



UNIVERSIDAD EAFIT

Abierta al mundo

Acreditada Institucionalmente por el Ministerio de Educación Nacional

ISSN 1692 - 0694

PRODUCTO DE TELEPRESENCIA PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL ÁMBITO NACIONAL

Helmuth Treftz Gómez, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad Eafit

Pedro Vicente Esteban Duarte, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Eafit

Andrés Quiroz Hernández, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad Eafit

Faber Giraldo Velásquez, Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad del Quindío

Ángela María Jiménez Rojas, Pedagogía Reeducativa, Universidad del Quindío

Edgar Villegas Iriarte, Educación Abierta y a Distancia, Universidad del Magdalena

**Departamento de Ingeniería de Sistemas – Investigación en Realidad Virtual
Departamento de Ciencias Básicas – Educación Matemática e Historia (UdeA – Eafit)
Universidad EAFIT, Medellín, Colombia**

**Ingeniería de Sistemas y Computación – Sistemas de Información y Control
Industrial - SINFOCI
Universidad del Quindío, Armenia, Colombia**

Medellín, enero de 2007

DOCUMENTO 51–012007

Comentarios: Favor dirigirlos a:

htrefftz@eafit.edu.co, pesteban@eafit.edu.co, fdgiraldo@uniquindio.edu.co.

Los contenidos de este documento son responsabilidad de los autores. Está autorizada la reproducción total o parcial de este material siempre y cuando se cite la fuente.

Participantes

Universidad Eafit

Helmuth Trefftz Gómez

Ingeniero de Sistemas - Universidad EAFIT

Doctor en Ciencias de la Computación - Rutgers University

Docente Departamento de Informática y Sistemas

Director del Laboratorio de Realidad Virtual

Pedro Vicente Esteban Duarte

Matemático - Universidad de Antioquia

Doctor en Ciencias Matemáticas - Universidad Politécnica de Valencia

Docente Departamento de Ciencias Básicas

Andrés Quiroz Hernández

Ingeniero de Sistemas - Universidad Eafit

Estudiante de Maestría en Ingeniería de la Computación

Universidad de Rutgers, Estados Unidos

Daniel Hernández

Estudiante de Ingeniería de Sistemas

Universidad del Quindío

Fáber Danilo Giraldo Velásquez

Ingeniero de Sistemas y Computación - Universidad del Quindío

Investigador grupo SINFOCI

Jefe del Laboratorio de Ingeniería de Sistemas y Computación

Docente del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación

Ángela María Jiménez Rojas.

Psicóloga - Universidad de Manizales

Especialista en Pedagogía Magíster en Educación y Desarrollo Humano

Docente programa de Pedagogía Reeducativa

Gustavo Jaramillo

Ingeniero Civil - Universidad del Quindío

Docente del programa de Tecnología en Obras Civiles

Estudiantes del Semillero

Germán Rivas José Jesús Piñeros

Sammy Gabriel Jiménez

Luís Felipe Sosa Álvarez

Jonny Alexander Vélez Calle

Jairo Alonso Cardona Castrillón

Jorge Armando Agudelo Quintero

Universidad del Magdalena

Edgar Villegas Iriarte - Universidad del Magdalena

Profesor del Instituto de Educación Abierta y a Distancia

Eliel Móises Guevara Cariaga - Universidad del Magdalena

Profesor del Instituto de Educación Abierta y a Distancia

El grupo de investigadores desea expresar sus agradecimientos:

En la Universidad EAFIT al Centro de Investigaciones, al Departamento de Ingeniería de Sistemas y al Departamento de Ciencias Básicas por aportar los recursos para que este proyecto continué desarrollándose.

En la Universidad del Quindío a la Vicerrectoría de Investigaciones por apoyar a todas las personas que de alguna forma participaron en la ejecución de éste proyecto, y a nuestros compañeros y amigos de la universidad EAFIT.

En la Universidad del Magdalena a todas las personas que ayudaron a poner en ejecución el proyecto.

Índice general

1. Presentación	1
1.1. Descripción del proyecto	3
1.1.1. Planteamiento de la pregunta o problema de investigación	3
1.2. Marco teórico y estado del arte	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Metodología propuesta	5
1.5. Consideraciones adicionales	5
1.6. Universidad del Magdalena	6
1.7. Universidad del Quindío	6
2. La enseñanza para la comprensión	11
2.1. La comprensión en el currículo escolar	11
2.2. ¿Qué es la Enseñanza para la Comprensión?	15
2.2.1. Las Dimensiones de la Comprensión	15
2.2.2. Los cuatro elementos de la Comprensión	19
3. Desarrollo y aplicaciones de la herramienta de Telepresencia	31
3.1. La plataforma de Telepresencia	32
3.1.1. Ambiente de Realidad Virtual (RV)	32
3.1.2. Ambiente para las Diapositivas	34
3.1.3. Ambiente Teleconferencia	34
3.2. Arquitectura general del sistema	36
3.3. Trabajo Realizado	36
3.3.1. Modificaciones al módulo de teleconferencia	37
3.3.2. Rediseño de la plataforma de programación	42
3.3.3. Reorganización de código y modularización	43
3.3.4. Desarrollo de contenidos	46
3.4. Difusión de la herramienta	50
3.4.1. Aplicación en la Universidad del Quindío	51
3.5. Trabajo futuro	53

4. Aplicaciones de la Enseñanza para la Comprensión	55
4.1. Diseño del curso de Física 1	55
4.1.1. Fases para los desempeños de comprensión	58
4.2. Aplicación con la herramienta de Telepresencia	60
4.2.1. Resultados de la aplicación del pretest	61
4.2.2. Apreciación sobre las respuestas dadas en el Pretest	64
4.2.3. Aplicación del diseño metodológico en el desarrollo del curso de Física I	65
4.2.4. Video	68
4.3. Resultados de la aplicación	69
4.3.1. Aplicación del Post-Test	69
4.3.2. Apreciación de las respuestas dadas en el Post-Test	73
4.4. Conclusiones	74
5. Consideraciones técnicas durante la experiencia	75
5.1. Consideraciones técnicas	75
5.1.1. Especificaciones de <i>Hardware</i> y <i>Software</i>	75
5.2. Ejercicios implementados	77
5.2.1. Esfuerzos	77
5.2.2. Vectores: Suma de vectores en forma geométrica	78
5.3. Suma de vectores 3D	81
5.3.1. Desplazamiento de vectores	83
5.3.2. Peso colgante	84
5.4. Fricción	85
5.4.1. Empuje	86
5.4.2. Zapata	89
5.4.3. Palancas	90
5.5. Integración Pedagogía Tecnología	93
5.5.1. Resultados del test de observaciones	95
5.5.2. Segunda Experiencia (5 de Noviembre de 2005).	97
5.6. Sugerencias realizadas a los ejercicios propuestos	99
5.7. Sugerencias acerca de la herramienta de Telepresencia	100
5.7.1. Corregir el puntero del <i>mouse</i>	100
5.7.2. Hacer más amigable la interfaz gráfica del usuario	100
5.7.3. Documentación del proceso de desarrollo y el producto	101
5.8. La Telepresencia en las tutorías	101
5.9. Plataformas Tecnológicas Complementarias	103
5.10. Conclusiones y proyección de la experiencia	103
5.11. Desde el punto de vista pedagógico	103
5.12. Acerca del uso de la plataforma	104
5.13. Acerca de la asignatura de Física 1	104
5.14. Proyecciones	104
5.14.1. En el curso de Física I y el programa de Tecnología en Obras Civiles	105
5.14.2. En el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación	105
5.14.3. Sobre otros programas académicos de la Universidad del Quindío	105

5.14.4. Telepresencia vía <i>Web</i>	106
A. Programa del curso de Enseñanza para la Comprensión	107
A.1. Curso de Enseñanza para la comprensión	107
A.2. Marco teórico	108
A.3. Objetivos	110
A.4. Temas	111
A.5. Público	111
A.6. Metodología	111
A.7. Evaluación	112
A.8. Bibliografía	112
B. Universidad del Quindío: Instrumentos de recolección	113
B.1. Datos personales de los estudiantes	113
B.2. Test de conocimientos previos (Pretest)	115
B.3. Test de observaciones durante la experiencia	118
B.4. Test de observaciones al final de la experiencia (Postest)	120
C. Universidad del Magdalena: Diseño de la experiencia	123
C.1. Diseño Pedagógico	123
C.1.1. Dimensiones de la Comprensión	123
C.1.2. Componentes de la Comprensión	124
C.2. Portafolio	125
C.2.1. Fase preliminar	125
C.2.2. Fase de desarrollo (Elaboración del portafolio)	126
C.2.3. Descripción del estado del arte	127
C.3. Test de conocimientos previos	127
C.4. Observaciones la final de cada experiencia	128
C.5. Reflexiones finales	129

Índice de figuras

1.1. Setup del profesor y de los alumnos.	1
2.1. Formas de evaluar en la Enseñanza para la Comprensión ([41]).	28
2.2. Marco Conceptual de la Enseñanza para la Comprensión ([5]).	30
3.1. Teleapuntadores en el ambiente de Realidad Virtual.	33
3.2. Sensor de posición electromagnético (Polhemus).	33
3.3. Vista del módulo de realidad virtual con un contenido de computación gráfica.	34
3.4. Vista del módulo de diapositivas.	35
3.5. Ambiente de teleconferencia.	35
3.6. Arquitectura General del Sistema.	36
3.7. Diagrama de clases: Módulo de teleconferencia anterior.	38
3.8. Diagrama de clases: Módulo de teleconferencia nuevo.	39
5.1. Ejercicio de esfuerzo para cuerpos cilíndricos y para cuerpos cúbicos.	78
5.2. Variación del tamaño del cuerpo cúbico y del cilíndrico.	78
5.3. Variación de la fuerza aplicada al cuerpo cilíndrico y al cúbico.	79
5.4. Área inicial de trabajo y un vector en 3D dibujado sobre ella.	80
5.5. Suma geométrica de vectores y tres vectores libres.	80
5.6. Suma de tres vectores y área de trabajo en 2D.	81
5.7. Suma de tres vectores libres en 2D.	82
5.8. Interfaz para la suma de vectores 3D y un vector unitario en el espacio.	82
5.9. Distintas perspectivas de suma de vectores en 3D.	83
5.10. Desplazamientos en 2D y producto vectorial.	84
5.11. Producto vectorial y de peso colgante.	85
5.12. Configuración del peso máximo admisible y variación del peso del cuerpo.	85
5.13. Caída del cuerpo al exceder las condiciones máximas y explicación.	86
5.14. Interfaz para fuerza máxima soportada por la superficie.	87
5.15. Variación de la fuerza del sistema y movimiento al exceder al fuerza mínima.	87
5.16. Explicación para el desplazamiento y estado inicial del sistema de empuje.	88
5.17. Inclinación del personaje y desplazamiento por la acción de su fuerza.	88
5.18. Explicación de lo sucedido y estado inicial de la zapata.	89
5.19. Hundimiento de la columna por reducción de la zapata y explicación.	89
5.20. Sistema de poleas de segundo género y de palancas.	90

5.21. Sistema de poleas y levantamiento de masa con una polea fija.	91
5.22. Selección de dos poleas móviles por parte del usuario.	92
5.23. Polea fija y situación inicial con un torno.	92
5.24. Explicación sobre la fuerza requerida para levantar un balde.	93
5.25. Grupo de estudiantes utilizando la herramienta de Telepresencia.	94

Capítulo 1

Presentación

Durante los años 2003 y 2004, el laboratorio de Realidad Virtual de la universidad Eafit adelantó el proyecto “Telepresencia aplicada a la Educación Superior”, con apoyo de Colciencias y de la Universidad Eafit ([66]).

Como parte del proyecto, se construyó un prototipo de un sistema de Telepresencia que combina audio y video sobre *Internet* un mundo virtual colaborativo. Este sistema permite que un instructor y sus alumnos interactúen de manera sincrónica, a pesar de estar físicamente en sitios diferentes. Los resultados de la primera etapa, utilizando el prototipo, permiten concluir que el uso del sistema en conjunto con un enfoque pedagógico asociado (en nuestro caso la Enseñanza para la Comprensión ([5]), permite que los alumnos en un proceso de enseñanza a distancia obtengan niveles de comprensión iguales o superiores a los que se les brinda una enseñanza presencial ([1]). En la Figura 1.1 se muestran los dispositivos necesarios tanto del lado del profesor como de los alumnos para la realización de una clase soportada con con el prototipo en su versión actual.

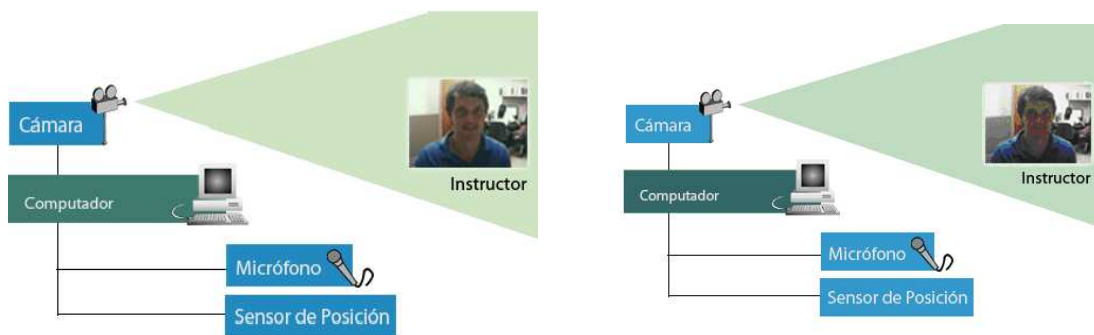


Figura 1.1: Setup del profesor y de los alumnos.

El objetivo del proyecto, a largo plazo es aportar al mejoramiento del cubrimiento y de la calidad de la educación en Colombia. En nuestro país, como en muchos países en vías de desarrollo, los instructores más calificados y las instituciones educativas con más alta calidad están concentrados en las grandes urbes, y más aún, en sectores privilegiados de las mismas. Hay, sin embargo, un número muy grande de Colombianos que no tienen acceso

a una educación de alta calidad por vivir regiones apartadas de las zonas privilegiadas y/o por no poder cubrir los costos asociados a su instrucción. Implementar proyectos como el que se presenta en esta propuesta le permitiría a las entidades educativas de alta calidad ampliar su cubrimiento y de esta forma alcanzar a grupos de personas que no pueden acceder a este tipo de educación.

Con el desarrollo del presente proyecto se buscaban dos aspectos fundamentales: (i) El prototipo desarrollado en la primera etapa convertirlo en un producto robusto que se pueda utilizar en las condiciones reales de la infraestructura tecnológica de nuestro país, esto es, que pueda operar sobre líneas de comunicaciones con un ancho de banda bajo. En esta parte se incorporarán al producto las técnicas de *multicast* diferencial definidas en la tesis doctoral del investigador principal ([61]). (ii) Permitir que otras universidades del país utilicen el producto y desarrollen nuevos módulos con la única condición de que éstos sean puestos a disposición de otras universidades del país para construir un banco de experiencias en la utilización de la herramienta de Telepresencia en diferentes ramas del conocimiento. El logro de este objetivo depende del compromiso de las universidades que sean piloto en desarrollo del proyecto. De esta forma se espera que se genere una dinámica que permita que los nuevos desarrollos beneficien a la comunidad educativa del país.

La Realidad Virtual es una herramienta ampliamente utilizada para entrenamiento y educación ([42]). La Realidad Virtual Colaborativa permite que varios usuarios interactúen en un entorno virtual. También ha sido utilizada para entrenamiento y educación ([16]). Existen algunos proyectos que han explorado la combinación de audio y video con Realidad Virtual Colaborativa ([33, 28]) pero, hasta donde sabemos, no hay aplicaciones a la educación, con excepción de nuestro proyecto.

