

## **Navegación en espacios hipermediales utilizando teoría de grafos (\*)**

Adelaide Bianchini, M. Sc.

Depto. de Computación y Tecnología de la Información  
Universidad Simón Bolívar  
Apto. Postal 89000  
Caracas 1081 – Venezuela  
Telf. ++58-2-9063267  
*e-mail: abianc@ldc.usb.ve*

### **RESUMEN**

En ambientes hipermediales, especialmente aquellos de grandes dimensiones como el WWW, la descripción de las navegaciones no puede considerarse una tarea sencilla, no sólo por la estructuración de los hiperdocumentos sino por los cambios dinámicos de las navegaciones, generados cada vez que ingresa un hiperdocumento a ese espacio complejo. A pesar de los grandes esfuerzos para definir y diseñar mejores interfaces, la desorientación del usuario sigue siendo un problema, consecuencia natural del proceso de navegación y de la estructuración general de los hiperdocumentos.

En el presente trabajo se expone un enfoque particular utilizando como marco de referencia conceptos y algoritmos de teoría de grafos, para describir mecanismos y herramientas de navegación utilizados para aliviar la desorientación del usuario en ambientes hipermediales.

**Palabras claves:** Hipermedia, teoría de grafos, herramientas de navegación.

---

\* Publicado en las actas electrónicas de las Jornadas Chilenas de Computación, VIII Encuentro Chileno de Computación, Santiago de Chile, Noviembre 2004. ISBN: 956-7069-53-0

## I. INTRODUCCION

Hipermedia es el resultado de la combinación del hipertexto y la multimedia, donde hipertexto se entiende como la organización de una base de información en bloques discretos de contenido llamado nodos (en su mínimo nivel), conectados a través de enlaces cuya selección genera distintas formas de recuperar la información de la base; la multimedia consiste en la tecnología que utiliza la información almacenada en diferentes formatos y medios, controlados por un usuario [Balasubramanian, 1995], [Bianchini, 1992], [HypRep, 1987], [Rada,1991].

Las propuestas de los autores especializados en el campo hipermedial y las herramientas de navegación, suelen basarse en la teoría de grafos, adaptándola de diferentes formas [Capps et al, 1996], [Car, 1997], [Crouch et al, 1989], [Kopetzki et al, 1999], [Lim et al, 1998] dando lugar, entre otros, a modelos basados en hipergrafos, bigrafos, redes de Petri, hiperredes o grafos dinámicos interactivos [Díaz et al, 1996] y [Zizi, 1996]. En [Furner et al, 1996] se presentan conceptos de teoría de grafos y medidas de similaridad que pueden ser aplicados en el campo de la recuperación de información en estructuras hipertextuales, dando origen a una comparación de distintas métricas para asociar el concepto de consistencia de indización con el concepto de enlaces en hiperdocumentos.

Desde el punto de vista operacional, en [Greer et al, 1997] se exploran mecanismos de recorrido "*breadth - depth first search*" en grafos, en las consideraciones de diseño de herramientas de navegación, como visitas guiadas e historias, en páginas del WWW.

En ambientes hipermedios no alcanza con definir cómo se organizan los nodos y enlaces, se requiere de la descripción de la dinámica, es decir las navegaciones que constituyen el primer medio que tiene el usuario para acceder a los contenidos. La característica básica del acceso a través de la navegación es que el usuario se "mueve" a través de los enlaces sin necesidad de ayudas externas.

La descripción de la dinámica en ambientes hipermediales no es una tarea sencilla, no sólo por la estructuración de los hiperdocumentos, sino por los cambios dinámicos de las navegaciones, generados cada vez que ingresa un nuevo documento en el hiperespacio. Un problema que se desprende cuando se utilizan enlaces en hiperdocumentos, es el de la desorientación del usuario [Conklin, 1997] que al navegar a través de los documentos enlazados, está siguiendo un camino y en algún instante pierde ese camino y no sabe como recuperarlo [Nielsen, 1990], [Pintado et al, 1989], [Stephens, 1995].

Desde el punto de vista del usuario, se han estudiado las estrategias que éstos llevan a cabo para realizar las operaciones de búsqueda y visita en hiperdocumentos. Muchas de las investigaciones han logrado categorizar y caracterizar las estrategias de navegación [De Bra et al, 1995], [De Vocht, 1994], [Catledge et al, 1995]. Estos resultados, en algunas ocasiones, han servido de base para crear nuevos mecanismos de navegación. Por tal motivo el proceso de navegación no puede estudiarse desde el punto de vista computacional, sino que se requiere de un marco de referencia que involucre además aspectos cognitivos y semánticos para comprender realmente el problema que se está atacando.

En base a las premisas anteriores, en el presente trabajo se presenta el resultado de una revisión bibliográfica sobre herramientas y mecanismos de navegación, proponiendo una clasificación de estrategias de navegación por parte de los usuarios y una clasificación de herramientas; estas herramientas y las estrategias identificadas se llevan a un esquema particular en el cual se modelan y conceptualizan las herramientas como conceptos y algoritmos de teoría de grafos, obteniéndose así una visión diferente para el tratamiento del problema de desorientación en espacios hipermediales, que en lo sucesivo se denominará PDH.

