

Nuevas tecnologías de visualización para la mejora de la representación arquitectónica en educación

Isidro Navarro Delgado

<http://hdl.handle.net/10803/403374>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and

manera satisfactoria independientemente del grado de discapacidad o entrenamiento que puedan tener con dichos sistemas. Veamos un esquema global del proyecto:

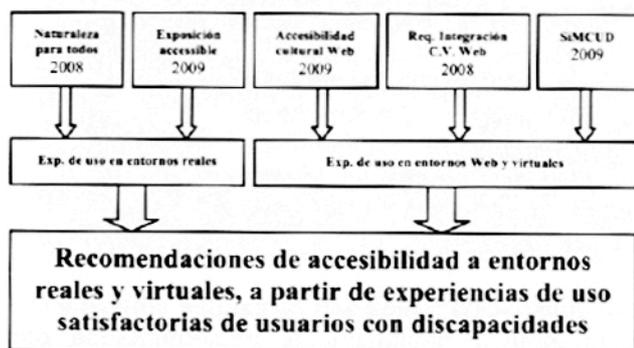


Fig. 1. Esquema global del proyecto

Naturaleza para todos [6]

El objetivo de este proyecto era generar el primer itinerario en un entorno natural para personas con discapacidad física y/o psíquica en España. El mismo, fruto de la colaboración de distintas entidades como el Ayuntamiento de Cambrils, la Obra Social la Caixa o el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, destacaba por la generación de una simbología (creada mediante herramientas infográficas) adaptada a las diversas necesidades de los usuarios y aplicada al recorrido de manera accesible y usable.

Los resultados obtenidos de llevar a cabo esta implementación en un entorno real nos han permitido obtener una serie de elementos clave destacados por los usuarios en su interacción:

- Necesidad de planos de situación.
- Destacar volúmenes principales.
- Uso de iconos que referencien los sentidos básicos a utilizar.
- Leyenda comprensiva.

Adicionalmente y después de observar a los usuarios en el medio descrito se observaron como existen una serie de características físicas de vital importancia en cualquier implementación como son la forma, tamaño, texturas y contraste de colores de los objetos.

Exposición accesible y accesibilidad cultural Web

Estos proyectos se están desarrollando actualmente de manera conjunta. En los mismos se plantean el estudio y la puesta en práctica del acceso de personas con discapacidad a un espacio de una exposición tanto real como virtual.

El objetivo de ambos proyectos nos va a permitir una aproximación a los criterios de diseño de espacios culturales con el objetivo de mejorar la colocación de las obras y el recorrido de los usuarios por las mismas, parando especial atención al tratamiento de la información y el uso que de esta hacen los usuarios.

En la actualidad podemos presentar los primeros resultados ([7] ampliado en [8]) concernientes al estudio de páginas Web de ámbito cultural. Las webs evaluadas mediante los validadores de accesibilidad reconocidos TAW [9] y W3C [10] y según los tres niveles de adecuación definidos por la WAI, A, AA y AAA (en función de si tienen, deben o pueden respectivamente satisfacer los diversos niveles de prioridad) nos han revelado por ejemplo que, El Prado es el museo nacional que mejor accesibilidad a sus contenidos dispone a nivel mundial, mientras que el MOMA de Nueva York o el Louvre son los que más errores básicos así como consejos de mejora han detectado dichos validadores.

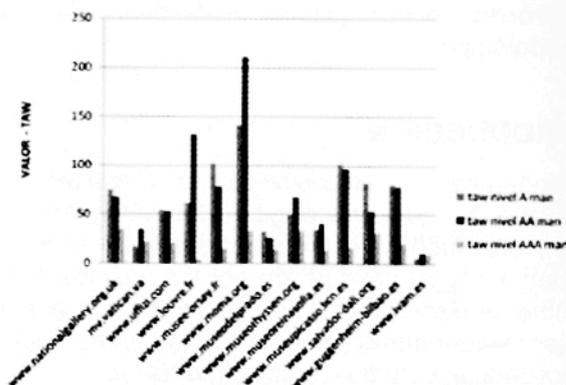


Fig. 2. Comparación de los errores manuales según los tres niveles de adecuación (validador TAW)

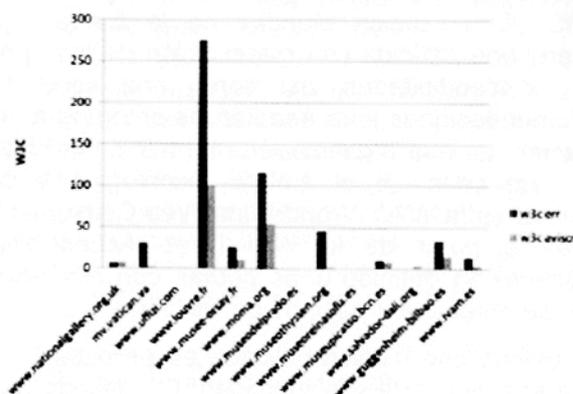


Fig. 3. Comparación de los errores y avisos obtenidos según el validador W3C

Destacar que los resultados nos indican que actualmente se implementan de manera correcta los criterios de usabilidad [11] en la creación de portales Web pero no los de accesibilidad para usuarios discapacitados. Si bien los museos

evaluados ofrecen servicios presenciales para personas con discapacidad, estos no lo implementan de manera satisfactoria en sus páginas web, ni en un recorrido "auto-guiado" por sus instalaciones.

