

Aplicando modelos de procesos de *software* al desarrollo de aplicaciones hipermedia.

Jonás A. Montilva C.

Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Sistemas
Departamento de Computación
Grupo de Investigación en Ingeniería de Datos y Conocimiento
Mérida, Venezuela
e-mail: jonas@ing.ula.ve

RESUMEN

La mayoría de los métodos y técnicas existentes para el desarrollo de aplicaciones multimedia e hipermedia se concentran en el diseño y construcción de hiperdocumentos, dejando de lado las otras fases del proceso de desarrollo. Otros ignoran conceptos fundamentales de la Ingeniería de *Software*, tales como abstracción, modularidad, re-utilización, validación y verificación. En este artículo se propone un método, basado en los modelos de procesos de la Ingeniería de *Software*, que cubre todo el ciclo de desarrollo de un hiperdocumento. El método emplea un modelo de referencia hipermedia orientado a objetos, el cual define formalmente la noción de hiperdocumento. El método aporta los siguientes beneficios: (1) proporciona una estructura amplia de división del trabajo que facilita la planificación del proyecto y la estimación de costos, tiempos y recursos; (2) agrega mayor visibilidad al proceso de desarrollo de hiperdocumentos; y (3) mejora la calidad de los hiperdocumentos producidos.

ABSTRACT

Most of the existing hypermedia and multimedia development methods and techniques concentrate on the design of hyperdocuments, ignoring the rest of the development phases. Others do not take into consideration the fundamental concepts of Software Engineering, such as data and functional abstraction, modularity, reuse, verification and validation. We propose in this paper a software engineering method for the development of hyperdocuments. The method covers all phases of the process. It is based on an object-oriented hypermedia reference model, which formalizes the notion of hyperdocument used by the method. The main benefits of the method are: (1) it helps to plan a hypermedia project by providing a comprehensive work breakdown structure that helps the project manager to estimate cost, time and resources; (2) it adds visibility to the hypermedia development process; and (3) it improves the quality of the hypermedia products.

1. INTRODUCCION

El desarrollo de aplicaciones hipermedia es un proceso complejo que ocasiona costos muy elevados, requiere gran inversión de tiempo y demanda de sus diseñadores una alta creatividad y el dominio de múltiples tecnologías audio-visuales. La complejidad del proceso está obviamente influenciada por los aspectos propios de la tecnología multimedia, tales como: el tipo de interacción usuario-sistema; el caracter dinámico de los principales tipos de datos multimedia (i.e., audio, video y animación); el caracter no-lineal de la organización del hiperdocumento; la navegación a través del espacio de información; y la naturaleza multidisciplinaria de los grupos de desarrollo de hiperdocumentos. El diseño de nuevos métodos para el desarrollo de sistemas o aplicaciones hipermedia es, por consiguiente, una actividad de investigación prioritaria e indispensable para el avance de esta nueva área tecnológica.

Durante los últimos cinco años han sido publicados en la literatura pertinente un número creciente de métodos y técnicas dedicadas a la producción de aplicaciones multimedia e hipermedia [1-6]. La mayoría de estos métodos se concentran en el diseño y construcción de la aplicación, ignorando las otras fases del proceso de desarrollo (p. ej., [3], [5] y [6]). Otros métodos cubren la mayoría o totalidad de las fases del proceso de desarrollo (p.ej., [1], [2] y [4]), pero hacen muy poco énfasis en aspectos fundamentales de la Ingeniería de *Software*, tales como el aseguramiento de la calidad, la gerencia del proyecto y la aplicación de los conceptos esenciales de esta disciplina: abstracción, modularidad, estructuración, re-utilización, validación y verificación, entre otros.

La Ingeniería de *Software* puede contribuir a mejorar significativamente el desarrollo de aplicaciones hipermedia, mediante la aplicación y adecuación de: (1) sus modelos de procesos y métodos de desarrollo; (2) sus técnicas para la especificación de requerimientos, el diseño, la verificación y la validación; y (3) los métodos de planificación y control del proyecto y el aseguramiento de la calidad. La principal contribución de ello se resume en el aumento de la calidad de las aplicaciones hipermedia y en un mejoramiento de la gestión del proyecto.

