

Incorporación de un módulo para la práctica de la habilidad de ubicación espacial al simulador de otorrinolaringología - WESST - OT

Andrea Cardona Aristizábal

*Grupo DESTINO, Pontificia Universidad Javeriana, Calle 118 No. 18-250, Cali
andreaacari@tutopia.com*

Eduardo Mazuera Grisales

*Grupo DESTINO, Pontificia Universidad Javeriana, Cali.
emazuera@emcali.net.co*

Francisco Julián Herrera Botero, Ing.

*Grupo DESTINO, Pontificia Universidad Javeriana, Cali.
fjherbo@hotmail.com*

Andrés Adolfo Navarro Newball, MSc

*Grupo DESTINO, Pontificia Universidad Javeriana, Cali
anavarro@puj.edu.co*

Carlos A. Gamboa MD

Clínica Sigma, Cali

Jorge Alberto Vélez Beltrán MD

*Centro de Telemedicina de Colombia
javelez@colombiantelemed.org*

Fecha de recepción: 15-12-2005

Fecha de aceptación: 15-03-2006

ABSTRACT

With the development of this project, a great aide is presented to the user of the prototype «Análisis, diseño e implementación del prototipo de un entorno de práctica de habilidades quirúrgicas en Otorrinolaringología». This aide will help the user to acquire the space-anatomic positioning ability, which allows the user to associate what he sees on 2D radiological slices with what he sees through the virtual endoscope of the simulation environment. To achieve the cited ability, the user is presented with radiological images (tomography slices) with red marks that represent the current position of the endoscope

he is using in the simulation environment. There are no new types of users added with this extension, but multiple modifications were made to the user interface, to the functionality and evaluation system. The Object Oriented methodology is used and the language used for this extension is the same that the one used in the original simulation environment -JAVA. Also, there is more data sent into the database system. To achieve the 3D - 2D association needed to place the endoscope positions, questions and information on the radiological images, an auxiliary software was developed in C language; this software gave us the capability to match tri-

dimensional morphological structures with their radiological, 2D partners.

KEY WORDS

Tomograms, java, prototype, endoscope, location, practice, images, simulator.

RESUMEN

Con la realización de este proyecto se busca ayudar al usuario del entorno de prácticas de habilidades quirúrgicas en otorrinolaringología (WESST - OT) a adquirir la habilidad de ubicación anatómica espacial, desarrollando en él su capacidad de asociar cortes de tomogramas con lo que observa a través del endoscopio. Para lograr esto, se muestran imágenes radiológicas marcadas con la posición del instrumento que está usando en el entorno. En esta ampliación del prototipo de prácticas de otorrinola-

ringología no se identifican nuevos tipos de usuario pero se agregan múltiples modificaciones a su funcionalidad, a su interfaz gráfica y a su sistema de calificación. Así, se continúa con la metodología de análisis y diseño orientado a objetos y el uso del lenguaje de programación JAVA que se emplea en el entorno original, y se amplían los datos que se envían a la base. Adicionalmente, se ha creado un software auxiliar en lenguaje C que permite hacer coincidir los elementos tridimensionales de la cabeza del entorno con los tomogramas.

PALABRAS CLAVE

Tomogramas, java, prototipo, endoscopio, ubicación, práctica, imágenes, simulador.

Clasificación Colciencias: A

1. INTRODUCCIÓN

Con el ánimo de lograr un sistema de entrenamiento en cirugía endoscópica más adecuado, el grupo de investigación DESTINO de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali está complementando el entorno de práctica de habilidades quirúrgicas en otorrinolaringología WESST - OT (Web Environment for Surgical Skills Training on Otolaryngology).^{1,2} Para lograr esto, se ha agregado al entorno de práctica a través de este proyecto, un medio de observación y diagnóstico conocido para el usuario (la tomografía), asociándolo de manera dinámica con lo observado a través de la pantalla del endoscopio con el cual se está entrenando. Esta mejora permite al usuario desarrollar, además de la habilidad de orientación en el entorno, la habilidad de ubicación anatómica espacial, que es la que le permitirá asociar con mayor facilidad en el mundo real, lo que se ve a través del endoscopio con lo que observa en las imágenes tomográficas. Las imágenes tomográficas son tomadas al paciente previamente a la cirugía y son usadas como apoyo visual durante el procedimiento.³