Requisitos de integración Web para usuarios discapacitados mediante combinación de líneas metodológicas [12]

Este proyecto desarrollado a lo largo del 2008 ha estudiado la identificación mediante la experiencia de uso de usuarios discapacitados las necesidades que cada grupo necesita que se implemente en una página Web para que esta no solo sea usable y accesible sino que además maximice la satisfacción en la navegación.

La muestra de usuarios ha englobado diferentes perfiles de personas con discapacidad, partiendo de la clasificación de la OMS [1] a los cuales se les han planteado una serie de tareas para analizar una página Web con un nivel teórico de adecuación equivalente a Doble A (AA). Los usuarios se han englobado en los siguientes grupos de trabajo:

- Usuarios con problemas físicos y cognitivos.
- Usuarios con problemas visuales.
- Usuarios con problemas auditivos.
- Grupo de control sin dificultades.

La metodología utilizada y adaptada para cada grupo se ha basado tanto en la usabilidad clásica (cuestionarios de perfil, test de tareas, cuestionario de satisfacción SUS [13]) como en nuevas técnicas de experiencia de usuario (entrevista del *Bipolar Laddering BLA* [14]).

Como resultados más relevantes de este proyecto indicar que la media de satisfacción de los usuarios una vez evaluada la página AA era de 5.23 sobre 10, lo que nos indica que el cumplimiento de la accesibilidad no conlleva un uso satisfactorio de la página.

Entre los aspectos destacados positivamente para conseguir una navegación satisfactoria (por orden de mención de los todos los grupos), el uso de imágenes e iconos en la navegación así como la presencia de un índice general claro y fácil en su uso y localización, son los más destacables.

En la parte negativa destacar que los problemas más remarcados tienen que ver con el uso excesivo del "scroll" y el tamaño de las letras y contraste de las mismas con el fondo así como la ordenación.

En resumen: se pone de manifiesto que las pautas de accesibilidad web tienen en cuenta

requisitos de programación, pero evidencian necesidades de diseño gráfico, diseño funcional y de contenido. No se tienen en cuenta los requisitos heterogeneos de las discapacidades y se pone de relevancia los bajos resultados de los niveles de satisfacción de los usuarios con discapacidad visual.

La integración de diferentes metodologías permite obtener resultados planteados por los cuestionarios y resultados planteados y creados por los usuarios dando importancia a la experiencia subjetiva durante el test.

La estructura de la página debe permitir el acceso y la personalización de su contenido dependiendo del perfil del usuario.

SISTEMA METODOLÓGICO CREADO CON USUARIOS DISCAPACITADOS

El proyecto SiMCUD, nace como primer ganador del premio en el ámbito de la discapacidad otorgado en el 2008 por la Fundación Agrupación Mutua (<http://www.fundacionagrupacion.com/ESP/index.html>). En el mismo y a partir de los datos previamente recogidos se están estudiando páginas planteadas para que sean accesibles y páginas planteadas para que cumplan criterios de accesibilidad y a su vez pensadas para una experiencia de uso satisfactoria.

En resumen, estamos analizando el ciclo completo de validación de la accesibilidad web mediante una validación automática, otra manual, una con usuarios, revisando de forma conjunta con consultores expertos en accesibilidad y finalmente trabajando la necesidad de una formación en la comprensión de las pautas.

Como valor añadido, en este estudio hemos aumentado la muestra de usuarios y de grupos, investigando por ejemplo el comportamiento en la navegación de personas de la tercera edad, tanto con un conocimiento previo en la navegación web, como sin experiencia previa y en este caso realizando una iniciación básica antes de empezar los test.

Propuesta Metodológica

En el proyecto previo [12], el estudio de accesibilidad se dividió en dos fases a testear por los usuarios:

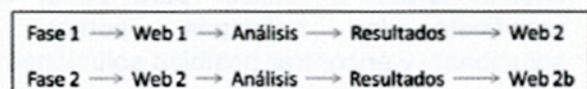


Fig. 4. Diagrama de análisis

Si bien la primera de las páginas estaba creada según la adecuación doble A, en la segunda creada a partir de los comentarios de navegación de la primera, pero sin implementar los criterios de adecuación se consiguieron incrementar las tareas con éxito, incluso las más complejas [12].