## II. EL PROCESO DE NAVEGACION EN AMBIENTES HIPERMEDIALES

La navegación es el proceso básico de planificar, describir y controlar una travesía en un ambiente, ya sea natural, físico o un espacio electrónico complejo [Sorrrows, 1998], como es el caso de los espacios hipermediales. En esta sección se examina la literatura sobre el concepto de navegación y algunos enfoques utilizados para describir los procesos que están involucrados, ya sea desde el punto de vista del usuario, como de los sistemas hipermediales que existen.

Este tópico ha sido ampliamente investigado [Nielsen, 1990] y se ha convertido en punto clave de varias conferencias en el área como en [CHI,1995] y [CHI, 1997] entre otros.

El proceso de navegación tiene asociado diversos problemas, como lo es la carga cognitiva generada sobre el usuario, ya que se requiere de esfuerzo y concentración adicional para llevar a cabo múltiples tareas o "caminos" a la vez [Conklin, 1987]: el usuario no conoce la forma en que está organizado el hiperdocumento, si lo que está buscando está incluido en él, y en tal caso cómo buscarlo.

Estos esfuerzos se relacionan con la orientación, las formas de navegación y la interfaz. Los términos orientación y navegación implican la concepción de un hiperdocumento como un espacio [Thüring et al, 1995], los cuales se definen como sigue:

- Orientación: es un mecanismo con el cual se persigue ayudar al usuario a encontrar el camino a seguir para lograr su objetivo.
- Navegación: es un mecanismo con el cual se persigue ayudar al usuario a construir esos caminos.

Según las investigaciones, el PDH es la combinación de las siguientes dos situaciones: una vez que el usuario encuentra información interesante, debe leerlo en ese momento, ya que es posible que no sea capaz de encontrarla de nuevo; y mientras navega, el usuario puede confundirse y no saber realmente donde se encuentra.

Las soluciones que se han implementado en ambientes hipermediales, y otros sólo a nivel de modelo, se basan en lo siguiente:

- El usuario debe poder identificar su posición actual respecto a toda la estructura del hiperdocumento.
- El usuario debe poder identificar la información alcanzada respecto a un contexto dado en el hiperdocumento.
- El usuario debe poder reconstruir el camino que siguió para llegar a ese lugar.
- El usuario debe ser capaz de distinguir las diferentes opciones para moverse a otra posición.

En la próxima sección se describe el enfoque metodológico para la interpretación del problema de desorientación.

## **II.1. Enfoque metodológico para la interpretación del problema de desorientación.**

Existen tres disciplinas distintas a través de las cuales se ha estudiado el problema de desorientación en espacios hipermediales –PDH– relacionadas con el proceso de construcción de hiperdocumentos e hipertextos. Ellas son la ciencia cognitiva, la ingeniería de software para lo referente al diseño de hipertextos y el área de interacción hombre-máquina para lo referente al diseño de interfaces.

En el presente trabajo se dedica atención a los aspectos cuya responsabilidad recae en ingeniería de software, como lo es la estructuración del hiperdocumento y los mecanismos de navegación, sin perder de vista los aspectos cognitivos y los elementos de interfaz. Considerando la estructuración de hiperdocumentos y elementos de interfaz, en el marco de referencia se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. El usuario tiene necesidades de obtención de información. Para ello hace uso de recursos mentales y se abastece de estrategias de cómo obtener la información, considerando el espacio complejo en el cual se está moviendo. Esta área tiene que ver con los aspectos cognitivos y modelos mentales que crea el usuario para interpretar y representar el espacio que está navegando.
2. Estas estrategias son los insumos necesarios que los desarrolladores utilizan para definir y diseñar hipertextos, sistemas hipertextos e hiperdocumentos: involucra todo lo referente a la estructuración del hiperespacio y todos los procesos que sobre éste pueden llevarse a cabo, como lo son aquellos mecanismos de navegación y ayudas ofrecidas al usuario.
3. Parte de los mecanismos requieren de visualizaciones particulares como respuesta a solicitudes del usuario, por lo que los elementos de interfaz definirán los modos de interacción y comunicación.

El razonamiento anterior sugiere que el estudio del PDH debe considerarse desde el punto de vista del usuario, y el enfoque a seguir es entender si los mecanismos que los diseñadores han implementado están acordes con las estructuras mentales que había elaborado el usuario, navegando en estos espacios complejos. La descripción del enfoque utilizado se reporta en [Bianchini, 1999b].

La hipótesis de este trabajo fue, que los mecanismos pueden describirse como operaciones sobre una estructura de grafos, basados en el hecho que un espacio complejo como lo es el hiperespacio, simula la forma en que los individuos asocian sus ideas en el cerebro –base del paradigma de hipertexto–, es decir un grafo dirigido. De ahí que los mecanismos deben actuar sobre este tipo de representación. A continuación se exponen paso a paso los aspectos considerados en el esquema propuesto, comenzando por clasificar las estrategias de navegación que utilizan los usuarios.