Para lograr la asociación propuesta entre la visión del endoscopio y lo que se observa en una tomografía, se agrega al entorno de práctica una ventana en donde se muestran dos tomogramas de la cabeza, uno del plano coronal y el otro del plano axial. Los tomogramas cambian de acuerdo con el lugar en que se encuentra el endoscopio en ese momento dentro de la cabeza virtual del entorno; aquí, se muestran los más próximos en altura y profundidad a la ubicación del instrumento; adicionalmente, se les sobreponen marcas con el fin de se-

ñalar en dónde se encuentra el endoscopio respecto a la imagen mostrada. También, se adicionan preguntas sobre algunos órganos, estructuras morfológicas y componentes asociadas a algunos tomogramas, en la sesión de evaluación del entorno; igualmente, se adicionan etiquetas informativas acerca de las estructuras morfológicas observadas en los tomogramas, a las sesiones de práctica.⁴ A continuación se describe el desarrollo del proyecto.

1.1 Antecedentes

El prototipo inicial de WESST-OT, desarrollado por Carlos Julio Hernández,⁵ ayuda a los usuarios del sistema a desarrollar su habilidad de orientación durante el desarrollo de una cirugía endoscópica de senos paranasales. Esto se logra mediante el uso de una interfaz gráfica de usuario, en donde se muestra la visión endoscópica durante una cirugía en un ambiente virtual tridimensional. Este ambiente virtual revela las estructuras que se encuentran dentro de la cara a la altura del seno maxilar, seno en el que se enfoca el simulador. El prototipo usa dos ventanas; la primera muestra una visión anatómica y una visión endoscópica que le proveen al usuario la posibilidad de observar lo que ocurriría durante el desarrollo de una cirugía real; la segunda ventana muestra los controles que permiten al usuario manejar la posición del endoscopio y el ángulo de visión (Ver Figura 1).¹

1.2 Requerimientos

El trabajo descrito en este artículo añade al prototipo existente la capacidad de entrenar al usuario en la habilidad de ubicación anatómica es-

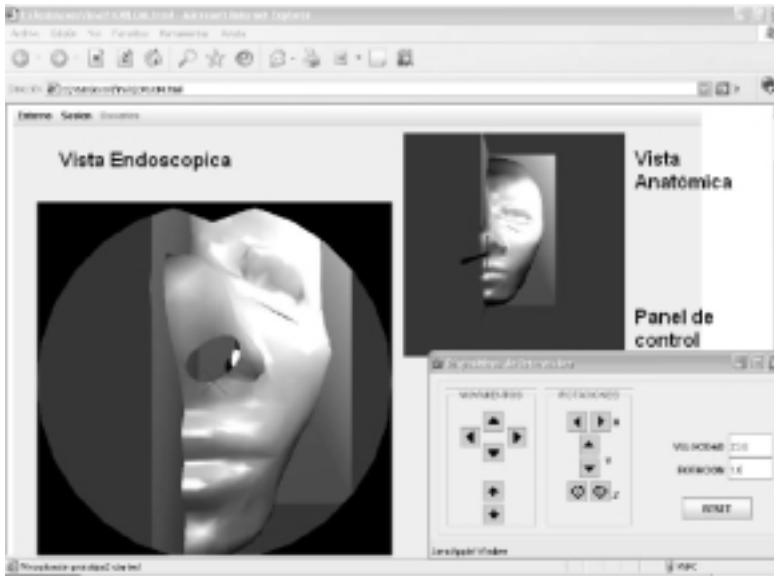


Figura 1. Prototipo inicial WESST - OT

pacial. Esta habilidad permite al cirujano asociar la visión proporcionada por el endoscopio con la vista de las imágenes radiológicas que tiene como apoyo.⁴ Para esto, se debe brindar al usuario la posibilidad de observar paralelamente a la visión endoscópica existente, los cortes tomográficos axiales y coronales más próximos a la posición del endoscopio en la visión tridimensional del prototipo; además, como ayuda adicional, se debe resaltar sobre estos cortes la posición actual del endoscopio. Por otra parte, siguiendo con lo propuesto en la primera versión de WESST - OT, se deben agregar preguntas relativas a lo observado sobre los cortes tomográficos. Esto con el objeto de afianzar y evaluar los conocimientos del practicante acerca de lo que está observando en los cortes en un momento dado. Los resultados de esta evaluación se deben añadir a los resultados de la evaluación original hecha por el simulador.