En este artículo se propone un método para el desarrollo de aplicaciones hipermedia (hiperdocumentos) basado en los modelos de procesos y conceptos de la Ingeniería de *Software*. Este método, a diferencia de otros tales como [3], [5] y [6], cubre todo el ciclo de desarrollo de una aplicación hipermedia y es el resultado de integrar tres modelos de procesos de *software*: el modelo de cascada, el modelo de prototipos y el modelo de re-utilización de componentes [7].

El diseño del método tomó en consideración las diferencias esenciales entre un programa y un hiperdocumento, las cuales se hacen evidentes a través de los modelos de referencia de la tecnología hipermedia [8, 9]. La definición de hiperdocumento empleada por el método se basa en un modelo de referencia hipermedia (HRM - a *Hypermedia Reference Model* [9]). Este

modelo define formalmente un hiperdocumento utilizando grafos dirigidos y describe sus componentes genéricos a través de un modelo de objetos.

El método es independiente de las herramientas existentes para el desarrollo de aplicaciones hipermedia. Emplea las técnicas de análisis y diseño orientadas a objetos, descritas en [11], las cuales permiten un modelado de la estructura y contenido del hiperdocumento mucho más natural, elegante y de fácil comprensión que aquel que podría alcanzarse con los métodos imperativos convencionales.

El artículo está organizado como sigue. El modelo de referencia hipermedia (HRM) se describe en la sección 2. La sección 3 describe los objetivos y la estructura del método. Las fases, pasos y tareas del método se describen en la sección 4. Finalmente, en la sección 5 se discuten y los resultados y las conclusiones del trabajo. Los detalles del método, que por razones de espacio fueron omitidos en este artículo, se dan en [10].

2. HRM - UN MODELO DE REFERENCIA HIPERMEDIA

Las definiciones de hiperdocumento o aplicación hipermedia existentes en la literatura son muy variadas y se caracterizan por emplear una gran diversidad de términos, cuyas definiciones crean confusión debido a la ausencia de estándares. Para agregarle al método generalidad e independencia con respecto a las herramientas de desarrollo, se hizo necesario utilizar un modelo genérico o de referencia que describiese los conceptos fundamentales de la tecnología hipermedia. Se empleó un modelo propio, descrito en [9, 10], conocido como HRM (*Hypermedia Reference Model*). Este modelo emplea la orientación por objetos y se fundamenta en los conceptos de hipermedia utilizados por el conocido Modelo Dexter [8].

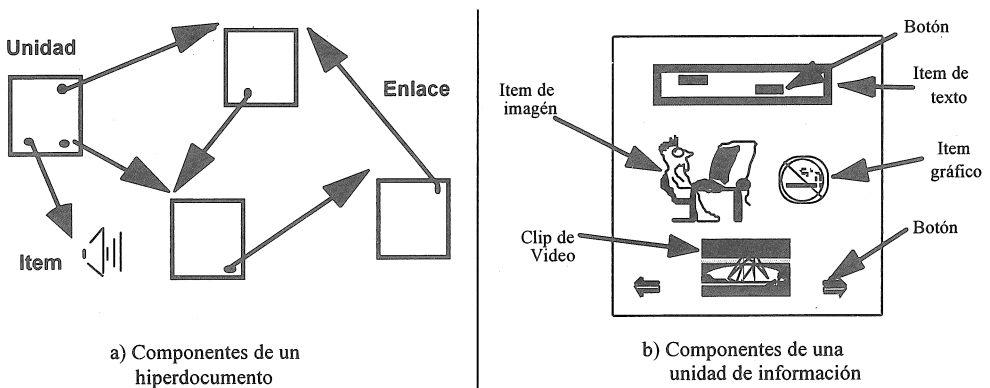


Figura 1. Estructura de un hiperdocumento

De acuerdo al modelo HRM, un hiperdocumento se define formalmente como un grafo dirigido $G(N, E)$, en el que N es un conjunto de *nodos de información* y E es un conjunto de arcos denominados *enlaces*, cada uno de los cuales conecta dos nodos de N (ver Fig. 1a). Los nodos de información pueden ser de dos tipos: unidad de información o ítem de información. Una *unidad de información* describe o refiere a un objeto (i.e., entidad, concepto o función) del dominio de la aplicación. Estructuralmente, una unidad es un objeto compuesto por un conjunto de ítems de información multimedia (p. ej., texto, gráficos, imágenes, pistas de audio o *clips* de video) y un conjunto de *botones* asociados a los enlaces (ver Fig.1.b).