## II.2. Clasificación de estrategias de navegación.

Esta sección tiene como objetivo reportar un conjunto de estudios llevados a cabo para entender la forma en que los usuarios se mueven en espacios complejos como el hiperespacio. Diversos autores han intentado descomponer el problema, así por ejemplo en [Wright et al, 1990] se distingue entre navegación interna, esto es aquella que forma parte del hiperdocumento, y externa como aquella posibilitada por las herramientas de navegación genéricas, independientes del hiperdocumento. En sus experimentos los lectores de hiperdocumentos preferían el uso de un índice externo, como tabla de contenidos de un libro; en otros, menos parecidos a un libro, los usuarios preferían la navegación interna.

En otra investigación, [Monk, 1990] analiza las pautas de conducta de los usuarios, distinguiendo entre navegación exploratoria, cuando no se tiene un objetivo o destino definido, y dirigida cuando el usuario formula una sub-meta para acceder a una localización conocida dentro del hiperespacio. En la exploratoria, los usuarios al vagar por el hiperdocumento, pueden sentirse perdidos, pero su objetivo es examinar contenidos sin un plan sistemático.

Otros estudios se han llevado a cabo, como se reporta en [Catledge et al, 1995], [Jul et al, 1997], [Salampasis, 1995], [De Vocht, 1994], entre otros. Un resumen esquemático de estas y otras caracterizaciones se reporta en [Bianchini, 1999b].

Para efectos de este trabajo, se presenta la siguiente clasificación de estrategias:

- **Navegación dirigida:** el usuario define el objetivo mediante:
  - *Localización* en base a algún identificador
  - *Dirección* o acceso directo por tablas de contenido
  - *Búsqueda*, a través de palabras claves e índices
- **Navegación no dirigida:** el usuario explora los contenidos sin objetivo claro, y la exploración puede ser:
  - *General restringida*, basada en los caminos provistos por el autor del hiperdocumento, activando primero los enlaces en un mismo nivel, y luego sigue de la misma manera en los siguientes niveles.
  - *General amplia*, el usuario sigue algún camino, activando enlaces para alcanzar contenidos cada vez más alejados de su posición inicial.
  - *Errática*, el usuario explora contenidos totalmente al azar.

## II.3. Herramientas y ayudas en ambientes hipermediales.

En la revisión llevada a cabo se encontró una variedad de herramientas de navegación, ya sea implementadas a nivel de hipertexto, aquellas implementadas a nivel de hiperdocumento y otras implementadas a nivel de los navegadores que existen en el mercado. La diferencia entre ellos es la siguiente:

1. Algunos autores proveen ambientes gráficos o textuales para guiar a los usuarios en el recorrido y búsqueda de información, incorporando formas particulares para visualizar el hiperdocumento, ya sea en base a índices o tablas de contenido, o a través de diagramas en los cuales se le informa al usuario el camino recorrido y lo que "falta por explorar", así como indicadores de seguir adelante, regresarse, subir o bajar un nivel de conceptos.
2. Los sistemas hipertextos, con los cuales se han escrito los hiperdocumentos, incorporan algunas de las herramientas, y son éstas las que se utilizan para leer tales hiperdocumentos.

3. Los navegadores proveen al usuario una historia del recorrido llevado a cabo, – este es el caso de los navegadores “*Mosaic*”, “*Netscape*” y “*Explorer*”, donde se almacena en forma de pila los sitios por los cuales se ha pasado; al igual que algunos mecanismos para almacenar sitios de interés que puedan ser localizados fácilmente con el simple acceso a la lista de esos sitios como los llamados “Bookmarks” en “*Netscape*”, “Preferidos” en “*Explorer*” y “Hotlist” en “*Mosaic*”.

Cualquier sea el mecanismo, sus acciones se llevan a cabo sobre la estructura y contenidos de los hiperdocumentos y estas acciones recuerdan, en forma natural, recorridos en grafos.

La clasificación representativa de herramientas que se logró en la investigación es la siguiente:

• **Herramientas y ayudas de acceso directo**, proveen al usuario de una proyección uno a uno, tomando como dominio el hiperdocumento y llevando los contenidos de estos a distintas formas de visualización. En base a la naturaleza del rango de la proyección, estas ayudas se dividen en:

**1. Ayudas textuales:** presentan al usuario una descripción textual de los objetos que la proyección generó del hiperdocumento. Ejemplo de estas ayudas son las tablas de contenidos, similares a las de los libros y donde se representan relaciones semánticas y/o jerárquicas. Otro ejemplo es la tabla de índices, en la cual se listan las palabras claves que se encuentran en el hiperdocumento.