El proyecto propuesto consta de dos partes. En la primera parte se llevará a cabo un trabajo técnico para convertir el prototipo en un producto, esto es, con documentación técnica y de usuario apropiadas, estable y que cumpla con la filosofía de un *framework* (marco de referencia), de tal manera que pueda ser fácilmente extendido y modificado por otros desarrolladores.

En la etapa de extensión y puesta a punto se trabajó a manera de prueba piloto con la Universidad del Magdalena (Santa Marta) y la Universidad del Quindío (Armenia) que adaptaron el producto y lo utilizaron en ambientes reales de enseñanza a distancia en sus respectivas sedes. También, de manera paralela, los instructores de éstas universidades recibieron capacitación en el modelo educativo de la Enseñanza para la Comprensión y en el uso de la herramienta.

En esta segunda parte se utilizaron los nuevos desarrollos llevados a cabo por las universidades piloto en sus propias sedes. Al final se recogieron las experiencias tanto de los desarrolladores como de los instructores. Con estas pruebas se espera avanzar en el desarrollo del producto y de su documentación correspondiente para que ponerlo a disposición de otras instituciones educativas del país.

1.1. Descripción del proyecto

El proyecto “Producto de Telepresencia para Educación Superior en el Ámbito Nacional” busca fomentar la colaboración interinstitucional, para el desarrollo de propuestas educativas a distancia que integren la herramienta de Telepresencia y la Enseñanza para la Comprensión en el diseño de módulos de instrucción en diferentes áreas del conocimiento para ser impartidos a distancia.

1.1.1. Planteamiento de la pregunta o problema de investigación

En el proyecto se busca integrar la tecnología y la pedagogía como herramientas permiten presentar a los alumnos los conceptos de un saber de una forma que los motive a comprenderlos y transformarlos de acuerdo con sus necesidades personales y sociales. Por ello, durante el desarrollo se buscó responder preguntas técnicas y pedagógicas.

En la parte técnica se plantearon las siguientes preguntas:

- ¿Cómo combinar mensajes de audio, video y realidad virtual en el sistema propuesto de tal forma que la interacción entre el instructor y los alumnos sea adecuada, a pesar de que las líneas de comunicaciones utilizadas tengan un ancho de banda bajo? Por ejemplo transportar la información sobre líneas telefónicas.
- ¿Cómo modificar la aplicación adaptándola a la filosofía de un *framework* para lograr que el producto sea fácilmente reutilizable y extensible por parte de otros desarrolladores?

Para la parte pedagógica se trabajaron preguntas del tipo:

- ¿Cuáles factores logísticos y pedagógicos permiten que una institución educativa, diferente de la creadora original del prototipo, implemente de manera exitosa el producto de Telepresencia en un ambiente real de enseñanza a distancia?
- ¿Cómo replicar los resultados de la investigación a otras instituciones del país que necesiten de apoyo logístico y técnico como medios para ampliar la cobertura educativa en educación superior y de esta forma contribuir al mejoramiento de la calidad pedagógica en el país?

1.2. Marco teórico y estado del arte

Antes de acuñarse el término Realidad Virtual, aplicaciones como simuladores de vuelo, construidos con gráficas por computador, eran utilizados con un éxito incuestionable en aplicaciones de evaluación y entrenamiento. La reducción de costos y el poder evitar riesgos que afectan vidas humanas o el daño dispositivos costosos son factores claves de dicho éxito.

A diferencia del entrenamiento, en el cual se adquieren o practican destrezas, en la educación se trata de incrementar el conocimiento y la comprensión, los cuales son más difíciles de medir. Se han adelantado varios proyectos explorando el uso de la Realidad Aumentada en educación ([2]). Uno de los más difundidos fue el proyecto NICE ([42]), en el cual un niño, inmerso en un ambiente tipo CAVE , aprende a cuidar de un jardín virtual, mientras recibe apoyo de un instructor. El laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad Eafit llevó a cabo entre 1996 y 1999 el proyecto “Realidad Virtual aplicada a la Educación Superior”, en el cual se construyó AVALON en el que un grupo de estudiantes recorren como experiencia grupal diferentes mundos virtuales para reforzar conceptos de un curso de educación ambiental ([65]). Otro proyecto que se desarrollo en este laboratorio fue “Realidad Aumentada en la Enseñanza de las Matemáticas” ([34]) en el que se desarrollo un prototipo para sumergir a los estudiantes en un ambiente para interactuar con superficies definidas por funciones de dos variables en dun curso de Cálculo en Varias Variables .

La combinación de audio y video con ambientes virtuales colaborativos ha sido explorada previamente ([33]). Pero hasta donde se sabe, nuestro proyecto de Telepresencia ([66]) es el primero en explorar la combinación de estos tres medios en una aplicación para apoyar procesos de enseñanza aprendizaje. En la primera etapa del proyecto, se exploró el uso de la herramienta de Telepresencia en un curso de Electricidad y Magnetismo y en uno de Computación Gráfica . El apéndice 1 incluye un número de figuras que describen los contenidos creados para los cursos de Computación Gráfica y Electricidad y Magnetismo. Un grupo de control recibía las clases de manera presencial, mientras que el grupo experimental recibía las clases utilizando la herramienta. Los niveles de comprensión alcanzados por los integrantes de cada grupo fueron evaluados usando los lineamientos de la Enseñanza para la Comprensión . Los resultados mostraron que los niveles de comprensión alcanzados por los estudiantes que usaron la herramienta fueron iguales o superiores a los alcanzados por los que recibieron clases presenciales.

1.3. Objetivos

Uno de los objetivos de este proyecto es permitir que otras instituciones del país se beneficien de esta tecnología y alcancen resultados similares en sus procesos de enseñanza-aprendizaje a distancia. Por lo tanto se busca convertir el prototipo desarrollado en el proyecto Telepresencia aplicada a la Educación Superior en un producto documentado y extensible que pueda ser utilizado y modificado por otras instituciones educativas para apoyar procesos de enseñanza aprendizaje a distancia. Adicionalmente, utilizarlo en dos procesos de enseñanza-aprendizaje, uno en la Universidad del Magdalena y otro en la Universidad del Quindío. Para ello se buscará:

- Modificar el prototipo para que funcione de manera adecuada sobre líneas telefónicas.
- Documentar el producto, tanto en la parte técnica como en los procedimientos logísticos y pedagógicos asociados.

- Realizar dos pruebas piloto del producto en ambientes reales de enseñanza aprendizaje a distancia: uno en la Universidad del Quindío y otro en la Universidad del Magdalena.
- Documentar los resultados de las pruebas piloto.
- Poner el producto, con la documentación asociada, en un servidor para que pueda ser utilizado por instituciones educativas del país bajo el compromiso de compartir, a su vez, las nuevas funcionalidades que desarrollen.

1.4. Metodología propuesta

Para el desarrollo de la parte técnica, se utilizarán, como en la primera etapa del proyecto, técnicas de Extreme Programming *Extreme Programming*, las cuales permiten una mejor productividad y mayor satisfacción del usuario final ([46]).

Los grupos piloto de las universidades del Quindío y del Magdalena recibieron instrucción en dos frentes: Los desarrolladores de *software* se capacitaron en la parte técnica, en el uso y modificación del producto. Por otro lado, los instructores de los cursos a distancia se les capacito en la parte pedagógica y en el enfoque de la Enseñanza para la Comprensión. Tanto la capacitación técnica como la pedagógica llevaron a cabo en las sedes de las universidades piloto.

Para verificar la efectividad del uso de la herramienta, las universidades del Quindío y del Magdalena llevaron a cabo entrevistas con los instructores y los estudiantes, en las que recogieron sus conceptos sobre los beneficios y las limitaciones encontrados en el proceso.

1.5. Consideraciones adicionales

Las responsabilidades de las instituciones involucradas en el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

Universidad Eafit

- Convertir el prototipo en un producto documentado y extensible.
- Poner el producto en un servidor a disposición de otras entidades del país.
- Brindar las capacitaciones técnicas y pedagógicas en las fechas y sitios acordados.
- Registrar el producto genérico.
- Cubrir las descargas o salarios del personal involucrado por parte de Eafit en el proyecto.

Universidad del Quindío y Universidad del Magdalena (universidades piloto)

- Involucrar el área de educación a distancia para definir conjuntamente un curso en el cual se pueda aplicar la herramienta.
- Recibir las capacitaciones técnicas y pedagógicas en las fechas y sitios acordados.
- Cubrir los gastos de viaje y manutención del personal que se tenga que desplazar para las capacitaciones, bien sea de Eafit o de las universidades piloto.
- Desarrollar los módulos apropiados para el curso escogido.
- Utilizar la herramienta y los módulos desarrollados en el curso escogido. El hardware necesario para correr la aplicación corre por cuenta de cada universidad piloto.
- Registrar los módulos desarrollados.
- Poner los módulos en el servidor a disposición de otras Universidades del país.
- Cubrir las descargas o salarios del personal involucrado por parte de cada universidad piloto.

1.6. Universidad del Magdalena

En la Universidad del Magdalena se escogieron estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas que que tuvieran experiencia en Computación Gráfica y en el desarrollo de software.

Para la parte pedagógica se selecciono a un grupo de docentes de varias áreas del conocimiento para que recibieran la capacitación en la pedagogía de la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión.

El curso seleccionado para llevar a cabo la experiencia fue el de “Anatomía y Fisiología del Ejercicio”, que se imparte a estudiantes de la Tecnología en Educación Física, que tiene por objetivo preparar docentes para que impartan esta materia en distintos Colegios del Departamento del Magdalena.

La herramienta de Telepresencia no se utilizó directamente con los estudiantes, pero el diseño pedagógico del curso basado en la Enseñanza para la Comprensión se puede ver en el Apéndice C, página 123.

1.7. Universidad del Quindío

Para el desarrollo de la propuesta en la Universidad del Quindío el grupo SINFOCI fue el encargado de desarrollar la parte técnica. El grupo comenzó a involucrarse con la herramienta desde el año 2004. En este grupo trabajan profesores adscritos a la carrera de Ingeniería de Sistemas y estudiantes de varios semestres interesados en desarrollos de la Computación Gráfica.

En la parte pedagógica se busco el asesoramiento de de profesores de la Facultad de Educación con los que se logro hacer un buen trabajo interdisciplinario, que permitió llevar a cabo reflexiones acerca de los procesos de enseñanza que se siguen en la carrera de Ingeniería de Sistemas.

El curso seleccionado para llevar al experiencia fue del Física 1 que se imparte a estudiantes de la Tecnología en Obras Civiles. Para este curso se desarrollaron los módulos de instrucción con base en la Enseñanza para la Comprensión que brinda el soporte pedagógico a la herramienta tecnológica utilizada.

La utilización de la herramienta y de la pedagogía condujeron a un replanteamiento de la forma cómo tradicionalmente se imparten las asignaturas en la carrera de Ingeniería de Sistemas. Con la utilización de principios de exploración e interacción constante con su entorno y y con los recursos tecnológicos se logró reducir el grado inicial de abstracción involucrado en los conceptos del curso presentados a los estudiantes.

Aplicar por primera vez, en la Universidad del Quindío, la herramienta de Telepresencia para crear un un espacio académico se convirtió en una experiencia interesante, cautivadora y novedosa tanto para los docentes como para los estudiantes que participaron de ella. El impacto del uso de esta tecnología y de la pedagogía motivo cambios en la percepción y ejecución de los procesos académicos al interior de la Universidad del Quindío, puesto que otras Facultades y Departamentos están interesados en aplicar los resultados obtenidos en el proceso de investigación en sus respectivos centros.

El rol del docente, del estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la tecnología misma se modifican al interactuar paralelamente creando espacios reflexivos, participativos y de realimentación constante, logrando finalmente fortalecer los niveles de comprensión en los estudiantes.

Presentación del grupo de investigación SINFOCI

El grupo de investigación SINFOCI pertenece al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería - CEIFI de la Universidad del Quindío. Sus líneas de investigación son: *Tiempo Real y Sistemas Embebidos e Ingeniería de Software y Robótica*.

En los 5 años que tiene desde su creación, el grupo SINFOCI se ha ido consolidando rápidamente, fortaleciendo eficazmente el proceso de enseñanza de pregrado del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación. Es así, como poco a poco se han incorporado nuevos profesores y nuevas líneas de investigación a éste.

Las investigaciones del grupo han estado enmarcadas dentro del desarrollo tecnológico, inicialmente orientadas al fortalecimiento de la línea de tiempo real; pero poco a poco fue creciendo su interés por la línea de ingeniería de software a la par con el crecimiento del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Quindío. Esto no quiere decir que las líneas restantes se han descuidado, al contrario, se ha elaborado un proceso de fortalecimiento y aplicación de estándares y tecnologías informáticas de última generación con las cuales se consolidan los actuales trabajos de investigación ejecutados por SINFOCI.

La trayectoria del grupo es la adquirida por parte de los investigadores en los grupos de Sistemas de Información Industrial de la Universidad del Valle que es de aproximadamente tres años, más la adquirida durante seis años en la Universidad del Quindío junto a un grupo

de 20 estudiantes. En este tiempo se han desarrollado cinco proyectos de investigación, a saber:

- Diseño y Construcción de un Software para Automatización de Procesos (SAI).
- Especificación, Diseño y Construcción de una Herramienta para Automatización de Procesos (EST).
- Implementación de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) para el sistema operativo SAI.
- Especificación, Diseño e Implementación de una Arquitectura para Control Difuso.
- Especificación, Diseño y Construcción de un Framework en Tiempo Real.

Se cuenta también con dos proyectos en ejecución, denominados:

- Puesta a Punto del Software de Automatización SAI.
- Definición de un Metamodelo para la Especificación de los Procesos de Negocio de la Universidad del Quindío.

El primer proyecto está casi terminado, mientras que el último se encuentra en su fase inicial. Se han publicado 4 libros resultado de investigación, siete artículos en la Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío, 2 artículos de investigación en revistas nacionales y uno en revista internacional; además se ha desarrollado software con sus respectivos manuales, correspondientes a proyectos de investigación finalizados. Gracias al apoyo académico y de infraestructura brindado por el grupo de investigación, se han culminado aproximadamente 30 trabajos de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas y computación y se han organizado dos congresos de Investigación en Ciencia y Tecnología nacionales en los últimos 3 años. Actualmente, SINFOCI se encuentra reconocido por Colciencias como grupo de investigación de la Universidad del Quindío.

Un proceso que ha tenido una significativa relevancia, es el de semillero de investigación. Dicho proceso ha sido ejemplar en el interior de la Universidad del Quindío, y ha hecho que el grupo pase de una conformación de un docente y cinco estudiantes, a la actual de 10 docentes -la gran mayoría, egresados formados en el grupo- y aproximadamente 20 estudiantes. Cabe anotar, que en este proceso de formación se han distinguido algunos investigadores por su autoformación y continuo compromiso. Un aspecto importante, y que apenas se está adoptando dentro de la Universidad, es la cultura de grupo de investigación contraria a la cultura de proyecto, lo cual ha sido una fortaleza que ha permitido la ejecución simultánea de varios proyectos de investigación, además de plantearnos el reto de la dirección del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación. Esta fortaleza está representada en un alto conocimiento de lo investigado por parte de la mayoría de los investigadores, facilitando así este proceso de divulgación.

Uno de los aspectos claves que impulsan a este grupo es el ardiente deseo de estar en la frontera del conocimiento, es por eso, que se encuentra diseñando su programa de investigación para los próximos 5 años. Tiempo en el cual se espera una transformación

en el quehacer investigativo, propendiendo por la investigación científica, apoyado por unos procesos de desarrollo tecnológico y por la creciente infraestructura del grupo.