Un enlace conecta una unidad fuente con otra unidad o ítem de destino. Un botón está asociado a un enlace. Al pulsar un botón se ocasiona la recuperación, en la base de datos, de la unidad o ítem de destino y su presentación o despliegue visual en pantalla. Un ítem de información es un objeto que contiene un dato de tipo multimedia. Estos datos se clasifican en estáticos (texto, gráficos e imágenes) y dinámicos (audio, video y animación). La Fig. 2 ilustra, mediante un modelo de objetos OMT, las clases de objetos que conforman un hiperdocumento y sus relaciones.

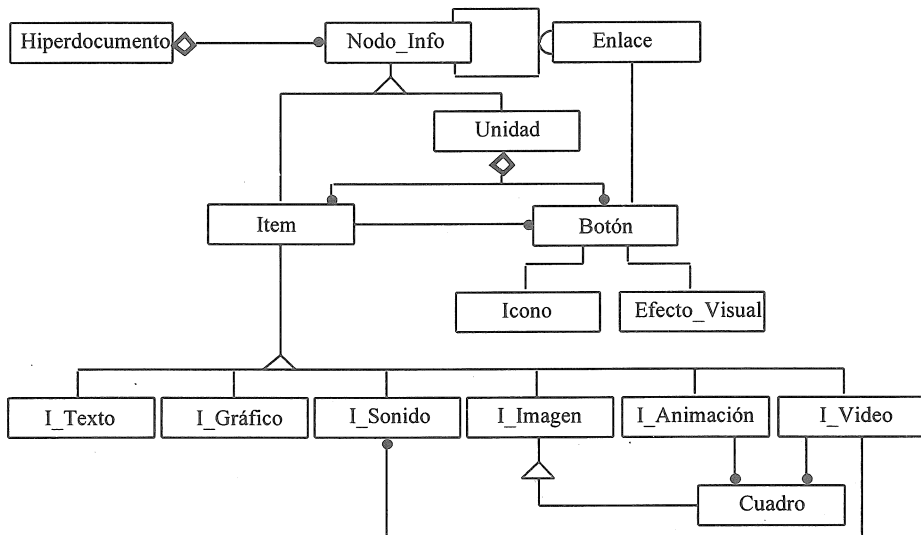


Figura 2. Modelo de objetos de un hiperdocumento

3. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL METODO

El método, aquí descrito, tiene por objetivos los siguientes:

- 1.- Guiar al grupo de profesionales que participan en el desarrollo de un hiperdocumento. El método debe responder a las preguntas siguientes: ¿qué hacer? y ¿cómo hacerlo?
- 2.- Contribuir a la planificación del proyecto mediante la definición de las fases, pasos y tareas requeridas para desarrollar un hiperdocumento. Ello facilita la estimación de costos, tiempos y recursos requeridos.
- 3.- Asegurar la calidad del hiperdocumento producido.

El método se estructura en fases, tal como se ilustra en la Fig. 3. Cada fase se divide en pasos y estos, a su vez, en tareas. El proceso de desarrollo de un hiperdocumento se inicia con un análisis del dominio de aplicación del hiperdocumento (análisis del contexto); continúa con la definición de los requerimientos, el diseño de su estructura y componentes; la producción textual, gráfica o audio-visual de sus componentes y la evaluación del hiperdocumento producido. El ciclo de desarrollo es evolutivo: se repite sucesivas veces, en base a la evaluación del hiperdocumento, hasta alcanzar una alta calidad del producto y un alto grado de satisfacción del usuario.

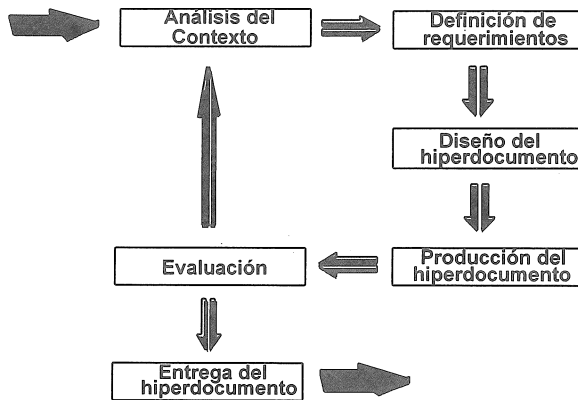


Figura 3: Fases del modelo de procesos

El método asume la existencia de tres actores: el cliente, el grupo de desarrollo y los usuarios. Se asume que existe una relación contractual entre el cliente y el grupo de desarrollo. El cliente contrata el desarrollo de un hiperdocumento a un grupo de expertos, quienes elaboran el producto para una comunidad no necesariamente conocida de usuarios.