2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Para esta versión, se retomaron del prototipo inicial dos tipos de usuario; el usuario practicante es aquel que desarrolla la habilidad propuesta en el prototipo inicial¹ y la habilidad de ubicación anatómica espacial y se encuentra registrado en el sistema, y el usuario visitante es aquel que desarrolla la habilidad propuesta en el prototipo inicial y la habilidad de ubicación anatómica espacial pero no se encuentra registrado en el sistema. Se identificaron, adicionalmente a los casos de uso originales, los mostrados en la Figura 2.⁴

Este proyecto se abstrajo como una pantalla de visualización bidimensional en donde se muestran las tomografías en dos planos y se ubican una serie de objetos informativos relacionados con el simulador. Todo esto se ubica dentro del simulador original, que se denota como el Mundo 3D en el diagrama de clases (Figura 3).⁴

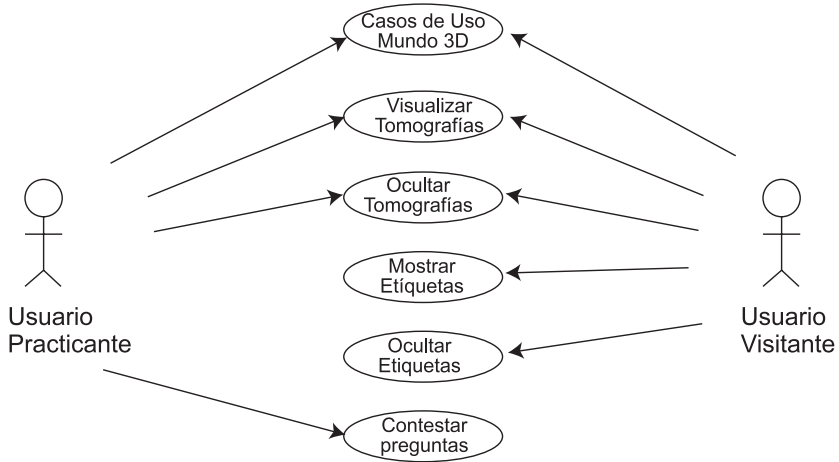


Figura 2. Casos de uso.