Presentación del semillero de investigación

El semillero del grupo de Investigación SINFOCI, denominado inicialmente *Ambiente Virtual para la Enseñanza del Raytracing*, se estableció desde el año 2004, con el fin de promover e impulsar a los estudiantes del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío, en el campo de la investigación científica en nuevas tecnologías, que permitan proponer nuevas alternativas académicas dentro del plan de estudios del programa, y promuevan los lazos de unión y colaboración con otros grupos de investigación a nivel nacional. Actualmente el semillero de investigación está conformado por estudiantes de IV, VIII y X semestres, lo cual consolida el proceso de formación de nuevos talentos en investigación para el grupo SINFOCI.

Antecedentes de la Telepresencia en la Universidad del Quindío

Con motivo de la realización del *I Encuentro Nacional de Investigación en Ingeniería de Sistemas*, evento realizado en la Universidad del Quindío en Septiembre de 2002, el grupo de investigación SINFOCI realizó los primeros contactos con el grupo de investigación en Realidad Virtual de la Universidad EAFIT sede Medellín, dirigido por el Ph. Ing. Helmuth Trefftz.

En el periodo comprendido entre el año 2003 y primer semestre de 2004, en la Universidad EAFIT se ejecutaban las primeras experiencias con la plataforma de Telepresencia, planteando una posible expansión a otras universidades a nivel nacional para obtener resultados más concretos sobre ambientes reales de enseñanza a distancia, puesto que la aplicación fue utilizada en la Universidad EAFIT sobre cursos de asignaturas de modalidad presencial. En Julio de 2004 se establecen los primeros acuerdos formales entre el grupo de Realidad Virtual de la Universidad EAFIT y el grupo de Investigación SINFOCI de la Universidad del Quindío, con el fin de que el semillero de este último aplicara la plataforma de Telepresencia en la Universidad del Quindío, brindando la posibilidad con ello de plantear proyectos de investigación interinstitucionales patrocinados por Colciencias. Es así como el semillero de investigación presentó para la vigencia de 2004 un informe a la Dirección General de Investigaciones de la Universidad del Quindío, en el cual se expone una propuesta de análisis y diseño orientado a objetos para un curso de Raytracing utilizando la herramienta de *Telepresencia Aplicada a la Educación Superior*, derivando de ello el nombre inicial dado al semillero.

Para el año de 2005, desde la Universidad EAFIT se plantea la necesidad de aplicar la plataforma de Telepresencia en un curso de un programa académico bajo la modalidad Abierta y a Distancia de la Universidad del Quindío. Después de un proceso de selección, dentro del cual se estudiaron detalladamente los diferentes planes de estudios de los diversos programas a distancia, se escogieron dos asignaturas candidatas: *Anatomía y Fisiología* en el tercer semestre del programa de Salud Ocupacional de la Facultad de Ciencias de la

Salud, y *Física I* en el segundo semestre del programa de Tecnología en Obras Civiles perteneciente a la Facultad de Ingeniería. En ambos cursos se observó una aplicabilidad directa de escenas y objetos en 3D sobre los conceptos de las asignaturas, que podían ser soportados por la plataforma de Telepresencia, garantizando un alto grado de interacción directa de los estudiantes.

Por consenso de los grupos de investigación se eligió al curso de Física I, considerando que el programa en el cual se imparte es el único de modalidad Abierta y a Distancia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío, y también que los temas y conceptos tratados en el curso tienen un impacto directo en las obras de construcción, lo que permitiría plantear ejercicios muy concretos, para exponer la aplicación de conceptos de Física sobre elementos de construcción con los cuales los estudiantes del programa se encuentran familiarizados, como por ejemplo: vigas, columnas, escaleras, zapatas, y edificaciones en general. Finalizado el proceso de selección, se realizan capacitaciones en la Universidad del Quindío, sobre Enseñanza para la Comprensión, y construcción de contenidos para la plataforma de Telepresencia, dictadas respectivamente por el Ph. Pedro Vicente Esteban, doctor en Matemáticas y docente de la universidad EAFIT, y el ingeniero Andrés Quiroz Hernández, responsable de la parte técnica del proyecto Telepresencia e integrante del grupo de Realidad Virtual de la Universidad EAFIT.

Estas charlas tuvieron como objetivo brindar los fundamentos y principios de la Enseñanza para Comprensión (ver Apéndice A, página 107), soporte teórico y fundamental de la plataforma de Telepresencia, para que los docentes que participan de la experiencia en la Universidad del Quindío adaptaran el curso de Física I de acuerdo a los planteamientos de esta tendencia pedagógica. De igual forma, las charlas en la parte técnica del proyecto capacitaron a los estudiantes integrantes del semillero en las bases y conceptos de programación para implementar ejercicios con objetos en 3D que representen situaciones en donde se aplican conceptos de Física a construcciones. Los temas de los ejercicios implementados fueron establecidos por el tutor del curso de acuerdo con los contenidos de cada tutoría y sus objetivos particulares dentro del desarrollo de las mismas.

Capítulo 2

La enseñanza para la comprensión

Tres propósitos fundamentales del Sistema Educativo en cualquiera de sus niveles son: la *comprensión*, la *asimilación* y el *uso adecuado del conocimiento*. La comprensión desempeña una función central en esta tríada. En primer lugar, porque las cosas que se pueden hacer para entender mejor un concepto son las más útiles para recordarlo. Así, buscar pautas en las ideas, encontrar ejemplos propios y relacionar los conceptos nuevos con conocimientos previos, por ejemplo, sirve tanto para comprender como para guardar la información en la memoria. En segundo lugar, porque si no hay comprensión no se puede usar activamente el conocimiento. La asimilación está relacionada con la capacidad que tiene nuestra mente para recordar un concepto o suceso a largo plazo, por lo tanto si no se ha comprendido adecuadamente se olvidará en corto tiempo. Por otro lado si los conceptos no se comprenden y asimilan adecuadamente no podrán ser utilizados y transformados y por lo tanto se vuelven intrascendentes para quien los haya aprendido alguna vez.

2.1. La comprensión en el currículo escolar

No obstante, aunque la comprensión es una meta definida en el currículo escolar, no está claramente definida por el Ministerio de Educación Nacional y tampoco los profesores tienen suficiente claridad al respecto, ¿qué deben comprender los alumnos? ¿qué significa comprender un concepto? como educador ¿cómo se puede saber cuando un alumno ha comprendido un concepto? En los planes de estudios o en los diseños curriculares de las instituciones se encuentra: “El estudiante comprende tal o cual cosa...” La comprensión no se pueda medir con un termómetro o con exámenes de selección múltiple. Se trata de un *estado* que alcanza un alumno que se tiene que evaluar de una manera integrada.

La comprensión no es un estado de posesión sino un estado de capacidad que el alumno puede manifestar en diferentes situaciones para solucionar diversos tipos de problemas. Cuando se comprende algo, además de la información recibida el individuo es capaz de hacer diversas cosas y transformar ese conocimiento en algo productivo en beneficio propio o de su comunidad. Las actividades que se pueden realizar a partir de un concepto revelan comprensión y la desarrollan. Estos procesos se denominan actividades de comprensión “”. Por ejemplo, supongamos (como es normal en matemáticas) que comprendemos el teore-

ma de Pitágoras, que se expresa diciendo: “los cuadrados de los catetos de un triángulo rectángulo es igual al cuadrado de su hipotenusa”. Al exponer este concepto el profesor debe preguntarse ¿qué tipo de actividades de comprensión deben desarrollar mis alumnos para comprender este teorema de la Geometría? Algunas de ellas pueden ser: La explicación, la ejemplificación, la aplicación, la justificación, la comparación y el contraste, la generalización..., entre otras.

Algunas de estas actividades son modestas en sus exigencias; por ejemplo, es relativamente fácil encontrar ejemplos del teorema de Pitágoras. El alumno puede tomarlos directamente midiendo una cancha de fútbol, un aula o de una casa, etc. Otras, en cambio, son más exigentes: la generalización. Esta variedad de actividades revelan algunas características importantes de la comprensión.

- En primer lugar, se identifica a través de las actividades creativas en las que los estudiantes “van más allá de la información suministrada”. La comprensión consiste en un estado de capacitación para ejercitar tales actividades de comprensión.
- En segundo lugar, las diferentes actividades de comprensión requieren distintos tipos de pensamiento, por ejemplo: un pensamiento analógico, metafórico, lógico, creativo, etc. que exigen la aplicación de diferentes tipos de inteligencias ([25].
- En tercer lugar, no es algo “que se adquiere o no se adquiere”, por ello es muy importante que los profesores dediquen suficiente tiempo y esfuerzo a la preparación de las actividades de comprensión que le presentarán a sus alumnos. De otro lado, la comprensión es abierta y gradual. Respecto de un tema determinado, uno puede entender poco (es decir, puede realizar pocas actividades de comprensión) o mucho (realizar muchas actividades de comprensión), pero no puede entender todo pues siempre aparecen nuevas extrapolaciones que uno no ha explorado y que aún no es capaz de hacer.
- En cuarto lugar, puede considerarse como un proceso cognitivo de alto nivel, es decir como un proceso cognitivo complejo que requiere la intervención de los sistemas de memoria y pensamiento, de los procesos de codificación y percepción, y de operaciones inferenciales basadas en los comportamientos previos y factores contextuales. La Comprensión se convierte en un proceso constructivo, en el que la información de un estímulo o evento se interrelaciona con otra información existente en la memoria del ser humano.

Los procesos de codificación, percepción y comprensión están muy relacionados, todos ellos son operadores que procesan información ambiental, sin embargo la comprensión se apoya en los fenómenos de codificación, pero implica una integración de las propiedades codificadas en una unidad cognitiva de nivel superior, donde se da a un nivel abstracto la interpretación de textos, narraciones y de episodios complejos, donde interviene el análisis de relaciones causa-efecto, la predicción de acontecimientos, las inferencias contextuales, entre otros.

La comprensión, que es entendida como ser competente y que ésta a su vez es entendida como un saber - hacer en contexto, “un conocimiento implícito en un campo del

ser humano, una acción situada que se define en relación con determinados instrumentos mediadores ([59]). Este conocimiento “no sólo es concebido como la suma de principios y métodos que deben ser aprehendidos para su transmisión, sino como aquellas reglas de acción que nos garantizan su manejo.” ([59]).

Para ello, la Competencia se define como “saber hacer un contexto” ([5]), es decir, el conjunto de procesos cognitivos y conceptuales que un individuo pone a prueba en una aplicación o resolución en una situación determinada.

Los procesos cognoscitivos son los procesos mediante los cuales el ser humano adquiere la capacidad para crear conocimiento, para aplicarlo y para sostener justificaciones de lo creado, es decir para validar social y culturalmente el conocimiento a través de la estrategia de la comunicación.

Por desarrollo conceptual se entiende la forma como se estructura el conocimiento, en las diferentes etapas del desarrollo humano, es decir, la forma como se adquiere y estructuran los conceptos, teorías, axiomas, principios y leyes de la ciencia, utilizados por el ser humano para interpretar, comprender, argumentar y transformar su realidad. El desarrollo conceptual solamente se logra con el desarrollo cognitivo y viceversa, ya que son procesos interdependientes, dialógicos, teniendo presente que cuando se habla de competencias, se debe asumir que no existe una naturaleza humana por fuera de la cultura y que las acciones humanas son acciones situadas en un escenario cultural por lo que no dependen exclusivamente de factores intrapsíquicos.

Esta perspectiva permite esclarecer la meta de la pedagogía de la comprensión: capacitar a los estudiantes para que realicen una variedad de actividades de comprensión vinculadas con el contenido que están aprendiendo. Además, evoca que el aprendizaje es una consecuencia del pensamiento y por lo tanto, todas las actividades de comprensión – explicar, encontrar nuevos ejemplos, generalizar, etc. – requieren pensar.

Visto desde la teoría Enseñanza para la Comprensión, comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe. Para decirlo de otra manera, la comprensión de un tópico es la “capacidad de desempeño flexible” ([5]) con énfasis en la flexibilidad. De acuerdo con esto, aprender para la comprensión es como aprender un desempeño flexible, más parecido a aprender a improvisar jazz, mantener una buena conversación o trepar una montaña, que a aprender la tabla de multiplicar, las fechas de los presidentes o que $F = ma$. Aprender hechos puede ser un antecedente crucial del aprendizaje para la comprensión, pero aprender hechos no es aprender para la comprensión.

Esta idea contrasta con otra visión de la comprensión existente tanto en nuestro lenguaje cotidiano como en la ciencia cognitiva. A menudo pensamos la comprensión como algún tipo de representación, imagen o modelo mental que tiene la gente. Cuando logramos comprensión decimos: “lo tengo” que se referencia en la literatura especializada como *insight* ([30]). La comprensión es algo que se posee y que va más allá de la capacidad de realización.

La comprensión, junto con el conocimiento y la habilidad, son elementos fundamentales dentro del proceso educativo. Los docentes quieren que sus alumnos egresen de la escolaridad o concluyan otras experiencias de aprendizaje con un buen repertorio de conocimientos, habilidades bien desarrolladas y una comprensión del sentido de la aplicación y transformación de los conceptos de acuerdo con Perkins ([56]).

El conocimiento es información a mano. Nos sentimos seguros de que un alumno tiene conocimientos si puede reproducirlos cuando se lo interroga. Las habilidades son desempeños de rutina a mano.

La reproducción de la información por parte del estudiante, es el conocimiento que él tiene en un área específica. La habilidad no es la comprensión total de lo que el estudiante hace. Cuando un estudiante resuelve unos problemas específicos, está poniendo en práctica una habilidad que maneja, puede llegar a resolver un problema en forma muy hábil, pero en realidad no comprender que significa el concepto o que quiere decir el conocimiento sobre esa área específica.

El fin del conocimiento es transformar la realidad personal y social, y esto no se logra con tener la información a mano y reproducirla. Lo que puede y, generalmente sucede con esta apreciación tradicional de conocimiento, es que los estudiantes recurran a memorizaciones, que sólo les permiten desenvolverse en un aprendizaje a corto plazo. Por el contrario y como lo plantea Miguel y de Julián de Zubiría: "... los conocimientos agrupan un conjunto extenso de representaciones acerca del mundo, la sociedad y los individuos." ([12]).

Al hilo de lo expuesto, se podría afirmar que, el conocimiento se convierte en una herramienta fundamental para modificar sustancialmente el contenido del pensamiento, de tal manera que su proceso garantiza que esta transformación es profunda y duradera, de lo contrario, no pasa de ser nada más que información.

Pero, entonces, ¿qué es la comprensión dentro del marco de la "Enseñanza para la Comprensión"? De acuerdo con Stone ([56]) se define de la siguiente manera:

Comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe. Comprender un tópico quiere decir que es capaz de explicar, justificar, extrapolar, vincular de manera que va más allá del conocimiento y la habilidad rutinaria. La capacidad de desempeño flexible es la comprensión.

La comprensión demuestra ser más útil, no se reduce al conocimiento, requiere más que sólo reproducir información. Comprender es más que una habilidad rutinaria bien automatizada. El alumno que hábilmente resuelve problemas de física o escribe párrafos con oraciones tópicas puede no comprender casi nada de física, de escritura o de aquello acerca de lo que escribe. Aunque el conocimiento y la habilidad pueden traducirse como información y desempeño rutinario a mano, la comprensión se escapa de estas normas simples.

Comprender implica en mayor o menor medida, una construcción personal de significados. Esta apreciación involucra dos aspectos importantes: en primer lugar, que la comprensión depende del desarrollo eficaz y del adecuado empleo de los conceptos, y en segundo lugar, es una actividad personal.