4. FASES Y PASOS DEL METODO

Fase 1.- Análisis del contexto del hiperdocumento.- Los objetivos de esta fase son conocer las necesidades iniciales del cliente y familiarizarse con el dominio de la aplicación.

El proceso, descrito en la Fig. 4, se inicia con un análisis del dominio de aplicación o contexto en el que se usará el hiperdocumento. Durante este análisis se establece y describe someramente el dominio del problema. Se establece, también, una aproximación a las necesidades o requerimientos iniciales del cliente. Seguidamente, se describen los objetivos y el tema general o tópico del hiperdocumento y se realiza una investigación documental del tema escogido. En este paso, se puede elaborar un modelo preliminar de los elementos (i.e., objetos o procesos) que conforman el dominio de la aplicación; ello permite que el grupo de desarrollo obtenga rápidamente un mayor conocimiento del dominio de la aplicación hipermedia. Finalmente, se establece el perfil del usuario potencial de la aplicación, en base a características tales como, su grado de instrucción, edad, nivel cultural, uso que le dará a la aplicación, etc.

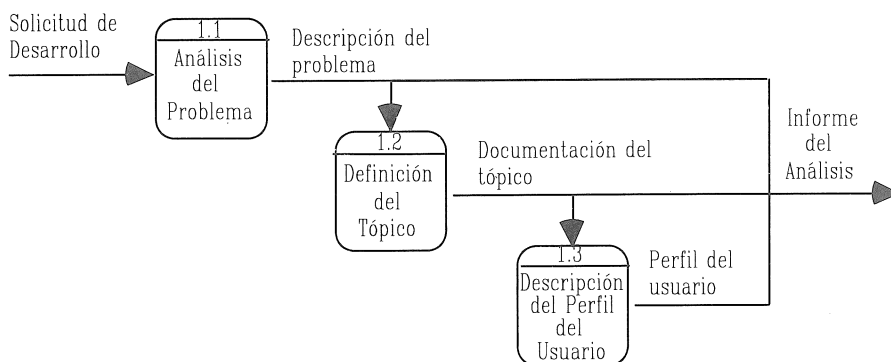


Figura 4. Fase de Análisis del Contexto del Hiperdocumento

Fase 2: Definición de requerimientos.- Los requerimientos que debe cumplir o satisfacer el hiperdocumento se definen y especifican en esta fase (Fig.5).

Se establecen primero los requerimientos funcionales de la aplicación hipermedia. Ello implica responder a la interrogante siguiente: ¿ que actividades realizará el usuario con el hiperdocumento ? Estas actividades se pueden representar mediante la construcción de un modelo funcional basado en los conocidos diagramas de flujo de datos empleados en OMT [11]. A continuación, se especifican los requerimientos de interacción, los cuales describen con detalle las características de la interfaz usuario-sistema, incluyendo los niveles de ayuda y orientación al usuario durante la navegación. Se continua con la especificación de las restricciones de desarrollo y operación del hiperdocumento; por ejemplo, los estándares de calidad exigidos, las herramientas de desarrollo disponibles o requeridas, el ambiente de operación. (*hardware* bajo el cual operará el hiperdocumento) y otros requerimientos que restringan o delimiten el proceso de desarrollo y la

operación del hiperdocumento. Finalmente, se establecen los requerimientos de calidad del producto hipermedia; por ejemplo, su eficiencia (tiempos de respuesta y volumen de almacenamiento de datos multimedia requeridos); la re-utilización de sus componentes, su portabilidad; utilidad y facilidad de uso y su interoperabilidad con otros hiperdocumentos o bases de datos multimedia. Los criterios de diseño del hiperdocumento se establecen, también, en este último paso. Estos criterios incluyen, entre otros, los siguientes: riqueza del contenido de información, facilidad de acceso a la información, consistencia entre los elementos de la aplicación, predictibilidad (anticipación al resultado de una operación) y legibilidad [12].