En conclusión la obtención de una experiencia accesible permite crear un uso de la web con una accesibilidad real, incrementando la percepción hacia la página. Tres grandes conceptos son los que mayoritariamente han valorado positivamente los usuarios y que ya se implementan en esta fase como en otros proyectos paralelos [15]:

- Uso de imágenes e iconos en la navegación y selección de opciones.
- Concepto del diseño adaptado para discapacitados.
- Índice claro y fácil de usar y llegar.

Según los datos obtenidos en los test anteriores y conociendo el tipo de validación establecido de una página web accesible, proponemos el siguiente ciclo de validación:

1. **Validación automática:** Se valida el código de la página mediante herramientas ya existentes de validación. Como resultado se obtienen las líneas de código a resolver y los puntos a tener en cuenta. Este ciclo se evalúa hasta que la página supere los requisitos establecidos, consiguiendo como mínimo un nivel AA de accesibilidad.
2. **Validación manual:** Validación realizada por consultores expertos: estructura, diseño funcional, diseño gráfico y adaptación a diferentes tipos de usuario. Como resultado se obtienen hallazgos encontrados en la evaluación, sugerencias de cada punto y una muestra de usuarios categorizada a los que puede ser realmente accesible la página.
3. **Validación por usuarios:** Para comprobar la experiencia de uso, se realiza un test de tareas con usuarios teniendo en cuenta las validaciones automática y manual (puntos conflictivos que pueda tener la página, muestra de usuarios potenciales para comprobar que acabarían siendo usuarios finales, tareas a realizar para poner de manifiesto los hallazgos -puntos a solucionar- y encontrar posibles soluciones).
4. **Establecer las pautas a seguir:** Una vez analizada la página web, se proponen pautas a seguir para conseguir una web accesible y con una experiencia de uso

satisfactoria. A todas las pautas se proponen sugerencias para dar solución al objetivo inicial

CONCLUSIONES

El objetivo de la navegación web es que tenga una experiencia de uso satisfactoria, entendida como una plena autonomía de navegación por parte del usuario, para lo cual es necesario definir perfiles de usuario ajustados a la realidad, teniendo en cuenta que las deficiencias son muy heterogéneas. El análisis se debe realizar mediante la utilización de diferentes líneas metodológicas, las establecidas por el W3C y las establecidas por el estudio, marcando como objetivo principal la autonomía del usuario. La accesibilidad no se basa en un requisito para obtener una clasificación A, AA o AAA sino en un requisito para obtener una experiencia satisfactoria y una autonomía de usuario (con o sin deficiencias).

References

- [1] OMS. (2001). Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discap. y de la Salud.
- [2] Montero, Y.H., Martín F.J., (2003). Qué es la accesibilidad Web. No solo usabilidad Jour., nº2.
- [3] INE. (2002). Encuestas sobre discapacidades, deficiencias y estado de la salud. notas de prensa.
- [4] US Census Bureau. (1997) Disabilities affect one-fifth of all Americans.
- [5] GVU (1998) WWW User Survey: Disability. Georgia Inst.Tech: Graphics Vis. & Usab. Center.
- [6] Navarro, I. (2008). Naturaleza para todos. Tecnología para una señalización adaptada. CISC Proc. Vol 3. Pags. 39-44. Orlando. USA.
- [7] Navarro, I. , Fonseca, D., Accesibilidad Web en entornos culturales Conf. IADIS Iber. Am. WWW/ Internet-CIAWI 2008. Lisboa, Pt, P. 583-585.
- [8] Navarro, I. , Fonseca, D., Accesibilidad Web en entornos culturales 8ª Conf. IberAm. en Sistema, Cibernética e Informática. Orlando. USA. 2009
- [9] TAW, 2008. Test de accesibilidad Web.
- [10] W3C, 2008. Validador.
- [11] Nielsen, J., 2003. Usability 101: Introduction to Usability.
- [12] Villegas, E., Pifarré, M., Fonseca, D. Garcia, O., 2008. Requisitos de integración en una comunidad virtual web para usuarios discapacitados utilizando la combinación de diferentes líneas metodológicas. CISC Proc. Vol 3. Pags. 45-50. Orlando. USA.
- [13] Cuestionario de satisfacción SUS. 1986. Digital Equipment Corporation.
- [14] Pifarré, Marc. (2007) Bipolar Laddering (BLA): a Participatory Subjective Exploration Method on User Experience. Dux 07: Conf. on Designing for User eXperience. Chicago-USA. ACM
- [15] Fonseca, D., García, O., Duran, J., Pifarré, M., and Villegas, E. (2008) An image-centred "search and indexation system" based in user's data and perceived emotion. 3rd ACM Int. Workshop on HCC. Vancouver, Canada. Pag. 27-34.

DISEÑO DE EXPOSICIONES ARQUITECTÓNICAS PARA DISCAPACITADOS VISUALES. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS 3D Y EXPERIENCIA DE USUARIO.