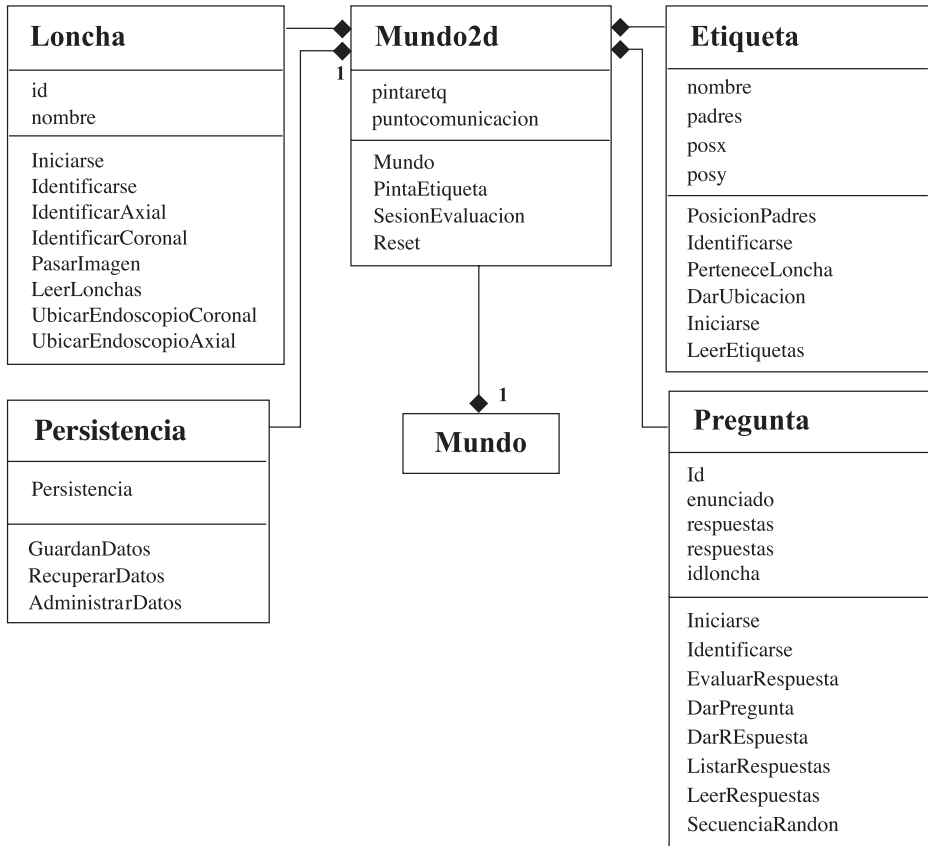


Figura 3. Diagrama de clase.

También, para llevar a cabo la persistencia de los objetos y sus relaciones se usó una base de datos. El

diagrama entidad-relación para lo anterior se muestra en la Figura 4.⁴

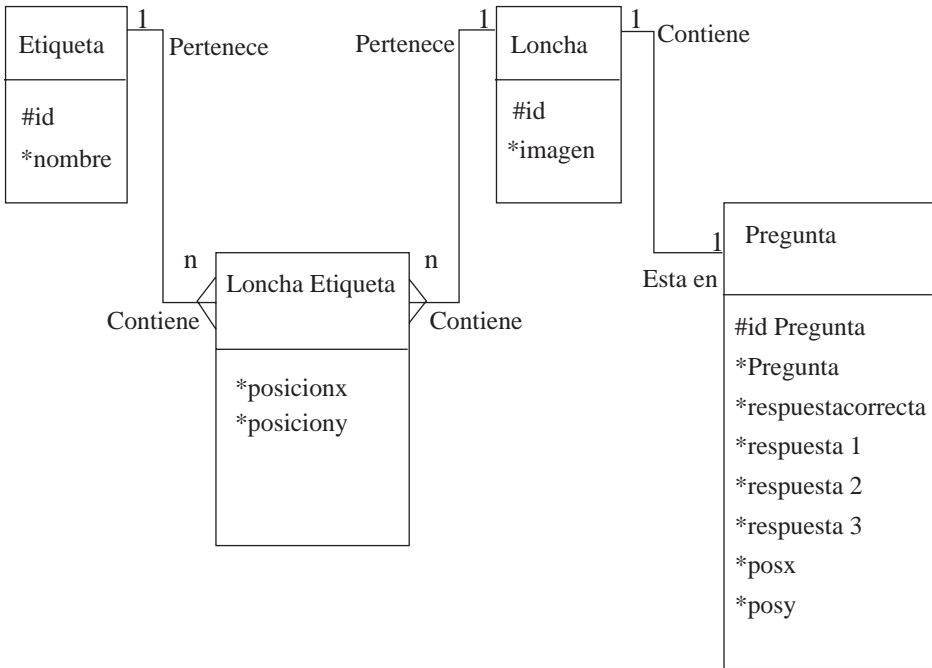


Figura 4. Diagrama entidad-relación.

Por otra parte, se encontró que el problema de determinar el corte asociado a un punto P del espacio es igual para los planos axiales y para los coronales; así, se determinó que para encontrar cuál es el corte tomográfico T que se debe asociar al punto P con coordenadas (X_p, Y_p, Z_p) se debe buscar la recta L_i que se halla inmediatamente debajo del punto P en el plano ZY;⁴ aquí, la recta L_i se crea mediante la intersección del corte tomográfico T_i con el plano YZ, obteniéndose entonces tantas rectas como cortes haya disponibles (Ver Figura 5).