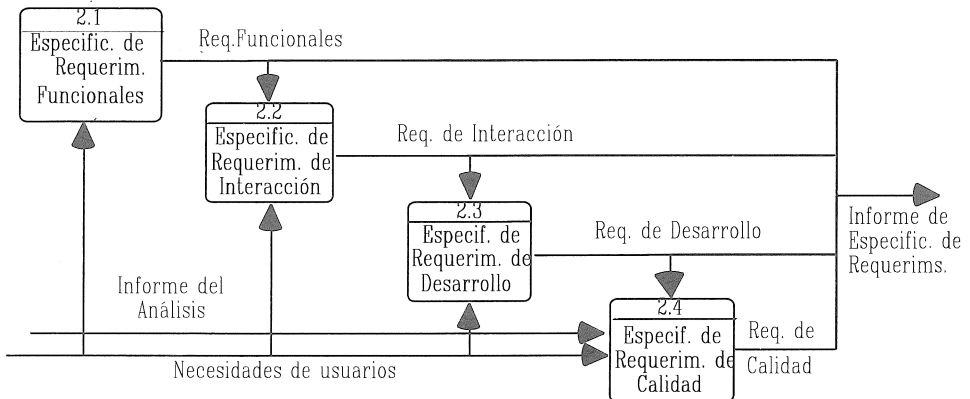


Figura 5. Fase de especificación de requerimientos

Fase 3: Diseño del hiperdocumento.- En esta fase se diseña: (1) la estructura del hiperdocumento; (2) cada una de las unidades de información que componen dicha estructura; y (3) los ítems que conforman cada una de sus unidades (Fig. 6).

Previo al inicio de esta fase se deben seleccionar las herramientas de desarrollo, esto es, el conjunto de programas o paquetes multimedia que se utilizarán para construir el hiperdocumento. La fase culmina con el desarrollo de un prototipo que ilustra la estructura del hiperdocumento y su interacción con el usuario. Este prototipo es utilizado, por un grupo representativo de usuarios, para validar el diseño del hiperdocumento. Finalmente, las especificaciones de diseño se verifican con respecto a las especificaciones de requerimientos establecidas en la Fase 2.

El *diseño de la estructura* consiste en las siguientes tareas: (a) la descomposición del tópico del hiperdocumento en sub-tópicos o secciones temáticas; (b) la elaboración de un modelo conceptual para cada sección temática; y (3) el diseño de la estructura interna de cada una de estas secciones temáticas. Para alcanzar un alto grado de mantenibilidad y comprensibilidad del hiperdocumento, su estructura temática debe ser modular y basada en los criterios de cohesión y

acoplamiento; ello implica la búsqueda de una alta cohesión en cada sección y un bajo acoplamiento entre secciones (Fig. 7.a). La ventaja adicional que se deriva de aplicar este criterio es que permite que las secciones puedan ser re-utilizadas en otras aplicaciones similares.