**2. Ayudas gráficas:** presentan al usuario una descripción gráfica de los hiperdocumentos, mostrando el grafo como mapas y diagramas. Otras herramientas muestran gráficamente el recorrido realizado sobre el hiperdocumento, como es el caso de la herramienta “RECENT” de *HyperCard* [Goodman, 1987]. Según el alcance de estos mapas, ellos se dividen en:

a) **Mapas locales**, se utilizan para presentar al usuario una vista de los contenidos de información en un área o contexto local, visualizándose hasta un cierto nivel de enlaces. Estas ayudas están restringidas al tamaño del hiperdocumento y de la pantalla de visualización, y se generan en forma dinámica en aquellos ambientes hipermediales abiertos como el WWW; en caso de hipermedios cerrados, basta con una generación estática del diagrama en el momento de la creación de la aplicación. En “*Microcosm*” [Hall et al, 1996], la herramienta de este grupo muestra las posiciones relativas de documentos que están enlazados a un documento central, por lo que hace uso de la estrategia de hallar el nodo central de un grafo [Aho et al, 1983].

b) **Mapas globales**, tienen un alcance mayor y representa todo el hiperdocumento en la aplicación, y en caso de un gran número de nodos y enlaces, estos mapas son difíciles de generar y una vez generados son poco prácticos por el volumen de información que el usuario debe visualizar en el espacio de pantalla. Cuando los mapas son globales, se debe orientar al usuario, indicándole su posición, aquellos nodos no alcanzables desde esa posición, aquellos nodos sumideros desde los cuales no puede seguir navegando y aquellos pedazos de hiperdocumento que constituyen islas dentro de ese hiperespacio. Basado en lo anterior, estas ayudas hacen uso de operaciones de alcance de documentos mediante cálculo de matrices de alcance y clausura transitiva; en el caso de búsqueda de documentos aislados, el método algorítmico es la búsqueda de componentes fuertemente conexas. Se utilizan, además, los algoritmos para el dibujado de grafos.

• **Herramientas generales**, son aquellas que pueden hacer uso tanto de texto como de gráficos, sin embargo su semántica está asociada al recorrido que el usuario está realizando sobre el hiperdocumento o la forma en que el autor pensó que pudiese recorrerse. Entre estas ayudas se encuentran las **visitas guiadas**; el almacenamiento del recorrido llevado a cabo por el usuario, llamada **historia**; la herramienta que posibilita el marcar sitios de interés en el momento de un recorrido y son llamados **marcas** (“bookmarks”, “landmarks”). Por último, la herramienta propia del ambiente que es mediante la activación de los enlaces provistos ya sea por el autor, y aquellos provistos por el sistema como es el caso de regresar al nodo anterior visitado (“Back”), presente en todos los navegadores.

Para efectos de este trabajo, se revisaron las herramientas más utilizadas en los hipermedios, las cuales se describen a continuación:

**Visita guiada:** es un mecanismo que representa un camino lineal a través de un hiperdocumento y se utiliza generalmente para ayudar al usuario a familiarizarse con los contenidos. Una característica de esta herramienta es que el usuario puede abandonarla cuando lo desee y continuar navegando por el hiperdocumento, pudiendo reiniciar la visita en el punto en que la dejó. En el ámbito general y en el educativo en particular, una visita guiada debería

corresponder a una secuencia de conceptos que el autor desea comunicar al usuario, por lo que surge naturalmente el concepto de precedencia, el cual se modela en grafos mediante el ordenamiento topológico, siempre que la estructura del hiperdocumento lo permita, es decir debe ser un grafo dirigido acíclico.

**Historias:** es un mecanismo que provee al usuario la posibilidad de regresarse a un punto anterior, si lo desea, o en caso de encontrarse en un lugar poco familiar o confuso. El usuario puede realizar "*backtracking*", es decir recuperar el camino recorrido, realizándolo a la inversa, alcanzando los nodos previos al que se encuentra en cada momento. Este mecanismo se propone como la creación del recorrido en forma de pila, sin embargo si el recorrido se lleva a cabo con la estrategia DFS, es decir búsqueda en profundidad, se tienen reportes que en el momento de activar un enlace que devuelve al usuario a un nodo visitado, todo el recorrido almacenado en la "historia" se pierde. Esto ocurre en los navegadores *Netscape* y *Mosaic* según se reporta en [Jones et al, 1998]. El hecho ocurre porque se utiliza una pila para almacenar los nodos visitados y no se almacena el bosque cobertor generado por la visita en DFS [Aho et al, 1983]. Una herramienta que entra en esta categoría es "*WebMap*" reportado en [Dömel, 1994], donde se registra la topología del hiperdocumento, creando y actualizando un mapa bidimensional que representa las visitas del usuario a través del hiperespacio, analizando en forma dinámica las acciones llevadas a cabo; para eso la herramienta va calculando un árbol expandido con una modificación a los algoritmos conocidos. La diferencia es la siguiente: en el árbol que se construye existen dos tipos de arcos, diferenciados gráficamente: los arcos-árbol (arcos que unen nodos accesados por primera vez, con su predecesor) y los no-arcos-árbol (arcos que unen el resto de los nodos ya visitados en el hiperdocumento).

**Marcas:** son herramientas que actúan como señalizaciones. La diferencia entre las marcas, –generalmente llamadas "*bookmarks*", "*hotlist*" y "*landmarks*"–, y la lista histórica de los nodos recorridos es que las marcas son insertadas en una lista si y solo si el usuario lo desea. El problema asociado a las marcas es que éstas residen en el cliente del hipermedio: sin un usuario decide navegar el hipermedio en otro cliente, entonces no podrá acceder a su lista de documentos marcados.