Atendiendo entonces a estos dos componentes, la comprensión de un concepto es entrar a penetrar en su significado, es conectar ideas. Al respecto Entwistle, ([14]) expresa: "la comprensión depende de la capacidad de tejer una red de interconexiones que relacione experiencias y conocimientos previos con la nueva información o nuevas ideas". La última parte de esta apreciación, tiene que ver con el segundo componente, la comprensión como

actividad personal, esto es, hace hincapié en que la comprensión se construye o reconstruye reorganizando ideas previas a la luz de nuevas informaciones, pero ello depende de las experiencias propias y particulares de cada uno de los sujetos.

Ahora bien, la flexibilidad a la que se refiere la Enseñanza para la Comprensión, no es simplemente juntar o yuxtaponer los elementos de la información. Comprender va más allá de aprender a juntar las partes que componen el conocimiento, es organizar esos elementos, para relacionarlos dentro de una estructura de significado. En otras palabras, es imposible comprender por procesos meramente asociativos. No se trata de reproducir información, sino de poderla asimilar e integrar con los conocimientos anteriores. Sólo así se comprende y se adquiere nuevos significados y se construyen nuevos conceptos.

2.2. ¿Qué es la Enseñanza para la Comprensión?

Comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que se sabe acerca de un objeto, evento, situación, concepto, etc. La comprensión va más allá de lo rutinario y de lo que se aprende para responder en un examen, ya que es necesario que los estudiantes tomen conciencia de su propio conocimiento y pueda aplicarlo al enfrentar problemas vitales. La Comprensión no es un acumulado de conocimientos que se memorizan y no se sabe cuando de va hacer uso de ellos en la vida cotidiana, es necesario que la comprensión teja redes significativas donde se relacionen la experiencia y los conocimientos previos con los nuevos conceptos y la puesta en escena de estos en las prácticas cotidianas. De acuerdo con lo anterior:

- Comprender no es simplemente tener conocimientos. Es la habilidad de utilizar ese conocimiento con creatividad y competencia en el mundo.
- ¡Lo que hacemos muestra lo que comprendemos!
- ¡En el corazón de la comprensión se da un matrimonio de nuestros pensamientos con nuestras acciones!
- ¡Aprendemos para la comprensión por medio de la experiencia que se obtiene de ponder los conceptos en práctica a través del hacer!
- Es fundamental recibir una retroalimentación constructiva e informativa permanente.

La Enseñanza para la Comprensión se formuló en la década de los 90 del siglo anterior en la Universidad de Harvard. Es uno de los resultados más significativo del Proyecto Zero de la Facultad de Educación de dicha Universidad. Su formulación consta de dos partes: Las dimensiones y los elementos.

2.2.1. Las Dimensiones de la Comprensión

La investigación adelantada en Harvard determinó cuatro Dimensiones de la Comprensión, desde las cuales se pueden analizar todas las áreas del conocimiento.

- Contenidos o Redes conceptuales.
- Métodos de producción del conocimiento.
- Praxis.
- Comunicación.

Las dimensiones indican con precisión la clase de comprensión que se desea desarrollar en los estudiantes, que es lo que se desea valorar y fomentar cuando se diseña una clase, unidad didáctica o asignatura. Las dimensiones se encuentran íntimamente relacionadas y permiten a los docentes pensar sus clases teniendo en cuenta los aspectos esenciales del proceso enseñanza-aprendizaje, además son aplicables a todas las disciplinas, ya sean “académicas – ciencias, matemáticas, literatura, educación física –, sociales – valores y formas de actuar de un grupo social –, o personales – saber quien soy, apreciarse a si mismo –” ([56]).

Contenidos o redes conceptuales

Esta dimensión parte del principio según el cual la Comprensión se da sobre contenidos temáticos específicos organizados en redes conceptuales que conforman teorías. Para efectos del trabajo pedagógico, en esta dimensión se analiza que comprende el estudiante o que se quiere que llegue a comprender.

- Se parte de la pregunta clave: ¿Qué comprende usted acerca del tema objeto de estudio?
- Se describe y evalúa la coherencia y la riqueza de la red conceptual que posee el estudiante.
- Se analizan las teorías que guían la organización del conocimiento de la persona y la flexibilidad que tiene para moverse en el mundo concreto y en el abstracto.

Los métodos o formas de producción del conocimiento

Esta dimensión se refiere al hecho de que toda comprensión de un área implica el dominio de los métodos propios del área. Para ello es necesario saber si las afirmaciones que se hacen y las decisiones que se toman están basadas en argumentos razonados, acertados, justos o bellos. Es decir, si se quiere enseñar para la comprensión se requiere analizar con los alumnos los métodos o caminos que se siguen para llegar a hacer afirmaciones. En esta dimensión se analiza el como se comprende dicha área. Se parte de las preguntas clave: ¿Cómo construyó lo que comprendió?, ¿Cómo puede estar seguro de lo que comprendió?, ¿Qué evidencia o argumentos tiene para convencer (a otros a sí mismo)? Para esta dimensión es necesario:

- Describir y evaluar como los estudiantes construyen, validan y usan su conocimiento según estándares y procedimientos propios de la disciplina.

- Evaluar cómo saben los estudiantes que comprenden algo.
- Describir cual es la fuente de la “verdad” que la persona posee (autoridad, argumentos, usos de métodos de verificación, etc.).
- Describir la capacidad de duda y escucha de las personas.

La praxis

Los investigadores de Harvard establecieron que una verdadera comprensión, implica la capacidad de una persona para establecer una relación directa entre la teoría y la práctica, de tal suerte que la primera ilumina la segunda y la segunda alimenta la primera. Este proceso le da sentido y propósito al conocimiento por que con las posibilidades de ser utilizado en la vida y en la orientación de la acción en el mundo. En esta dimensión se analiza para qué se comprende.

- Se parte de la pregunta clave: ¿Para qué sirve saber esto?, ¿Cuál es el propósito de este conocimiento?, ¿Al ponerlo en practica, como cambia mi comprensión del hecho, la idea o la teoría?
- Se describe y evalúa el nivel de reflexión del estudiante y las conexiones que establece entre el conocimiento y su vida.
- Evalúa la capacidad de los estudiantes para identificar puntos esenciales del conocimiento dentro de cada ámbito disciplinar y las conexiones que puede establecer con otros conocimientos disciplinares y prácticos.

La comunicación

Esta dimensión se estableció al encontrar que existen distintas maneras de comprender ([25]) y diversas formas de expresar lo que se comprende. La comunicación como parte fundamental de la Comprensión implica comprender a la audiencia y saber a quien se dirige uno para crear la forma de comunicación mas efectiva y potente, y conocerse así mismo para saber cual es la forma de comunicación con la que se tiene más habilidad.

- Se parte de la pregunta clave: ¿Cuál es la mejor forma para presentar y comunicar la comprensión según las habilidades propias y de acuerdo con el auditorio?
- Describe y evalúa las diferentes formas que el estudiante usa para comunicar el conocimiento.
- Evalúa la percepción de los estudiantes para cambiar las formas de comunicación, dependiendo de los auditorios y de las limitaciones contextuales.

En el Cuadro 2.1 de la página 18 se da un resumen de las dimensiones de la Enseñanza para la Comprensión.

Cuadro 2.1: Resumen de las dimensiones de la comprensión.

Las cuatro dimensiones de la comprensión			
Dimensión	Preguntas objetivas	Explicación	Ejemplos
Contenido	¿Qué conocimientos quiere que sus estudiantes comprendan?	Describe y evalúa la calidad, sofisticación y organización de un sistema de conocimiento de los individuos, los grupos y la organización. Evalúa la fluidez para identificar los elementos, la estructuración, agrupación y categorización del conocimiento.	Recuerda definiciones, hechos, ideas, reglas, procedimientos dentro de la organización. Ordena jerárquicamente y en categorías; clasifica y da ejemplos de sistemas.
Métodos	¿Cómo construyen los estudiantes esa comprensión? ¿Cómo saben los estudiantes que comprenden?	Describe y evalúa como los estudiantes construyen, validan y usan su conocimiento con respecto a los procedimientos estándares relativos a su disciplina. Evalúa cómo saben que saben.	Describe actividades y procedimientos por medio de los cuales se construyó la comprensión. Prueba su comprensión a través de actividades disciplinarias y de procedimientos. Las personas tienen una duda saludable sobre su conocimiento.
Praxis	¿Cuál es el propósito de tener ese conocimiento? ¿Qué conexiones puede hacer con su vida y el mundo real? ¿Cuál es la importancia de ese conocimiento dentro de la disciplina?	Describe y evalúa la capacidad de reflexión del estudiante, y las conexiones personales hacia el conocimiento. Evalúa la habilidad del estudiante para identificar puntos esenciales del conocimiento, no solamente para sí mismos, sino también situándolos dentro del contexto de otros territorios y del conocimiento del mundo real.	Los estudiantes conectan el conocimiento general a la experiencia personal, historias e intereses. Localizan el conocimiento dentro de otros campos y el conocimiento del mundo real. Pienzan, reflexionan, actúan en forma reflexiva con el conocimiento. Se apropian del conocimiento.
Comunicación	¿Cómo es que los estudiantes representan y comunican la comprensión hacia si mismos y hacia otros?	Describe y evalúa la variedad de formas que un estudiante utiliza cuando comunica su conocimiento. Además evalúa la sensibilidad de este para cambiar las formas dadas de limitaciones contextuales y audiencias.	Muestran su conocimiento a través de representaciones verbales, escritas, musicales, kinestésicas y simbólicas (hablar, discutir, dibujar, actuar). Escogen diferentes formas para ajustarse a diferentes audiencias y situaciones.

2.2.2. Los cuatro elementos de la Comprensión

Para que el profesor ponga en práctica las dimensiones de la Enseñanza para la comprensión se dan cuatro elementos, que hacen alusión a estrategias concretas para la planeación del trabajo pedagógico, estos son:

- Los Tópicos Generativos.
- Las Metas de Comprensión.
- Los Desempeños de Comprensión.
- La valoración continúa.

Los tópicos generativos

Los tópicos generativos se refieren a aquellas ideas y preguntas centrales que establecen múltiples relaciones entre unos temas y otros, y entre estos y la vida de los estudiantes, por lo cual se generan un auténtico interés por conocer acerca de ellos. Se ha llamado tópicos generativos, por que este nombre evoca poder para generar conocimiento, relaciones, un interés y necesidad – por ende un compromiso auténtico – de indagar sobre el asunto y entenderlo ([56]).

El primer cuestionamiento que todo docente debe hacerse es: ¿Qué quiero que mis estudiantes comprendan?, la respuesta a ello se puede esquematizar en un cuadro o mapa temático, que contenga los distintos temas y preguntas que el profesor considere relevante y las relaciones entre ellos. Para esto es importante que el docente se pregunte: ¿Cuál es la idea central – o las ideas centrales – que están detrás de todo esto? y ¿Qué de todo esto le puede resultar más interesante a mis estudiantes y porque?

El docente puede mostrar a sus estudiantes este mapa y explicarles por que es interesante el tema, por que les puede apasionar y por que piensa que es importante, e ir explorando con ellos que es lo que más les llama la atención. Este ejercicio los lleva a encontrar las ideas centrales que darán sentido a los contenidos que van a trabajar todos juntos. Estos tópicos generan una comprensión enriquecida por los distintos énfasis que le dará a cada cual, según las conexiones que haya establecido con su propia experiencia, con su pasión e interés auténtico.

Los tópicos generativos pueden resumirse de la siguiente manera:

- Ideas, conceptos, temas, hechos u objetos centrales o fundamentales que van a la esencia de cada disciplina, y que la organizan. A partir de ellos, se pueden establecer ricas conexiones al interior de la disciplina y con otras disciplinas.
- ¡Son interesantes (casi apasionantes) para el docente!
- Son interesantes (e igualmente apasionantes) y alcanzables para el estudiante y ofrecen conexiones con sus experiencias y conocimientos previos, motivo por el cual los estudiantes se involucran activamente en ellos.

- Proveen el contexto para poder centrar las actividades en los conocimientos, los métodos y propósitos de las disciplinas.
- Es necesario indagar sobre: ¿Cuáles son las ideas, temas o conceptos centrales y estructuradores de la disciplina en cuya comprensión se desea involucrar a los estudiantes?, ¿Qué cosas realmente me interesa enseñar?, ¿Por qué eso y no otra cosa?, ¿Cuáles son las preguntas, las áreas u objetos que acercarán a los estudiantes a las disciplinas?
- Son áreas que centran la investigación, comprometen a los estudiantes con el conocimiento, los métodos, propósitos y formas de comunicación de una disciplina (o disciplinas).
- No son simples montículos que ofrecen vistas reducidas, sino montañas que ofrecen amplias perspectivas del panorama y que por eso ayudan a estructurar la visión general que se desea que tengan los estudiantes.
- Ser genérico, significa abrir posibilidades... Pero posibilidades de establecer en el curso, en la acción o en la exploración de temas numerosas conexiones hacia fuera (hacia el mundo exterior) y numerosas conexiones hacia adentro, hacia los intereses, hacia la vida y experiencia de los estudiantes.
- Los Tópicos que seleccionan los profesores juegan un papel importante en fomentar o desalentar los intereses y habilidades de los niños, pues posibilitará que se vuelvan cada vez más competentes o que, por el contrario, deambulen sin rumbo. Por esta razón, para hacer óptimo el proceso educativo, los docentes deben preguntarse:
 - ¿Qué deseo que mis estudiantes sean capaces de hacer?
 - ¿Cómo quiero que puedan actuar y pensar mas allá del aula, en sus vidas?
 - ¿Con que quiero que ellos se familiaricen mas para que, cuando ya se hayan ido, no solo tengan cierta información en su cabeza, sino que puedan utilizarla en los distintos aspectos de sus vidas?
 - ¿Qué tópicos les serán útiles en el futuro?

Los tópicos generativos deben ser interesantes y apasionantes para quienes van a estudiar un tema o un concepto, por que establecen conexiones con sus vidas y se corresponden con las preguntas o ideas centrales de la disciplina.

Las metas de comprensión

El problema de los tópicos generativos es que al ser tan ricos en conexiones e interés, se vuelven demasiado amplios y por eso requiere que se delimiten y especifiquen. Por ello es fundamental plantearse preguntas como: ¿Qué es lo real y que específicamente quiero que mis estudiantes comprendan? y ¿Por qué es importante que comprendan eso y no otra cosa? De esta forma, se logra una rigurosa selección temática y de propósitos en función de las ideas centrales y de comprensión, y se distancia del supuesto según el cual el

estudiante debe acceder al mayor número de conocimientos, aunque estos sean superficiales, de manera que alcance una amplia cultura general. El Mensaje desde el enfoque de la Enseñanza para la Comprensión es, por lo contrario, que menos es más. Abordar estas preguntas y resolverlas no concierne solo al profesor en la tarea de diseñar sus clases. Las investigaciones mostraron que hacer explícitas y públicas estas Metas de Comprensión (por ejemplo discutiéndolas y precisándolas con los alumnos, y manteniéndolas visibles en algún lugar del salón), es fundamental para hacerlos partícipes de ellas, y que así tanto los docentes como los estudiantes permanecen mucho más enfocados, y por ende, más productivos por que todos entienden hacia adonde van y por que eso importa. Por ello, las Metas de Comprensión:

- Son metas que se expresan de manera explícita y se comparten públicamente para enfocar y dirigir la enseñanza hacia lo que el docente quiere que los estudiantes comprendan.
- Se basan en el dominio de la disciplina que tenga el docente.
- Frecuentemente son negociadas y creadas con los alumnos, pero siempre deben ser enriquecidas por la guía y los valores del docente.
- Son de dos clases o niveles: Metas de Comprensión de la Unidad e Hilos conductores.
- Promueven la comprensión de contenidos, métodos, propósitos y formas disciplinarias, haciéndolos explícitos.