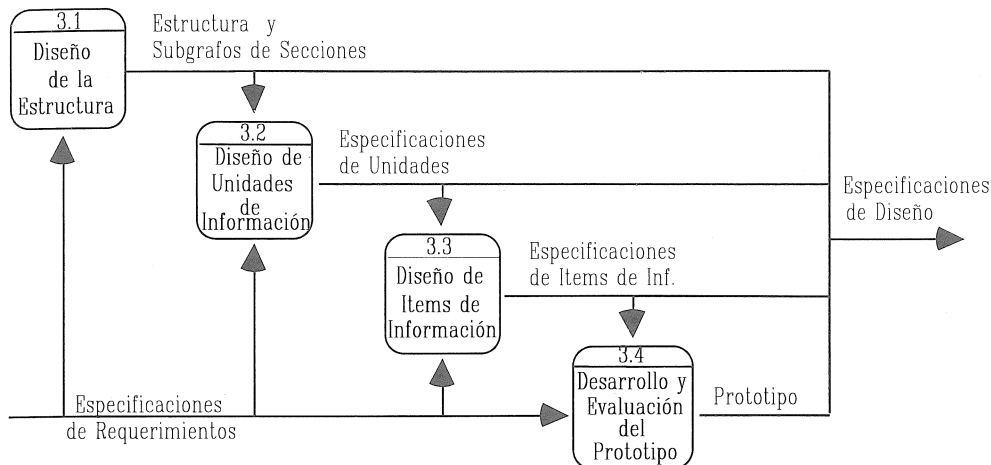
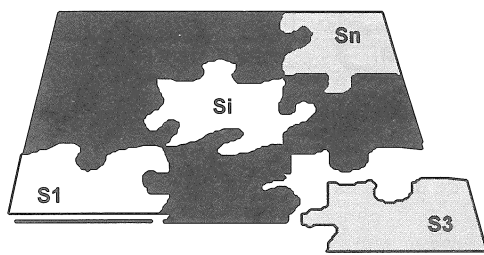
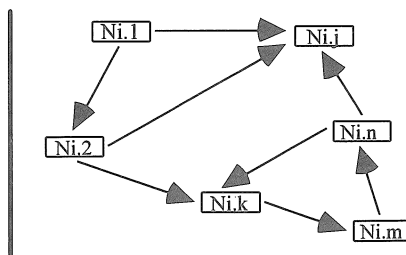


Figura 6. Fase de diseño del hiperdocumento

El modelado conceptual de cada sección temática consiste en representar las entidades del dominio de la aplicación enmarcadas por esa sección. El modelado de objetos OMT [11], la técnica descrita en [5] o los diagramas RMDM [4] bien pueden ser empleados para este propósito; aunque es, también, posible que los requerimientos impongan una descomposición funcional del dominio de aplicación (p. ej., en hiperdocumentos que describen procesos o procedimientos), para lo cual el modelado funcional basado en diagramas de flujo de datos podría ser de mayor utilidad.



a) Estructura modular del hiperdocumento



b) Sub-grafo de la Sección i

Figura 7. Diseño de la estructura del hiperdocumento

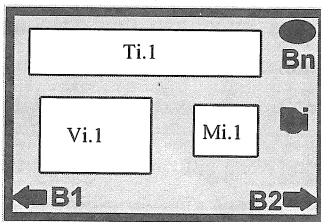
El diseño de la estructura interna de cada sección se elabora en base a su modelo conceptual elaborado en la tarea anterior. Se produce un sub-grafo para cada sección que muestra la

estructura temática inicial de la sección organizada en nodos de información interconectados (Fig. 7.b). Cada nodo corresponde a una clase de objetos (o función) del modelo conceptual correspondiente a la sección. Las conexiones entre secciones deben, también, establecerse en este paso.

El *diseño de unidades* consiste en la especificación del contenido de cada unidad. Ello implica: (1) definir los ítems de información que cada unidad contendrá y los tipos de medios (texto, audio, video, etc.) que se emplearán para presentar estos ítems; (2) delinear o describir el contenido de cada ítem, así como establecer su ubicación en la unidad; y (3) definir los enlaces de cada unidad y sus botones correspondientes (Fig. 8.a). El diseño de cada sección temática culmina con la elaboración de un modelo dinámico para cada unidad, el cual define los cambios de estado de la unidad ocasionado por la activación de sus diferentes botones (Fig. 8.b). Estos modelos dinámicos definen la navegación a través del espacio de información del hiperdocumento.

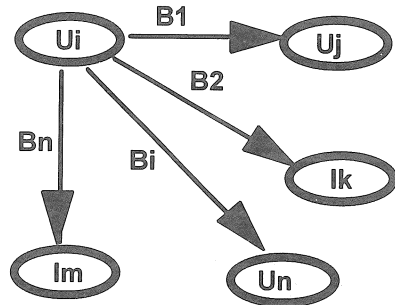
El *diseño de ítems* consiste en especificar la estética o los detalles artísticos del contenido de cada uno de los ítems que integran cada unidad; ello incluye el diseño de textos, gráficos, imágenes, pistas de sonido, *clips* de video y animación. Así, por ejemplo, para una pista de audio musical se deberá especificar la calidad del audio (8 o 18 bits; estéreo o monofónico), el tipo de melodía, su duración, etc.