**Índices:** son mecanismos textuales y ayudan al usuario a encontrar términos, palabras o frases en grandes bloques de información. Algunos son alfabéticos, donde se listan una serie de palabras claves, no estructuradas, que son utilizados como enlaces y referencia hacia los nodos en los cuales se tratan esos conceptos; los otros son jerárquicos y son mayormente estructurados y en ocasiones los usuarios, mediante este tipo de índices, se hacen un mapa conceptual del hiperdocumento de una manera más confiable que con el uso de índices alfabéticos. La elaboración de índices no es una tarea sencilla, y es una herencia del área de recuperación de información. El uso intenso de esta herramienta se debe a la existencia de motores de búsqueda que basados en el proceso de recuperación de información sobre textos, recorren el espacio hipermedial barriendo ya sea los meta índices que se incluyen en los encabezados de los documentos o un barrido exhaustivo sobre el contenido textual de los documentos. En el caso de hipermedia, donde la búsqueda es sobre contenidos no textuales, existen problemas aún sin resolver, ya que se requieren de herramientas de reconocimiento de patrones y búsquedas semánticas en bases de datos multimedia.

**Mapas:** estas herramientas se basan en la metáfora del mapa turístico y han sido denominadas de muy diversas formas en la literatura. En estos esquemas, se le indica al usuario hacia donde puede moverse, se le señala en cual lugar se encuentra y tiene la posibilidad de saltar directamente a otras secciones. Los diagramas o mapas que incluyen sólo grupos de nodos fuertemente relacionados simplifican los esquemas de visualización, evitando la carga cognitiva y facilitan percepciones globales de la estructura general del hiperdocumento e hiperespacio. Si cada grupo o cluster posee el esquema nodo-enlace, la navegación se facilita al simplificar la estructura.

Los enfoques utilizados para la elaboración de estos mapas son los siguientes:

- a) visualizar la estructura en forma de árboles o bosques, con lo cual se crean estructuras jerárquicas.
- b) visualizar el hiperdocumento como un grafo ya sea dirigido, no dirigido o acíclico.
- c) visualizar el hiperdocumento como una estructura espacial, es decir se muestran las relaciones espaciales entre los documentos. Uno ejemplo de este enfoque es el uso del concepto de "estructura de vecinos" generado por algoritmos de búsqueda de clusters.

En el primer y tercer caso, se está haciendo referencia a la creación de clusters y agregados [Botafogo et al, 1991], en el cual se construyen jerarquías haciendo uso de algoritmos para la identificación de raíces y luego la identificación de las referencias de estas raíces hacia otros nodos en los subsiguientes niveles, trabajando

eminentemente con matrices de distancia convertidas [Rivlin et al, 1994] y métrica asociada a la excentricidad de los nodos en un grafo [Aho et al, 1983]. Este enfoque ha sido utilizado en varias herramientas, entre las cuales se encuentran: aquella reportada en [Durand et al, 1998] con la implementación del producto “MAPA”, que además utiliza el algoritmo de Dijkstra para determinar e informar al usuario las relaciones más "cercanas" al sitio en el cual se encuentra; en “HTGraph”, reportada en [Chang et al, 1995] con la diferencia de utilizar una versión de recorrido BFS como forma de optimizar la graficación del diagrama; en la herramienta “*Navigational View Builder*” [Mukherjea et al, 1995], se utiliza la estrategia de creación de clusters, pero haciendo uso de medidas de similaridad entre los contenidos de información y entre las subestructuras de información o subgrafos que pueden identificarse en el hiperdocumento. Otra herramienta dentro de esta categoría es “*Webgraph*” de [Lai et al, 1999] en la cual se construyen gráficamente subgrafos del hiperdocumento y no el grafo total. Todos estos mecanismos son relativamente costosos de implementar si el espacio de información es muy grande.

Para el segundo enfoque, donde se muestra la estructura alrededor de un nodo especial y mostrando menos detalle a medida que se aleja de este nodo, se utiliza el método llamado “*fish-eye*” que destaca los espacios adyacentes al que se encuentra el lector, frente a los espacios lejanos, conceptual e hipertextualmente hablando, mostrando un único gráfico de todo el espacio de información pero con niveles variados de detalle. Este enfoque es reportado en [Furnas, 1986] y su principal problema, cuando se genera esta vista, es el decidir el nivel de detalle con el cual se presentará el diagrama y si es realmente útil al usuario ya que requiere una estimación de la distancia entre una localización determinada y el objeto de interés del usuario [Nielsen, 1990].

Para cualquiera de los casos anteriores, se hace uso de rutinas para el dibujado de grafos, como aquellas reportadas en [Sarkar et al, 1992].

