profundidad (niveles 2, 3 y 4), con el propósito de ubicarlos en áreas claramente visibles dentro de la estructura de navegación. Al final de la prueba el moderador llevó a cabo una sesión de evaluación de los ejercicios realizados, mencionando los errores asociados a las respuestas dadas por cada participante y haciendo énfasis en los efectos de la ubicación de términos de acuerdo con el número de resultados obtenidos. En la figura 60 se presenta parte del instrumento utilizado para registrar los resultados de la prueba.

**Figura 60.** Instrumento utilizado para registrar resultados prueba interacción interfaces

**Evaluación de las interfaces de búsqueda visuales SKOS UD**

Este cuestionario en línea sirve de investigación para el grupo GIIRA - Universidad Distrital. Específicamente tiene como objetivo recopilar datos (dictámenes) para la evaluación de interfaces de búsqueda visual a través de los aspectos de la usabilidad, utilidad y facilidad de uso.

Por favor, responda a las siguientes afirmaciones, empleando una tasa de medición del uno (1) a cinco (5), dirigidos de negativo a positivo.

Los conductores de esta investigación garantizan la custodia y el anonimato de los datos recogidos. Para cualquier consulta por favor, póngase en contacto con nosotros a través de correo electrónico a [giiraud@udistrital.edu.co](mailto:giiraud@udistrital.edu.co)

Muchas gracias por su interés y su participación.

**Aspectos importantes del test de usabilidad**

Por favor seleccione una interfaz de navegación para realizar la búsqueda de recursos digitales asociados con temas de Geología histórica

Link de la interfaces:  
<http://giira.onlineconnection.co/skos/index.html>

**SIGUIENTE** Página 1 de 7

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Dentro de este instrumento se definió una serie de 23 preguntas asociadas con el uso de la aplicación y las diferentes interfaces gráficas que esta tiene. De manera general, son preguntas de selección múltiple única respuesta, que miden en una escala Likert de 1 a 5 aspectos generales sobre la herramienta y evalúan criterios de usabilidad de las diversas interfaces tales como utilidad, la estética, etc. En la figura 61 se puede observar la sugerencia que se la hace al usuario con relación a una secuencia de pasos para interactuar con la aplicación y así este pueda realizar sus apreciaciones.

**Figura 61.** Sección aspectos generales de la aplicación



En las figuras 62 y 63 se presentan ejemplos de preguntas que el participante debía realizar en las secciones 3 y 4 de la encuesta.

Figura 62. Pregunta - Aspectos generales - Sección 3

Evaluación de las interfaces de búsqueda visuales SKOS UD

\*Obligatorio

Aspectos generales

¿Cree que la herramienta ofrece todos los niveles de información (por ejemplo, resúmenes, descripciones, etc.) que necesito para la búsqueda de información? \*

12345

No estoy de acuerdoDe acuerdo

☐☐☐☐☐

¿Cree que es fácil de ver, el número de recursos digitales en la herramienta? \*

Se refiere al número de recursos digitales de cada concepto

12345

No estoy de acuerdoDe acuerdo

☐☐☐☐☐

Figura 63. Pregunta - Acerca de la usabilidad - Sección 4

Evaluación de las interfaces de búsqueda visuales SKOS UD

\*Obligatorio

Acerca de la usabilidad

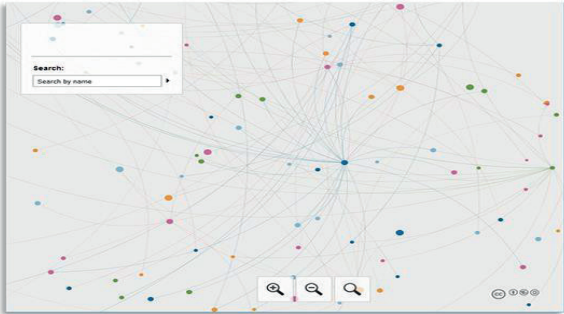
Por favor marque uno (1) a cinco (5) los aspectos relacionados con los atributos de usabilidad.

Usabilidad se refiere a si es sencillo de usar fácil de entender y rápida de usar

Nodos \*

Search:

Search by name



12345

DifícilFácil

☐☐☐☒☐

93 | E2



## Fase de prueba

Una vez concluida la fase de entrenamiento se llevó a cabo una segunda prueba donde el moderador asignaba una interfaz diferente a la seleccionada por el participante durante esta etapa. Se pidió a los colaboradores realizar el proceso de búsqueda de otro conjunto de términos asociados a la rama de conocimiento “*styles and periods by region*” y realizar la misma actividad de la fase de entrenamiento, pero para esta ocasión, cada término solicitado se encontraba ubicado en diferentes niveles de profundidad y de clasificación. La dificultad respecto al ciclo anterior se determinó en la estructura taxonómica, entre 4 y 6 niveles de profundidad de la jerarquía.

Por otro lado, se realizó un preanálisis de los datos recogidos para preparar un grupo de discusión donde se incluyó la participación de los 42 participantes que interactuaron con las interfaces, el propósito de este era llevar a cabo una retroalimentación para profundizar más en los resultados haciendo preguntas asociadas con el motivo por el cual realizaron algunas acciones dentro de la interacción, las sugerencias que ellos indicaban para mejorar el proceso de exploración de recursos digitales y finalmente problemas dentro del proceso de exploración de las interfaces.

Para complementar, en la etapa final de esta prueba se plantearon una serie de preguntas sobre la impresión subjetiva y la experiencia adquirida por los usuarios, las cuales fueron diseñadas para evaluar tres aspectos de usabilidad: *estética, navegabilidad y facilidad de uso*.

## Resultados test de percepción

Se recopilaron los resultados de un total de 22 encuestados que realizaron la prueba de Evaluación de Interfaces de búsqueda visuales SKOS. Para el análisis de la información se partió de un examen estadístico a través de medidas de tendencia central y de dispersión como lo son la media y la desviación estándar, para determinar el promedio de los valores y el grado de incertidumbre entre ellos.

Este análisis se ejecutó primero sobre el conjunto de preguntas que evaluaron los aspectos generales de la aplicación y posteriormente sobre aquellas que valoraron las características específicas de la misma. Los resultados se encuentran en la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 3.** Análisis estadístico Encuesta 1, preguntas 1 - 11

Pregunta 1: ¿Cree que la herramienta ofrece todos los niveles de información (por ejemplo: resúmenes, descripciones, etc.) que se necesita para la búsqueda de información?	
Media	3,68
De	0,839
Pregunta 2: ¿Cree que es fácil de ver el número de recursos digitales en la herramienta?	
Media	3,73
De	0,935



Pregunta 3: ¿Cree que las fuentes en la herramienta son fiables para apoyar	
Media	3,91
De	1,065
Pregunta 4: ¿Cree que las fuentes de los diferentes formatos en la herramienta son adecuadas para sus trabajos?	
Media	3,96
De	0,941
Pregunta 5: ¿En general, le parece la herramienta un sistema útil para sus trabajos?	
Media	3,91
De	0,921
Pregunta 6: ¿Cree que la herramienta tiene un aspecto estético agradable?	
Media	4,23
De	0,813
Pregunta 7: ¿Cree que la herramienta ofrece métodos fáciles para navegar en la información?	
Media	3,86
De	0,941
Pregunta 8: ¿Cree que la herramienta utiliza terminología comprensible?	
Media	4,05
De	0,653
Pregunta 9: ¿Cree que la herramienta es un sistema bueno para el aprendizaje?	
Media	4,32
De	0,78
Pregunta 10: ¿Cree que en general, la herramienta responde muy rápidamente las búsquedas?	
Media	4,05
De	0,899
Pregunta 11: ¿En general, le parece útil la herramienta para la realización de cualquier tarea investigativa?	
Media	4,18
De	0,958

A partir de este análisis preliminar de la propuesta de manera general, se llevó a cabo una evaluación subjetiva de cada una de las interfaces de búsqueda de navegación seleccionada para analizar atributos de usabilidad asociados con: *facilidad de uso, utilidad y estética*, como se había anotado anteriormente.

Para la segunda parte de esta prueba, se realizó un análisis estadístico que se basó en la media y la desviación estándar como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Análisis estadístico Encuesta 2, preguntas 1-18.

Pregunta 1: ¿Cree que las fuentes en Europeana son relevantes para sus trabajos?	
Media	3,3
De	1,218
Pregunta 2: ¿Cree que los formatos de fuentes en Europeana son convenientes para sus tareas?	
Media	3,8
De	0,894
Pregunta 3: ¿Cree que Europeana ofrece todos los niveles de información (por ejemplo: resúmenes, descripciones, lenguaje, etc.) que necesita para la tarea de búsqueda?	
Media	3,65
De	0,875
Pregunta 4: ¿Cree que la cobertura de las fuentes de información en Europeana son satisfactorias?	
Media	3,65
De	1,089
Pregunta 5: ¿En general le parece Europeana un sistema útil para sus trabajos?	
Media	3,4
De	1,095
Pregunta 6: ¿Cree que Europeana es un sistema fácil de usar?	
Media	3,7
De	1,031
Pregunta 7: ¿Cree que Europeana tiene una apariencia estética agradable?	
Media	3,8
De	0,894

Pregunta 8: ¿Cree que Europeana utiliza una terminología comprensible?	
Media	3,9
De	0,852
Pregunta 9: ¿Cree que Europeana retorna exactamente los recursos que quiere?	
Media	3,25
De	0,716
Pregunta 10: ¿Encuentro las posibilidades de consulta útiles?	
Media	3,5
De	0,827
Pregunta 11: ¿Cree que Europeana responde muy rápido en las búsquedas?	
Media	4,1
De	0,852
Pregunta 12: ¿En general, le parece Europeana un sistema de buen rendimiento para las tareas de mi trabajo?	
Media	2,9
De	1,07
Pregunta 13: ¿Cree que la interfaz de búsqueda en Europeana es intuitiva?	
Media	4
De	0,858
Pregunta 14: ¿Cree que la interfaz es de búsqueda en Europeana es atractiva?	
Media	4
De	1,026
Pregunta 15: ¿Cree que la interfaz es de búsqueda en Europeana es fácil de usar?	
Media	4,05
De	0,686
Pregunta 16: ¿Cree que mediante mecanismos de búsquedas visuales podría tener una mejor experiencia realizando procesos de búsqueda de recursos?	
Media	3,9
De	1,334

Pregunta 17: ¿Cree que mediante estrategias de búsquedas por “Temas”, facilitaría la búsqueda de recursos digitales?	
Media	4,4
De	0,681
Pregunta 18: ¿Cree que mediante el despliegue de recursos relevantes, facilitaría el acceso a recursos de mayor interés?	
Media	4,3
De	0,657

### Análisis de resultados percepción

Con base en los resultados presentados anteriormente se procede a realizar el análisis de los valores obtenidos en la evaluación de los aspectos generales tanto de la experiencia de los usuarios con Europeana como con la aplicación diseñada y de cada una de las interfaces propuestas.

Iniciando con la Biblioteca Digital Europeana en cuanto a sus fuentes y a los formatos en los que se les presenta, no se obtienen calificaciones favorables en su utilidad y conveniencia para el usuario. Tampoco fue bien valorada la forma en que se presenta la información en la librería digital, opinión generalizada en el grupo de encuestados, ya que su desviación estándar fue menor a 1.

En los aspectos principales analizados en la primera parte de la encuesta, la terminología y la estética fueron las dos características con puntuaciones más altas y desviación estándar pequeña; aclarando que, aunque estos dos aspectos fueron los mejores en este grupo de preguntas, su valoración fue menor a 4, lo que indica que una parte de la población de participantes no encuentra útil los mecanismos de búsqueda de la aplicación que ofrece Europeana para su consumo y manejo.

Las búsquedas no fueron bien valoradas por los usuarios, tampoco el retorno de recursos de las consultas, ni la utilidad de esos resultados. El único punto a favor fue el tiempo de despliegue de información al ingresar términos o parámetros de búsqueda. La última sección evalúa las interfaces de la propuesta planteada para consumo de recursos desde Europeana, las cuales fueron consideradas como atractivas e intuitivas, pero al ofrecerle al usuario la posibilidad de mejorarlas mediante mecanismos de búsquedas visuales, búsquedas por temas o por recursos relevantes, la reacción de los encuestados fue bastante positiva y con un valor mayor que en las calificaciones de las características actuales de las interfaces.

Seguidamente se procederá con el análisis de la aplicación propuesta y diseñada. Primero, en lo que se refiere a la generalidad de la misma, se encuentran balances positivos en cuanto a su estética, siendo este un atributo altamente valorado para la mayoría de participantes, por lo que presenta una calificación positiva y una dispersión baja. Por su parte, el tiempo de respuesta en las consultas es otra característica reconocida como eficiente en la encuesta y con poca desviación. En referencia a la utilidad, una parte de la población la define como productiva para la investigación y

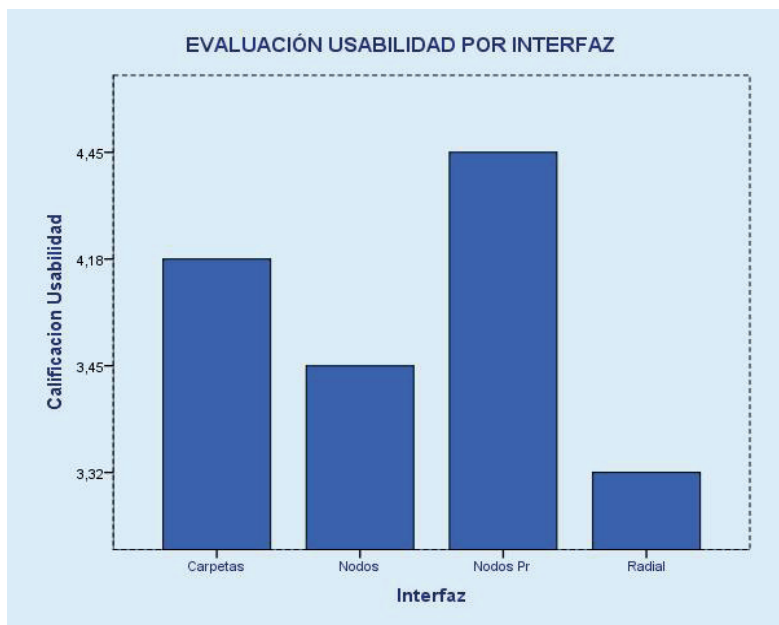
para el aprendizaje, pero no es tan recomendada por su utilidad para los encuestados en su vida laboral o en la realización de sus tareas académicas.

La facilidad de acceso presenta inconvenientes en la navegación y visualización de grandes cantidades de datos y el despliegue de múltiples recursos digitales, pero la diversidad de formatos de los mismos y la terminología son aspectos a favor que complementan la experiencia del usuario, no obstante, es preciso destacar que se requieren más niveles de información para realizar mejores búsquedas, así mismo se rescata que la aplicación brinda seguridad y confianza en los encuestados sobre las fuentes de sus consultas. Finalmente, de los resultados de percepción de las interfaces de búsqueda navegacional se analizaron tres aspectos: usabilidad, utilidad y la estética.

### *Resultados usabilidad*

Según Montero (2002) la usabilidad es la disciplina que estudia la forma de diseñar sitios web para hacer la experiencia del usuario cómoda y fácil. Examina el nivel de esfuerzo para encontrar elementos y acceder a ellos, evaluando cuán difícil es la recuperación de información, estudiando componentes como buscadores, filtros, entre otros. Dentro de la accesibilidad está el analizar limitaciones por tipos de dispositivos o características de plataforma, ya que estos no deben ser un impedimento para que cualquier persona pueda recibir la información. En la figura 64 se presenta un ejemplo de los resultados de usabilidad por interfaz utilizada.