Las Metas de Comprensión podrían definirse como los propósitos explícitos y compartidos públicamente con los estudiantes. Se centran en los conocimientos, métodos propósitos centrales de las disciplinas. Se enfocan en lo que el maestro mas quiere que los estudiantes aprendan en la clase.

Se deben diferenciar los dos niveles en estas metas. Por un lado, se encuentran **los hilos conductores o metas macro**, que son aquellas que se desprenden de las preguntas disciplinarias a las que se recurre continuamente durante un largo lapso de tiempo y a través de temáticas diferentes. En muchos casos, estos hilos conductores se relacionan con los procesos de desarrollo más generales que aspiramos promover en los estudiantes y por esta razón no solo se refieren a las redes conceptuales, sino también a las habilidades de producción metodológica y de comunicación.

Los hilos conductores son preguntas fundamentalmente que ayudan a tejer unas ideas con otras y darle sentido de unidad a lo que sé esta haciendo. Así como en una pieza de teatro se necesita que el director y los actores vayan encontrando el sentido que dio el dramaturgo a su obra, para que puedan realizar una presentación poderosa y convincente ante él publico, así también el maestro y los alumnos deberán ir encontrando el sentido de lo que estudian para encontrarle propósito a su trabajo. Por eso, los hilos conductores se desarrollan a lo largo del curso o del año, y es necesario volver continuamente sobre ellos, son la esencia misma del conocimiento en cada disciplina.

Estos hilos conductores deben ser compartidos y expresados pública y cuidadosamente, de tal manera que guíen el desarrollo de la comprensión de los estudiantes hacia las disciplinas que se enseñan. Los Hilos están relacionados con cada tópico generativo y cada

meta de comprensión de la unidad alimenta los hilos conductores, además, ayudan a los maestros y alumnos a reconocer el valor del trabajo específico que hacen, porque definen los grandes propósitos y metas finales.

¿Cómo se usan los Hilos Conductores? Los docentes usan los Hilos Conductores como herramienta para orientar la enseñanza y lograr una visión general de lo que se pretende. También los utilizan para recoger evidencia del desarrollo de la comprensión que tienen los estudiantes acerca de la esencia de la disciplina.

Al comienzo del año, los docentes comparten los hilos conductores con la clase, tal vez escribiéndolos en un afiche en el salón, o haciendo un libro con un hilo conductor en cada página, ilustrado con dibujos de los estudiantes... Después de discutir cada hilo conductor- algunos maestros discuten uno por día- se recomienda que los estudiantes a cada hilo conductor responda dibujando, escribiendo, grabando o hablando sobre ellos. Lo que se busca con esto es llevar un registro de las ideas iniciales que tienen los alumnos sobre estas preguntas, ideas o conceptos, para que el docente y los estudiantes puedan comparar después con las ideas desarrolladas y logren valorar su propio crecimiento.

Los maestros en la conversación de clase tejen las relaciones entre las metas de comprensión de la unidad y los hilos conductores. A través del tiempo, los alumnos se familiarizan con las preguntas y empiezan a usarlas en sus propias discusiones. Para el final del año, cada estudiante habrá elaborado un portafolio rico en respuestas sobre los hilos conductores.

Por otra parte, existen **las metas de comprensión de corto plazo o micro** que son aquellas que se trazan con propósitos específicos de una unidad didáctica, y que se relacionan estrechamente con el tópico generativo seleccionado y lo que se desea que se comprenda a partir del mismo.

Las metas de comprensión son una clase muy particular de mapas, y deben ser construidas para lograr los propósitos particulares. Esto significa que es importante la manera como queden expresadas.

Estas metas de comprensión pueden ser expresadas de dos formas:

- Como preguntas Abiertas, por ejemplo: “¿Cómo podemos describir la verdad sobre hechos que sucedieron hace mucho tiempo y en sitios lejanos?”.
- En forma Afirmativa, por ejemplo: “Mis estudiantes comprenderán y apreciarán como la historia viene interpretada desde las crónicas de individuos con puntos de vista diferentes”.

Expresar las metas de comprensión en ambas formas – como preguntas o como afirmaciones – ayudan a los docentes a aclarar lo que pretenden de sus estudiantes. Sin embargo, se ha encontrado que casi siempre los docentes prefieren las metas en forma de pregunta, porque así parecen más naturales, invitan a los estudiantes al diálogo y parecen más fáciles de comprender. Pero no hay reglas fijas al respecto.

¿Cómo se diferencian las metas de comprensión de los hilos conductores? La diferencia entre ambos tiene que ver con su alcance. Los hilos conductores delimitan el año

entero, las metas de comprensión de la unidad delimitan un tópico generativo específico, que puede durar más o menos entre dos y ocho semanas. Eso significa que las metas de comprensión de la unidad son como mapas de ciudades, pueblos o regiones específicas, mientras que los hilos conductores son como los mapas del país o del continente.

Las metas de comprensión – de unidad y anuales – nos ayudan a pensar mucho más claramente sobre el propósito y la validez de los desempeños en que involucramos a los estudiantes. Si se expresan tales metas, entonces se podrá considerar más cuidadosamente los desempeños que beneficiaran a los estudiantes.

Las metas le dan propósito a las acciones que se solicitan que los estudiantes realicen. Al mismo tiempo, al ser explícitas, ellos saben por qué lo están haciendo y con qué fin.

Los desempeños de comprensión

Si se piensa en cualquier cosa que se comprenda bien y se pregunta como se adquirió ese conocimiento, se encontrarán tres características:

1. Aquello que comprendemos se refiere a un conocimiento que utilizamos. Por abstracto que este sea, sino podemos emplearlo para hacer nuevas cosas con él (cosas físicas o mentales), no lo comprendemos bien: un conocimiento sin uso es impreciso e inseguro.
2. Para cualificar la comprensión es necesario la retroalimentación.
3. Para lograr una verdadera comprensión se requiere de tiempo. Darle oportunidades a los estudiantes para que activamente argumente, investiguen y articulen lo que comprenden, toma mucho tiempo. Una comprensión no se logra de la noche a la mañana: necesita práctica, o mejor aun, praxis (reflexión-acción, etc.).

De la primera y tercera característica se desprende el tercer elemento de la comprensión: Los desempeños de Comprensión, los cuales se refieren al tipo de actividades y proyectos adecuados para promoverla y expresarla.

En relación con este punto, las investigaciones de la Universidad de Harvard demuestran que si en vez de pedirle a los estudiantes que reproduzcan los conocimientos aprendidos de manera casi idéntica, se les pide que los utilicen para elaborar un producto (un ensayo sobre un tema polémico, una obra artística, una historia, un cuento, etc.), no solo se enriquece la comprensión misma, por que el estudiante tiene que utilizar de manera ingeniosa esos conocimientos para resolver o crear una obra nueva y propia, sino que además tanto el alumno como el maestro pueden tomar conciencia de las fortalezas y los vacíos de esa comprensión y reorientar los siguientes pasos del aprendizaje.

Los Desempeños de Comprensión no deben entenderse desde la perspectiva activista y empirista de la escuela activa de principios de siglo, para la cual solo la experiencia sensorial de hacer y tocar promovía la comprensión. Los desempeños pueden darse dentro y fuera del aula, pero en ambos casos lo que importa es que deben involucrar al estudiante en ciclos de pensar y hacer cosas sobre el tópico generativo y las metas de comprensión. En este sentido, las “cosas hechas” son manifestación creativa de la comprensión y del dominio

mental de unos conocimientos, a tal punto, que pueden ser utilizadas para producir ideas o para solucionar nuevos problemas. En este sentido, los Desempeños de Comprensión:

- Son acciones centradas en el pensamiento, mediante las cuales los estudiantes hacen visibles su pensamiento y comprensión, ante ellos mismos, ante otros y ante el maestro. Algunos ejemplos son. Debatir, argumentar, escribir un ensayo, explicar una teoría, predecir, justificar una posición valorativa, crear una historia, hacer una presentación, formular hipótesis... y crear un método para probarlas.
- Están diseñados de manera secuencial para que los estudiantes desarrollen la comprensión de las metas de comprensión y los tópicos generativos. Esta secuencia se construye sobre lo que los estudiantes ya saben, tiene en cuenta sus ideas y preguntas, y los reta a pensar de manera diferente o más sobre lo que se está estudiando. La secuencia está constituida por tres etapas:
 - Exploración de Tópicos.
 - Investigación Dirigida.
 - Proyectos personales de Síntesis.
- Varían de formato, tienen mucha riqueza, frecuentemente, se hacen en grupo o en forma cooperativa.
- Están diseñados para promover la comprensión de las disciplinas en sus dimensiones de conocimiento, método, propósitos y formas.
- La secuencia de los Desempeños de Comprensión buscan responder estas importantes preguntas:
 - ¿Cómo involucrar a los estudiantes en la construcción de la comprensión?
 - ¿Qué caminos diseñar para que los estudiantes puedan explorar y proyectar su conocimiento hacia situaciones novedosas?

Podría definirse los Desempeños de Comprensión, como el corazón del aprendizaje, ya que son acciones con mucha reflexión. Son necesarios para que los estudiantes desarrollen sus propias comprensiones. Al ocuparse activamente en los desempeños de comprensión, los estudiantes construyen su comprensión de los tópicos generativos y de las metas de comprensión. Los desempeños de comprensión requieren que ellos demuestren su comprensión haciendo visible el pensamiento que sustenta sus acciones, tanto para el maestro y para los otros, como para sí mismo. Los desempeños de comprensión se refieren a una o más metas de comprensión específicas, de ahí que la acción sin reflexión es inútil en el desarrollo de la comprensión, las acciones sin reflexión son solamente acciones, las acciones con reflexión son desempeños de comprensión.

Los desempeños de comprensión son diferentes de las acciones repetitivas (tales como sumas y restas) que realizan los estudiantes. Ciertamente, los maestros deben ayudar a los alumnos a desarrollar habilidades, pero se recomienda que estas se practiquen en el contexto del aprendizaje de un tópico generativo. Las habilidades que se adquieren por medio

de la repetición y la práctica automática son necesarias e importantes, pero solo adquieren sentido cuando se utilizan dentro de una obra mayor. Por ejemplo, aprender a analizar personajes en una obra literaria adquiere sentido cuando el alumno tiene que escribir su propio cuento. Para ello necesita darse cuenta de cómo los autores transforman a sus personajes y como los incorporan a la trama. Hacer estos análisis en el vacío, sin tener que elaborar relatos suele dormir a la mayoría de los estudiantes porque no entienden el propósito de tanto análisis aburrido e inútil.

¿Cómo se usan los desempeños de comprensión? Una de las principales características de los desempeños de comprensión es que pueden ser lo muy variables: desde el trabajo informal e individual, hasta las presentaciones formales ante todo el grupo o ante una audiencia mayor. Pero, a pesar de esta variabilidad, hay cosas que siempre se dan: requieren reflexión y, aun en los trabajos individuales, la colaboración de otros.

Otra de las similitudes importantes es que la secuencia de los desempeños suele darse en tres fases:

- En la primera, Exploración del Tópico, se despierta el interés de los estudiantes permitiéndoles hacerse preguntas sobre el tópico y relacionando los interrogantes centrales de las disciplinas con el conocimiento previo que ellos tienen sobre dicho tópico.
- En la segunda, Investigación guiada o dirigida, el docente acompaña al estudiante ayudándole a desarrollar las habilidades que le permiten la exploración del tema.
- En la tercera, Proyectos Personales de síntesis, los estudiantes desarrollan su propio proyecto cada vez con mas autonomía y menos guía del docente.

Todo esto aumenta la capacidad y flexibilidad de los alumnos con los conceptos y habilidades, hasta alcanzar su máximo potencial.

En esta parte es importante que los alumnos consignen en un portafolio los avances que vayan obteniendo a medida que la comprensión tópico o unidad vaya aumentando. Para ello se debe discriminar el portafolio por lo menos en las siguientes fases:

Fase 1: Exploración del Tópico. Son los primeros pasos de la travesía que tiene que ver con zambullirse o involucrarse de manera auténtica y significativa en el tópico generativo. Las experiencias de aprendizaje empiezan frecuentemente con el periodo lleno de diversión, exploración y curiosidad.

En esta fase, los estudiantes juegan con las ideas, utilizan sus experiencias, y formulan preguntas *Exploración del Tópico* significativas. Mediante estos desempeños divertidos tienen la oportunidad de entrar al “espacio del problema”, explorando personalmente las ideas, objetos o tópicos que revelan los problemas y preguntas que una disciplina ha examinado con profundidad a través del tiempo. La etapa de exploración prepara a los estudiantes para trabajar sobre problemas, habilidades y soluciones, permitiéndoles ver la relevancia de las preguntas disciplinares en problemas reales y divertidos.

Fase 2: Investigación dirigida. El segundo paso de la travesía tiene que ver con guiar a los estudiantes en el desarrollo de sus propias comprensiones a través de una investigación más formal y fundamentada. Es la fase en la cual las habilidades y los conceptos de las disciplinas entran como recursos para solucionar los dilemas que los estudiantes encuentran al trabajar con los materiales y conceptos de la disciplina. Es en la etapa de investigación dirigida cuando el maestro crea desempeños, centrados en el estudiante, que ayudan de manera más directa al dominio del material. Lo que ofrece esta guiado por las metas de comprensión. ¿Qué conocimiento quiere que sus estudiantes aprendan?

Fase 3: Proyecto personal de síntesis. El tercer paso esta relacionado con observar el logro de comprensión por parte del estudiante mediante proyectos personales que demuestran claramente lo que ha llegado a comprender. El proyecto personal de síntesis es el trabajo final que hacen los estudiantes sobre un tópico generativo, en el cual utilizan todo lo aprendido para hacer algo que tenga sentido para ellos.

Entonces el proyecto final no debe ser tanto una evaluación de lo que el estudiante entiende, si no una **celebración** de lo que ha llegado a comprender.

Se denomina un **Proyecto Personal** , porque la mayoría de los estudiantes tendrán que responder solos por la demostración de su comprensión. Los estudiantes pueden trabajar de manera cooperativa, pero cada uno debe demostrar comprensiones personales del tópico generativo y de las metas de comprensión.

Se denomina **Proyecto**, porque se considera que no son exámenes, ni tampoco simples tareas. El trabajo final debe ser algo genuino, algo que los alumnos podrían hacer en su vida cotidiana fuera del aula de clase. Debe ser un proyecto que requiera suficiente reflexión y trabajo para mostrar clara y convincentemente la profundidad de su comprensión.

Se denomina de **síntesis**, porque el proyecto final debe exigir que los estudiantes comprendan e integren los conocimientos, métodos, propósitos y formas de la disciplina que han explorado en la unidad. Se desea ver unido lo que se ha llegado a entender, ver su síntesis en un campo del conocimiento.

La valoración continua y evaluación final

De la segunda característica de los Desempeños de Comprensión – necesidad de re-foalimentación – se desprende este cuarto elemento. La Valoración Continua y Evaluación Final , son elementos fundamentales en la promoción y calificación de la comprensión, por que solo cuando los desempeños propios son valorados por otros y por uno mismo, es posible fortalecer los logros y detectar los vacíos o contradicciones que requieren ser resueltos. Por eso entre mas se precisa (señalar cosas concretas y detalladas), critica (cuestionadora), constructiva (reconocer y señalar los puntos fuertes y buenos, y tener una intención de apoyo y no de agresión), sugerente (sugerir caminos de desarrollo o formas de solución de los problemas) más elementos le dará al estudiante para orientar y mejorar su trabajo.