### III. RESULTADOS OBTENIDOS.

**Estrategias de Navegación vs. Herramientas Generales.** Según el esquema metodológico utilizado en la investigación, las estrategias utilizadas por los usuarios definen los requerimientos para diseñar las herramientas. El primer resultado que muestra esta afirmación es la posibilidad de proyectar las estrategias *versus* las herramientas generales descritas; esta proyección se muestra en la tabla siguiente:

Estrategias	Herramientas				
	Historia	Visitas guiadas	Diagramas/ Mapas	Indices	Marcas
Localización	X				X
Dirección	X	X		X	X
Búsqueda				X	X
Exploración general restringida		X	X	X	
Exploración general amplia	X	X	X		X
Exploración errática	X	X	X	X	

Tabla I. Relación entre estrategias de navegación y herramientas generales

En esta tabla, la existencia del elemento (i,j), representa cómo la estrategia *i* puede llevarse a cabo utilizando la herramienta *j*. Como puede observarse, no existe una herramienta *j* que cubra cada una de las estrategias *i* utilizadas por los usuarios. Se concluye, entonces, que el usuario hace uso de combinaciones de herramientas para alcanzar su objetivo.

**Algoritmos en grafos vs. Herramientas Generales.** El resultado principal de la investigación, fue el hecho de modelar y conceptualizar los métodos que utilizan las distintas herramientas basándose en algoritmos y conceptos de teoría de grafos. Esto se logró al revisar los diseños e implementaciones de los ejemplos descritos anteriormente. En la tabla a continuación, se muestran los conceptos y algoritmos en grafos, mayormente utilizados como base en la implementación de cada tipo de herramienta de navegación.

Algoritmos y conceptos en grafos	Herramientas				
	Historia	Visitas guiadas	Diagramas/ Mapas	Indices	Marcas
Recorridos DFS y BFS	X	X	X	X	
Alcance		X	X	X	
Conectividad			X	X	
Orden Topológico		X		X	
Subgrafos			X	X	X
Caminos y distancia	X	X	X	X	
Arboles cobertores		X	X	X	

Tabla II. Modelaje de las herramientas revisadas en función de algoritmos y conceptos de grafos

Como puede observarse, la herramienta más versátil es mapa o diagrama, la cual hace uso de la mayoría de los algoritmos y conceptos de grafos. Esta tabla se convirtió en el insumo principal para la creación de un “Modelo Referencial de Hipermedios” [Bianchini, 1999b], en el cual se muestra que todas las operaciones sobre un hipermedio pueden ser modeladas en función de los algoritmos clásicos como recorridos DFS-BFS, alcance, orden topológico, búsqueda de caminos, entre otros; en lo que respecta a conceptos de teoría de grafos, se utilizaron los conceptos de subgrafos, conectividad y árboles cobertores.

#### IV. CONCLUSIONES.

El propósito general de esta investigación fue examinar los aspectos relacionados con el proceso de navegación en espacios hipermediales.. En este estudio se revisaron las diferencias individuales de los usuarios, respecto a las estrategias que utilizan para navegar en espacios complejos, en los cuales las estructuras de los documentos no son visibles; esto genera una carga cognitiva elevada en el momento en que el usuario desea recuperar información, por la cantidad de caminos a seguir y las pocas herramientas de orientación que existen en esos ambientes. No todas las herramientas cubren las expectativas de los usuarios, por lo que se concluye que el usuario hace uso de combinación de herramientas para alcanzar su objetivo.

Los usuarios tratan de reproducir mentalmente la organización de la información, mediante asociación de ideas; sin embargo, por la dinámica de los ambientes hipermediales y la aparición de hiperdocumentos "*on the fly*", las asociaciones realizadas en una sesión pueden no servir para sesiones posteriores. Esta situación es una de tantas que genera el llamado problema de desorientación en hipermedios. La utilización de herramientas basadas en grafos, brindará al usuario mecanismos más confiables para entender la estructuración de los hiperdocumentos, y más importante aún es la utilización de estrategias de navegación que surgen naturalmente de los algoritmos de recorridos en grafos, alcance y construcción de árboles cobertores. Desde el punto de vista de orientación en el hiperespacio y asociación de información, son fundamentales los conceptos de alcance, subgrafo, precedencia y conectividad, que sirven de base a los mecanismos de visitas guiadas, índices y mapas. Todo esto se desprende del modelaje de las herramientas en función de grafos, y reportados en la tabla II.

Tomando como base el grupo de herramientas de navegación revisadas, se pudo constatar que en su mayoría son prototipos no terminados y en pocos casos se encuentran totalmente implementados: si fuese este el caso, solo funcionan en algunas plataformas, a excepción de las herramientas incorporadas a los navegadores comerciales de WWW.

En [Bianchini, 1999b] se presenta un “Modelo Referencial de Hipermedios”, en el cual todos los aspectos operacionales, ya sean la construcción de índices, la secuencialización para implementar visitas guiadas, el proceso de vinculación ,y el proceso de proyectar un hiperdocumento sobre un mapa o diagrama, están basados en algoritmos y conceptos de teoría de grafos.

#### Agradecimiento.

Quiero expresar mi agradecimiento a la Prof. Cristina Zoltan por las opiniones, sugerencias y su ayuda desinteresada durante la elaboración de este trabajo, y a la Prof. Edna Ruckhaus por sus comentarios y la revisión del trabajo final.