**Figura 64.** Evaluación Usabilidad por interfaz

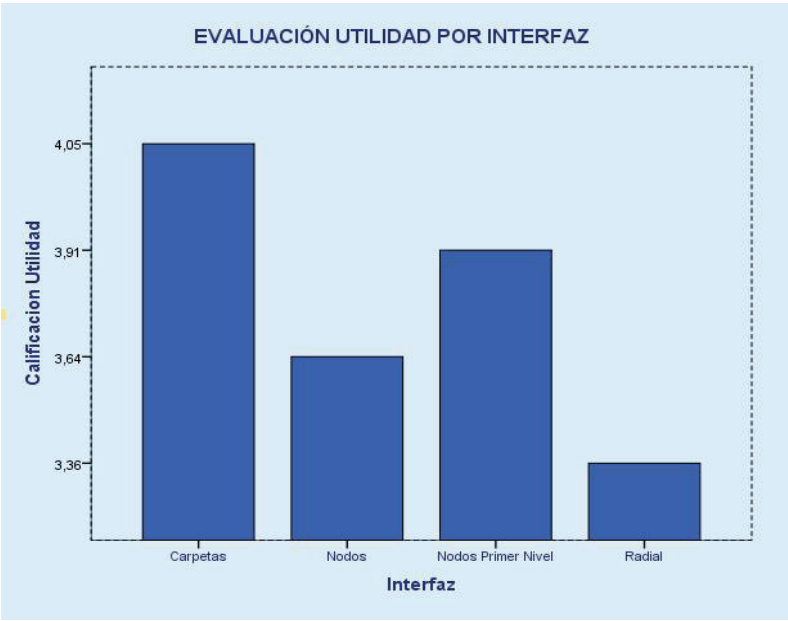


La valoración del primer aspecto se muestra en la anterior figura, según la cual, la interfaz mayor calificada en el aspecto de usabilidad fue la de nodos de primer nivel, que presentó una desviación estándar menor a 1, indicando que el grado de variabilidad de los datos, es decir, la preferencia de los usuarios, estuvo cercana al valor de la media. La interfaz menos preferida en cuanto a usabilidad fue la radial y su dispersión fue mayor, por lo que las opiniones de los usuarios estuvieron divididas. Aunque todas las interfaces se basan en la exploración de estas para buscar elementos, puede ser más complejo el manejo de una interfaz radial que el de una basada en nodos, ya que la manipulación de esta última es más sencilla y amigable.

*Resultados utilidad*

Como se puede apreciar en la figura 65 en relación a la utilidad, es decir al grado de aprovechamiento y beneficios que proporciona el uso de la aplicación (Montero, 2002), la interfaz de carpetas es la favorita, mientras que las demás no fueron tan bien calificadas y la dispersión en general fue alta. Este comportamiento se debe considerar, ya que entre más útil resulte para el usuario el uso de una herramienta, mayor será la frecuencia de su utilización y esta obtendrá más beneficios.

**Figura 65.** Evaluación Utilidad por interfaz

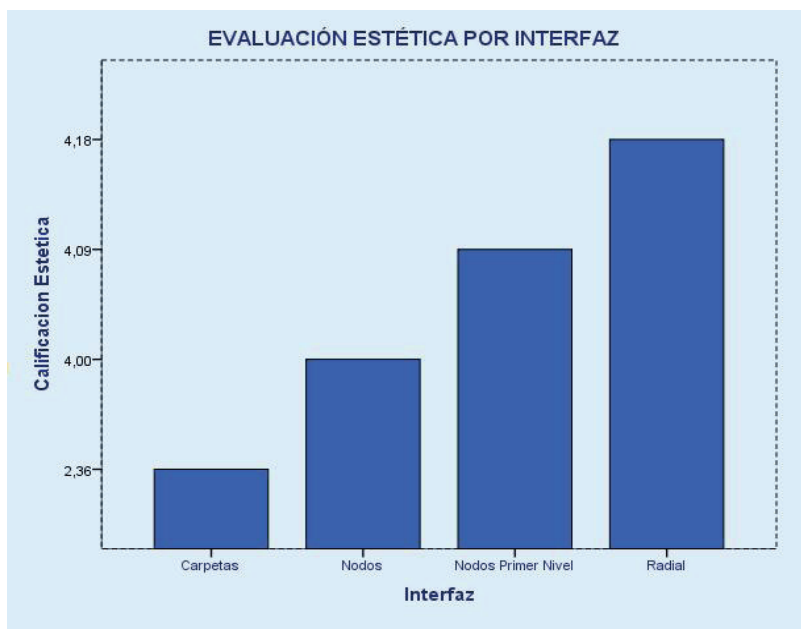


*Resultados de estética*

El último aspecto evaluado fue la estética y se presenta en la figura 66, la interfaz con mayor calificación ante este elemento fue la radial, los nodos y los nodos en primer nivel también fueron valorados positivamente. No obstante, la interfaz carpetas no

tuvo buena valoración. La dispersión en esta evaluación fue variada, por lo que la diferencia de opiniones fue alta, aunque la media fue cercana entre las tres primeras interfaces.

**Figura 66.** Evaluación Estética por interfaz



Estas tres características definen la experiencia del usuario en la aplicación, además de su análisis individual se realizó un análisis en parejas con el fin de determinar si existe relación entre ellas, aplicando las técnicas de correlación estadística y regresión lineal.

## Resultados test de interacción

Para estas pruebas el procedimiento se realizó para tres atributos de las interfaces: utilidad, usabilidad y estética, en cada una de las interfaces (nodos, nodos primer nivel, radial y carpetas). Esto retorna un total de doce métodos de correlación estadística para determinar si alguno de los atributos tiene una estrecha relación respecto de la otra. Por lo tanto, se llevó a cabo una serie de análisis por cada una de las interfaces. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

### Análisis de correlación usabilidad vs utilidad

Se realizó un análisis de correlación entre usabilidad vs. utilidad, para cada una de las interfaces tal como se presentan en las figuras 67 a la 70.

Figura 67. Correlación Usabilidad - Utilidad interfaz de nodos

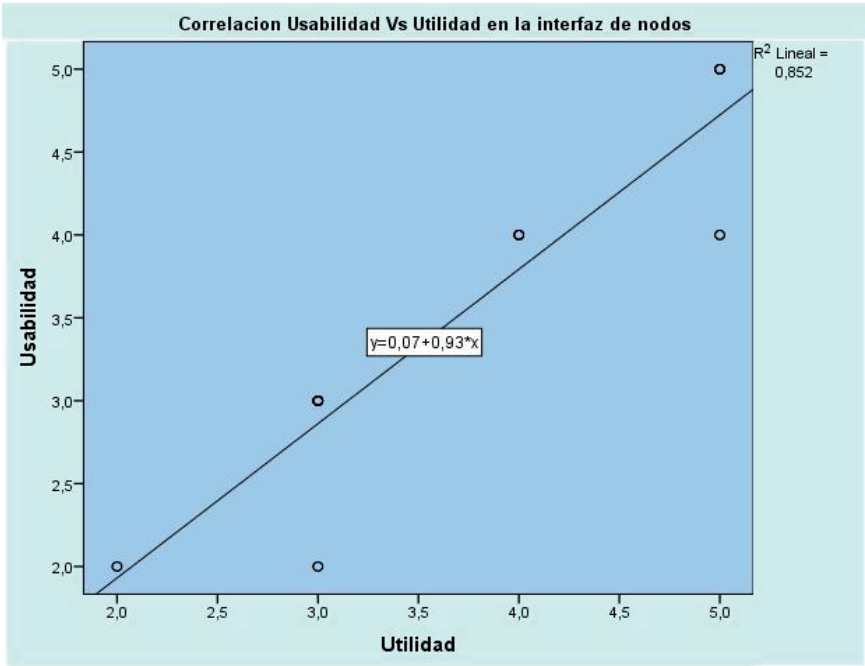


Figura 68. Correlación Usabilidad - Utilidad interfaz de nodos primer nivel

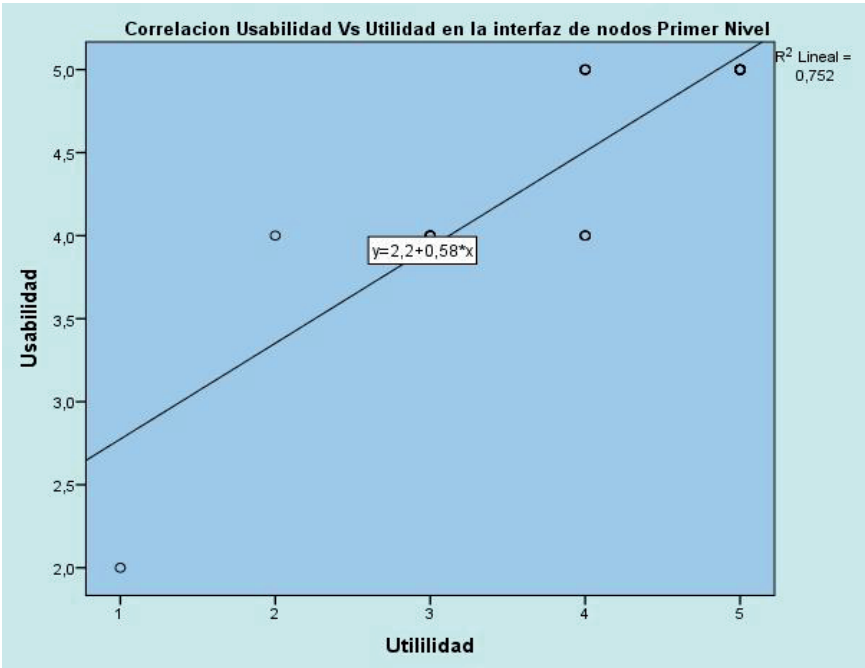




Figura 69. Correlación Usabilidad - Utilidad interfaz radial

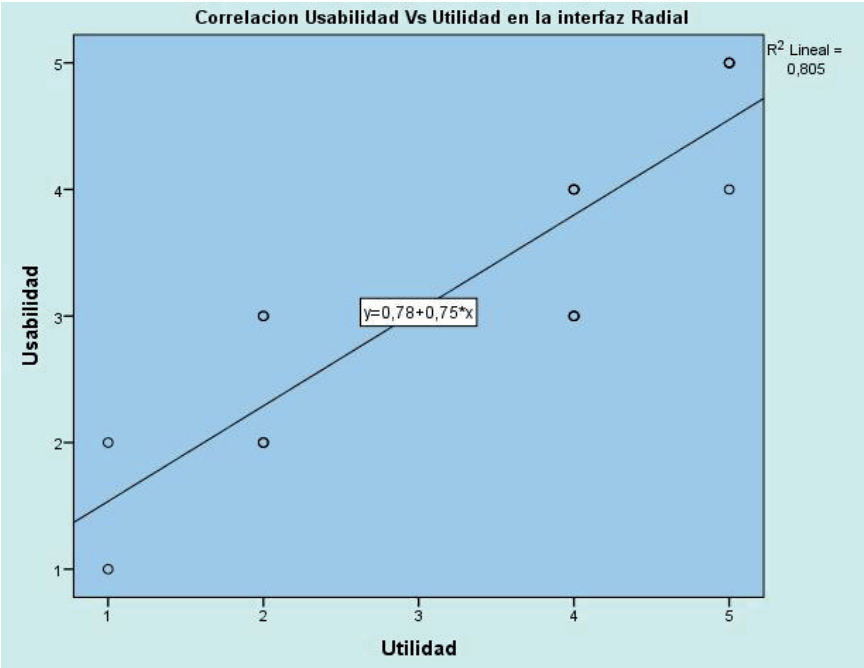
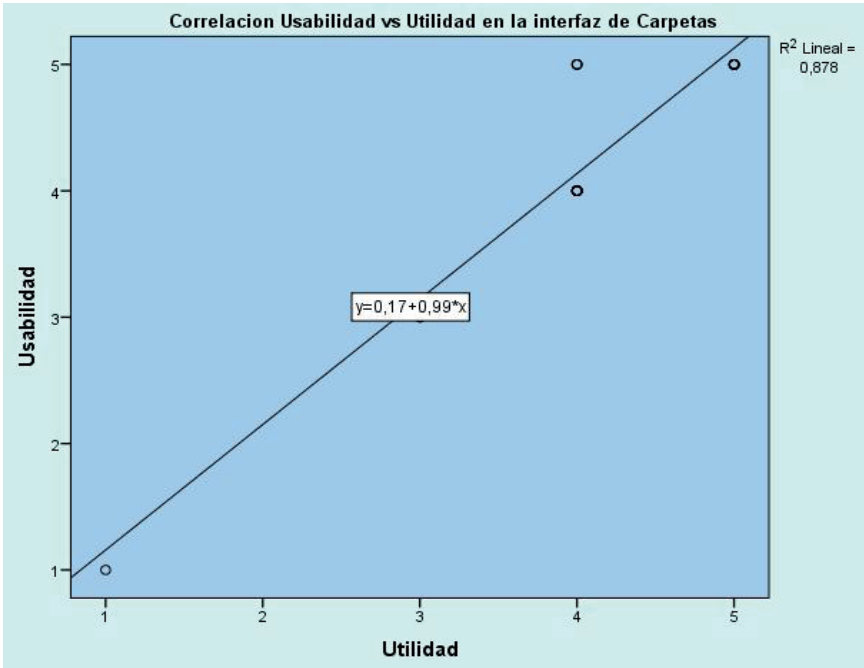


Figura 70. Correlación Usabilidad - Utilidad interfaz de carpetas



Los coeficientes de correlación lineal de las variables de usabilidad y utilidad en las cuatro interfaces y la inclinación o valor de la pendiente de los gráficos de dispersión, demuestran que en todos los casos se presenta una correlación positiva directa con tendencia fuerte. Aunque la correlación no analiza causalidad en las variables, si permite afirmar que la relación entre la utilidad y la usabilidad es fuerte, es decir que, a mejor valoración de un atributo, la otra también será consecuentemente mejor valorada.

### Análisis correlación interfaces utilidad vs. estética

Entre las figuras 71 y 74 se presenta un análisis para determinar si el atributo utilidad es un factor que influye sobre la estética en cada de una de las interfaces de búsqueda navegacional seleccionada por los participantes.