Una valoración orientada hacia la retroalimentación y no hacia la aprobación o la sanción, debe tener un carácter continuo. Esto significa en primer lugar que la valoración no debe cerrar capítulos, sino valorar los logros y los problemas de un trabajo para orientar las siguientes acciones tendientes a cualificarlo. Por eso decíamos antes que la retroalimentación implica que los estudiantes puedan volver muchas veces sobre las mismas ideas y preguntas para desarrollarlas cada vez mejor.

El carácter continuo de la valoración como retroalimentación se refiere a que esta debe valorar no sólo el resultado del trabajo en sí mismo, sino en un proceso desarrollado en relación con las metas y los hilos conductores definidos de antemano, y que se entiende que se logran sólo a través del ejercicio continuo.

Sólo si el estudiante participa activa y libremente en esta evaluación, podrá sentirla como una acción de apoyo y estímulo que lo involucra y lo compromete, y no como un juicio externo que establece la última palabra sobre acciones, experiencias y logros. Para que pueda participar de esta manera, es indispensable que la valoración se haga en forma compartida a partir de criterios acordados con los estudiantes y atendiendo las metas de comprensión. Las investigaciones adelantadas en Harvard, pusieron en evidencia que cuando los alumnos conocen con claridad los criterios y estándares para la evaluación antes y no después de la enseñanza, estas se vuelven poderosas pautas para que sepan como tienen que desarrollar sus trabajos. Para la Valoración Continua se debe tener en cuenta que son:

- Son ciclos de retroalimentación, la crítica y la reflexión que realizan maestros y alumnos centrados en el aprendizaje. Su objetivo primordial es apoyar al alumno a lo largo de su experiencia de aprendizaje.
- Se realiza de manera tanto formal como informal en cada uno de los desempeños de comprensión.
- La realizan el profesor, los compañeros y el alumno mismo. Esto fortalece la construcción de comprensiones al poner la responsabilidad en manos del que aprende, y al involucrar a los estudiantes en la crítica y reflexión sobre su propio trabajo.
- Se da en formatos que incluyen criterios, estándares claros y ejemplos de buenos trabajos. Facilita enormemente la valoración del trabajo propio y el de los demás, y los guía en el proceso de la creación de trabajos de mejor calidad.
- El problema de la valoración es enorme, casi siempre es más sencillo enseñar para un examen o para una prueba, pero es necesario considerar lo siguiente:
 - ¿Cómo se puede ayudar al estudiante: a comprender mejor, a desempeñarse mejor, a pensar mejor?
 - ¿El papel del profesor consiste sencillamente en pedirle al alumno que estudie más?, ¿Qué consiga más información?, ¿Qué practique más?
 - ¿Cuál es el papel de la retroalimentación?

Existe un Diagrama que ilustra las diferentes formas que algunos maestros han encontrado útiles para las valoraciones continuas, denominado El Triángulo de Valoración,

que consiste en un diagrama sencillo, pero poderoso para la consideración y reflexión acerca de las prácticas valorativas actuales y sobre prácticas poderosas que no se están utilizando todavía.

- En el extremo superior, el diagrama indica cuando debería estar sucediendo la valoración. Y esto es fácil: las valoraciones deben ocurrir en cada uno de los desempeños.
- En el centro, el diagrama pregunta **¿cómo?**, la respuesta es que la valoración puede ser:
 - Formal y no Formal: a veces, el aprendizaje se compara de manera explícita con criterios, estándares y ejemplos específicos (valoración formal), en contraposición a las ocasiones cuando las valoraciones menos estructurada y se compara contra criterios, estándares o ejemplos establecidos (valoración informal).
 - Verbal y no Verbal: a veces, el aprendizaje se expresa por medio de palabras, frases o párrafos (verbal), en contraposición al valor expresivo de un guiño, de un movimiento de cabeza, una sonrisa, o de una ceja levantada (no verbal).
 - Registrada o actuada: a veces se requiere de tipo escrito, pictórico o fotográfico (registrada), en contraposición a bailes, canciones, discusiones, presentaciones o dramatizaciones (actuada).
- En la base, el diagrama pregunta **¿Quiénes hacen la valoración?**, el maestro, ciertamente. Pero también se incluyen a los compañeros y al mismo estudiante. Para un esquema resumido sobre las diferentes formas de la valoración ver la Gráfica 2.1 de la página 28.

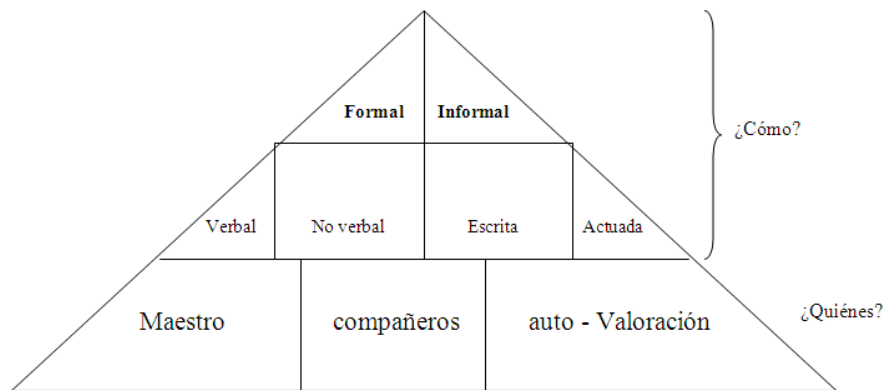


Figura 2.1: Formas de evaluar en la Enseñanza para la Comprensión ([41]).

¿Cuándo se utilizan la valoración? La respuesta es siempre, es decir, en cada uno de los desempeños debe haber algún tipo de valoración, ya sea la simple observación del trabajo

del niño, o el seguimiento crítico de una discusión, o la valoración formal de un dibujo frente a criterios claramente expresados. Cada desempeño debe involucrar algún tipo de valoración.

La idea en este caso es estar tan atento con cada niño como sea posible. El arte de enseñar se patentiza no tanto en lo que el maestro enseña, sino en las observaciones y aprehensiones que hace de cada uno de sus alumnos, que saben, que pueden hacer, que les interesa, que quieren hacer y luego se pregunta “¿Qué pongo a hacer a mi alumno para que el mismo pueda ver que está comprendiendo?” Con base en la comprensión de cada estudiante, los maestros crean los ambientes en el salón y proponen los patrones de interacción que mejor promuevan el crecimiento de cada niño. Así pues, con cada desempeño debe haber un grado de aprehensión por parte de los maestros. Esto significa que se debe observar a cada estudiante y valorar su trabajo, no solo al final de la unidad o del periodo, sino todo el tiempo, en cada fase de su trabajo. Esta atención minuciosa es necesaria para ser el mejor guía posible durante la enseñanza.

¿Cómo se realiza la valoración continua? Gran parte del aprendizaje en el aula ocurre mediante discusiones, trabajo en grupos pequeños, y la creación y desarrollo de productos. Se debe estar muy atento a las numerosas acciones que dan información sobre donde están los estudiantes, ya sean informales (como cuando sencillamente se escucha, observa o interroga a los alumnos) o formales (cuando se juzga críticamente un ejemplar del trabajo del estudiante según criterios establecidos).

Si se considera la Valoración en forma más amplia, como retroalimentación que reporta información, cualquier ocasión es apropiada: puede ser cuando un alumno sencillamente comparte su idea de un cuento con el docente o con un amigo y se le ofrecen opiniones al respecto. Esto es retroalimentación y es una forma de valoración, lógicamente, se entiende que no se registra de manera pública o formal, como sucede con una calificación.

Los tipos de valoración formal e informal se encuentran en todas partes, cuando están creando trabajos, compartiendo ideas, hablando los unos con los otros, pidiendo comentarios, recibiendo opiniones, trabajando sobre problemas y productos. En estas interacciones, las personas están criticando y ofreciendo diferentes opiniones y valoraciones.

Un indicador del tipo de enseñanza que el docente imparte responde a las preguntas: ¿Cuánta valoración continua está sucediendo?, ¿dónde la veo en mi salón, de manera formal e informal, realizada por los alumnos mismos, por sus compañeros, por el maestro?, ¿Esta realmente en todas partes?

¿Quién realiza la valoración? Los docentes necesitan valorar porque son los guías, sin embargo parte del proceso de aprendizaje debe ser que los alumnos sepan que entienden o no, que fortalezas tienen y que áreas deben reforzar, los compañeros pueden ayudar en este proceso.

Casi siempre hay un solo maestro con un grupo de 20, 30 o hasta 40 estudiantes. No siempre es fácil dar retroalimentación y atención permanente a cada alumno. Esperar significa perder una oportunidad de aprendizaje. Así que es importante involucrar a todos en el proceso de valoración, donde todos participen de manera activa en discusiones sobre el tema, valorando los puntos de los demás. Es fundamental que la valoración suceda en todas

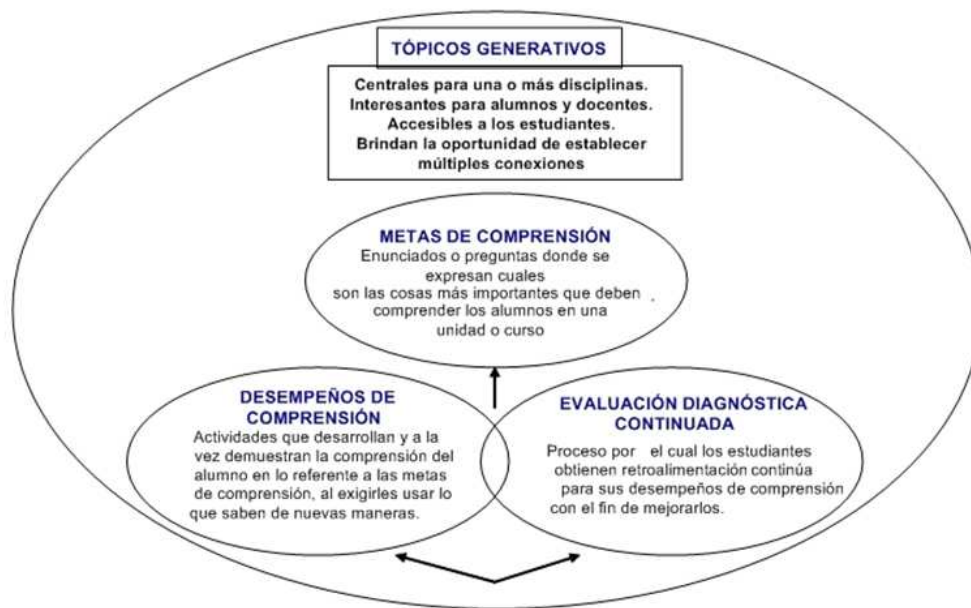


Figura 2.2: Marco Conceptual de la Enseñanza para la Comprensión ([5]).

partes, todo el tiempo, individual, con los compañeros, ya que de esta forma el salón cobra vida y por ende, el aprendizaje. En la Figura 2.2 de la página 30 se presenta un resumen del marco conceptual de la Enseñanza para la Comprensión .

Capítulo 3

Desarrollo y aplicaciones de la herramienta de Telepresencia

Entre 1997 y 1999 se desarrolló en la Univesidad EAFIT, con apoyo de COLCIENCIAS, el proyecto “Ambientes Virtuales Colaborativos aplicados a la Educación Superior” [62]. El objetivo del proyecto era explorar el uso de Ambientes Virtuales Colaborativos como herramienta de apoyo para procesos de Enseñanza-Aprendizaje de nivel universitario. El software creado en el proyecto, que consistía en un entorno de realidad virtual inmersivo en el cual cada participante tenía una representación tridimensional (avatar), se bautizó como ÁVALON. ÁVALON permitía a sus usuarios recorrer virtualmente los diferentes mundos que se crearon y observar la posición y los movimientos de los otros participantes (o, más precisamente, de sus avatares). Adicionalmente, los usuarios se podían comunicar utilizando su voz, usando lo que hoy en día se llama “voz sobre IP”.

En el 2002 se planteó el proyecto “Telepresencia Aplicada a la Educación Superior” [64], con el cual se quiso retomar varios elementos exitosos del proyecto anterior, tales como el uso de la Realidad Virtual y el uso de la voz, y corregir ciertas limitaciones observadas en AVALON. El desarrollo que tomó forma a partir de esta propuesta fue la de una herramienta en la cual se combinan multimedia, en la forma de audio y video entre el instructor y los estudiantes, y un entorno virtual en el cual los participantes pueden llevar a cabo interacciones que permiten incrementar la comprensión de los conceptos a tratar. Con esta herramienta, el instructor tiene una comunicación sincrónica con los estudiantes: el audio y el video proveen una forma muy natural de comunicación (permitiendo de esta manera la comunicación no verbal) y el entorno virtual compartido permite la creación y manipulación de objetos virtuales pertinentes para el concepto a explicar. Además, la herramienta permite al instructor mostrarle a los alumnos una presentación estilo *PowerPoint*. En todo momento, el profesor controla desde su computador la vista presentada a los alumnos, pudiendo pasar libremente entre la presentación y la vista del entorno virtual, pudiendo organizar como más convenga la explicación del tema a tratado.

Los objetivos del proyecto original fueron los de la creación de la herramienta como tal, así como su evaluación y su fundamentación a nivel pedagógico. En la segunda etapa del proyecto, se planteó la difusión de la herramienta para su uso por fuera del entorno de

la universidad EAFIT. Hasta ahora, la herramienta se ha probado en cursos reales, pero donde la distancia es simulada (realizados dentro del campus de la universidad sobre una red de alta velocidad). La idea es ponerla a prueba en cursos verdaderamente a distancia para eventualmente apoyar los procesos de educación de diferentes instituciones del país. Pero para poder llegar a esto eran necesarias varias cosas a partir del proyecto original. Ya desde el principio, se tuvo en cuenta el desarrollo de la herramienta para su uso con equipos computacionales de bajo costo y su diseño como una plataforma sobre la cual se pueden incorporar diferentes contenidos según las necesidades particulares de cada institución. Sin embargo, era necesario comprobar que los requerimientos de la herramienta en cuanto a recursos de red fueran adecuados para poder ser utilizada incluso sobre conexiones por línea telefónica a través de MODEM. Además, era necesario asegurar la estabilidad de la herramienta, su facilidad de uso y para el desarrollo de nuevos contenidos, para su utilización por parte de personas por fuera del grupo de investigación y de la universidad.

Teniendo esto en cuenta, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Adaptar la aplicación de Telepresencia para que pueda ser utilizada sobre cualquier tipo de red, en particular, para que pueda ser utilizada sobre líneas telefónicas (acceso por MODEM).
- Hacer un rediseño de la herramienta como plataforma y marco de desarrollo, de tal forma que sobre ella se puedan montar los contenidos que se requiera a futuro sin requerir modificación y de manera que facilite su programación.
- Distribuir la herramienta en diferentes universidades y capacitar a sus desarrolladores en su uso y en la creación de nuevos contenidos, para que la herramienta pueda ser utilizada en entornos reales de educación a distancia y para comenzar la formación de un repositorio abierto de contenidos para ella.

En la Sección 3.3 de la página 36 se muestra el trabajo realizado en el laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad EAFIT. Antes de esto, sin embargo, se presentará como marco de referencia una breve descripción técnica de la plataforma de Telepresencia, en cuanto a su diseño, construcción y funcionalidad. Finalmente, como conclusión se hará un resumen de los logros alcanzados y del trabajo que aún queda por realizar.