Unidad i (U_i)



$Ti.1$: descripción del texto $i.1$
 $Vi.1$: descripción del video $i.1$
 $Mi.1$: descripción de imagen $i.1$

a) Diseño de una unidad



b) Modelo dinámico de una unidad

Figura 8. Diseño de unidades

Fase 4: Producción del hiperdocumento.- En esta fase se procede a la implementación del diseño usando las herramientas de desarrollo seleccionadas al inicio de la fase 3. La fase se divide en los pasos señalados en la Fig.9.

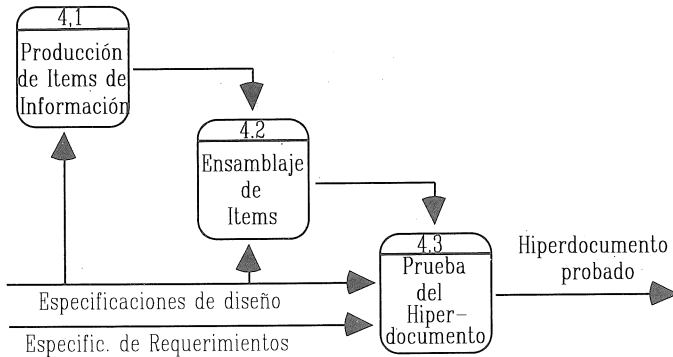


Figura 9. Fase de producción del hiperdocumento

La producción de los ítems de información involucra la captura, digitalización, edición y almacenamiento de los ítems de audio, fotografía, video y animación; así como la transcripción de los ítems de texto y el dibujo de los ítems gráficos que componen las diferentes unidades de información del hiperdocumento. Producir ítems de audio, video y animación es una labor que demanda un alto grado de creatividad y el dominio de tecnologías audio-visuales. Una vez finalizada la producción de ítems, estos deben ensamblarse en el prototipo desarrollado en la fase 3. El hiperdocumento resultante se somete a un proceso de verificación con respecto a los requerimientos especificados en la fase 2, a fin de determinar su calidad y el cumplimiento de tales requerimientos.

Fase 5: Evaluación y documentación del hiperdocumento.- La Fig. 10 ilustra la fase final del método.

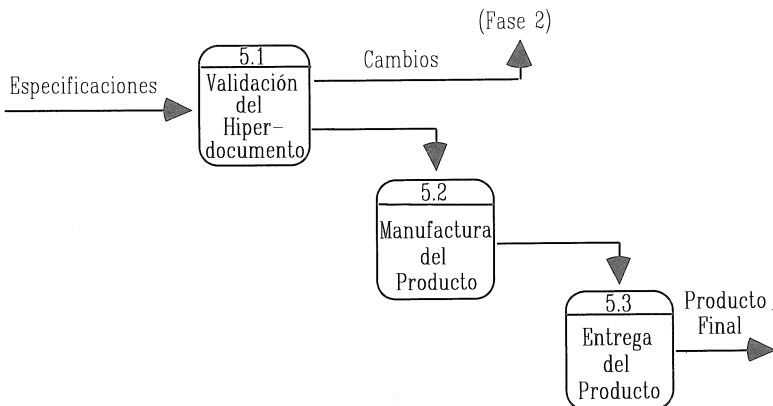


Figura 10. Fase de evaluación y entrega del producto

Esta fase consiste en: (1) la validación y corrección final del hiperdocumento con el objetivo de asegurarse que éste satisface los requerimientos impuestos por el cliente; (2) la elaboración de

la documentación que introduce y describe cómo se utiliza el hiperdocumento; la manufactura o grabación del hiperdocumento en los medios exigidos por el cliente (ej., discos ópticos, discos compactos o disquetes); y (3) la entrega del producto final al cliente.

La validación puede implicar nuevos cambios al hiperdocumento que podrían dar origen a la repetición o iteración del proceso a partir de la fase 2. El ciclo finaliza cuando se ha logrado producir un hiperdocumento de alta calidad; esto es, un hiperdocumento que cumple con los requerimientos, los atributos de calidad y los criterios de diseño impuestos por el cliente.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El método descrito en este artículo fue motivado por la idea de que un uso más riguroso de los métodos y técnicas de la Ingeniería de *Software*, en el desarrollo de aplicaciones hipermedia, puede contribuir a mejorar significativamente la calidad de los hiperdocumentos e incrementar el grado de satisfacción de sus usuarios.