**Figura 71.** Correlación Utilidad - Estética interfaz de nodos

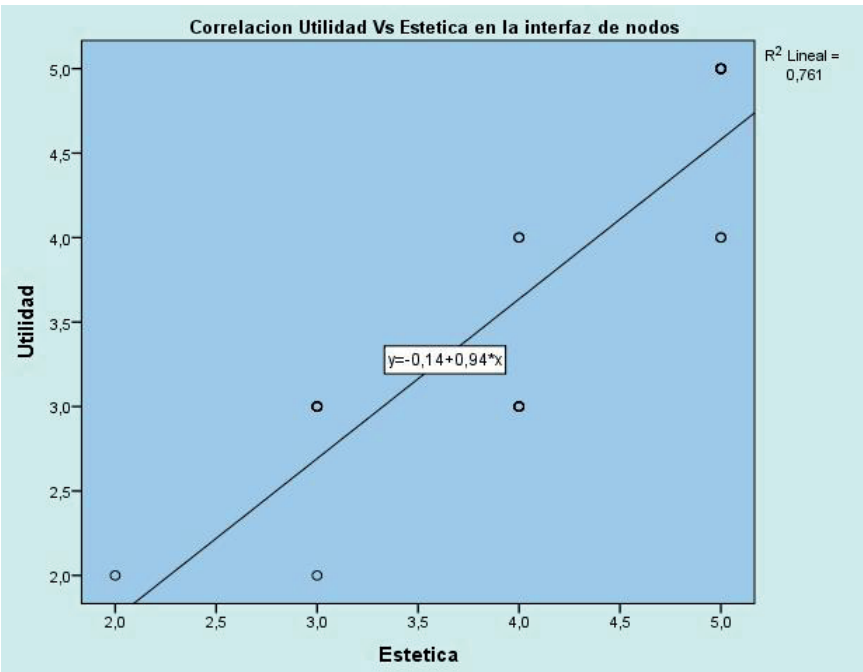


Figura 72. Correlación Utilidad - Estética interfaz de nodos primer nivel

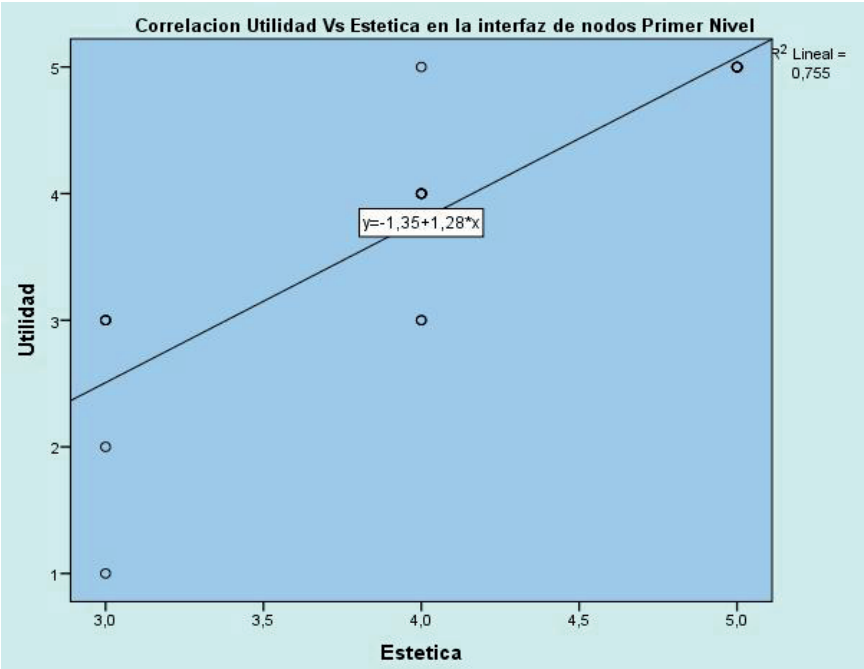
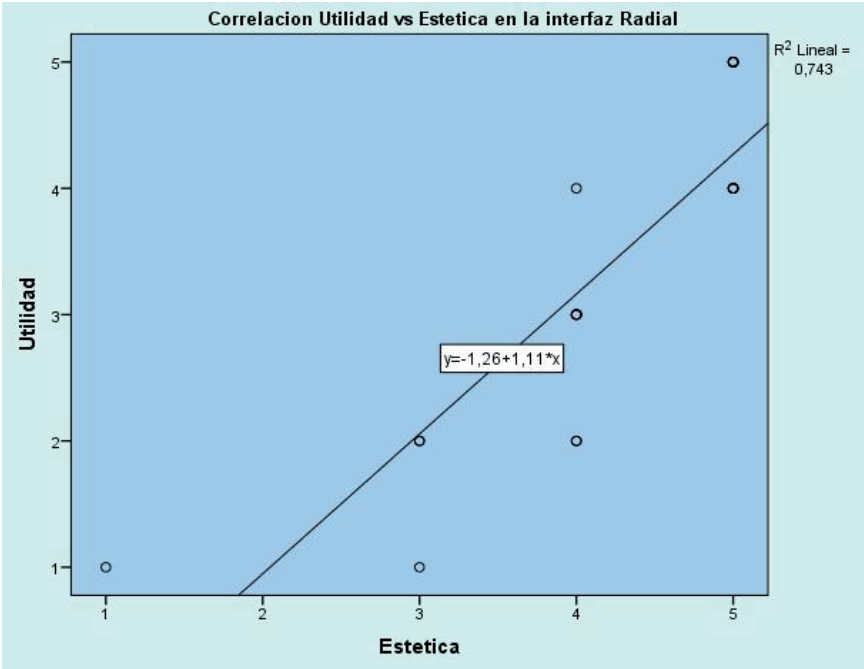
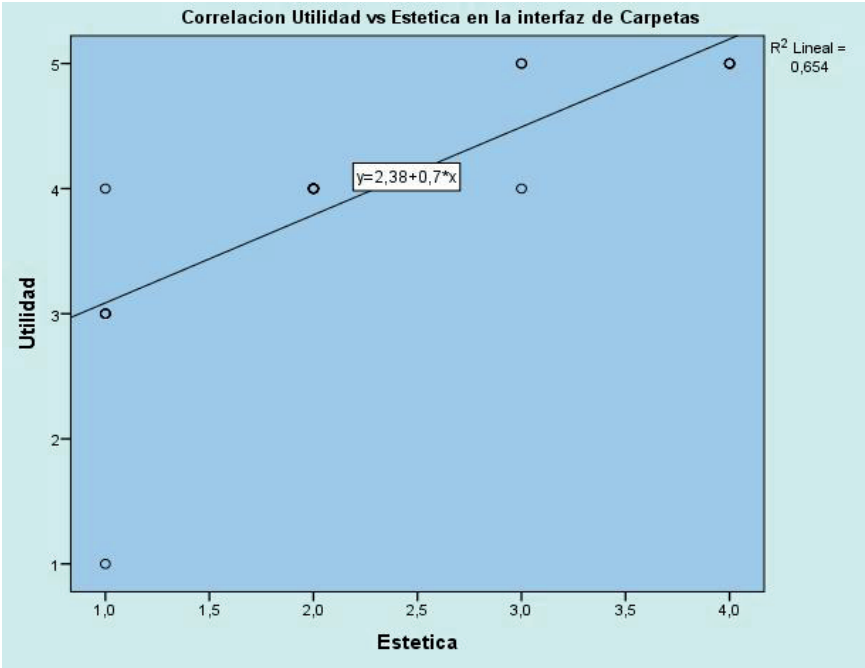


Figura 73. Correlación Utilidad - Estética interfaz de radial



**Figura 74.** Correlación Utilidad - Estética interfaz de carpetas

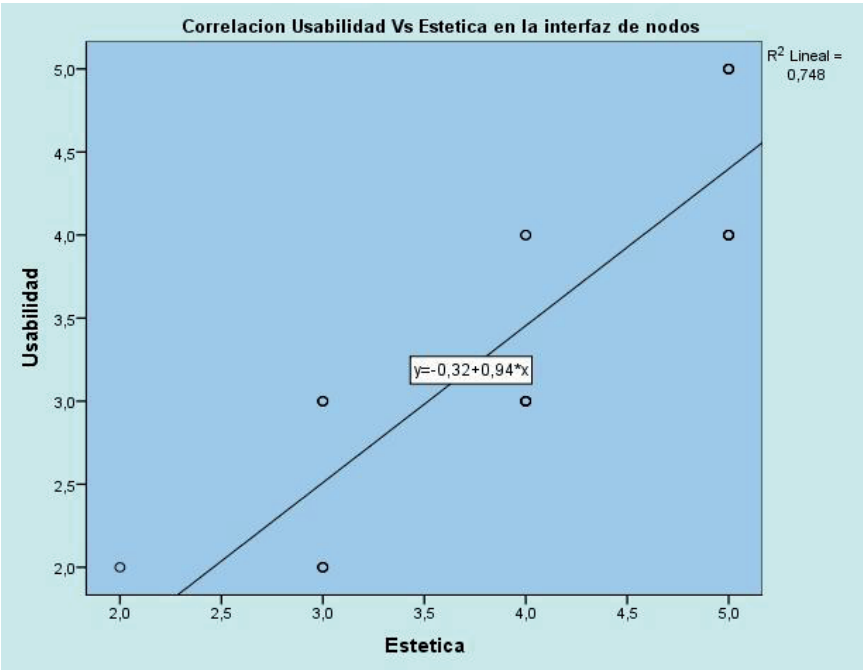


En concordancia a las variables de utilidad y estética, los resultados en la aplicación de la correlación demuestran que existe también una reciprocidad positiva directa, pero menor que la presentada en el caso anterior de usabilidad y utilidad, lo que implica que aunque el crecimiento de una variable genera crecimiento en la otra, no existe una relación directa, es decir, que no afecta directamente sobre la valoración de los demás atributos.

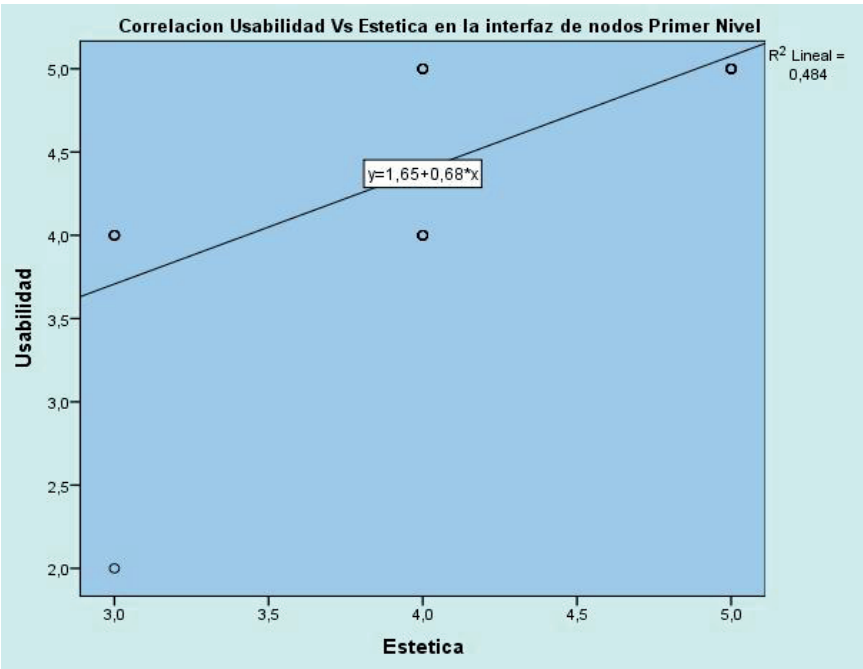
**Análisis correlación interfaces usabilidad vs. estética**

Finalmente se llevó a cabo un análisis para determinar si la usabilidad es un aspecto que afecta la valoración de atributos como estética en todas las interfaces. En las figuras 75 a la 78 se presentan los resultados de este estudio.

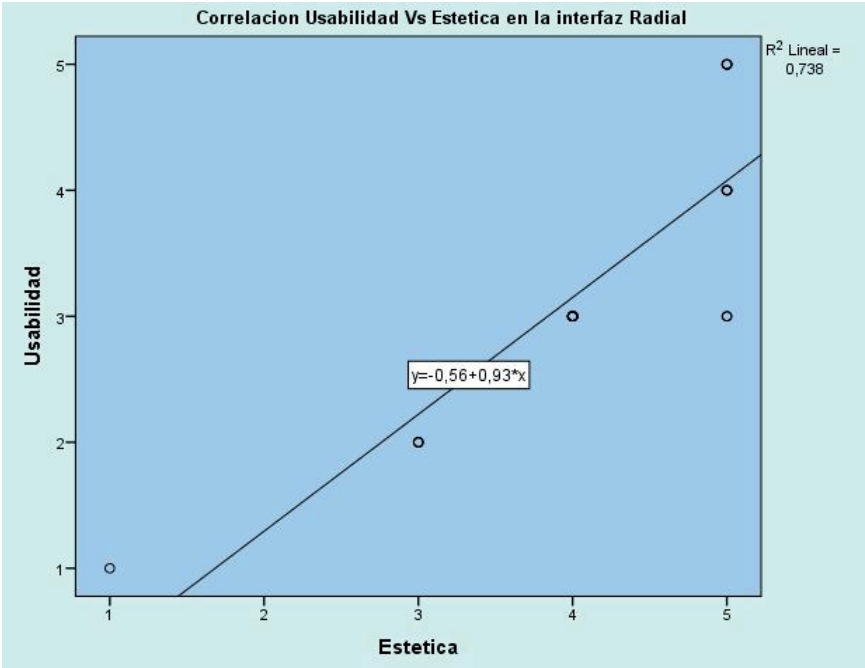
**Figura 75.** Correlación Usabilidad - Estética interfaz de nodos



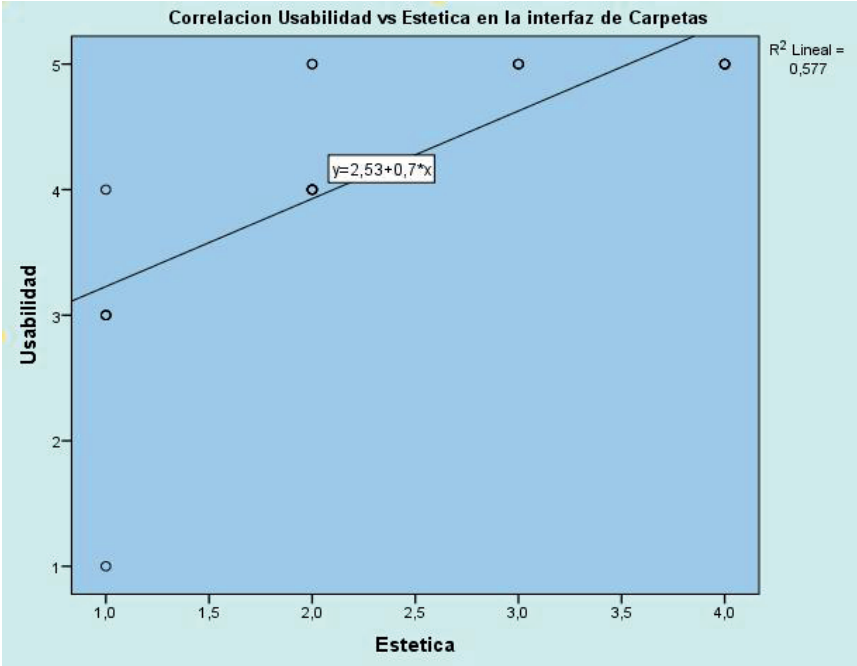
**Figura 76.** Correlación Usabilidad - Estética interfaz de nodos primer nivel



**Figura 77.** Correlación Usabilidad - Estética interfaz radial



**Figura 78.** Correlación Usabilidad - Estética interfaz de carpetas



Como resultado se observó que tanto usabilidad como estética presentaban unos coeficientes de correlación —valores— más bajos, aunque positivos, implicando una reciprocidad directa. Pero es necesario evidenciar que estas dos variables son las más lejanas en este análisis, identificándose como correlación positiva media, es decir, que en este caso para la muestra de estudio, la usabilidad y la estética son las variables menos relacionadas o con mínimas implicaciones de crecimiento de una sobre la otra.