Navarro Delgado, Isidro
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica – Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Universidad Politécnica de Cataluña
Avda. Diagonal, 649. 08012 Barcelona
isidro.navarro@upc.edu

Fonseca, David
(GTM) Departament de Tecnologies Media - Enginyeria i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull
Cuatre Camins, 2. 08022 Barcelona
fonsi@salle.url.edu

RESUMEN

El acceso a la cultura es primordial para el progreso de cualquier sociedad. Las barreras arquitectónicas y de acceso a la información en los espacios de exposición cultural sigue siendo un tema de estudio para científicos y técnicos. El desarrollo de la tecnología digital ha permitido incorporar nuevas ideas para solucionar la accesibilidad arquitectónica y cultural. Los criterios de accesibilidad en diseño arquitectónico eliminan las barreras físicas a las exposiciones. Además, la incorporación de la tecnología digital permite una visión más inmediata de los contenidos de los museos, ya sea a través de sus páginas web, como en los sistemas multimedia incluidos en las instalaciones.

El proyecto en curso y que presentamos en este artículo aporta como factor diferencial la participación de los usuarios en el proceso de diseño. Este aspecto debe mejorar [H1] y permitir a cualquier persona sin condición de edad o disfunción física o psíquica, una mayor aproximación a la cultura. La participación del usuario en el proceso de diseño nos permitirá evaluar de forma empírica la usabilidad y accesibilidad del entorno evaluando si la transmisión de los conceptos se realiza de forma más clara para cualquier tipo de visitante del sistema [H2].

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de tener accesos para personas con discapacidad visual al patrimonio artístico y cultural así como a cualquier otro elemento social de interés, ha sido una aspiración histórica de dicho colectivo y actualmente reconocida como un derecho civil. Para que el acceso a dichos contenidos sea efectivo, se debe llevar a cabo a través de otros canales sensoriales complementarios como el tacto o el oído aportando nuevas soluciones [1].

La investigación y desarrollo de nuevas propuestas ha sido constante en la historia de las instituciones educativas desde el siglo XVIII [2]. Sin embargo, no encontramos soluciones integrales hasta finales del siglo XX como veremos en el siguiente apartado.

Con nuestro trabajo pretendemos aportar un nuevo punto de vista a la evaluación de la accesibilidad tanto al espacio (en próximos proyectos) como a los contenidos de una exposición cualquiera, en este caso, generando un vínculo dinámico entre diseñadores de la exposición, de los contenidos y de los usuarios finales. Esto nos permitirá enunciar una nueva

metodología centrada no solo en una accesibilidad teórica sino en una experiencia satisfactoria real.

2. ESTADO DEL ARTE

“El éxito de un museo no se mide por el número de visitantes que recibe, sino por el número de visitantes a los que ha enseñado alguna cosa”. Georges Henri Riviere.

Actualmente, son numerosos los museos y entidades que ofrecen alternativas de accesibilidad. Podemos destacar entre todos ellos su metodología y la eficacia de sus propuestas la entidad Art Education of the Blind (AEB) de Nueva York, que ha puesto en marcha numerosos programas de investigación y colaboración con otras organizaciones, como es el caso del manual: *“Art beyond sight: a resource guide to art, creativity and visual impairment”* [3], publicado en coedición con la American Foundation for the Blind. En este manual se sintetizan los avances metodológicos puestos en práctica por AEB en sus programas de accesibilidad y en su obra en curso *“Art History through touch and sound”*, de la que se han publicado seis volúmenes, y cuyo objetivo fundamental es la enseñanza de la Historia del Arte [1].

Más recientemente podemos encontrar otros ejemplos de adaptación museológica a necesidades especiales. A finales del 2009 diversos museos británicos han implementado servicios para hacer más accesibles los contenidos especialmente a usuarios ciegos: además de los muchos servicios ofrecidos destacan los folletos adaptados, las visitas guiadas orales y los recorridos “táctiles” [4]:

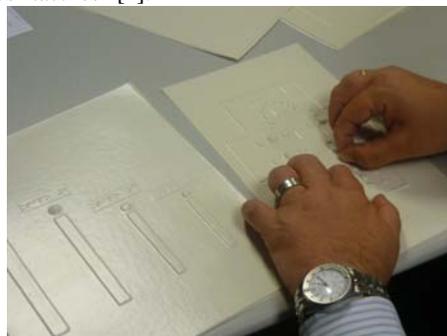


Fig. 1 Experiencia de usuario con panel gráfico de la Sagrada Familia.

La Royal National Institute of Blind People [5], genera un inventario en permanente actualización sobre los museos adaptados para ciegos y sus servicios.

No obstante podríamos discutir si la importancia de la noticia radica en la innovación de las aplicaciones implementadas o en el considerable retraso en la implementación de estas soluciones.