## REFERENCIAS.

- [Aho et al, 1983] Aho, A., Hopcroft, J., Ullman, J. (1983): "Data structures and algorithms". Addison-Wesley Publishing Company. Reading, MA. 1983.
- [Balasubramanian, 1995] Balasubramanian, V. (1995): "State of the art review of hypermedia: issues and applications". URL: [http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/hypertext\\_review/index.html](http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/hypertext_review/index.html)
- [Bianchini, 1992] Bianchini, A. (1992): "Metodología para el desarrollo de aplicaciones académicas en ambiente multimedia". Trabajo de ascenso a la Cat. de Prof. Asociado, Universidad Metropolitana. Caracas, Octubre 1992.
- [Bianchini, 1999] Bianchini, A. (1999): "Conceptos sobre hipertexto e hipermedia". URL: <http://www.ldc.usb.ve/~abianc/Hyper/hipertexto.html>
- [Bianchini, 1999b] Bianchini, A. (1999): "El uso de grafos en la resolución del problema de desorientación en los espacios hipermediales". Trabajo de Grado, Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad Simón Bolívar. Caracas. Diciembre 1999.
- [Botafogo et al, 1991] Botafogo, R., Scheiderman, B. (1991): "Identifying aggregate in hypertext structure". Proceedings ACM Conference on Hypertext and Hypermedia - Hypertext' 91. pp. 63-74.
- [Capps et al, 1996] Capps, M., Ladd, B., Stotts, D. (1996): "Enhanced graph model in the web: multi-client, multi-head, multi-tail browsing". 5th International WWW Conference, May 1996. Paris. [http://www5conf.inria.fr/fich\\_html/papers/P19/Overview.html](http://www5conf.inria.fr/fich_html/papers/P19/Overview.html)
- [Car, 1997] Car, A. (1997): "Hierarchical graph - A Spatial Concept for an Efficient Organization of Spaces and Wayfinding". Computer-human Interaction '97. Workshop on Navigation on Electronic Worlds. March 1997. URL: <http://www.sis.pitt.edu/~car/chi.html>
- [Catledge et al, 1995] Catledge, L., Pitkow, J. (1995): "Characterizing Browsing Strategies in the World Wide Web". Proceedings Third International Conference on the World Wide Web - WWW 95. May 1995. URL: <http://www.igd.fhg.de/www/www95/papers/UserPatterns.Paper4.formatted.html>
- [Chang et al, 1995] Chang, Y., Chi, E. (1995): "HTGraph: a new method for information access over the world wide web". URL: <http://www.cs.dartmouth.edu/~samr/DAGS95/Papers/chang.html>
- [CHI, 1995] ACM Computer (1995). Human Interaction Consortium Workshop Panel: "Browsing vs. Search: Can We Find a Sinergy".
- [CHI, 1997] ACM Computer (1997). Human Interaction Consortium Workshop Report 1997.
- [Conklin, 1987] Conklin, J. (1987): "Hypertext: An Introduction and Survey". IEEE Computer, September 1987. pp. 17-41
- [Crouch et al, 1989] Crouch, D., Crouch, C., Andreas, G. (1989): "The use of cluster hierarchies in hypertext information retrieval". Proceedings ACM Conference on Hypertext and Hypermedia - Hypertext' 89. ACM Press, New York, pp. 225-237.
- [De Bra et al, 1995] De Bra, P., Houben, G, De Vocht, J., Kornatzky, Y. (1995): "Retrieval of Hypertext Structures". Internal report Eindhoven University of Technology URL: <http://wwwwis.win.tue.nl/~debra/>
- [De Vocht, 1994] De Vocht, J. (1994): Experiments for the Characterization of Hypertext Structures". Master's Thesis, Eindhoven University of Technology. April 1994. URL: <http://wwwwis.win.tue.nl/~debra/joep>
- [Díaz et al, 1996] Díaz, P., Catenazzi, N., Aedo, I. (1996): "De la Multimedia a la Hipermedia. Madrid", RA-MA Editores, Madrid. 1996.
- [Dömel, 1994] Dömel, P. (1994): "Webmap - A Graphical Hypertext Navigation Tool". The Second INternational WWW Conference Fall '94. Chicago 1994.
- [Durand et al, 1998] Durand, D., Kahn, P. (1998): "MAPA™: a system for inducing and visualizing hierarchy in websites". Proceedings ACM Hypertext '98. pp. 66-76
- [Furnas, 1986] Furnas, G. (1986): "Generalized Fisheye Views". Proceedings ACM Computer Human Interaction, CHI'86. pp. 16-23
- [Furner et al, 1996] Furner, J., Ellis, D., Willet, P. (1996): "The representation and comparison of hypertext structures using graphs". Information Retrieval and Hypertext. Edited by Agosti, M. & Smeaton, A. Kluwer Academic Publishers. London, 1996. pp 75-96.
- [Greer et al, 1997] Greer, J., Philip, T. (1997): "Guided Navigation Through Hyperspace". Proceedings of the Workshop "Intelligent Educational Systems on the WWW" 8th World Conference of the AEID Society, Japan. August 1997. URL: [http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/AEID97\\_workshop/Greer.html](http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/AEID97_workshop/Greer.html)
- [Goodman, 1987] Goodman, D. (1987): "the Complete HyperCard handbook". Bantam Book. NY. 1987.
- [Kopetzky et al, 1999] Kopetzky, T., Mülhäuser, M. (1999): "Visual preview for link traversal on the WWW". 8th International WWW Conference, Toronto, May 1999.