De la misma forma permiten analizar falencias y ventajas que tienen cada una de las interfaces diseñadas, ya que ninguna resalta en todos los aspectos y las valoraciones difieren demasiado entre una característica y otra, por lo tanto es necesaria su mejora partiendo de la comprensión de las necesidades que tiene un usuario y que garanticen que utilice una herramienta con frecuencia, algunas de las condiciones que prevalecen es su utilidad para solucionar o mitigar un requisito, que sea sencilla y cómoda su manipulación, y que esté atractiva visualmente para el participante.

Para la muestra realizada en esta investigación, de acuerdo a la población de participantes, ninguna cumple a cabalidad los anteriores aspectos, ante lo cual se recomienda como trabajo futuro el aprovechamiento de las capacidades y méritos de cada una de ellas en pro de la mejora y evolución de las demás, ya que cada una demuestra un potencial valioso como herramienta para la visualización y despliegue de grandes cantidades de datos.

Resumen del estudio

De manera concisa en la tabla 5 se presentan los resultados finales obtenidos por cada una de las interfaces diseñadas y para este caso de estudio de acuerdo a la evaluación realizada por 42 participantes.

Tabla 5. Análisis estadístico Encuesta 1, secciones 4, 5 y 6

Interfaz	Estadística descriptiva	Usabilidad	Utilidad	Estética
Nodos	Media	3,45	3,64	4
	De	1,011	1,002	0,926
Nodos primer nivel	Media	4,45	3,91	4,09
	De	0,739	1,109	0,75
Radial	Media	3,32	3,36	4,18
	De	1,086	1,293	1,006
Carpetas	Media	4,18	4,05	2,36
	De	1,006	0,95	1,093

De la tabla anterior se puede indicar que las interfaces mejor valoradas en su estética a nivel de percepción no siempre resultan ser las más útiles. Para este caso la mejora valorada fue la interfaz radial, no obstante, resultaron ser no muy útiles y usables. Por su parte las interfaces de nodos primer nivel, son una buena apuesta a nivel de usabilidad, aunque no del todo resultan ser las más convenientes a la hora de llevar a cabo navegación entre ellas. Así mismo las interfaces por carpetas, resultaron ser las más balanceadas en cuanto a usabilidad y utilidad, aunque fueron las menos valoradas por su estética.



# Conclusiones y trabajo futuro

---

Este capítulo tiene como propósito presentar las conclusiones finales producto de los resultados obtenidos a lo largo de este estudio. A su vez, se exponen una serie de líneas de trabajo futuras que se lograron vislumbrar a medida que se adelantó la investigación. Finalmente se presentan unas recomendaciones que facilitaran a creadores de repositorios digitales, la implementación de interfaces de búsquedas navegacionales a partir del uso de técnicas de visualización como alternativas de búsqueda que agilicen el acceso a una colección de recursos digitales.

## Conclusiones

En esta sección se expondrán las conclusiones planteadas a partir de las áreas más representativas que se abordaron a lo largo del proceso de investigación.

### Asociadas al área de visualización de información

La visualización de información no deja de ser un área apasionante y de gran interés sobre muchas disciplinas asociadas a la informática, la computación y en general sobre todas aquellas líneas de trabajo que se encuentren involucradas con el tratamiento de grandes volúmenes de información. Consecuentemente, presenta una serie de retos y oportunidades orientadas a facilitar cada vez más la comprensión de información en sus diferentes formatos y representaciones sobre una sociedad cada día con mayores demandas y necesidades para el acceso oportuno a contenido relevante, con unas exigencias de calidad cada vez mayores. El campo de repositorios digitales no es ajeno a estas pretensiones y coacciones centrando así sus esfuerzos en mejorar la accesibilidad de contenidos relevantes a partir de criterios de búsqueda previamente establecidos, como por ejemplo una temática o área de conocimiento específico.

Es importante resaltar el papel de la visualización de información en el área de repositorios educativos para llevar a cabo actividades que faciliten: *a)* el acceso a un conjunto de recursos educativos por parte de usuarios convencionales (estudiantes o profesores); *b)* tener una idea clara de los recursos digitales para interpretarlos y asimilarlos en todo su contexto; *c)* mayor comprensión de la temática o área de conocimiento objetivo de una consulta. Estos a su vez, son algunos de los desafíos de

los actuales repositorios educativos (Davis & Connolly, 2007; Swan & Carr, 2008), que dentro del área de formación de un estudiante puede dificultar su proceso de aprendizaje, generando un progresivo abandono del uso de este tipo de herramientas.

## Asociadas a las técnicas de visualización

Una de las ventajas identificadas en las técnicas de visualización evaluadas es que sus estrategias permitieron ofrecer un panorama general de las temáticas asociadas al contenido de toda la colección de recursos digitales; cada una de las técnicas facilitó la integración de estructuras taxonómicas a partir de la biblioteca de librerías gráficas trabajadas en el *framework*, esta selección facilita su uso, y por lo tanto permite que cualquier creador de repositorios digitales pueda tomar decisiones para su selección desde los puntos de vista: *a)* manejo de estructura jerárquica; *b)* formas de representar datos; *c)* manejo de relaciones jerárquicas; *d)* facilidad de navegación. Por lo tanto, el uso de este tipo de técnicas de visualización podría ser un factor fundamental para vincularlos en las estrategias de búsqueda, dependiendo del perfil y de las preferencias de exploración que se establezcan dentro del repositorio con el fin de incrementar su uso y mejorar su tráfico.

Es claro que las capacidades de percepción visual de las interfaces de búsqueda basadas en técnicas de visualización son mayores que las planteadas por estrategias de búsqueda textual. De hecho, uno de los factores que mayor percibe los usuarios dentro de una interfaz de búsqueda navegacional, es la capacidad de atención asociada a identificar las clasificaciones, jerarquías de navegación y cobertura temática que se definen bajo una estructura taxonómica. Así mismo, la percepción visual a partir de las formas, colores y tamaños que se presentaron en algunas interfaces visuales, favorecieron el uso de las estructuras de navegación, siendo otro de los factores valorados de manera positiva por la mayoría de participantes que hicieron parte de las pruebas de usabilidad. No obstante, como trabajo futuro se plantea el uso de técnicas especializadas como *eye-tracking* (Rosch & Vogel-Walcutt, 2013), con el propósito de determinar resultados más precisos para determinar niveles de fijación que los participantes puedan tener dentro de las interfaces.

## Asociadas a los esquemas de representación de conocimiento

En general, de acuerdo con los resultados de este estudio se considera que el desarrollo de interfaces gráficas asociadas a esquemas de representación de conocimiento por parte de los creadores de repositorios, indican que estos deberían centrar sus esfuerzos en: *a)* definir niveles de relación y asociación entre recursos digitales, mediante el uso de estructuras de representación de conocimiento que soporten taxonomías (tesauros u ontología); *b)* dependiendo de los niveles de jerarquía o profundidad que proporcione un repositorio, tratar de trabajar con interfaces fáciles de usar (carpetas) que soporten el uso de rutas de navegación para identificar el nivel de clasificación dentro de la estructura taxonómica; *c)* vinculación de campos de metadatos relevantes —que permiten clasificar los recursos— con la estructura de navegación, para facilitar procesos de exploración por categorías o áreas de conocimiento. Esto es determinante para ofrecer a los usuarios alternativas de acceso más efectivas a una

colección de recursos digitales; d) integración visual en la estructura taxonómica y de manera proporcional del número de recursos digitales que dispone cada categoría.

Igualmente, los creadores de repositorios deberían considerar el diseño de interfaces de búsqueda visual a partir de esquemas de representación de conocimiento basados en: *a)* perfiles de usuario (estudiantes secundarios y universitarios, profesionales o investigadores), esta clasificación podría mejorar el aprendizaje de los usuarios finales que buscan entender las complejas relaciones de acuerdo con el término/concepto seleccionado; *b)* seleccionar esquemas de representación de conocimiento basados en criterios como la clasificación de la taxonomía, los niveles de profundidad, niveles de asociación y número de términos relacionados por concepto seleccionado; *c)* vinculación de recursos digitales de otros repositorios a partir de las asignaciones de términos y conceptos relacionados con diferentes esquemas de representación de conocimiento (ontologías, tesauros). Esta última condición podría mejorar el tiempo de respuesta de las consultas realizadas en los diferentes niveles de clasificación de términos/conceptos.

## Asociadas a los estudios de usabilidad

Los resultados del estudio de usabilidad aplicado sobre las interfaces implementadas demostraron que la percepción visual de un participante influye de manera significativa sobre la selección de una colección de recursos digitales; del mismo modo, permiten determinar que un grupo de usuarios puede tener una mayor capacidad de decisión al momento de acceder sobre una colección de recursos digitales en función de: *a)* el número de recursos digitales asociados a procesos de búsqueda; *b)* la proporción de recursos digitales asociados a un dominio de conocimiento; *c)* la ubicación de recursos digitales en función de la estructura de navegación y clasificación taxonómica.

Adicionalmente, dentro de los resultados obtenidos en las pruebas de usabilidad (ver capítulo 5), para llevar a cabo la implementación de una interfaz usable es necesario conocer las condiciones, necesidades y propósitos del repositorio. Por ejemplo, cuando el repositorio posee una gran profundidad dentro de su jerarquía taxonómica y un buen nivel de cobertura temática, las interfaces más efectivas son *carpetas y nodos por niveles*, aunque estéticamente no fueron las mejores en la valoración realizada por la mayoría de los participantes. Sin embargo, la interfaz *radial* presentó buenos resultados asociados al número de recursos y la *estética*, pero con bajos resultados a nivel de *clasificación*, por lo tanto, puede ser una interfaz apta para aplicar sobre repositorios que no presenten grandes niveles de clasificación definidos en sus jerarquías taxonómicas.

## Recomendaciones

En esta sección se presenta a modo de resumen algunas de las recomendaciones por áreas de interés que se han recopilado mediante una serie de criterios de valoración.

## Asociadas a repositorios digitales

Sin lugar a dudas los repositorios digitales deben trabajar de la mano con estrategias que faciliten la interoperabilidad y reutilización de recursos digitales a partir del enriquecimiento semántico definido en sus metadatos. Sin embargo, se deben enfocar mayores esfuerzos para facilitar el acceso a grandes colecciones de recursos digitales mediante el planteamiento de estrategias para la gestión y mantenimiento de recursos digitales a partir de buenas prácticas de diseño y desarrollo. Seguidamente se extraen algunas de las recomendaciones más representativas asociadas al área de repositorios digitales:

- Esquema de representación de conocimiento: selección de un esquema de representación de conocimiento que disponga por lo menos de:
  - » *Jerarquía taxonómica*: una definición básica con el propósito de facilitar la clasificación y uso de la técnica de visualización.
  - » *Relaciones de jerarquía y asociación*: establecerlas dentro de la estructura taxonómica definida para favorecer la vinculación de términos afines (genéricos o específicos) al proceso de búsqueda.
  - » *Manejo de vocabulario enriquecido*: proporcionar capacidades de expresión dentro de las relaciones definidas a partir de términos complementarios que faciliten alternativas de búsqueda basadas en sinónimos, términos no preferidos, etc.
- Definición de criterios de búsqueda: dependiendo de las estrategias de uso del repositorio, definir criterios de búsqueda a partir de la definición de metadatos basados en temáticas o áreas de conocimiento que faciliten la exploración e interacción de los usuarios sobre una colección de recursos digitales. También mediante la integración de criterios definidos por el contexto educativo, perfiles de usuario, idioma y tipos de recursos digitales.
- Pruebas de usabilidad: definición y establecimiento de pruebas de usabilidad previas al desarrollo de una solución que midan tanto la percepción como la interacción de los usuarios del repositorio, con el propósito de facilitar la evolución del diseño y funcionalidades de las interfaces para mejorar los procesos de búsqueda y acceso a recursos digitales relevantes. De igual manera, se recomienda realizar una programación periódica de estas pruebas una vez se encuentren las interfaces operativas, este proceso enriquecerá de manera significativa el uso y adecuación de estrategias complementarias para mejorar el acceso a recursos digitales dentro del repositorio.

## Asociadas al diseño de las interfaces

No todas las técnicas de visualización facilitan un proceso de búsqueda de recursos digitales, sin embargo, ofrecen una serie de funcionalidades que mejoran el acceso y la satisfacción del usuario dentro de un repositorio. Siendo así, la selección de técnicas apropiadas va más allá de las funcionalidades que puede ofrecer, dado que la

mayoría de ellas tiene como propósito ofrecer alternativas de exploración mediante una estructura taxonómica. Sin embargo, es necesario identificar una serie de factores técnicos asociados con las herramientas de desarrollo y bibliotecas de funciones que facilite la implementación de cada una de ellas en las interfaces. A continuación, se destacan las siguientes recomendaciones:

- **Selección de bibliotecas de funciones gráficas:** conocer las capacidades computacionales a nivel gráfico que pueda ofrecer la librería seleccionada para determinar las técnicas de visualización que soporte, además, bibliotecas de funciones gráficas que permitan la integración de complementos de interacción que faciliten su uso.
- **Capacidad de respuesta:** realizar pruebas para medir el tiempo de respuesta y rendimiento que ofrezca la técnica de visualización y librería seleccionada, sobre un esquema de representación de conocimiento definido en el repositorio. Esto permitirá medir el tiempo de respuesta de navegación al cargar categorías y nodos asociados a cada nivel de profundidad dependiendo de la complejidad de la estructura taxonómica.
- **Integración y soporte de formatos:** seleccionar bibliotecas de funciones con soportes de formatos de datos (JSON, XML, RDF) para el desarrollo e implementación de la estructura taxonómica, de acuerdo al esquema de representación de conocimiento definido en el repositorio. Actualmente la mayoría de bibliotecas de funciones tienen un gran soporte para la implementación de estructuras taxonómicas basadas en formatos JSON, sin embargo, estas estructuras taxonómicas se pueden integrar con recursos digitales para realizar consultas sobre formatos en XML, RDF o SKOS.
- **Escalabilidad y entorno de trabajo:** ofrecida por las herramientas para adaptarse a cambios y actualizaciones que sufra el esquema de representación de conocimiento a partir de nuevos recursos digitales agregados al repositorio.
- **Rutas de navegación:** la definición de rutas de navegación apropiadas para guiar el proceso de exploración dentro de la estructura de navegación y la localización de recursos digitales asociados a temáticas afines.
- **Integración búsquedas complementarias:** la integración de estrategias de búsquedas complementarias a partir de las características de acceso que se definan en los recursos digitales sobre su contexto educativo (educación media, avanzada, continuada, universitaria, profesional), perfiles de usuarios (maestros, estudiantes, profesionales), formatos del recurso digital (imagen, video, documento RTF, presentación, filmas, etc.), idioma del recurso digital.
- **Despliegue de recursos digitales:** agregar estrategias de despliegue de recursos digitales relevantes dentro de un mecanismo de paginación a partir de la valoración de estos realizada por usuarios, de acuerdo a su perfil definido dentro del repositorio mediante evaluación realizada por expertos, usuarios registrados, profesionales, estudiantes, etc.

## Aportaciones originales

Una de las aportaciones centrales de esta investigación es ofrecer una alternativa de búsqueda visual a partir de técnicas de visualización para el acceso a una colección de recursos digitales sobre repositorios académicos. El propósito fue plantear una serie de recomendaciones para los creadores de repositorios digitales, antes de llevar a cabo un desarrollo formal de interfaces de búsqueda mediante el uso de técnicas de visualización, lo que disminuirá previsiblemente el tiempo, esfuerzo y factores económicos en la implementación de este tipo de alternativas dentro de repositorios digitales. Entre las aportaciones complementarias que han surgido a partir de esta contribución principal, se destacan:

- La aplicación de principios de (IPO) para plantear análisis de usabilidad de las interfaces diseñadas a partir de las técnicas de visualización.
- La definición de una serie de recomendaciones para el desarrollo de interfaces visuales a partir de técnicas de visualización sobre repositorios digitales para el acceso a grandes volúmenes de recursos digitales.
- El desarrollo de un *framework* e integración de métodos de búsquedas tradicionales, con procesos de búsqueda navegacionales a partir de técnicas de visualización.