También encontramos implementaciones para espacios abiertos como las “Visitas guiadas para ciegos en el Zoo de Buenos Aires” [6] que no obstante necesitan de personal de apoyo y otras iniciativas que buscan la total independencia del usuario que visita la instalación como la del “Parque de la Naturaleza de Cabárceno” [7]. No obstante mayoritariamente podemos afirmar que los cines, museos y otros centros de ocio público, tienden a una cierta marginación de los discapacitados al no tener una correcta accesibilidad para estos [8].

Centrándonos en un entorno museístico podemos afirmar que cada vez más se empiezan a extender nuevos desarrollos, destacando por su innovación los casos singulares de dos museos italianos, el de Omero en Ancona y de Anteros en Bolonia [9]. En el primero de ellos pueden encontrar toda la información en braille y pensando en su movilidad han implementado un sistema electrónico (“walk assistant”) que siguiendo una línea amarilla en el suelo con un bastón especial les permite recibir información de las piezas expuestas [10]. El Museo de Anteros destaca por sus desarrollos informáticos y materiales en relieve de cara a facilitar la visita de usuarios ciegos.

Es justamente la aplicación y utilización de herramientas informáticas de diseño y el estudio detallado del uso que deben recibir dichas soluciones finales donde no solo centramos nuestro trabajo, sino que también podemos encontrar esfuerzos en los últimos tiempos: Probablemente uno de los mejores ejemplos ha sido la creación del Museo Tiflológico [11, 12] de la ONCE (Organización Nacional de Ciegos de España), inaugurado en 1992 en Madrid y donde se pretende ofrecer a las personas ciegas la posibilidad de acceder a un museo de forma normalizada, sin que la deficiencia visual genere una barrera insalvable para el usuario a la hora de estudiar o disfrutar las piezas [13]. La creación de este museo y de las colecciones que en él se albergan provienen de unos estudios pormenorizados de diversos antecedentes históricos [14] en la generación de museos adaptados a personas con diversas discapacidades.

Centrándonos en los contenidos, debemos recordar que dentro de las artes plásticas, la escultura es la más accesible para los usuarios ciegos [15], al permitir una exploración táctil de los originales y la pintura la más inaccesible [16], mientras que la arquitectura se encuentra en una posición intermedia [17] gracias al empleo de recursos como las maquetas que, al igual que la escultura no sólo permiten una exploración táctil del modelo sino que facilitan el procesamiento y síntesis de los datos obtenidos a través de la percepción háptica [18]. Las características de la maqueta y por consiguiente su proceso de diseño y realización se antojan de vital importancia en la consecución de una experiencia satisfactoria. El trabajo con tecnologías infográficas nos debe permitir una mayor adaptabilidad de los contenidos y la posibilidad de trabajar con diversos formatos de salida (reales y virtuales) de manera que la información se pueda adaptar a las necesidades de cada tipo de usuarios. Tanto la maqueta, como su ubicación como el recorrido necesario para llegar a la misma deben ser accesibles, conjugando espacios y formas para una codificación de la información gráfica adecuada.

Finalmente indicar la existencia de diversos estudios sobre los museos adaptados a usuarios con discapacidades [19]. Para garantizar el acceso a los contenidos se han estudiado elementos que facilitan dicho acceso como por ejemplo: la accesibilidad física sin deterioro de los originales, supresión de barreras arquitectónicas, instalación de paneles y planos adecuados, optimización de las zonas de circulación con combinación de pavimentos, texturas y colores adecuados, información audiovisual, etc... Todos estos estudios basados en la comprobación objetiva del entorno de estudio por usuarios expertos en la discapacidad o sin discapacidad no han tenido en cuenta la experiencia de uso de los visitantes, ni la fase de diseño del entorno estudiado, justo los dos puntos fuertes y destacables de nuestro trabajo.

3. METODOLOGÍA

Para que la generación de la propuesta metodológica sea sostenible desde un punto de vista científico podemos definir 6 fases diferenciadas que nuestro proyecto debe tener:

- **FASE1:** Realización práctica de un proyecto y evaluación de las diversas fases del mismo.
- **FASE2:** Definición e Implementación de una metodología teórica.
- **FASE3:** Análisis de resultados de la metodología propuesta.
- **FASE4:** Modificación de la metodología en base a los resultados obtenidos.
- **FASE5:** Análisis de la propuesta metodológica modificada.
- **FASE6:** Definición de la metodología final e iteración en otros campos.

Para el presente estudio **nos hemos centrado en la primera fase, es decir en la realización de un proyecto concreto** en el estudio de la accesibilidad dentro del campo de la arquitectura: **“Creación de contenidos para una visita guiada de invidentes al Templo de la Sagrada Familia de Barcelona”**.

El proyecto se está desarrollando en la facultad de Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, como continuación de anteriores trabajos orientados a incorporar la experiencia de usuarios en el diseño de espacios accesibles [20, 21, 22, 25].