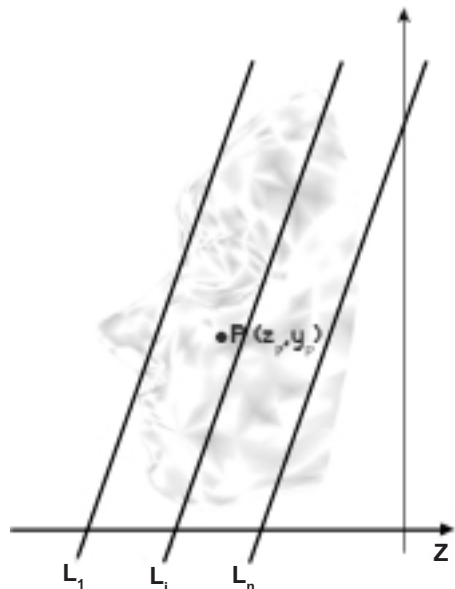


Figura 5. Cortes de los planos Y Z.

Para lograr el acoplamiento entre el prototipo inicial de WESST-OT y esta extensión se crearon dos mundos tridimensionales: uno para las tomografías axiales y otro para las tomografías coronales. Se introdujo una copia exacta de la cabeza del simulador en cada mundo, con las transformaciones (rotaciones y escalamientos) que se habían definido previamente en el simulador y se introdujo en cada mundo el conjunto de trece tomografías (axiales y coronales), separadas a igual distancia. Adicional-

mente, se crearon comandos para realizar una serie de transformaciones al conjunto de tomografías: escalamiento, rotación, traslación y aumento/disminución de la distancia entre tomografías. Usando características morfológicas fácilmente identificables en la cabeza virtual y en las tomografías, se aplicaron las transformaciones necesarias al conjunto de tomografías para lograr que coincidieran sus características morfológicas con las de la cabeza virtual (Figuras 6 y 7).

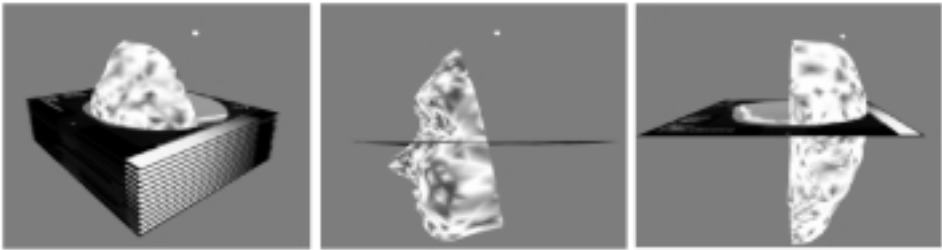


Figura 6. Ajustes axiales.

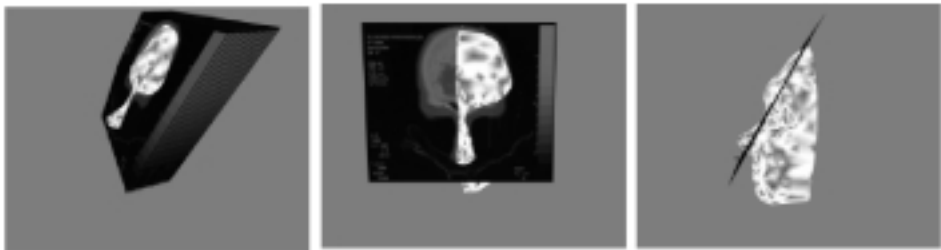


Figura 7. Ajustes coronales.

Finalmente, se estableció la existencia de cinco componentes principales dentro de la implementación del proyecto. Estos componentes y sus relaciones se muestran en la Figura 8.

3. IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del proyecto se escogió como lenguaje de progra-

mación JAVA. Las principales razones para elegir dicho lenguaje fueron la facilidad para la integración con el prototipo de Práctica de Habilidades Quirúrgicas en Otorrinolaringología —realizado en JAVA—, su orientación a objetos y a ambientes Web y su portabilidad entre diferentes sistemas operativos. El prototipo de ayuda para encontrar la ubicación de los