3.1. La plataforma de Telepresencia

La herramienta de Telepresencia es una aplicación desarrollada en Java, la cual está compuesta por 3 ambientes: un ambiente de teleconferencia (audio y video), un ambiente de realidad virtual y un ambiente para presentación de diapositivas. Cada uno de ellos tiene las siguientes características generales:

3.1.1. Ambiente de Realidad Virtual (RV)

Este módulo consiste en un ambiente virtual colaborativo en el cual tanto el profesor como el estudiante pueden interactuar con objetos 3D compartidos, los cuales dependen

del contenido específico a utilizar. Los participantes tienen conocimiento de la ubicación y/o atención de su contraparte en el ambiente virtual gracias a objetos teleapuntadores (flechas 3D), que se muestran en la figura 3.1. El profesor puede interactuar con el ambiente virtual con un sensor de posición electromagnético (Polhemus), que se muestra en la figura 3.2, si éste está disponible. En tal caso, su teleapuntador se puede utilizar de manera análoga al apuntador del mouse en el espacio 3D. De lo contrario, o en el caso normal del estudiante, el teleapuntador indica la posición del punto de vista de la contraparte y la interacción se hace por medio del mouse. Sólo el profesor tiene la capacidad de cargar y cambiar los contenidos.

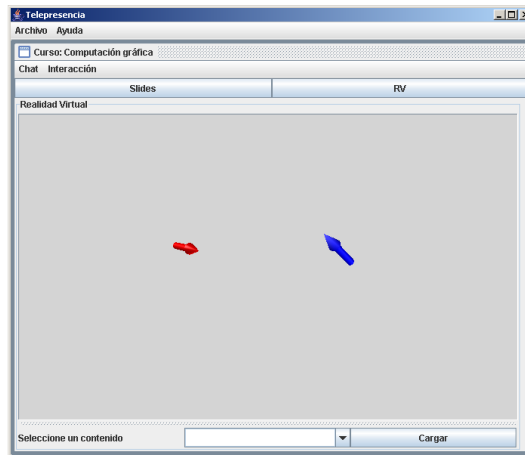


Figura 3.1: Teleapuntadores en el ambiente de Realidad Virtual.



Figura 3.2: Sensor de posición electromagnético (Polhemus).

Cada contenido que se carga en el ambiente de RV consta de dos partes: un panel donde se muestran los objetos 3D (panel de realidad virtual) y otro panel en el cual se despliega información formal o controles específicos del contenido, el cual se ha denominado panel de control. Las interacciones posibles dentro del ambiente virtual y con los objetos de los contenidos corresponden a la selección y arrastre de los objetos virtuales, el cambio del

punto de vista dentro de la escena tridimensional y la interacción directa con el panel de información. Todas estas interacciones se pueden replicar en ambas vistas, de tal forma que el estado del ambiente compartido siempre sea consistente.

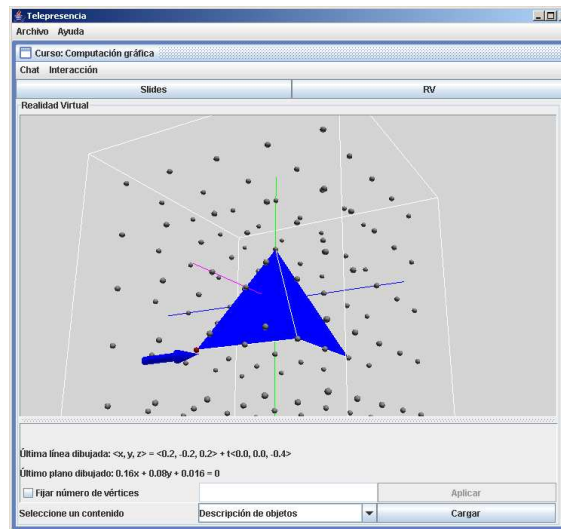


Figura 3.3: Vista del módulo de realidad virtual con un contenido de computación gráfica.

3.1.2. Ambiente para las Diapositivas

Este ambiente permite utilizar ayudas visuales tipo diapositivas para apoyar el desarrollo de la sesión. Las diapositivas pueden ser creadas en un programa como y luego ser exportadas como imágenes individuales para poder ser cargadas por la aplicación de Java. Los controles para el manejo de las diapositivas sólo están presentes en la aplicación que corre el profesor. El ambiente de diapositivas y el ambiente de Realidad Virtual comparten el mismo panel y son mutuamente excluyentes, es decir, cuando el ambiente de diapositivas está activo, el ambiente de Realidad Virtual no y viceversa. El profesor es el único que puede cambiar de un panel a otro.

3.1.3. Ambiente Teleconferencia

El ambiente de teleconferencia implementa la captura y reproducción del video y audio local y remoto. Se desarrolló a partir de la API JMF (Java Media Framework). En la figura 3.5 se observan dos paneles, que corresponden al video local y al video remoto.



Figura 3.4: Vista del módulo de diapositivas.



Figura 3.5: Ambiente de teleconferencia.

3.2. Arquitectura general del sistema

La figura 3.6 muestra un esquema de la arquitectura general de la plataforma de Telepresencia. Las características principales de esta arquitectura son:

- Modelo de sesión cliente/servidor.
- Transmisión de mensajes punto a punto (sólo entre un profesor y un cliente estudiante, que representa a un conjunto de estudiantes en una misma ubicación).
- Contenidos completamente replicados (existe una copia de los modelos de los ambientes virtuales de cada contenido en cada máquina participante) y transmisión sólo de cambios de estado (no de modelos).
- Transmisión de audio y video en tiempo real entre las partes.
- Diferentes modos de interacción.

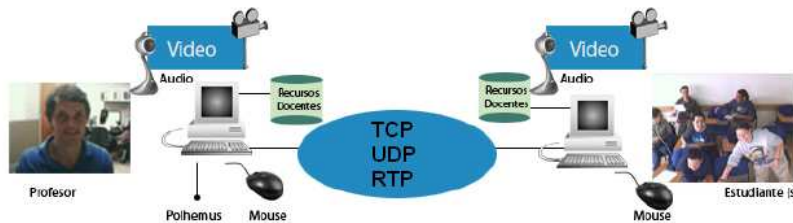


Figura 3.6: Arquitectura General del Sistema.

3.3. Trabajo Realizado

Según los objetivos planteados, el trabajo realizado durante el primer semestre del proyecto se divide en tres ramas principales. Primero, se tiene la modificación de las clases para el intercambio de audio y video (teleconferencia). Esto incluye la creación de código nuevo, capaz de realizar cambios de formato de audio y video, inclusive en tiempo de ejecución. También incluye la experimentación con diferentes formatos de transmisión con el fin de encontrar la combinación más adecuada para la transmisión sobre redes de bajo ancho de banda. El segundo objetivo requirió la revisión, reubicación e incluso rediseño de las clases existentes de la herramienta de Telepresencia para favorecer la modularidad y extensibilidad. Las principales tareas fueron las de implementar un modelo común de comunicación basado en el modelo publicador/suscriptor, rediseñar la interfaz sobre la cual se implementa un contenido para la aplicación, creando clases de soporte que abstraerán la mayor parte de las tareas comunes que anteriormente había que codificar para cada contenido, e implementar un mecanismo plug-and-play para que los contenidos desarrollados pudieran ser

inmediatamente ejecutados sobre la plataforma. El tercer objetivo, cuyo desarrollo completo está planeado para el segundo semestre del año, se comenzó con la capacitación de grupos en las universidades del Quindío y del Magdalena. Gracias a esta capacitación en este momento están siendo desarrollados contenidos en estas universidades.

En las siguientes secciones se muestran los detalles del trabajo para cada rama.

3.3.1. Modificaciones al módulo de teleconferencia

Como se había mencionado anteriormente, el intercambio de audio y video (teleconferencia) realizado por la herramienta de Telepresencia se logra mediante la utilización de la API de JMF 2.1.1e. Además de definir un marco de desarrollo completo para la codificación, intercambio y reproducción de datos multimedia, el API de JMF provee una cantidad limitada de implementaciones y formatos estándar para el manejo de video y audio y para su transmisión a través de RTP, los cuales son utilizados en la aplicación.

En experimentos realizados durante el proyecto de Telepresencia del año 2004, se obtuvieron las siguientes conclusiones acerca de los requerimientos de ancho de banda de la aplicación, utilizando los formatos de video y audio proporcionados por JMF:

- El requerimiento mínimo para ejecutar la aplicación para los formatos de alta calidad (JPEG-RTP y GSM 6.10) es de 500 Kbps.
- El requerimiento mínimo para ejecutar la aplicación para los formatos de mínima calidad (H261-RTP y G.723.1) es de 128 Kbps.

Lo que demuestran estos resultados es que, tal como estaba, la aplicación no podía ser utilizada con su funcionalidad de teleconferencia utilizando conexiones por línea telefónica, donde la disponibilidad de ancho de banda generalmente varía entre 56 (incluso, desde 36) y 128 Kbps. Por lo tanto era necesario encontrar o escribir nuevos codificadores con un consumo menor de ancho de banda o, en su defecto, modificar los existentes para obtener el mismo beneficio.

Lo primero que se debía determinar era qué tipo de modificación realizar a las clases existentes de teleconferencia. Con base en los resultados de los experimentos del 2004 y sobre experiencia previa con este tipo de aplicación, se decidió trabajar únicamente sobre la codificación del video. Este es el medio que más ancho de banda consume y, aunque los resultados mostraban que los paquetes de audio presentaban una pérdida considerable al reducir el ancho de banda, esta pérdida podía atribuirse al consumo del ancho de banda por parte del video.

Por otra parte, el marco de desarrollo de JMF no se prestaba para hacer cambios directos a los codificadores de video. Además, un estudio de los algoritmos de codificación para modificarlos estaba fuera del alcance de este proyecto. Por estas razones, se aprovechó el diseño de JMF para introducir un codificador adicional a la cadena existente de codificación que se encargara de actuar como filtro de tráfico de video. Teniendo en cuenta que en el formato JPEG cada paquete es un marco completo de video, el filtro desarrollado bloquea paquetes individuales y sólo transmite aquellos que coinciden con un período específico de

transmisión. De esta manera, se puede controlar la utilización de ancho de banda controlando el período de transmisión de los marcos de video.

Para poder aplicar el nuevo esquema de codificación de video, fue necesario rediseñar las clases hasta el momento utilizadas en la aplicación para el intercambio de audio y video, ya que su diseño, poco modular y bastante estático (ver figura 3.7), era difícil de extender. Las nuevas clases implementadas son parametrizables y están diseñadas para manejar fácilmente los cambios de calidad necesarios para ejecutar la aplicación en diferentes entornos de red. Además, muchas de ellas se implementaron de manera genérica, de tal forma que puedan ser reutilizadas sin modificación de código en algún otro proyecto que requiera de estos elementos. La figura 3.8 muestra la organización de clases que ahora componen el módulo de teleconferencia. En ella, el recuadro sombreado muestra parte del paquete de clases genéricas que se crearon para poder ser utilizadas en cualquier aplicación. Por falta de espacio, no se muestran otras clases que también pertenecen a este paquete y que también se utilizan en el modelo, como las clases de captura de audio y video a partir de los dispositivos de entrada (cámara, micrófono). Debe aclararse que estas clases se basan sobre clases de JMF y que su propósito es encapsular y facilitar su uso para la creación de aplicaciones.

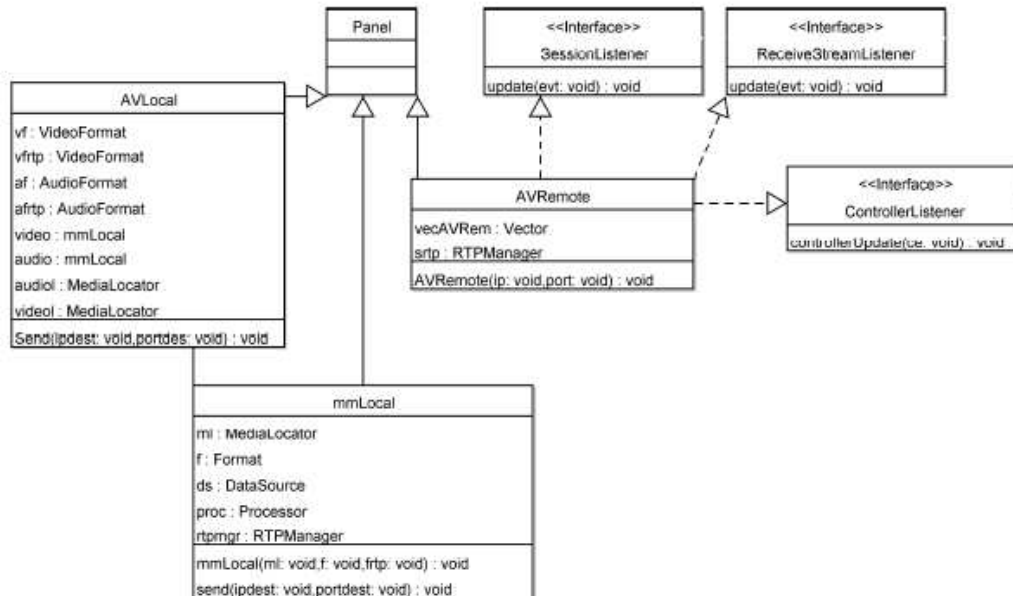


Figura 3.7: Diagrama de clases: Módulo de teleconferencia anterior.

Las clases encapsulan toda la funcionalidad de captura, envío y recepción y son poco configurables. Las funcionalidad de captura, envío y recepción se dividen en clases independientes y configurables y se crea una clase manejadora dependiente de la aplicación para hacer uso de ellas. En la clase RTPFormat está contenido el formato de transmisión que contiene el filtro desarrollado para la calidad mínima de video.

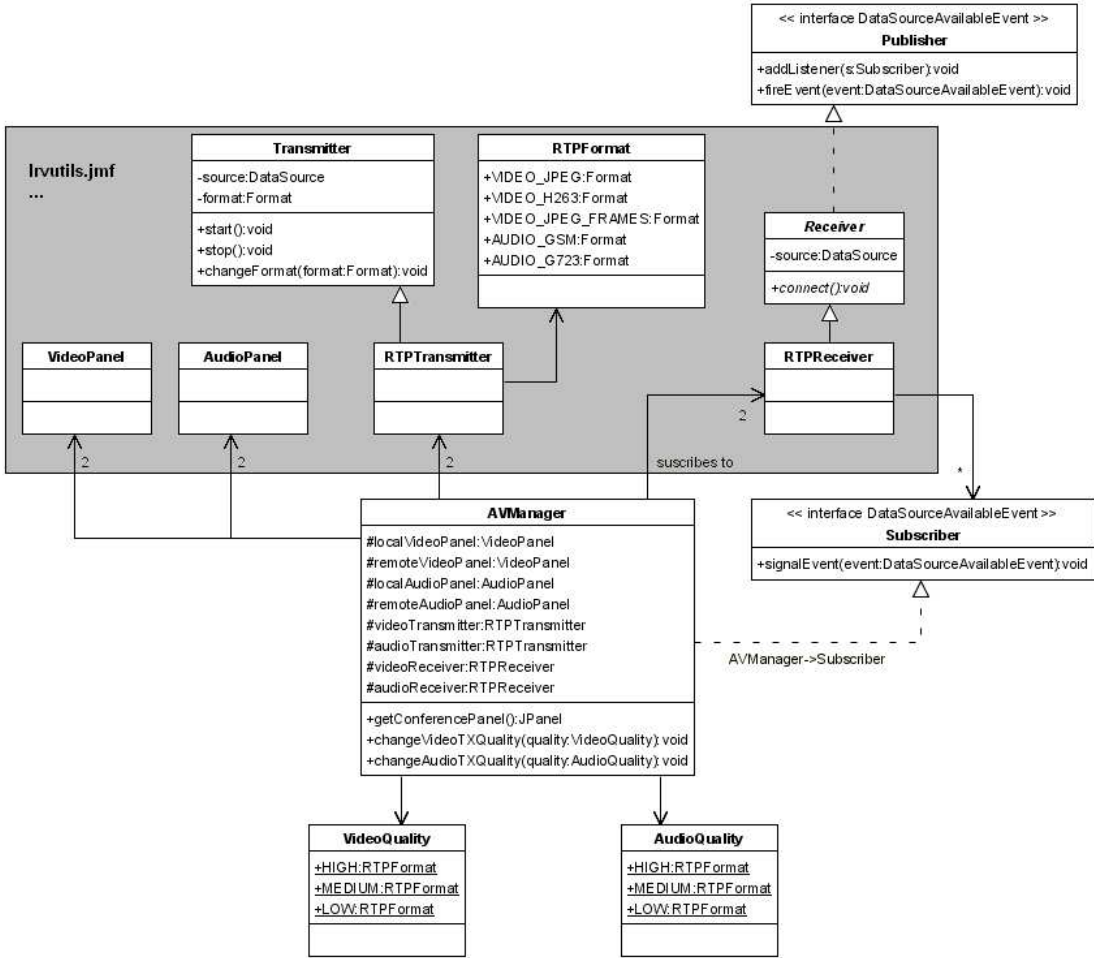


Figura 3.8: Diagrama de clases: Módulo de teleconferencia nuevo.