A continuación pasaremos a definir más detenidamente los **tres aspectos principales que definen la base de la fase 1**, necesaria para definir nuestra metodología:

- **El espacio expositivo** (entorno físico en el cual se visualizará la exposición): La exposición muestra los contenidos a personas con o sin discapacidades. La experiencia con usuarios permitirá fijar las dimensiones y modos más adecuados de presentación.
- **La información** (“índice de contenidos” o guía de los materiales que se exponen y dónde se exponen): La información de los contenidos se debe transmitir al usuario con sistemas de fácil lectura para una mejor comprensión de los conceptos, incluso a personas con discapacidades.
- **El material a exponer** (los modelos tridimensionales en los que está centrado el caso de estudio): Los modelos a exponer y su representación arquitectónica se sirven de los medios digitales para elaborar los prototipos tridimensionales que se muestran en la exposición. El proceso incorpora la elaboración de

prototipos digitales y físicos que deberán evaluar los usuarios.

Una vez clarificado el punto en el que nuestro proyecto se enmarca (Fase 1 del diseño metodológico) y los aspectos que implementaremos de la exposición (diseño del espacio de la información y del material a exponer), **pasaremos a definir las subfases de nuestro trabajo que nos van a permitir contralar el mismo en base a los diversos grados de intervención por parte de los profesionales, desarrolladores de contenidos y usuarios finales tanto con discapacidades como sin ellas:**

- **Sub-fase 1, Conceptos y contexto:** Los conceptos teóricos permiten la aproximación a la realidad de nuestro grupo de usuarios objetivo: aquellos con **ceguera total o parcial**. Los profesionales de estas áreas intervienen para dotar de base científica a la fase inicial del proyecto y se recogen experiencias previas para analizar la implantación llevada a cabo y su adaptabilidad a la interacción con los usuarios.

El contexto es de dos tipos: físico (del lugar y los contenidos) y social (de los usuarios). La exposición es un espacio construido que será adaptado para mostrar material relacionado con la arquitectura y el grupo de usuarios serán ciegos totales o con deficiencia visual.

- **Sub-fase 2, desarrollo de contenidos:** El material de exposición se genera con tecnología informática y de modelado tridimensional (tecnologías CAD).

En el proceso de creación de contenidos interviene personal docente y alumnos de la Facultad de Arquitectura de La Salle (Campus de Tarragona y Barcelona), de la Universidad Ramón Llull. Como paso previo el equipo de trabajo será formado y estudiará modelos de edificios existentes en dimensiones y materiales adecuados para su correcta interpretación, paneles con información que permite interpretar estos contenidos y material didáctico para los usuarios.

- **Sub-fase 3, experiencia de usuario:** Con los modelos (aspectos de la fase) generados se procede a la visita por parte de los usuarios y posterior evaluación de los mismos mediante un test de evaluación. Los usuarios que evaluarán nuestra propuesta serán de tres tipos: personas con dificultades derivadas de la visión, expertos en dicha temática, usuarios sin intervención en la fase de diseño y los mismos usuarios involucrados en las dos fases anteriores.

- **Sub-fase 4, análisis de resultados y propuesta metodológica:** Toda la información se analiza para contrastar los objetivos iniciales con el resultado final. Los desarrolladores del proyecto y los profesionales en discapacidad participan en este estudio.

Los contenidos materiales, de información y la experiencia de usuario son los parámetros más importantes en la evaluación de la propuesta metodológica.

4. FASE1: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN CASO DE ESTUDIO: GEOMETRIA Y LA OBRA DE GAUDÍ.

Sub-fase 1: Conceptos y contexto

Es preciso tener un conocimiento detallado de los parámetros técnicos que serán aplicados en el resto de sub-fases. Los técnicos en rehabilitación de la Fundación ONCE dan a conocer estos parámetros con material educativo propio del centro.

Los aspectos a considerar del espacio físico de la exposición serán adaptados siguiendo las pautas de la normativa adecuada y según los documentos desarrollados a partir de estudios al respecto [23], experiencias previas y de aplicación en proyectos similares.

Los tipos de discapacidades a considerar están determinados por las áreas de trabajo de la Fundación ONCE. Éstas se determinan en sus estatutos, artículo 8, “...serán beneficiarios potenciales de la Fundación cualquier persona de nacionalidad española afectada de discapacidad, física, psíquica, sensorial o mental, conforme a la regulación y calificación legal vigente de las minusvalías...”.

De todas ellas, serán objeto de estudio de nuestro trabajo las que afectan a las personas con ceguera total o parcial. Estas disfunciones parciales afectan a la vista de dos maneras: en su precisión (imagen focalizada) y/o percepción (imagen borrosa).

Se considera el tacto como el sentido sensorial más destacado que permitirá la lectura de los materiales expositivos a desarrollar en el proyecto. Además de los modelos tridimensionales, se empleará el lenguaje Braille (tamaño de fuente de 20 puntos e interlineado de 33 puntos) y textos con tipografía con contraste se incluyen en las descripciones de los contenidos.