## Trabajos futuros

Se enumerarán las líneas de trabajo futuro que se consideran importantes para continuar con este proceso investigativo:

1. Una de las líneas o trabajos futuros dentro del área de la visualización de información en repositorios digitales es el desarrollo de aplicaciones que faciliten el análisis mediante informes estadísticos y toma de decisión para el diagnóstico de grandes volúmenes de datos, orientado al área de analítica visual. Este tipo de soluciones facilitaría el planteamiento de estrategias orientadas a la preservación y divulgación de un repositorio mediante el estudio de diversas áreas asociadas con:
  - » El uso de objetos de aprendizaje (recursos relevantes, áreas de conocimiento mayormente consultadas, formatos de recursos frecuentados, tipos de recurso de notable preferencia, etc.).
  - » Acceso de usuarios (perfiles de usuario, horas de mayor frecuencia y lugar de ingreso, etc.) con el propósito de ofrecer alternativas que faciliten aumentar el tráfico para el uso de repositorios.
  - » Identificar los términos más frecuentes usados dentro de los procesos de consulta realizados por un usuario, con la finalidad de seguir afinando las estrategias de búsqueda visual y ofrecer mejores alternativas de acceso.

2. Otra posible línea se puede orientar hacia el desarrollo de herramientas de transformación de datos a partir del lenguaje definido por el esquema de representación de conocimiento de un repositorio (RDF, OWL). Una de las limitaciones que poseen la mayoría de desarrollos es la compatibilidad y definición de formatos que permitan realizar actividades de transformación de datos soportados por cada una de las técnicas de visualización mediante formatos tipo JSON. Esto facilitaría el diseño e implementación de estructuras de navegación taxonómicas dentro de las interfaces de búsqueda navegacionales seleccionadas a partir de una técnica de visualización.
3. Un área de trabajo viable es la definición de interfaces de búsqueda navegacionales basados en esquemas de representación de conocimiento más complejos, a través del uso de ontologías y despliegue de resultados con mayores capacidades de expresión semánticas, a partir de la vinculación de recursos digitales mediante Linked Data, tecnologías que ayudan a una búsqueda más acertada de acuerdo a su expresividad semántica favoreciendo el uso de relaciones de asociación y de jerarquía, pero que por su grado de complejidad y tiempos de respuesta serían indispensables evaluarlas a la luz de la vinculación de resultados sobre interfaces de búsquedas navegacionales a partir de técnicas de visualización.
4. Otra asequible línea sería la definición de una herramienta que permita la integración de resultados de búsqueda de repositorios digitales y las despliegue a través de interfaces de búsqueda navegacionales a partir de criterios definidos por áreas de conocimiento, tipo de recursos digitales, idioma, proveedor de contenidos, etc. Este tipo de soluciones podrían favorecer el análisis y definición de estrategias que faciliten el acceso a una colección de recursos digitales relevantes a partir de criterios de valoración realizados por perfiles de usuarios de acuerdo a la comunidad de usuarios de un repositorio definidos por contexto académico, red social, perfil de usuario, etc.
5. Finalmente, asociado al área de usabilidad, se puede relacionar con el desarrollo de una herramienta que permita evaluar y seleccionar una técnica de visualización a partir de criterios asociados con: a) complejidad de la estructura taxonómica; b) facilidad de uso; c) navegación; d) tiempo de respuesta de términos vinculados sobre diferentes niveles de profundidad taxonómica; e) estética; f) cobertura temática. Este tipo de estudios facilitaría el desarrollo de interfaces de búsqueda navegacionales basados en técnicas de visualización para su posterior implementación sobre repositorios digitales.





# Referencias bibliográficas

---

- Agosti, M., Crivellari, F., Deambrosis, G., Ferro, N., Gäde, M., Petras, V. & Stiller, J. (2009). *D2. 1.1–Report on User Preferences and Information Retrieval Scenarios for Multilingual Access in Europeana*. EuropeanaConnect, ECP-2008-DILI- 528001. Recuperado de [http://www.europeanaconnect.eu/documents/D2.1.1\\_eConnect\\_Report\\_User\\_Preferences\\_MLIA\\_v1.0\\_20091222.zip](http://www.europeanaconnect.eu/documents/D2.1.1_eConnect_Report_User_Preferences_MLIA_v1.0_20091222.zip)
- Agrovoc, 2017. *Tesaurus multilingüe de agricultura*. Recuperado de <http://aims.fao.org/es/agrovoc>
- Aitchison, J., Gilchrist, A. & Bawden, D. (2001). *Thesaurus construction and use: a practical manual* (7th ed). Chicago: Fitzroy Dearborn Publishers,
- Aitta, M., Kaleva, S. & Kortelainen, T. (2008). Heuristic evaluation applied to library web services. *New Library World*, 109(1/2), 25-45.
- Alva, M., Martínez, A., Suárez, M., Labra, J., Cueva, J. & Sagastegui, H. (2010). Towards the evaluation of usability in educative websites. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 2(1), 145-161.
- Allan, J., Leuski, A., Swan, R. & Byrd, D. (2001). Evaluating combinations of ranked lists and visualizations of inter-document similarity. *Information processing & management*, 37(3), 435-458.
- Allen, R., Obry, P. & Littman, M. (1993). *An interface for navigating clustered document sets returned by queries*. Paper presented at the Proceedings of the conference on Organizational computing systems, Milpitas, California, United States.
- ANSI/NISO. (2005). *ANSI/NISO Z39.19 Guidelines for the Construction, Format, and Management of Monolingual Controlled Vocabularies*. National Information Standards Organization (Estados Unidos): American National Standards Institute
- Arano, S. & Codina, L. (2004). La estructura conceptual de los tesauros en el entorno digital: nuevas esperanzas para viejos problemas. *Jornades Catalanes d'Informació i Documentació*, 9, 14.
- Armstrong, C., Fenton, R., Lonsdale, R., Stoker, D., Thomas, R. & Urquhart, C. (2001). A study of the use of electronic information systems by higher education students in the UK. *Program: electronic library and information systems*, 35(3), 241-262.

- Aroyo, L., Dolog, P., Houben, G., Kravcik, M., Naeve, A., Nilsson, M. & Wild, F. (2006). Interoperability in personalized adaptive learning. *Educational Technology & Society*, 9(2), 4-18.
- Aula, A. & Käksi, M. (2005). Less is more in Web search interfaces for older adults. *First Monday*, 10(7-4).
- Baeza, R. & Castillo, C. (2004). Crawling the infinite Web: five levels are enough. *Algorithms and Models for the Web-Graph*, 3243, 156-167.
- Baker, K. (2006). Learning objects and process interoperability. *International Journal on E-Learning*, 5(1), 167-172.
- Barton, J., Currier, S. & Hey, J. (2003). *Building quality assurance into metadata creation: an analysis based on the learning objects and e-prints communities of practice*. Paper presented at the Dublin Core Conference: Supporting Communities of Discourse and Practice - Metadata Research and Applications, September 28 - October 2 (2003), Seattle, Washington, USA.
- Battista, G., Eades, P., Tamassia, R. & Tollis, I. (1998). Graph drawing: algorithms for the visualization of graphs. *Prentice Hall PTR*.
- Bederson, B., Shneiderman, B. & Wattenberg, M. (2002). Ordered and Quantum Treemaps: Making Effective Use of 2D Space to Display Hierarchies. *ACM Transactions on Computer Graphic*, 21(4), 833-854.
- Benford, S., Snowdon, D., Greenhalgh, C., Ingram, R., Knox, I. & Brown, C. (1995). VR- VIBE: A Virtual Environment for Co-operative Information Retrieval. *Computer Graphics Forum*, 14(3), 349-360. doi: 10.1111/j.1467-8659.1995.cgf143\_0349.x
- Bevan, N. & Macleod, M. (1994). Usability measurement in context. *Behaviour & Information Technology*, 13(1-2), 132-145.
- Bizer, C., Heath, T. & Berners-Lee, T. (2009). Linked data-the story so far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 5(3), 1-22.
- Blanch, R. & Lecolinet, E. (2007). Browsing Zoomable Treemaps: Structure-Aware Multi- Scale Navigation Techniques. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 13(6), 1248-1253. doi: 10.1109/tvcg.2007.70540
- Blocks, D., Binding, C., Cunliffe, D. & Tudhope, D. (2002). *Qualitative evaluation of thesaurus-based retrieval*. Research and Advanced Technology for Digital Libraries, pp. 346-361, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Boldi, P., Codenotti, B., Santini, M. & Vigna, S. (2004). Ubicrawler: A scalable fully distributed web crawler. *Software: Practice and Experience*, 34(8), 711-726.
- Booth, P. (1989). *An introduction to human-computer interaction*. London, UK: Psychology Press.
- Boren, T. & Ramey, J. (2000). Thinking aloud: Reconciling theory and practice. *Professional Communication, IEEE Transactions on*, 43(3), 261-278.

- Bostock, M. & Heer, J. (2009). Protovis: A graphical toolkit for visualization. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 15(6), 1121-1128.
- Boulos, M., Warren, J., Gong, J. & Yue, P. (2010). Web GIS in practice VIII: HTML5 and the canvas element for interactive online mapping. *International journal of health geographics*, 9(1), 14.
- Brachman, R. & Schmolze, J. (1985). An overview of the KL-ONE knowledge representation system. *Cognitive science*, 9(2), 171-216.
- Bremm, S., Von Landesberger, T., Hess, M., Schreck, T., Weil, P. & Hamacherk, K. (2011). *Interactive visual comparison of multiple trees*. Paper presented at the VAST 2011 - IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology 2011, Proceedings, 31-40. doi:10.1109/VAST.2011.6102439
- Bruce, T. & Hillmann, D. (2004). *The continuum of metadata quality: defining, expressing, exploiting*. Chicago, IL: D.Hillman & E.Westbrooks (Eds.).
- Bruno, D. & Richmond, H. (2003). The truth about taxonomies. *Information management journal*, 37(2), 48-52.
- Buchanan, S. & Salako, A. (2009). Evaluating the usability and usefulness of a digital library. *Library Review*, 58(9), 638-651.
- Bui, Y. & Park, J. (2006). *An assessment of metadata quality: A case study of the national science digital library metadata repository*. H. Moukdad (ed.) Proceedings of CAIS/ACSI 2006 Information Science Revisited: Approaches to Innovation, 13.
- Buttenfield, B. (1999). Usability evaluation of digital libraries. *Science & Technology Libraries*, 17(3-4), 39-59.
- Card, S., Mackinlay, J. & Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: using vision to think*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.146
- Castells, L. (2007). Los protocolos de pensamiento en voz alta como instrumento para analizar el proceso de escritura. *Revista española de lingüística aplicada* (20), 27- 36.
- Castells, P. (2002). *Aplicación de técnicas de la web semántica*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Castillo, C. (2005). Effective web crawling. *ACM Transactions on Computer Graphic*, 39, 55-56.
- Castillo, L. (2006). *Elaboración de un tesoro de información de actualidad y conversión en red semántica para su empleo en un sistema de recuperación periodístico*. Universidad de Valencia: Valencia.
- Cavieres Abarca, A., Fredes Mena, S. & Ramírez Novoa, A. (2010). Tesoros y web semántica: diseño metodológico para estructurar contenidos web mediante SKOS-Core. *Serie bibliotecología y gestión de información*, (57), 1-64.

- Cechinel, C., Sánchez, S. & Sicilia, M. (2009). *Empirical analysis of errors on human-generated learning objects metadata*. Proceedings Metadata and Semantic Research Third International Conference, Milan, Italy, pp. 60-70.
- Cechinel, C., Silva, S., Ochoa, X., Sánchez, S. & Sicilia, M. (2012). *Populating Learning Object Repositories with Hidden Internal Quality Information*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd Workshop on Recommender Systems for Technology Enhanced Learning (RecSysTEL 2012). Manouselis, N., Draschler, H., Verber, K., and Santos, OC (Eds.). Published by CEUR Workshop Proceedings.
- Centelles, M. (2005). *Taxonomías para la categorización y la organización de la información en sitios web*. Hipertext.net.
- Cervera, J., López, M., Fernández, C. & Sánchez, S. (2009). Quality metrics in learning objects. *Metadata and Semantics*, 135-141.
- Cleveland, W. (1984). Graphs in scientific publications. *Amer. Stat.*, 38(4).
- Cleveland, W., Diaconis, P. & McGill, R. (1982). *Variables on scatterplots look more highly correlated when the scales are increased*. Defense Technical Information Center.
- Clyphan, R. & Sugimoto. (2009). *Europeana Semantic Element ESE v3.4.1*. Recuperado de <http://pro.europeana.eu/web/guest/technical-requirements/>.
- Cockburn, A. & McKenzie, B. (2000). *An evaluation of cone trees*. People and Computers XIV—Usability or Else. British Computer Society Conference on Human Computer Interaction, pp. 425-436, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Codina, L. (2000). Evaluación de recursos digitales en línea: conceptos, indicadores y métodos. *Revista española de documentación científica*, 23(1), 9-44.
- Corcho, O., Fernández, M. & Gómez, A. (2003). Methodologies, tools and languages for building ontologies. *Where is their meeting point? Data & knowledge engineering*, 46(1), 41-64.
- Crockford, D. (2006). The application/json media type for JavaScript Object Notation (JSON).
- Cugini, J., Laskowski, S. & Sebrechts, M. (2000). *Presenting search results: design, visualization and evaluation*. Paper presented at the Proceedings of Information Doors. Where Information Search and Hypertext Link Workshop.
- Chen, C. (2004). Information visualization: Beyond the horizon. *Springer*, 2(16), 316.
- Chirita, P., Gavriloiu, R., Ghita, S., Nejd, W. & Paiu, R. (2005). *Activity based metadata for semantic desktop search*. The Semantic Web: Research and Applications, pp. 439-454, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Chrysafiadi, K. & Virvou, M. (2013). A knowledge representation approach using fuzzy cognitive maps for better navigation support in an adaptive learning system. *SpringerPlus*, 2(1), 81.