- [**Jones et al, 1998**] Jones, S., Cockburn, A.: "A Study of Navigational Support Provided by two World Wide Web Browsing Applications". Proceedings 7<sup>th</sup> ACM Conference on Hypertext. Hypertext '96, March 1996. pp. 161-169
- [**Jul et al, 1997**] Jul, S., Furnas, G. (1997): "Navigation in Electronic Worlds: A CHI 97 Workshop" Bulletin ACM SIGCHI, Vol. 29, N° 4, October 1997. URL: <http://www.acm.org/sigchi/bulletin/1997.4/jul.html>
- [**Lai et al, 1999**] Lai, W., Huang, M., Zhang, Y., Toleman, M. (1999): "Web Graph Display by Defining Visible and Invisible Subsets". Electronic Proceedings AusWeb 1999, Fifth Australian World Wide Web Conference. 1999. URL: <http://ausweb.scu.edu.au/aw99/papers/lai>
- [**Lim et al, 1998**] Lim, E., Paynter, J. (1998): "Design Considerations for web site design". URL: <http://www.uniforum.org.nz/conferences/1998/papers/lim.html>
- [**Mattos et al, 1998**] Mattos, R., Nicoletti, M. (1998): "Higrafos como Modelo Conceitual de Aplicativos Hipermídia". Proceedings XXVI Conferencia Latinoamericana de Informática. Panel '98. Ecuador. pp. 879-890.
- [**Monk, 1990**] Monk, A. (1990): "Getting to know locations in a hypertext". En McAleese & Green, Editores. "Hypertext: State of the Art". Oxford. 1990.
- [**Mukherjea et al, 1995**] Mukherjea, S., Foley, J. (1995): "Visualizing the World Wide Web with a Navigational View Builder". Proceedings Third International Conference on the World Wide Web - WWW 95. URL: <http://www.igd.fhg.de/www/www95/proceedings/papers/44/mukh/mukh.html>
- [**Nielsen, 1990**] Nielsen, J. (1990): "The art of navigating through hypertext". Communications of the ACM, Vol. 33, N° 3, March 1990. pp. 297-310.
- [**Pintado et al, 1989**] Pintado, X., Tschichitzis, D. (1989): "Sattelite: hypermedia navigation by affinity". Proceedings ACM Conference on Hypertext and Hypermedia - Hypertext'89. ACM Press, New York, pp. 274-287.
- [**Rada, 1991**] Rada, R. (1991): "Hypertext: from text to expertext". McGraw-Hill. 1991.
- [**Rivlin et al, 1994**] Rivlin, E., Botafogo, R., Shneiderman, B. (1994): "Navigating in Hyperspace: Designing a Structure-Based Toolbox". Communications of the ACM, Vol. 37, N° 2, February 1994. pp. 87-96.
- [**Salampasis, 1995**] Salampasis, M. (1995): "Navigation in Hypermedia". <http://osiris.sund.ac.uk/~csomsa/hyp10.htm>
- [**Sarkar et al, 1992**] Sarkar, M. Brown, M. (1992): "Graphical Fish Eye Views of Graphs". CHI '92 Proceedings, Monterrey, May 3-7, 1992. Pp. 83-91.
- [**Sorrows, 1998**] Sorrows, M. (1998): "The Role of Landmarks in Real And Electronic Environment". Workshop on "Personalized And Social Navigation in Information Space". Stockholm, 1998. URL [http://www.sis.pitt.edu/~messt17/SOA\\_mar5\\_99.htm](http://www.sis.pitt.edu/~messt17/SOA_mar5_99.htm)
- [**Stephens, 1995**] Stephens, M. (1995): "Applying cognitive theory in hypermedia design". Electronic Proceedings of the ACM Workshop on Effective Abstractions in Multimedia. November 1995.
- [**Thüring et al, 1995**] Thüring, M., Hanneman, J., Haake, J. (1995): "Hypermedia and Cognition: Designing for Comprehension". Communications of the ACM, Vol. 38, N° 8, August 1995. pp. 57-66.
- [**Wright et al, 1990**] Wright, P., Lickorish, A. (1990): "An empirical comparison of two navigation systems for two hypertexts". En McAleese & Green, Editores. Hypertext: State of the Art. Oxford. 1990.
- [**Zizi, 1996**] Zizi, Mountaz (1996): "Interactive dynamic maps for visualization and retrieval from hypertext systems". Information Retrieval and Hypertext. Editado por Agosti, M. & Smeaton, A. Kluwer Academic Publishers. London, 1996. pp 203-224.