Sub-fase 2: Desarrollo de Contenidos

El caso práctico donde experimentar la Fase 1 del proyecto consiste en una exposición. La temática es la **aplicación de la Geometría en la Obra del arquitecto Gaudí**, concretamente en el Templo de la Sagrada Familia de Barcelona.

Los desarrolladores de los contenidos se dividen en grupos de 3 o 4 personas. Cada grupo tiene que debe crear los siguientes contenidos:

1. Modelo tridimensional de la geometría de un elemento arquitectónico del templo (hiperboloide, superficie de transición, helicoide, conoide y curva catenaria)
2. Modelo tridimensional del elemento arquitectónico (lucernario, columna de doble giro, escalera de caracol, cubiertas sinusoidales y arcos de la estructura del templo).
3. Panel gráfico en relieve descriptivo del tema.
4. Texto descriptivo (Braille).

Para cada contenido se emplearán las aplicaciones tecnológicas adecuadas, que en algunos casos serán programas de diseño asistido por ordenador CAD o en otros casos software específico para traducción en Braille y también dispositivos de generación de patrones en relieve.

Las aplicaciones en el desarrollo de los modelos tridimensionales tienen como objetivo la generación de los patrones necesarios para modelar con diversos materiales los prototipos arquitectónicos. El proceso se divide en los siguientes pasos:

- Modelado 3D de los prototipos con software de diseño asistido por ordenador.
- Generación de patrones a escala para reproducir en madera y yeso el prototipo (ver Figuras 2 y 3).
- Creación del contra-molde en caucho del prototipo.
- Creación del prototipo en resina.

En las etapas iniciales se emplean estas tecnologías para facilitar la generación de los prototipos. La síntesis geométrica se obtiene en el proceso de análisis de la forma del elemento arquitectónico a analizar [24]. Éste se define en una de sus partes para poder realizar el proyecto de detalle.

Este proceso permite a los desarrolladores comprender y analizar las geometrías empleadas por el arquitecto Antonio Gaudí y poder expresarlas en los prototipos.



Figura 2. Modelo arquitectónicos de las Escuelas de la Sagrada Familia.



Figura 3. Escuelas de la Sagrada Familia

Sub-fase 3: Experiencia de usuario

El universo de usuarios que han participado en el estudio se clasifica por:

- | | | |
|---------------------|-----------------|------------|
| • Edad | de 20 a 30 años | 2 usuarios |
| | de más de 40 | 3 usuarios |
| • Discapacidad | visión parcial | 2 usuarios |
| | ceguera total | 3 usuarios |
| | adquirida | 3 usuarios |
| | congénita | 2 usuarios |
| • Nivel de estudios | medio | 2 usuarios |
| | alto | 3 usuarios |

En la fase de desarrollo se han realizado 3 evaluaciones para definir la capacidad de comprensión por parte de los usuarios de los contenidos creados para la exposición:

1. Evaluación del modelo geométrico.
2. Evaluación del modelo arquitectónico y panel gráfico en relieve [Figura 2].
3. Visita a la obra (Templo de la Sagrada Familia).

En cada evaluación se realizan test a los usuarios de los que se extraen los resultados finales del proceso completo. Las preguntas se refieren a los siguientes apartados:

- Experiencia en museos adaptados y valoración de accesibilidad.
- Conocimientos de Geometría, Arquitectura y obra del arquitecto Gaudí.
- Comprensión del modelo geométrico y su aplicación en la obra del templo.

Sub-fase 4: análisis de resultados y propuesta metodológica

Del grupo de voluntarios que han participado en el proyecto, el perfil de público abarca todas las edades, mayoritariamente mujeres para el caso de la primera evaluación. Las discapacidades visuales se reparten de forma equilibrada (ceguera total y parcial), así como el origen (discapacidad adquirida o congénita). El nivel de estudios es medio-alto (con bachillerato o carrera universitaria), de manera que la comprensión de los modelos no resultó complicada.

En la valoración sobre la experiencia de los usuarios frente a la accesibilidad en museos adaptados o no adaptados, hay una coincidencia en la opinión general, y es la necesidad de incorporar estos parámetros en la gran mayoría de museos. Los que ya tienen adaptados algunos de los espacios, son escasos, y los más conocidos se sirven de métodos guiados que no permiten la autonomía total del visitante. La valoración sigue siendo baja exceptuando casos puntuales como el Museo Tifológico de la ONCE en Madrid.

Los conocimientos de los usuarios en las materias del tema escogido son básicos. La arquitectura es el tema más cercano, pero cuando se pregunta acerca de un arquitecto o su obra, el resultado no es tan bueno. La geometría también es un tema poco conocido. Las valoraciones de la comprensión del modelo geométrico es bastante buena excepto en uno de ellos, la superficie de transición.