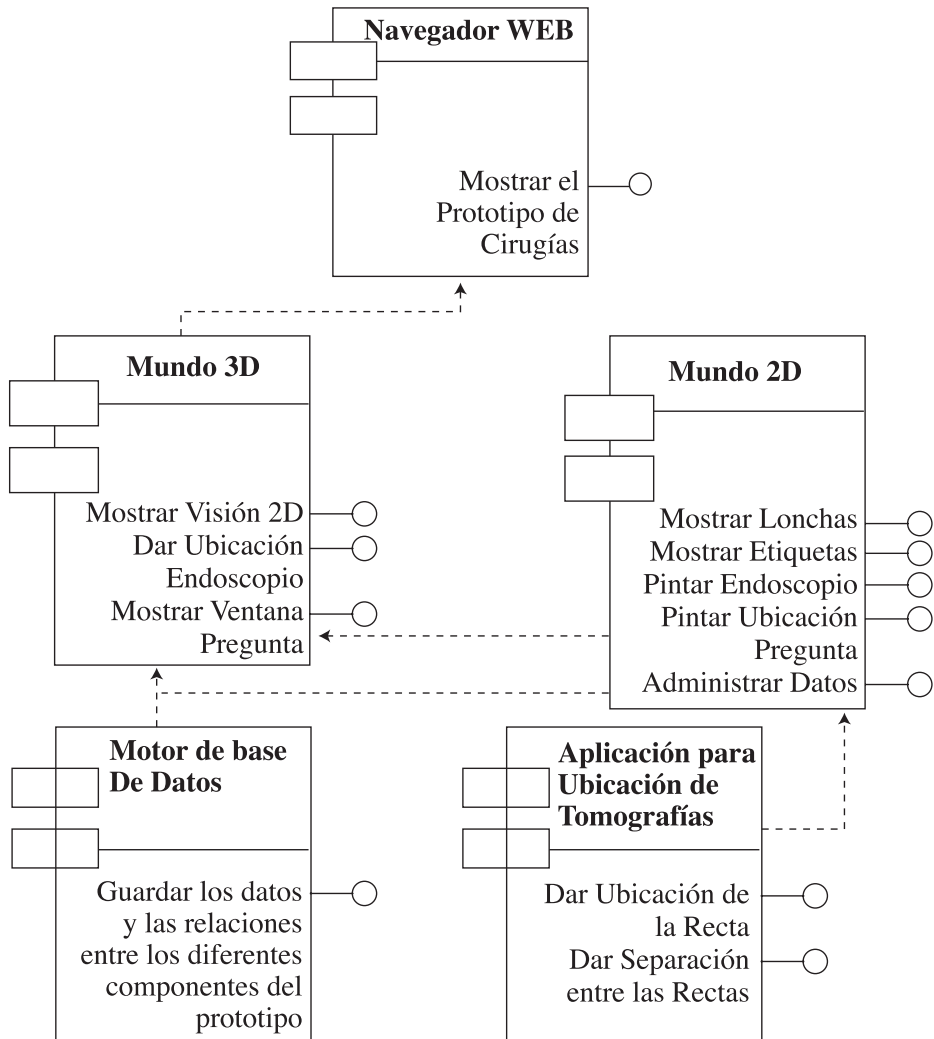


Figura 8. Diagrama de componentes.

cortes con respecto a la cara tridimensional fue desarrollado en lenguaje C utilizando las librerías de OpenGL.⁶ En la Figura 9 se aprecian las modificaciones realizadas a la interfaz de usuario, en los menús y en la ventana de visualización, que ahora muestra la visión de los cortes tomográficos. A su vez, la posición del endosco-

pio es indicada en los cortes tomográficos a través de un cuadrado rojo.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El desarrollo realizado aporta utilidad y funcionalidad al proyecto WEST-OT. La interacción con los asesores del proyecto para evaluar la fun-



Figura 9. Habilidad de ubicación espacial en WESST - OT.

cionalidad del sistema permite sugerir que la funcionalidad anexada al prototipo de simulación de cirugías aporta a los usuarios una ayuda visual que les permite ubicarse, anatómica y espacialmente, de una forma correcta;⁴ sin embargo, se hace necesario utilizar esta versión del simulador dentro de un plan académico de otorrinolaringología para poder validar su efecto en el aprendizaje de los residentes.

Adicionalmente, se plantean las siguientes recomendaciones para trabajos futuros:

- Construir una cara en donde se replantee la ubicación en el entorno de las estructuras internas de ésta, ya que su ubicación está desplazada con respecto a los tomogramas y a sus estructuras morfológicas importantes (nariz, órbita de los ojos, paladar y huesos

maxilares). Teniendo en cuenta esta recomendación se sugiere realizar el ajuste utilizando un tomógrafo multicorte que provee simultáneamente las vistas tridimensionales y bidimensionales del cuerpo sobre el que se toman las tomografías.