- Chuanjun, S. (2004). On the Evaluation of the Quality of Digital Collections. *The Journal of the Library Science in China*, 4.
- Davis, P. & Connolly, M. (2007). Institutional repositories: evaluating the reasons for non- use of Cornell University's installation of DSpace. *D-Lib Magazine*, 13(3/4).
- Davis, R., Shrobe, H. & Szolovits, P. (1993). What is a knowledge representation?. *AI magazine*, 14(1), 17.
- De la Prieta, F. & Gil, A. (2010). *A multi-agent system that searches for learning objects in heterogeneous repositories*. Trends in Practical Applications of Agents and Multia-  
gent Systems, 355-362.
- Design, P. (1998). *Visual Thesaurus*. Recuperado de <http://www.visualthesaurus.com>
- Dietze, S., Yu, H., Giordano, D., Kaldoudi, E., Dovrolis, N. & Taibi, D. (2012). *Linked Education: interlinking educational Resources and the Web of Data*. Paper presented at the Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing.
- Dinkla, K., Westenberg, M., Timmerman, H., Van Hijum, S. & Van Wijk, J. (2011). Comparison of multiple weighted hierarchies: visual analytics for microbe community profiling. *Computer Graphics Forum*, 30, 1141-1150.
- Dix, A., Janet, E., Abowd, G. & Beale, R. (2003). *Human computer interaction*. NY: Prentice-Hall, Inc.
- Doerr, M., Gradmann, S., Hennicke, S., Isaac, A., Meghini, C. & Van de Sompel, H. (2010). *The Europeana Data Model (EDM)*. Paper presented at the Proceedings of IFLA, Gothenburg, Sweden.
- Downes, S. (2007). Models for sustainable open educational resources. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 3.
- Draper, G., Livnat, Y. & Riesenfeld, R. (2009). A Survey of Radial Methods for Information Visualization. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 15(5), 759-776. doi: 10.1109/tvcg.2009.23
- Dumas, J. & Redish, J. (1999). *A practical guide to usability testing*. England: Intellect.
- Duncan, S. (2009). *Patterns of learning object reuse in the Connexions repository*. Tesis doctoral. Utah State University, Logan, USA.
- Durkin, J. (1994). *Expert systems: design and development*. New York: Maxwell Macmillan International.
- Eades, P. & Sugiyama, K. (1990). How to Draw a Directed Graph J. *Information Processing*, 13(4), pp. 424-434.
- Edwards, J., McCurley, K. & Tomlin, J. (2001). *An adaptive model for optimizing performance of an incremental web crawler*. WWW Conference, Hong Kong, China.

- English, J., Hearst, M., Sinha, R., Swearingen, K. & Lee, K. (2002). *Flexible search and navigation using faceted metadata*. Technical report, University of Berkeley, School of Information Management and Systems, 2003. Submitted for publication. Europeana, 2017. Europeana REST API. Recuperado de <http://labs.europeana.eu/api/introduction>.
- Europeana. (2017b). *Europeana Linked Open Data*. Recuperado de <http://labs.europeana.eu/api/linked-open-data-introduction>.
- Fang, X. & Holsapple, C. (2007). An empirical study of web site navigation structures' impacts on web site usability. *Decision Support Systems*, 43(2), 476-491.
- Fekete, J. (2004). *The infovis toolkit*. Paper presented at the Information Visualization, 2004. INFOVIS 2004. IEEE Symposium on.
- Fekete, J., Hémary, P., Baudel, T. & Wood, J. (2011). *Obvious: A meta-toolkit to encapsulate information visualization toolkits—one toolkit to bind them all*. Paper presented at the Visual Analytics Science and Technology (VAST), 2011 IEEE Conference on.
- Fernández, A. (2011). *La construcción de tesauros académicos: un modelo general y un método inductivo con aplicación al “e-learning”*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- Fernández, J. (2001). *Modelos de Recuperación de Información basados en Redes de Creencia*. Tesis doctoral. Universidad de Granada, España.
- Flouris, G., Plexousakis, D. & Antoniou, G. (2003). *Describing knowledge representation schemes: A formal account*. Technical Rep. No. TR-320, Institute of Computer Science—Foundation for Research and Technology—Hellas (ICS-FORTH), Crete, Greece.
- Foltz, M. (1997). *An information space design rationale*.
- Fox, E., Gonçalves, M. & Kipp, N. (2002). *Handbook on Information Technologies for Education and Training*. Digital libraries, pp. 623-641, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Fox, E., Hix, D., Nowell, L., Brueni, D., Wake, W., Heath, L. & Rao, D. (1999). Users, user interfaces, and objects: Envision, a digital library. *Journal of the American Society for Information Science*, 44(8), 480-491.
- Fox, E. & Logan, E. (2005). An Asian digital libraries perspective. *Information processing & management*, 41(1), 1-4.
- Friesen, N. (2001). What are educational objects?. *Interactive learning environments*, 9(3), 219-230.
- Friesen, N. (2009). Open educational resources: New possibilities for change and sustainability. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, 10(5).



- Frøkjær, E., Hertzum, M. & Hornbæk, K. (2000). *Measuring usability: are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated?*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Fulton, S. & Fulton, J. (2013). *HTML5 Canvas: O'Reilly Media*. Furnas, G. (1986). Generalized fisheye views (Vol. 17): ACM.
- Furnas, G. & Zacks, J. (1994). *Multitrees: enriching and reusing hierarchical structure*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Gaona-García, P., Martín, D., Feroso, A. & Sánchez, S. (2014). A usability study of taxonomy-visualization user interfaces in digital repositories. *Journal Online Information review*, 38(2).
- Gaona-García, P., Sánchez, S. & Gaona, E. (2013). Prototipo informático para extracción de recursos digitales sobre internet. *Revista Tecnura*, 17, 79-92.
- Gaona-García, P., Sánchez, S. & Montenegro, C. (2014). Visualization of information: a proposal to improve the search and access to digital resources in repositories. *Ingeniería e investigación*, 34(1), 83-89.
- Gaona-García, P., Feroso-García, A. & Sánchez-Alonso, S. (2017). Exploring the Relevance of Europeana Digital Resources: Preliminary Ideas on Europeana Metadata Quality/Exploración de la relevancia de los recursos digitales de Europeana: ideas preliminares sobre la calidad de los metadatos Europeana. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 40(1), 59.
- Gašević, D., Djurić, D. & Devedzic, V. (2009). *Model driven engineering and ontology development*. Springerverlag, Berlin, Heidelberg.
- Gašević, D. & Hatala, M. (2006). Ontology mappings to improve learning resource search. *British Journal of Educational Technology*, 37(3), 375-389.
- Genesereth, M. & Ketchpel, S. (1994). Software agents. *Commun. ACM*, 37(7), 48-53, 147.
- Gero, J. (1990). Design prototypes: a knowledge representation schema for design. *AI magazine*, 11(4), 26.
- Gilchrist, A. (2003). Thesauri, taxonomies and ontologies—an etymological note. *Journal of documentation*, 59(1), 7-18.
- Gilchrist, A., Kibby, P., Mahon, B. & Libra, T. (2000). *Taxonomies for business: access and connectivity in a wired world*. TFPL, London.
- Gleicher, M., Albers, D., Walker, R., Jusufi, I., Hansen, C. D. & Roberts, J. C. (2011). Visual comparison for information visualization. *Information Visualization*, 10(4), 289-309.
- Gonçalves, M., Moreira, B., Fox, E. & Watson, L. (2007). What is a good digital library? – A quality model for digital libraries. *Information Processing & Management*, 43(5), 1416-1437. doi: 10.1016/j.ipm.2006.11.010.

- González, V. & Kobsa, A. (2003). *Benefits of information visualization systems for administrative data analysts*. Paper presented at the Information Visualization, 2003. IV 2003. Proceedings. Seventh International Conference on.
- Graham, M. & Kennedy, J. (2005). Extending taxonomic visualisation to incorporate synonymy and structural markers. *Information Visualization*, 4(3), 206-223.
- Graham, M. & Kennedy, J. (2010). A survey of multiple tree visualisation. *Information Visualization*, 9(4), 235-252.
- Graham, M., Kennedy, J. & Benyon, D. (2000). Towards a methodology for developing visualizations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(5), 789-807.
- Granollers, T. (2004). *MPIu+ a. Una metodología que integra la Ingeniería del Software, la Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el contexto de equipos de desarrollo multidisciplinares*. Tesis doctoral. Universitat de Lleida, España.
- Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- Guarino, N. & Poli, R. (1995). Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation. *International Journal of Human Computer Studies*, 43(5), 625-640.
- Guha, R., McCool, R. & Miller, E. (2003). *Semantic search*. Paper presented at the Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web.
- Harger, J. & Crossno, P. (2012). *Comparison of open-source visual analytics toolkits*. Paper presented at the Proceedings of the SPIE Conference on Visualization and Data Analysis.
- Hargittai, E. (2004). Classifying and coding online actions. *Social Science Computer Review*, 22(2), 210-227.
- Hartson, H., Shivakumar, P. & Pérez, M. (2004). Usability inspection of digital libraries: a case study. *Int. J. Digit. Libr.* 4(2), 108-123.
- Haslhofer, B., & Isaac, A. (2011). *Data Europeana. EU: The Europeana Linked Open Data Pilot*. Paper presented at the International Conference on Dublin Core and Metadata Applications, 21 - 23 September 2011, The Hague, Netherlands.
- Hassan, Y., Martín, F. & Iazza, G. (2004). *Diseño web centrado en el usuario: usabilidad y arquitectura de la información*. Hipertext.net (2).
- Hayati, Z. & Jowkar, T. (2008). Adoption of electronic reference materials in academic libraries of Iran. *The International Information & Library Review*, 40(1), 52-63.
- Herman, I., Melancon, G. & Marshall, M. S. (2000). Graph visualization and navigation in information visualization: A survey. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 6(1), 24-43. doi: 10.1109/2945.841119



- Hearst, M. (1995). *TileBars: visualization of term distribution information in full text information access*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Hearst, M. (2009). *Search user interfaces*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Hearst, M. & Karadi, C. (1997). *Cat-a-Cone: an interactive interface for specifying searches and viewing retrieval results using a large category hierarchy*. Paper presented at the ACM SIGIR Forum.
- Heer, J. & Bostock, M. (2010). *Crowdsourcing graphical perception: using mechanical turk to assess visualization design*. Proceedings of the 28th International Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 203-212.
- Heer, J., Card, S. & Landay, J. (2005). *Prefuse: a toolkit for interactive information visualization*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Heer, J., Kong, N. & Agrawala, M. (2009). *Sizing the horizon: the effects of chart size and layering on the graphical perception of time series visualizations*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Hemmje, M., Kunkel, C. & Willett, A. (1994). *LyberWorld, a visualization user interface supporting fulltext retrieval*. Paper presented at the Proceedings of the 17th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval.
- Hetzler, E. & Turner, A. (2004). Analysis experiences using information visualization. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 24(5), 22-26.
- Hitchcock, S., Woukeu, A., Brody, T., Carr, L., Hall, W. & Harnad, S. (2003). *Evaluating Citebase, an open access Web-based citation-ranked search and impact discovery service*. Monograph (Technical Report), University of Southampton, England.
- Hodgins, W. & Conner, M. (2000). *Everything you ever wanted to know about learning standards but were afraid to ask*. Learning in the New Economy e-Magazine (Line Zine).
- Hoffman, P., Grinstein, G., Marx, K., Grosse, I. & Stanley, E. (1997). *DNA visual and analytic data mining*. Paper presented at the Visualization 97', Proceedings.
- Holzschuher, F. & Peinl, R. (2013). *Performance of graph query languages: comparison of cypher, gremlin and native access in Neo4j*. Paper presented at the Proceedings of the Joint EDBT/ICDT 2013 Workshops.
- Howland, J., Jonassen, D. & Marra, R. (2012). *Meaningful learning with technology*. Pearson Upper Saddle River, NJ.
- Huang, M., Liang, J. & Nguyen, Q. (2008). *A Usability Study on the Use of Multi-Context Visualization*. Paper presented at the CGIV '08. Fifth International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization, 26-28 Aug. 2008.

- Hughes, B. (2005). Metadata quality evaluation: Experience from the open language archives community. *Digital Libraries: International Collaboration and Cross- Fertilization*, 135-148.
- ISO. (1985). *ISO 5964-1985. Guidelines for the establishment and development of multilingual thesauri*. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/12159.html>
- ISO. (1998). *ISO 9241 Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) - Part 11. Guidance on Usability*. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/16883.html>
- ISO. (2001). *ISO/IEC 9126-1:2001 Software product evaluation - Quality characteristics and guidelines for their use*.
- Jacob, R. & Karn, K. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *Mind*, 2(3), 4.
- Jain, P. & Babbar, P. (2006). Digital libraries initiatives in India. *The International Information & Library Review*, 38(3), 161-169.
- Jeng, J. (2005). Usability assessment of academic digital libraries: Effectiveness, efficiency, satisfaction, and learnability. *Libri*, 55(2-3), 96-121.
- Jeng, J. (2009). *What should we take into consideration when we talk about usability? Tsakonas, G. & Papatheodorou, C. (eds.) Evaluation of digital libraries. An insight into useful applications and methods*. Oxford: Chandos Publishing, pp. 63-73
- Jovanović, J., Gašević, D., Knight, C. & Richards, G. (2007). Ontologies for effective use of context in e-learning settings. *Educational Technology & Society*, 10(3), 47-59.
- Kani, E., Ghinea, G. & Chen, S. Y. (2006). Digital libraries: what do users want? *Online Information Review*, 30(4), 395-412.
- Keim, D., Mansmann, F., Schneidewind, J. & Schreck, T. (2006). *Monitoring network traffic with radial traffic analyzer*. Paper presented at the Visual Analytics Science and Technology, 2006 IEEE Symposium On.
- Kelty, C., Burrus, C. & Baraniuk, R. (2008). Peer review anew: Three principles and a case study in postpublication quality assurance. *Proceedings of the IEEE*, 96(6), 1000-1011.
- Khoo, M., Kusunoki, D. & MacDonald, C. (2012). *Finding Problems: When Digital Library Users Act as Usability Evaluators*. Paper presented at the System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on, 4-7 Jan. 2012.
- Kim, H. & Kim, Y. (2008). Usability study of digital institutional repositories. *Electronic Library, The*, 26(6), 863-881.
- Klerkx, J., Duval, E. & Meire, M. (2004). *Using information visualization for accessing learning object repositories. 2004. IV 2004*. Proceedings. Eighth International Conference on Information Visualisation, London, 465-470. doi: 10.1109/iv.2004.1320185

- Klerkx, J., Meire, M., Ternier, S., Verbert, K. & Duval, E. (2005). *Information visualisation: towards an extensible framework for accessing learning object repositories*. Paper presented at the Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications.
- Kobsa, A. (2004). *User experiments with tree visualization systems*. Paper presented at the Information Visualization, 2004. INFOVIS 2004. IEEE Symposium on.
- Komlodi, A., Marchionini, G. & Soergel, D. (2007). Search history support for finding and using information: User interface design recommendations from a user study. *Information Processing & Management*, 43(1), 10-29. doi: 10.1016/j.ipm.2006.05.017
- Kruskal, J. & Landwehr, J. (1983). Icicle plots: Better displays for hierarchical clustering. *The American Statistician*, 37(2), 162-168.
- Kumar, V., Nesbit, J. & Han, K. (2005). *Rating learning object quality with distributed bayesian belief networks: The why and the how*. Paper presented at the Advanced Learning Technologies, 2005. ICALT 2005. Fifth IEEE International Conference on.
- Lagoze, C., Van de Sompel, H., Johnston, P., Nelson, M., Sanderson, R. & Warner, S. (2007). *Open Archives Initiative Object Reuse and Exchange (OAI-ORE)*. Technical report, Open Archives Initiative.
- Lamping, J., Rao, R. & Pirolli, P. (1995). *A focus+ context technique based on hyperbolic geometry for visualizing large hierarchies*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Lamping, L. & Rao, R. (1996). The Hyperbolic Browser: A Focus+Context Technique for Visualizing Large Hierarchies. *Journal of Visual Languages and Computing*, 7(1), pp. 33-55.
- Lee, M., Reilly, R. & Butavicius, M. (2003). *An empirical evaluation of Chernoff faces, star glyphs, and spatial visualizations for binary data*. Paper presented at the ACM International Conference Proceeding Series.
- Lee, M. & Vickers, D. (1998). *Psychological approaches to data visualisation: DTIC Document*. Departament of Psychology, University of Adelaide, Australia.
- Lei, M. (2008). Knowledge organization systems (KOS). *Knowledge Organization*, 35(2- 3), 160-182.
- Lewis, C. (1982). *Using the "thinking-aloud" method in cognitive interface design*. IBM TJ Watson Research Center.
- Li, J., Gasevic, D., Nesbit, J. & Richards, G. (2005). *Ontology Mappings Enable Interoperation of Knowledge Domain Taxonomies*. Paper presented at the 2nd LORNET international annual conference.
- Lidwell, W., Holden, K. & Butler, J. (2010). *Universal Principles of Design*. 125 Ways to Enhance Usability, Influence Perception, Increase Appeal, Make Better Design Decisions, and Tech Through Design [25 Additional Design Principles]: Rockport publishers.