Figura 4: Evaluación de modelos geométricos por usuarios discapacitados.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes del estudio són:

- El proceso de generación de las geometrías con aplicaciones tecnológicas permite realizar modelos de gran complejidad formal.
- La creación de prototipos y su evaluación por usuarios en el proceso de diseño ayuda a perfeccionar los modelos para la exposición.
- La geometría es interpretada con facilidad independientemente del nivel de conocimientos de la materia.
- La discapacidad de visión no es un factor decisivo en la comprensión de los modelos geométricos, ya que el tacto resulta la herramienta decisiva para su rápida interpretación.
- La obra arquitectónica escogida es de gran complejidad, pero la selección de elementos singulares facilita la comprensión del conjunto.
- La diferencia entre los elementos geométricos escogidos no es determinante para su interpretación por los usuarios.

6. REFERENCIAS CITADAS

- [1] **J. Muñoz Arroyo**, *El arte en tus manos: actividades de exploración táctil en la exposición "Obras maestras del patrimonio de la Universidad de Granada"*. 2007, Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 50, pp 38-47. ISSN: 0214-1892
- [2] **Eriksson, Y.** *Tactile pictures: pictorial representations for the blind*, 1998, 1784-1940. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- [3] **Axel, E.S.** *Art beyond sight: a resource guide to art, creativity, and visual impairment*. Levent, N.S. (Eds.). (2003). New York: American Foundation for the Blind, Arte Education for the Blind.
- [4] <http://www.diariodelviajero.com/museos/servicios-especiales-para-visitantes-ciegos-en-museos-britanicos>
Consultado 1 de marzo 2010
- [5] <http://www.rnib.org.uk/Pages/Home.aspx>
Consultado 10 de marzo 2010
- [6] <http://www.diariodelviajero.com/america/visitas-guiadas-para-ciegos-en-el-zoo-de-buenos-aires>
Consultado 23 de marzo 2010
- [7] <http://www.diariodelviajero.com/espana/el-parque-de-la-naturaleza-de-cabarceno-ahora-preparado-para-ciegos>
Consultado 23 de marzo 2010
- [8] <http://revista.consumer.es/web/es/20021201/pdf/tema-de-portada.pdf>
Consultado 23 de marzo 2010
- [9] <http://www.nodo50.org/utlai/itaca/2museos.htm>
Consultado 23 de marzo 2010
- [10] www.museoimero.it
Consultado 23 de marzo 2010
- [11] <http://www.nodo50.org/utlai/museos3.htm>
Consultado 23 de marzo 2010
- [12] <http://www.once.es/new>
Consultado 23 de marzo 2010
- [13] **Benito, G.** *Inaugurado el Museo Tiflológico* (1993). Perfiles 81, 35-37.
- [14] **Cano, B.C.**, *Antecedentes históricos de las colecciones del Museo Tiflológico*. 2001. Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 36, pp 17-28, [15] **Rowland, W.** *On dirait une fleur: dossier sur les aveugles*. 1973. Nouvelles de l'ICOM 3 (26), 97-101.
- [16] **Cela, E.** *Comunicar el arte a los ciegos: La Capilla Sixtina*. 1998. Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 27, pp.60-63,
- [17] **Consuegra, B.** *Maquetas accesibles a las personas con discapacidad visual*. 1998. Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 28 pp. 16-20.
- [18] **Ballesteros, S.** *Psicología del tacto I: representación háptica de patrones realzados y objetos (vídeo)*. 1993 Madrid: CEMAV. Universidad Nacional de Educación a Distancia
- [19] <http://www.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd5413.pdf>
Consultado 23 de marzo 2010
- [20] **Navarro, I.**, *Naturaleza para todos. Tecnología para una señalización adaptada*. (2008) CISCI Proceedings. Vol 3. Pp. 39-44. Orlando. USA.
- [21] **Navarro, I., Fonseca, D.**, *Accesibilidad Web en entornos culturales* Conferencia IADIS Ibero-Americana WWW/Internet — CIAWI 2008. Lisboa, Portugal, Pp 583-585.
- [22] **Villegas, E., Pifarré, M., Fonseca, D. Garcia, O.**, *Requisitos de integración en una comunidad virtual web para usuarios discapacitados utilizando la combinación de diferentes líneas metodológicas*. 2008. CISCI Proceedings. Vol 3. Pp. 45-50. Orlando. USA.
- [23] **López, Marta.** *Accesibilidad y adaptabilidad, tipos de barreras*. Barcelona, 2006
- [24] **Gómez Serrano, José.** *Gaudí, la búsqueda de la forma*. 2002. Ed. Lunwerg
- [25] **Fonseca, D., y otros.** *An Image-Centred "Search and Indexation System" based in User's Data and Perceived Emotion*. [ed.] ACM. Vancouver, Canada : HCC '08, ACM, New York, 2008. Proceeding of the 3rd ACM international Workshop on Human-Centered Computing . págs. 27-34.