La contribución del método al desarrollo de aplicaciones hipermedia se resume en: (1) ayuda al gerente del proyecto a lograr una mejor división del trabajo requerido en el proceso de desarrollo de hiperdocumentos y, por ende, a lograr una mejor planificación del proyecto y mejores estimaciones de costos y tiempos; (2) establece una mayor visibilidad y claridad al complicado proceso de desarrollo; y (3) produce hiperdocumentos de mejor calidad. La calidad es medida, en el método, en función de los grados de satisfacción del usuario, estructuración, re-utilización, mantenibilidad, comprensibilidad y modularidad.

El método propuesto difiere de los métodos citados [1-6] en varios aspectos. El nuestro cubre todas las fases del ciclo de desarrollo de un hiperdocumento (desde el análisis del dominio hasta la entrega del producto), a diferencia del método HDM de Garzotto, Paolini and Schwabe [3] y la técnica HMT de Nemetz, Valdeni y Cardoso [5], las cuales cubren sólo la fase de diseño. El método OOHDM [6] se asemeja al nuestro en el uso de la orientación a objetos, pero deja de lado la fase de evaluación y entrega del producto; fase fundamental para determinar la calidad del producto. Nuestro método hace mayor énfasis en la calidad del hiperdocumento que los métodos de Bunzel [1], Martin [2] y Isakowitz, et al [4] y proporciona una estructuración de fases, pasos y tareas mucho más clara, elegante y orientada a la planificación del proyecto. Cabe destacar, sin embargo, que el método de Bunzel es único en cuanto al diseño de multimedios se refiere; pues considera en detalle las actividades de diseño y producción de imágenes, pistas de audio y video.

El método es probado actualmente en la elaboración de hiperdocumentos educativos y en la creación de hipermapas para sistemas de información geográfica [13].

Referencias

- [1] Bunzel, M.J. *Multimedia Applications Development Using DVI Technology*. McGraw Hill, 1990.
- [2] Martin, J. *Hyperdocuments and how to create them*. Prentice-Hall, 1990.
- [3] Garzotto, F., Paolini, P. and Schwabe, D. HDM - A Model Based Approach to Hypermedia Application Design. *ACM Transactions on Office Information System*, Vol.11, No.1, 1993, p.1-26.
- [4] Isakowitz, T., Stohr, E.A., Balasubramanian, P. RMM: A Methodology for Structured Hypermedia Design. *Comm. of the ACM.*, Vol. 38, No. 8, August, 1995, p. 34-44.
- [5] Nemetz, F., Valdeni, J., Cardoso, A. Una Técnica para Modelagem de Aplicações Hipermedia e um Exemplo de Uso (en portugués). *Actas de la XXI Conferencia Latino-Americana de Informática (PANEL '95)*, Canela, Brazil, 1995, pp.261-274.
- [6] Schwabe, D. and Rossi, G. The Object-Oriented Hypermedia Design Model. *Comm. of the ACM.*, Vol. 38, No. 8, August, 1995, p. 45-46.
- [7] Sommerville, I. *Software Engineering*. 4th. Edition. Addison-Wesley, Reading, MA. 1992.
- [8] Halasz, F. The Dexter Hypertext Reference Model. *Comm.of the ACM*, Vol.37, No.2, 1994.
- [9] Montilva, J.A. *An Integration Method Applied to the Design of a Data/Knowledge Model for Multimedia and Spatial Applications*. Ph.D. Thesis. University of Leeds, School of Computing Studies, Leeds, UK. March, 1993.
- [10] Montilva, J. A. *Métodos y técnicas para el desarrollo de aplicaciones multimedia*. Informe técnico en preparación. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Computación, Grupo GIDyC. 1996.
- [11] Rumbaugh, J. et al. *Object-Oriented Modeling and Design*. Prentice Hall International. 1991.
- [12] Garzotto, F., Mainetti, L. and Paolini, P. Hypermedia Design Analysis, and Evaluation Issues. *Comm. of the ACM.*, Vol. 38, No. 8, August, 1995, p. 74-86.
- [13] Montilva, J. A. hypermap data model for integrating multimedia and geographical information systems. *Actas de la XXI Conferencia Latino-Americana de Informática (PANEL '95)*. Canela, Brazil, Julio, 1995, pp. 1139-1150.