- Liew, C. & Foo, S. (1999). *Derivation of interaction environment and information object properties for enhanced integrated access and value-adding to electronic documents*. Paper presented at the Aslib Proceedings.
- Lin, X. (1997). Map displays for information retrieval. *JASIS*, 48(1), 40-54.
- Lin, X., Soergel, D. & Marchionini, G. (1991). *A self-organizing semantic map for information retrieval*. Paper presented at the Proceedings of the 14th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval.
- Lin, Y., Ahn, J., Brusilovsky, P., He, D. & Real, W. (2010). Imagesieve: Exploratory search of museum archives with named entity-based faceted browsing. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 47(1), 1-10. doi: 10.1002/meet.14504701217
- Lindberg, D., Humphreys, B. & McCray, A. (1993). The Unified Medical Language System. *Methods of information in medicine*, 32(4), 281.
- Livnat, Y., Agutter, J., Moon, S., Erbacher, R. & Foresti, S. (2005). *A visualization paradigm for network intrusion detection*. Paper presented at the Information Assurance Workshop, 2005. IAW'05. Proceedings from the Sixth Annual IEEE SMC.
- Longmire, W. (2000). A primer on learning objects. *Learning Circuits*, 1(3).
- Lytras, M. & Sicilia, M. (2007). Where is the value in metadata? *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2(4), 235-241.
- Mackinlay, J. (1991). *Search architectures for the automatic design of graphical presentations*. ACM Press, New York, 281-292.
- Mackinlay, J., Hanrahan, P. & Stolte, C. (2007). Show me: Automatic presentation for visual analysis. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 13(6), 1137-1144.
- Mangold, C. (2007). A survey and classification of semantic search approaches. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2(1), 23-34.
- Marchionini, G. (1997). *Information seeking in electronic environments*. USA: Cambridge University Press
- Marchionini, G. (2006). Exploratory search: from finding to understanding. *Communications of the ACM*, 49(4), 41-46.
- Marchionini, G. (2008). Human-information interaction research and development. *Library & Information Science Research*, 30(3), 165-174. doi: 10.1016/j.lisr.2008.07.001
- Marchionini, G. & White, R. (2010). Find what you need, understand what you find. *International Journal of Human Computer Interaction*, 23(3), 205-237.
- Margaryan, A. & Littlejohn, A. (2008). *Repositories and communities at cross-purposes: issues in sharing and reuse of digital learning resources*. 24, Blackwell Publishing Ltd. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.2007.00267.x> (4)

- Martín-Moncunill, D., Sánchez, S., Gaona, P. & Marianos, N. (2013). *Applying visualization techniques to develop interfaces for educational repositories: the case of Organic. Lingua and VOA3R*. Paper presented at the Proceedings of the Learning Innovations and Quality: The Future of Digital Resources, Rome.
- McGreal, R. (2008). A typology of learning object repositories. *Handbook on Information Technologies for Education and Training*, 5-28.
- McKay, D., Shukla, P., Hunt, R. & Cunningham, S. (2004). Enhanced browsing in digital libraries: three new approaches to browsing in Greenstone. *International Journal on Digital Libraries*, 4(4), 283-297.
- Merčun, T. & Žumer, M. (2009). *Visualizing FRBR*. Libraries in the Digital Age, LIDA 2009, 25-30 May, Dubrovnik and Zadar Croatia, 209-215.
- Merčun, T. & Žumer, M. (2010). *Visualizing for explorations and discovery*. Paper presented at the Proc. of the conf. on Libraries in the Digital Age, Zadar, Croatia.
- Merčun, T., Žumer, M. & Aalberg, T. (2012). *FrbrVis: An Information Visualization Approach to Presenting FRBR Work Families Theory and Practice of Digital Libraries*. In P. Zaphiris, G. Buchanan, E. Rasmussen & F. Loizides (eds.), *Theory and Practice of Digital Libraries*, Vol. 7489, pp. 504-507, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Miles, A., Matthews, B., Wilson, M. & Brickley, D. (2005). *SKOS core: simple knowledge organisation for the web*. Paper presented at the International Conference on Dublin Core and Metadata Applications "Metadata Vocabularies in Practice", 12-15 September 2005, Leganés - Madrid, Spain.
- Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J. & Ikeda, M. (1995). *Task ontology for reuse of problem solving knowledge*. Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building & Knowledge Sharing, 46-57.
- Moen, W., Stewart, E. & McClure, C. (1997). *The role of content analysis in evaluating metadata for the us government information locator service (gils): results from an exploratory study*. GILSMDContentAnalysis.htm.
- Mora, M. (2004). *Interacción en interfaces de recuperación de información: conceptos, metáforas y visualización*. Gijón: Trea.
- Morante, M. (2003). *Usability guidelines for taxonomy development*. Montague Institute Recuperado de <http://www.montague.com/abstracts/usability.html>
- Muelder, C. & Ma, K. (2008). *A treemap based method for rapid layout of large graphs*. Paper presented at the Visualization Symposium, 2008. PacificVIS '08. IEEE Pacific, Tokio.
- Muñoz, J., Calvillo, E., Ochoa, C., Santaolaya, R. & Álvarez, F. (2010). *Use of Agents to Realize a Federated Searching of Learning Objects*. Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems, 1-8.



- Nakayama, K., Hara, T. & Nishio, S. (2007,). *A Thesaurus Construction Method from Large Scale Web Dictionaries*. Paper presented at the Advanced Information Networking and Applications, 2007. AINA '07. 21st International Conference on. 21-23 May 2007.
- Nash, S. (2005). Learning objects, learning object repositories, and learning theory. Preliminary best practices for online courses. *Interdisc. J. E-Learn. Objects* 1(1), 217-228.
- Neches, R., Fikes, R., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T. & Swartout, W. (1991). Enabling technology for knowledge sharing. *AI magazine*, 12(3), 36.
- Nicholas, D., Huntington, P. & Jamali, H. (2007). The use, users, and role of abstracts in the digital scholarly environment. *The journal of academic librarianship*, 33(4), 446- 453.
- Nielsen, J. (1994a). *Guerrilla HCI: Using discount usability engineering to penetrate the intimidation barrier*. Academic Press, Inc.
- Nielsen, J. (1994b). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, California, USA.
- Nielsen, J. (2003). *Usability 101: Introduction to usability*. Recuperado de <http://www.ingenieriasimple.com/usabilidad/IntroToUsability.pdf>
- Nielsen, J., Snyder, C., Molich, R. & Farrell, S. (2001). *E-commerce user experience*. Nielsen Norman Group.
- Noik, E. (1993). *Exploring large hyperdocuments: fisheye views of nested networks*. Proceedings of the fifth ACM conference on Hypertext, 192-205.
- Norman, D. (2005). Human-centered design considered harmful. *Interactions*, 12(4), 14- 19.
- Norman, D. (2008). Simplicity is not the answer. *Interactions*, 15(5), 45-46.
- Ochoa, X., Cardinaels, K., Meire, M. & Duval, E. (2005). *Frameworks for the automatic indexation of learning management systems content into learning object repositories*. Paper presented at the Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2005.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2006). *Quality Metrics for learning object Metadata*. Paper presented at the Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2006, 1 March 2006, Orlando, Florida, USA.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2008). Relevance ranking metrics for learning objects. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 1(1), 34-48.
- Ochoa, X. & Duval, E. (2009). Quantitative analysis of learning object repositories. *Learning Technologies, IEEE Transactions on*, 2(3), 226-238.
- Pancheshnikov, Y. (2007). Integrating print and digital resources in library collections. *Library Collections, Acquisitions, and Technical Services*, 31(2), 111-112.

- Park, J. (2005). *Semantic interoperability across digital image collections: A pilot study on metadata mapping*. Proceedings Canadian Association for Information Science (CAIS).
- Park, J. (2009). Metadata quality in digital repositories: A survey of the current state of the art. *Cataloging & Classification Quarterly*, 47(3-4), 213-228.
- Pastor, J. (2009). *Diseño de un sistema colaborativo para la creación y gestión de tesauros en Internet basado en SKOS*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Perallos, A. (2007). *Metodología ágil y adaptable al contexto para la evaluación integral y sistemática de la calidad de los sitios web*. Tesis doctoral. Universidad de Deusto, Bilbao, España.
- Petrelli, D. (2008). On the role of user-centred evaluation in the advancement of interactive information retrieval. *Information Processing & Management*, 44(1), 22-38. doi: 10.1016/j.ipm.2007.01.024
- Pirolli, P., Card, S. & Van Der Wege, M. (2001). *Visual information foraging in a focus+context visualization*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Plaisant, C., Grosjean, J. & Bederson, B. (2002). *Spacetreer: Supporting exploration in large node link tree, design evolution and empirical evaluation*. Paper presented at the INFOVIS 2002. IEEE Symposium on Information Visualization, 2002, USA.
- Polsani, P. (2006). Use and abuse of reusable learning objects. *Journal of Digital information*, 3(4).
- Polson, P. & Lewis, C. (1990). Theory-based design for easily learned interfaces. *Human-Computer Interaction*, 5(2-3), 191-220.
- Poole, A. & Ball, L. (2006). Eye tracking in HCI and usability research. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopaedia of human-computer interaction* (pp. 211-219). Pennsylvania: Idea Group Inc.
- Prabha, C. (2007). Shifting from print to electronic journals in ARL university libraries. *Serials Review*, 33(1), 4-13.
- Pullan, M., Watson, M., Kennedy, J., Raguenaud, C. & Hyam, R. (2000). The Prometheus Taxonomic Model: a practical approach to representing multiple classifications. *Taxon*, 55-75.
- Purday, J. (2009). Think culture: Europeana. Eu from concept to construction. *The Electronic Library*, 27(6), 919-937.
- Qing, F. & Ruhua, H. (2008). *Evaluating the usability of discipline repositories*. Paper presented at the IT in Medicine and Education, 2008. ITME 2008. IEEE International Symposium on.
- Reddy, M. & Wang, R. (1995). Estimating data accuracy in a federated database environment. In S. Bhalla (Ed.), *Information Systems and Data Management*, 1006, 115-134, Springer, Berlin, Heidelberg.

- Rehak, D. & Mason, R. (2003). *Keeping the learning in learning objects*. Reusing online resources: A sustainable approach to e-learning, 20-34.
- Reilly, D. & Inkpen, K. (2007). *White rooms and morphing don't mix: setting and the evaluation of visualization techniques*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Ríos Hilario, A., Martín Campo, D. & Ferreras Fernández, T. (2012). *Linked data y linked open data: su implantación en una biblioteca digital*. El caso de Europa-na. Recuperado de <http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2012/mayo/10.html>
- Roberts, J. (1995). Faculty knowledge about library services at the University of the West Indies. *New Library World*, 96(2), 14-22.
- Robertson, G., Mackinlay, J. & Card, S. (1991). *Cone trees: animated 3D visualizations of hierarchical information*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Reaching through technology.
- Rosch, J.L. & Vogel-Walcutt, J.J. (2013). A review of eye-tracking applications as tools for training. *Cognition, technology & work*, 15(3), 313-327.
- Ruecker, S. (2003). *Affordances of prospect for academic users of interpretively-tagged text collections*. Doctoral dissertation, University of Alberta, Edmonton.
- Ruecker, S., Radzikowska, M. & Sinclair, S. (2011). *Visual interface design for digital cultural heritage: A guide to rich-prospect browsing*. Ashgate Publishing, Ltd, Farnham, Surrey.
- Russell, S., Norvig, P. & Davis, E. (2010). *Artificial intelligence: a modern approach*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 3rd edition.
- Sánchez, S. & Sicilia, M. (2005). Normative specifications of learning objects and learning processes: towards higher levels of automation in standardized e-learning. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(3), 3-12.
- Sánchez, S. & Sicilia, M. (2009). *Using an AGROVOC-based ontology for the description of learning resources on organic agriculture*. Metadata and Semantic, pp. 481-492, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Santos, J., Ochoa, X., Parra, G. & Duval, E. (2011). La experiencia de ARIADNE: Creando una red de reutilización de objetos de aprendizaje a través de estándares y especificaciones. *IEEE-RITA*, 6(3), 112-117.
- Sanz, J., Dodero, J. & Sánchez, S. (2009). A preliminary analysis of software engineering metrics-based criteria for the evaluation of learning objects reusability. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 4(2009), 30- 34.
- Sanz, J., Dodero, J. & Sánchez, S. (2011). Metrics-based evaluation of learning object reusability. *Software Quality Journal*, 19(1), 121-140.



- Schaffert, S. & Geser, G. (2008). Open educational resources and practices. *E-Learning Papers*, 7, 1-10.
- Schulz, H., Hadlak, S. & Schumann, H. (2011). Point-based visualization for large hierarchies. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 17(5), 598-611.
- Sebrechts, M., Cugini, J., Laskowski, S., Vasilakis, J. & Miller, M. (1999). *Visualization of search results: a comparative evaluation of text, 2D, and 3D interfaces*. Paper presented at the Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval.
- Shiri, A. (2008). Metadata-enhanced visual interfaces to digital libraries. *Journal of Information Science*, 34(6), 763-775.
- Shiri, A. & Revie, C. (2005). Usability and user perceptions of a thesaurus-enhanced search interface. *Journal of documentation*, 61(5), 640-656.
- Shiri, A., Revie, C. & Chowdhury, G. (2002). Thesaurus-enhanced search interfaces. *Journal of Information Science*, 28(2), 111-122.
- Shiri, A., Ruecker, S., Doll, L., Bouchard, M. & Fiorentino, C. (2011). *An evaluation of thesaurus-enhanced visual interfaces for multilingual digital libraries*. Research and Advanced Technology for Digital Libraries, pp. 236-243, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Shneiderman, B. (1992). Tree visualization with tree-maps: 2-d space-filling approach. *ACM Transactions on graphics (TOG)*, 11(1), 92-99.
- Shneiderman, B. (2003). *Designing the user interface*. Pearson Education India.
- Shneiderman, B., Feldman, D., Rose, A. & Grau, X. F. (2000). *Visualizing digital library search results with categorical and hierarchical axes*. Paper presented at the Proceedings of the fifth ACM conference on Digital libraries, Rugsburg.
- Shneiderman, B. & Johnson, B. (1991). *Tree-maps: A space-Filling Approach to the Visualization of Hierarchical Information Structures*. Proceedings of IEEE Information Visualization, pp. 175-282.
- Shneiderman, B. & Plaisant, C. (2005). *Designing the user interface 4th edition*. Ed: Pearson Addison Wesley, USA.
- Shneiderman, B. & Plaisant, C. (2006). *Strategies for evaluating information visualization tools: multi-dimensional in-depth long-term case studies*. Paper presented at the Proceedings of the 2006 AVI workshop on Beyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization.
- Shreeves, S., Knutson, E., Stvilia, B., Palmer, C., Twidale, M. & Cole, T. (2005). *Is 'quality' metadata 'shareable' metadata? The implications of local metadata practices for federated collections*. In Proceedings of the Association of College and Research Libraries (ACRL) 12th National Conference. Minneapolis, MN.