- Incorporar los datos del proyecto Humano Visible⁷ para la construcción de la cabeza, las estructuras internas y las tomografías axiales y coronales, ya que los datos pertenecen a un mismo individuo, evitando las discrepancias entre la imagen tridimensional y los cortes radiológicos.

Desarrollar una funcionalidad que permita a los estudiantes escoger entre diversas cabezas para la realización de su práctica (tanto en su visión tridimensional como en su visión bidimensional), que represente las

diferencias morfológicas que pueden presentarse entre los distintos pacientes y sus diversas patologías.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández, CJ. Análisis, diseño e implementación del prototipo de un entorno de práctica de habilidades quirúrgicas en otorrinolaringología. Trabajo de grado para ingeniería de sistemas y computación. Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2004.
2. Navarro Newball, AA., Hernández, CJ., Vélez JA; Múnera LE; García GB; Gamboa CA; Reyes AJ. Virtual Surgical Telesimulations in Otolaryngology. *Studies in Health Technology and Informatics*. Vol. 111. pp 353 - 355. IOS Press, 2005.
3. Macías B., Macías LA. Cirugía de mínima invasión en nariz y senos paranasales, con instrumentación motorizada. Asociación Mexicana de Cirugía Endoscópica A.C, 2001.
4. Cardona A., Mazuera E. Análisis, diseño e implementación de la habilidad de ubicación anatómica espacial para el prototipo de un entorno de práctica de habilidades quirúrgicas en otorrinolaringología. Trabajo de grado para Ingeniería de sistemas y computación. Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2006.
5. Navarro AA., Hernández CJ., Vélez JA., Múnera LE, Bernabé G. A virtual telesimulation scenario for otolaryngologic surgery skills training. *Telemedicine Journal and Health*. Volumen 10. Supplement I. pp 71-71. 2004.

6. Silicon Graphics Inc., *OpenGL Programming Guide*, Segunda Edición, Addison Wesley, 1997.
7. National Library of Medicine. The Visible Human Project. Agosto 2000. http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html

CURRÍCULOS

Andrea Cardona Aristizábal es Ingeniera de Sistemas y Computación, egresada de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali. Perteneció al grupo de investigación DESTINO de la Facultad de Ingeniería durante el desarrollo de su trabajo de grado.

Eduardo Mazuera Grisales es Ingeniero de Sistemas y Computación, egresado de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali. Perteneció al grupo de investigación DESTINO de la Facultad de Ingeniería durante el desarrollo de su trabajo de grado.

Francisco Julián Herrera Botero es Ingeniero de Sistemas y Computación, egresado de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali; a través de su trabajo, ha participado en varias conferencias internacionales del grupo DESTINO y actualmente se desempeña dentro del programa *Jóvenes Investigadores* de Colciencias; adicionalmente, es dueño de la empresa de tecnología *Soluciones Virtuales*.

Andrés Adolfo Navarro Newball es Ingeniero de Sistemas y Computación, egresado de la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, tiene un MSc in Computer

Graphics and Virtual Environments de la Universidad de Hull en Inglaterra y una Especialización en Redes y Comunicaciones de la Universidad Icesi en Cali. Actualmente se desempeña como profesor en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, en donde coordina el grupo de Investigación DESTINO. Además, es fundador y codirector del Centro de Telemedicina de Colombia.

Carlos A. Gamboa es médico especialista en otorrinolaringología, cofundador de la clínica Sigma en Cali. Durante los últimos años el doctor Gamboa ha venido colabo-

rando con el desarrollo de WEST - OT.

Jorge Alberto Vélez Beltrán es médico egresado de la Universidad Libre en Cali, tiene una Especialización en Gestión de la Salud de la Universidad Icesi en Cali. Actualmente, se desempeña como profesor en la Pontificia Universidad Javeriana, Cali, en donde forma parte del grupo de Investigación DESTINO. Además, es fundador y director del Centro de Telemedicina de Colombia y líder de los servicios de salud de Ecopetrol S.A, en la ciudad de Cali 