- Shuler, J. (2007). Public Policies and Academic Libraries—The Shape of the Next Digital Divide. *The journal of academic librarianship*, 33(1), 141-143.
- Shuling, W. (2007). Investigation and analysis of current use of electronic resources in university libraries. *Library Management*, 28(1/2), 72-88.
- Sicilia, M. & Garcia, E. (2003). On the concepts of usability and reusability of learning objects. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, 4(2).
- Sicilia, M., Sánchez, S. & Benito, M. (2006). *Estado de la cuestión de los objetos y diseños para el aprendizaje y su uso*. Technical report, REDAOPA Red Temática de Actividades y Objetos para el Aprendizaje.
- Sifer, M. (2003). *Exploring web site log data with a multi-classification interface*. Paper presented at the Information Visualization, 2003. IV 2003. Proceedings. Seventh International Conference on.
- Simkin, D. & Hastie, R. (1987). An information-processing analysis of graph perception. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398), 454-
- Smoot, M., Ono, K., Ruscheinski, J., Wang, P. & Ideker, T. (2011). Cytoscape 2.8: new features for data integration and network visualization. *Bioinformatics*, 27(3), 431-432.
- Soergel, D. (1995). The art and architecture thesaurus (AAT): A critical appraisal. *Visual Resources*, 10(4), 369-400.
- Soler, C. & Gil, I. (2010). Possibilities and limitations of thesauri in comparison with other systems of knowledge organization: folksonomies, taxonomies and ontologies. *Rev. Interam. Bibliot*, 361-377.
- Soto, C., Gordo, E. & Sánchez, S. (2007). Semantic learning object repositories. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 17(6), 432-446.
- Spence, I. (2005). No humble pie: The origins and usage of a statistical chart. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 30(4), 353-368.
- Spence, I. & Lewandowsky, S. (1991). Displaying proportions and percentages. *Applied Cognitive Psychology*, 5(1), 61-77.
- Stace, C. (1991). *Plant taxonomy and biosystematics* (2nd edition ed.). UK: Cambridge University Press.
- Stafford, A., Shiri, A., Ruecker, S., Bouchard, M., Mehta, P., Anvik, K. & Rossello, X. (2008). *Searchling: user-centered evaluation of a visual thesaurus-enhanced interface for bilingual digital libraries*. Research and Advanced Technology for Digital Libraries, pp. 117-121, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Stasko, J., Catrambone, R., Guzdiel, M. & McDonald, K. (2000). An evaluation of space-filling information visualizations for depicting hierarchical structures. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(5), 663-694.

- Stawniak, M. (2012). *Searching Content Related by Semantics, Space and Time*. Interactive 3D Multimedia Content, pp. 223-251, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Stefaner, M., Dalla Vecchia, E., Condotta, M., Wolpers, M., Specht, M., Apelt, S. & Duval, E. (2007). MACE—enriching architectural learning objects for experience multiplication. *Creating New Learning Experiences on a Global Scale*, 4753, 322-336.
- Stefaner, M. & Muller, B. (2007). Elastic lists for facet browsers. Paper presented at the Database and Expert Systems Applications, 2007. DEXA'07. 18th International Workshop on.
- Stefaner, M., Wolpers, M., Memmel, M., Duval, E., Specht, M., Börner, D. & Klemke, R. (2009). *MACE: Joint Deliverable "Evaluation of the MACE system"*. The MACE Consortium.
- Stojanovic, L., Staab, S. & Studer, R. (2001). *E-Learning based on the Semantic Web*. Paper presented at the WebNe001-World Conference on the WWW and Internet, Orlando, Florida, USA.
- Strauch, C., Sites, U. & Kriha, W. (2011). *NoSQL databases*. Recuperado de <http://www.christof-strauch.de/nosql dbs.pdf>
- Strong, D., Lee, Y. & Wang, R. (1997). Data quality in context. *Communications of the ACM*, 40(5), 103-110. doi: 10.1145/253769.253804
- Stuckenschmidt, H., Vdovjak, R., Houben, G. & Broekstra, J. (2004). *Index structures and algorithms for querying distributed RDF repositories*. Paper presented at the Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web.
- Sutcliffe, A., Ennis, M. & Hu, J. (2000). Evaluating the effectiveness of visual user interfaces for information retrieval. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(5), 741-763.
- Swan, A. & Carr, L. (2008). Institutions, their repositories and the web. *Serials Review*, 34(1), 31-35.
- Swan, R. & Allan, J. (1998). *Aspect windows, 3-D visualizations, and indirect comparisons of information retrieval systems*. Paper presented at the Proceedings of the 21st annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval.
- Tadapak, P., Suebchua, T. & Rungsawang, A. (2010). *A machine learning based language specific web site crawler*. Paper presented at the Network-Based Information Systems (NBIS), 2010 13th International Conference on.
- Tenopir, C. (2003). *Use and users of electronic library resources: An overview and analysis of recent research studies*. Paper presented at the Council on Library and Information Resources, Washington (2003).
- Ternier, S., Verbert, K., Parra, G., Vandeputte, B., Klerkx, J., Duval, E. & Ochoa, X. (2009). The Ariadne Infrastructure for Managing and Storing Metadata. *Internet Computing, IEEE*, 13(4), 18-25. doi: 10.1109/mic.2009.90

- Tilkov, S. & Vinoski, S. (2010). Node.js: Using JavaScript to Build High-Performance Network Programs. *IEEE Internet Computing*, 14(6), 80-83.
- Tractinsky, N., Katz, A. & Ikar, D. (2000). What is beautiful is usable. *Interacting with computers*, 13(2), 127-145.
- Tripathy, A. & Patra, P. (2008). *A web mining architectural model of distributed crawler for internet searches using pagerank algorithm*. Paper presented at the Asia-Pacific Services Computing Conference, 2008. APSCC '08. IEEE.
- Trust, J. (1988). *Art & Architecture Thesaurus (AAT)*. Recuperado de [http://www.getty.edu/research/conducting\\_research/vocabularies/aat/about.html](http://www.getty.edu/research/conducting_research/vocabularies/aat/about.html)
- Tsakonas, G. & Papatheodorou, C. (2006). Analysing and evaluating usefulness and usability in electronic information services. *Journal of Information Science*, 32(5), 400-419.
- Tsakonas, G. & Papatheodorou, C. (2007). *Critical constructs of digital library interaction*. Paper presented at the 11th Panhellenic Conference on Informatics, 18-20 May, Πάτρα (GR).
- Tsakonas, G. & Papatheodorou, C. (2008). Exploring usefulness and usability in the evaluation of open access digital libraries. *Information processing & management*, 44(3), 1234-1250.
- Tudhope, D., Binding, C., Blocks, D. & Cunliffe, D. (2006). Query expansion via conceptual distance in thesaurus indexed collections. *Journal of documentation*, 62(4), 509-533.
- Tunkelang, D. (2009). Faceted search. *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services*, 1(1), 1-80.
- Uddin, M. & Janecek, P. (2007). Performance and usability testing of multidimensional taxonomy in web site search and navigation. *Performance measurement and metrics*, 8(1), 18-33.
- Ur Rehman, S. & Ramzy, V. (2004). Awareness and use of electronic information resources at the health sciences center of Kuwait University. *Library Review*, 53(3), 150-156.
- Valente, A. (2005). *Types and roles of legal ontologies*. *Law and the Semantic Web: Legal Ontologies, Methodologies, Legal Information Retrieval and Applications*, pp. 65-76, Springer, Heidelberg, Berlin.
- Vessey, I. & Galletta, D. (1991). Cognitive fit: An empirical study of information acquisition. *Information Systems Research*, 2(1), 63-84.
- Von Landesberger, T., Kuijper, A., Schreck, T., Kohlhammer, J., Van Wijk, J., Fekete, J. & Fellner, D. (2011). Visual Analysis of Large Graphs: State-of-the-Art and Future Research Challenges. *Computer Graphics Forum*, Wiley, 30(6), 1719-1749. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8659.2011.01898.x> (6)
- Vora, P. (1998). Design/methods & tools: Designing for the web: a survey. *Interactions*, 5(3), 13-30.

- W3C, H. (2013). *The canvas element (Editor's Draft 24 July 2013)*. Recuperado de <http://dev.w3.org/html5/spec/Overview.html#the-canvas-element>.
- Wang, R. & Strong, D. (1996). Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. *Journal of management information systems*, 5-33.
- Wang, Z., Chaudhry, A. & Khoo, C. (2008). Using classification schemes and thesauri to build an organizational taxonomy for organizing content and aiding navigation. *Journal of documentation*, 64(6), 842-876.
- Weinberg, B. (1995). Art & Architecture Thesaurus and Guide to Indexing and Cataloging with the Art & Architecture Thesaurus. *Journal of the American Society for Information Science*, 46(2), 152-160.
- Westerman, S. & Cribbin, T. (2000). Mapping semantic information in virtual space: dimensions, variance and individual differences. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(5), 765-787.
- White, R., Kules, B. & Drucker, S. (2006). Supporting exploratory search, introduction, special issue, communications of the ACM. *Communications of the ACM*, 49(4), 36-39.
- White, R. & Roth, R. (2009). Exploratory Search: Beyond the Query-Response Paradigm. *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services*, 1(1), 1-98. doi: 10.2200/s00174ed1v01y200901icr003
- Whitehall, T. (1992). Quality in library and information service: a review. *Library Management*, 13(5), 23-35.
- Whitehall, T. (1995). Value in library and information management: a review. *Library Management*, 16(4), 3-11.
- Wiley, D. (2002a). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy. In *The instructional use of learning objects*. Bloomington, Indiana, 2830(435), 3-24.
- Wiley, D. (2002b). *Instructional use of learning objects*. Agency for Instructional Technology.
- Wilkinson, L. & Wills, G. (2005). *The grammar of graphics*. Springer Science+ Business Media.
- Wise, J. (1999). The ecological approach to text visualization. *Journal of the American Society for Information Science*, 50(13), 1224-1233.
- Wittenburg, K., Das, D., Hill, W. & Stead, L. (1995). *Group asynchronous browsing on the World Wide Web*. Paper presented at the 4th International WWW Conference, Boston (MA).
- Wu, M., Fuller, M. & Wilkinson, R. (2001). Using clustering and classification approaches in interactive retrieval. *Information processing & management*, 37(3), 459-484.

- Ytow, N., Morse, D. & Roberts, D. (2001). Nomencurator: a nomenclatural history model to handle multiple taxonomic views. *Biological journal of the Linnean Society*, 73(1), 81-98.
- Zhang, X., Liu, J., Li, Y. & Zhang, Y. (2009). *How usable are operational digital libraries: a usability evaluation of system interactions*. In Proceedings of the 1st ACM SIG-CHI symposium on Engineering interactive computing systems, pp. 177-186, ACM.
- Zhong, Y., Luo, Y., Pramanik, S. & Beaman, J. (1999). HICLAS: a taxonomic database system for displaying and comparing biological classification and phylogenetic trees. *Bioinformatics*, 15(2), 149-156.

# Anexo 1

## Questionario de datos prueba de usabilidad

User id	
Profile questionnaire	

This questionnaire helps us to define your user profile, please be sincere in your answers. No personal information will be stored, remember we are testing the software, not you.


### Are you familiar with these terms?

( ) Metadata      ( ) Semantic      ( ) Thesaurus      ( ) Ontology



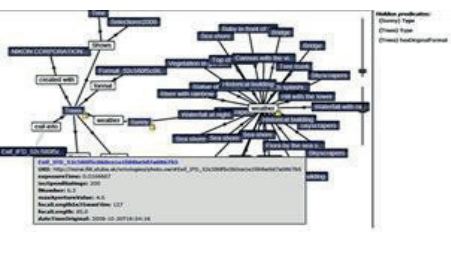
Profession: \_\_\_\_\_

Working at: \_\_\_\_\_

What do you know about this searching interfaces?

	<p><b>Textual Search</b></p> <p>Never used. ( )</p> <p>I've used it, but I don't know when using this searching method is more useful than using others. ( )</p> <p>I've used it, know how it Works and when to use it instead other searching methods. ( )</p>
---	---



	<p><b>Directory / Categories Browsing</b></p> <p>Never used. ( )</p> <p>I've used it, but I don't know when using this searching method is more useful than using others. ( )</p> <p>I've used it, know how it Works and when to use it instead other searching methods. ( )</p>
	<p><b>Tags Search</b></p> <p>Never used. ( )</p> <p>I've used it, but I don't know when using this searching method is more useful than using others. ( )</p> <p>I've used it, know how it Works and when to use it instead other searching methods. ( )</p>
	<p><b>Semantic Search</b></p> <p>Never used. ( )</p> <p>I've used it, but I don't know when using this searching method is more useful than using others. ( )</p> <p>I've used it, know how it Works and when to use it instead other searching methods. ( )</p>

Please provide us an email in case we've to contact you for further information about this trial:

Email: \_\_\_\_\_



# Autores

---

## **Paulo Alonso Gaona García**

Doctor en Ingeniería de la Información y del Conocimiento de la Universidad Alcalá, España. Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones con énfasis en Teleinformática de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ingeniero de Sistemas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Director del grupo de Investigación Multimedia Interactiva de la Universidad Distrital. Es co-director del grupo de investigación GIIRA Universidad Distrital y miembro activo del grupo de investigación IEURU, Universidad Alcalá. Miembro fundador de la red de investigación SMART DATA SCIENCE++. Áreas de interés en investigación: Redes y comunicaciones, visualización de información, ciencia de los datos, visual analytics y seguridad informática.

## **Carlos Enrique Montenegro Marín**

Doctor en Sistemas y Servicios Informáticos para Internet de la Universidad de Oviedo, Asturias, España. Tiene un Diploma de Estudios Avanzados de la Universidad Pontificia de Salamanca. Información y del Conocimiento, Universidad Alcalá, España. Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones con énfasis en Teleinformática, así como es Ingeniero de Sistemas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Director del grupo de Investigación GIIRA Universidad Distrital y miembro activo del grupo de investigación Multimedia Interactiva. Miembro fundador de la red de investigación SMART DATA SCIENCE++. Sus intereses de investigación incluyen tecnología orientada a objetos, procesadores de lenguaje, software de modelado con DSL y MDA.

## **David Martin Moncunill**

Es Doctor en Ingeniería de la Información y el Conocimiento por la Universidad de Alcalá. Cuenta con un grado en sistemas de información y una ingeniería técnica en informática de gestión por esta misma universidad, y un máster en e-learning y redes sociales por la Universidad Internacional de La Rioja. Inició su carrera como investigador en el grupo de investigación IERU de la Universidad de Alcalá en 2012

y desde entonces ha colaborado en numerosos proyectos europeos de investigación, fundamentalmente en el ámbito de e-learning y repositorios de objetos educativos. En 2016 vuelve a la empresa privada y se une a *F.Iniciativas* como *Project Manager* para proyectos europeos de investigación. Sus áreas predilectas son la usabilidad, e-learning y la dirección de proyectos de TI. Sus intereses como investigación incluyen los sistemas de representación del conocimiento, la web semántica, accesibilidad e interfaces visuales.



Este libro se  
terminó de imprimir  
en abril de 2018  
en la Editorial UD  
Bogotá, Colombia