Una vez implementadas las clases, era cuestión de probar la aplicación sobre una conexión por MODEM para verificar el funcionamiento de la herramienta con el nuevo esquema y fijar adecuadamente los parámetros de calidad. La verificación funcional de la aplicación con las nuevas opciones de teleconferencia fueron realizadas con un equipo conectado a través de MODEM por línea telefónica, mientras que el otro equipo estaba conectado por medio de una red de área local ¹. Se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La reducción en el ancho de banda afecta no sólo la calidad en la reproducción de los medios entrantes, sino también la de la reproducción de los medios locales. Esto es, al parecer, por la sincronización que existe entre la fuente de datos utilizada para la reproducción local con aquella utilizada para la transmisión de estos datos a través de la red, la cual se ve claramente afectada por el poco ancho de banda de la conexión. Por esto, en las calidades bajas a utilizar sobre conexiones con poco ancho de banda, no se realiza la reproducción del video local, como se hacía anteriormente y como puede hacerse en condiciones de red más favorables.
- El período entre cuadros de video más adecuado para este tipo de conexión es de 5 segundos. Aunque este período es alto, es uno en que la reproducción del video permanece constante. Algunas pruebas con períodos menores fueron exitosas, pero en la mayoría de los casos la frecuencia de reproducción del video con estos períodos se iba degradando paulatinamente hasta que las ventanas de video quedaban bloqueadas, seguramente debido a la saturación de la conexión.
- El audio funciona bien y con poco retardo con la codificación de menor calidad cuando es utilizado con el video con el filtro activado con el período de 5 segundos.
- El resto de funciones de la aplicación no sufre de mayor alteración por la conexión. Sin embargo, hay ocasiones esporádicas en las que el retardo llega al orden de varios segundos (5 - 10).
- Puede haber problemas por restricciones de puertos en redes con cortafuegos, en especial para la comunicación que utiliza el protocolo UDP. Para que la aplicación funcione en este tipo de entorno, es necesario conocer los puertos utilizados por la aplicación y tener acceso directo al administrador de seguridad de la red. Es necesario hacer más pruebas para determinar con exactitud los requerimientos de configuración de seguridad para el funcionamiento de la aplicación.

Por supuesto, el funcionamiento del módulo de teleconferencia no puede estar acotado por el peor de los casos, que es el de la conexión por línea telefónica. La aplicación debe poder utilizarse sobre diferentes tipos de conexiones y la calidad de la teleconferencia debe adaptarse a las diferentes condiciones. Para esto hay dos posibilidades básicas contrapuestas, cada una de las cuales fue considerada en este estudio. La primera posibilidad, que es ideal, es que la aplicación realice algún tipo de evaluación de la conexión, ya sea de manera

¹A pesar de la diferencia de ancho de banda local de las conexiones, el ancho de banda de la conexión equivale al equipo con menor ancho de banda.

previa a una sesión o constantemente a lo largo de ella, y, según la evaluación, determine el nivel de calidad de los medios que debe aplicar. La segunda posibilidad es que el usuario de la aplicación, conociendo las condiciones de la conexión para una sesión, determine manualmente la calidad, posiblemente cambiándola si las condiciones cambian notoriamente durante la sesión.

Para la primera posibilidad, se consideró utilizar los datos de control proporcionados por el protocolo RTCP (Real-Time Control Protocol), que funciona junto con el protocolo de transmisión RTP (Real-Time Protocol) utilizado en las clases de teleconferencia. Estos datos pueden obtenerse directamente de los objetos de la API de JMF e incluyen el número de paquetes enviados, recibidos y perdidos, entre otros. Con estos datos es posible inferir las condiciones de la red, si bien no precisamente el ancho de banda disponible, en cuanto a su capacidad de soportar un tráfico en particular. Por ejemplo, comenzando con una calidad de transmisión alta, la aplicación puede reconocer una pérdida alta de paquetes de datos de audio y/o video y reducir gradualmente la calidad hasta un punto en que la pérdida de datos se anule o llegue a un nivel aceptable. Sin embargo, esto trae de por sí un costo, representado por la computación para la lectura e interpretación de los datos de control, así como el cambio como tal entre niveles de calidad. Además, el problema inverso, de aumentar la calidad cuando se está subutilizando la capacidad de la red, no se puede determinar directamente del análisis de los datos de control, por lo que, sin contar con información adicional, sólo puede llevarse a cabo mediante ensayo y error (intentar aumentar la calidad y retroceder en el momento que haya pérdida). Por estas razones y dadas las prioridades del proyecto en esta etapa, se decidió no optar por esta posibilidad para el manejo de calidad. Sin embargo, es posible que para trabajo futuro se puedan explorar las mejores maneras de aplicar estas técnicas a la aplicación.

Al optar por la segunda posibilidad, era necesario fijar un grupo de calidades para unos rangos definidos de ancho de banda de conexión. De esta manera, se le dan las opciones de calidad al usuario al inicio de la sesión, para que éste escoja según el tipo de conexión a utilizar. Las calidades definidas fueron las siguientes:

- **Normal:** Despliega la multimedia local y remota a la mejor calidad (JPEG-RTP y GSM 6.10). Deben haber disponibles al menos 500 Kbps de ancho de banda (redes de área local, banda ancha).
- **Limitada:** Despliega la multimedia local y remota a una calidad limitada (H261-RTP y G.723.1). Esta configuración requiere al menos 128 Kbps de ancho de banda (p. ej. ISDN, DSL).
- **Baja:** Despliega sólo la multimedia remota a una calidad mínima (JPEG-RTP con filtro fijo en 5 seg. por cuadro, G.723.1). Esta configuración debe utilizarse para acceso por MODEM (56 - 128 Kbps).
- **Sólo audio:** Como su nombre lo indica, con esta configuración únicamente se intercambian señales de audio entre los participantes. Puede utilizarse en condiciones de alta congestión de red o cuando el video no es necesario.

Durante la sesión, dependiendo de la configuración que se haya seleccionado, también se pueden hacer cambios a la calidad del audio y video por medio del menú de la aplicación en caso de que las condiciones de red cambien.

Además del trabajo que puede realizarse en el futuro para lograr la autoconfiguración del módulo de teleconferencia, también puede trabajarse sobre otros detalles del módulo que hasta ahora no se han considerado. El más importante de ellos es el de la adaptación del módulo para manejar una conexión punto a multipunto (un profesor y varios estudiantes accediendo a la aplicación desde diferentes lugares) en vez de la conexión punto a punto manejada hasta ahora. Los asuntos más importantes para tratar este detalle son el control de visualización de los participantes en el espacio limitado de la ventana de la aplicación (debe haber algún tipo de mecanismo de moderación y de control de vista, especialmente para el profesor), el manejo de las múltiples señales concurrentes de video en cuanto a la demanda adicional de recursos del sistema y de ancho de banda y el manejo de la calidad ante la potencial heterogeneidad de las conexiones de los participantes.

3.3.2. Rediseño de la plataforma de programación

El modelo o metodología de desarrollo para la herramienta utilizada en las primeras fases del proyecto consistía en un proceso iterativo basado en prototipos. En varios aspectos, esta metodología se asemeja a aquella conocida como extreme programming (XP)². La idea de XP es acortar las etapas de análisis y diseño y agilizar la etapa de desarrollo, logrando resultados funcionales rápidamente durante la misma, y para ello define un conjunto de prácticas de programación basadas en entregas pequeñas y refinamiento progresivo.

Esta metodología era muy adecuada para la organización del proyecto en estas primeras fases. Por un lado, el diseño de la herramienta dependía en gran parte de la experiencia obtenida del uso de la misma en un entorno de enseñanza, ya que uno de los objetivos iniciales del proyecto era precisamente evaluar el uso de estas tecnologías. En efecto, las prácticas de XP definen el desarrollo rápido de un prototipo funcional, cuyo diseño y funcionalidad se debe ir mejorando con la retroalimentación constante de los usuarios (en este caso, los profesores de los cursos) que lo ponen a prueba desde el principio. Por otro lado, como las pruebas estaban siendo llevadas a cabo en un curso real con un marco de tiempo definido, era necesario desarrollar los contenidos a utilizar (y cualquier funcionalidad de soporte) en el menor tiempo posible. El desarrollo por entregas pequeñas de XP, cuyo intervalo no debe ser mayor a dos semanas, se ajustaba a estas limitaciones de tiempo, de tal manera que los contenidos se iban desarrollando junto con el avance del curso, cuyas clases prácticas estaban espaciadas de a una o dos semanas.

Como todo modelo, la metodología XP tiene sus desventajas, especialmente ante esta nueva etapa del proyecto en la que el programa se abre a otras instituciones, expandiendo la base de desarrollo. En primer lugar, en la metodología XP la funcionalidad prima sobre la durabilidad del código. En otras palabras, el fin de XP es que el programa funcione, que haga lo que debe hacer, sin preocuparse demasiado de que lo pueda seguir haciendo ante diferentes circunstancias. En efecto, la metodología XP contempla como fase final la muerte

²Esta abreviatura no tiene relación con el nombre del sistema operativo Windows.

del proyecto cuando el programa alcance todos sus objetivos de funcionamiento. Es evidente que la nueva etapa del proyecto no puede contemplar la muerte de esta manera, ya que, al abrirse a nuevos entornos de aplicación, el programa debe poder adaptarse y evolucionar a los nuevos requerimientos que surjan dentro de la comunidad de desarrollo. El problema es que, por este enfoque que requiere una solución ad hoc a los problemas de programación, el código resultante no siempre cumple con los requerimientos de reusabilidad y extensibilidad que son fundamentales para un proyecto de desarrollo abierto. Esta era precisamente la condición existente del código de la aplicación de Telepresencia y por ello fue necesario el trabajo de rediseño que se explica a continuación.

3.3.3. Reorganización de código y modularización

La primera consecuencia de desarrollar un programa sobre la marcha y con un enfoque ad hoc es que la calidad del código, tanto en su organización como en sus técnicas de programación, no es generalmente óptima. Por lo tanto, la base para este proceso de rediseño debía ser una revisión exhaustiva del código.

En primer lugar, se hizo una “limpieza” general de cada una de las clases de la herramienta, mejorando la aplicación de algunos procedimientos y eliminando elementos (referencias, funciones) innecesarios, reforzando las definiciones de acceso y encapsulamiento, así como completando y complementando la documentación. Luego, se hizo una clasificación de las clases según su funcionalidad y se identificaron los puntos donde el diseño debía ser mejorado o replanteado.

La modularidad es un principio importante de diseño que facilita el mantenimiento y evolución de una aplicación, en tanto que plantea la separación de sus distintos componentes, de tal forma que se pueda trabajar sobre cada uno por separado sin afectar la funcionalidad de los demás. Aunque la aplicación de Telepresencia tuvo desde el comienzo un diseño modular, el estado del código no reflejaba del todo bien este diseño, ya que, por un lado, la definición de paquetes no correspondía necesariamente a los módulos y, además, había excesiva interdependencia entre clases que debían pertenecer a diferentes módulos.

Además de los módulos que corresponden a los tres ambientes funcionales de la aplicación (realidad virtual, diapositivas y teleconferencia), se pueden asociar módulos a los contenidos (cada uno de los cuales sería un módulo aparte, agrupados bajo uno solo), a las clases de red que realizan la comunicación entre las instancias de la aplicación y a las clases de interacción que manejan los dispositivos de entrada. Según esto, se definieron, respectivamente, los paquetes `conference`, `vr`, `slides`, `course`, `network` e `interaction`, asignando a cada uno las clases existentes según su clasificación. Aunque esta clasificación en paquetes pueda parecer de poca relevancia, es importante por dos razones básicas. Primero, permite entender de mejor manera el código, de tal forma que los programadores que en el futuro necesiten utilizar, modificar o extender alguna funcionalidad de la aplicación puedan identificar fácilmente las clases que necesitan y la forma en que deben proceder. Segundo, Java asigna privilegios de acceso a los miembros de las clases según los paquetes a los que pertenecen, lo que permite controlar la manera en que las clases pueden ser utilizadas en desarrollos futuros.

Otro aspecto importante relacionado con la organización del código es la reusabilidad. Debido al modelo de desarrollo, muchas funciones que podrían ser generalizadas y definidas independientemente para utilizarse cada vez que se necesiten son incorporadas con parámetros fijos en el código propio de la aplicación y redefinidas varias veces. Esto no tiene problema cuando el desarrollo de la aplicación finaliza con su puesta en marcha, como considera el modelo XP, y generalmente es más fácil y rápido que tener que diseñar clases genéricas (incluso, en ocasiones es favorable en cuanto a rendimiento). Pero estas últimas son especialmente útiles para facilitar el desarrollo progresivo del código, ya que ahorran mucho tiempo y lo hacen más legible. Por esto, en la revisión del código se identificaron aquellas funciones que podían generalizarse y definirse como clases independientes de la aplicación en sí. Para ellas, se definió un paquete especial `lrvutils`, que las diferencia e identifica como clases de utilidad general. Además de las clases que surgieron del desarrollo de la aplicación, este paquete de utilidades contiene otras clases que han surgido de diferentes desarrollos y que pueden servir a los programadores no sólo para Telepresencia, sino para cualquier otra aplicación. Todos los demás paquetes mencionados anteriormente fueron agrupados en un paquete general `telepresence` para identificar sus clases como dependientes de la aplicación.

Por supuesto, la sola clasificación y organización del código no garantiza la modularidad si de todas formas hay un acoplamiento fuerte entre las clases de los diferentes paquetes. Este era especialmente el caso de las clases de interacción y de red, cuyos objetos se utilizaban directamente en las clases principales de la aplicación. Como consecuencia, era complejo hacer cambios al manejo de los dispositivos de interacción (en este caso, mouse, teclado y Polhemus), así como agregar nuevos dispositivos, al mismo tiempo que la aplicación era inherentemente distribuida y no era posible ejecutarla independientemente. Para solucionar esto, se reforzó la utilización del modelo de programación publicador-suscriptor, basado en la distribución asincrónica de eventos. Como se mostrará más adelante con los dos casos específicos que se han mencionado, este modelo efectivamente permite minimizar el grado de acoplamiento entre los diferentes módulos, logrando así la independencia que se requiere.

El modelo de publicador-suscriptor es bastante sencillo, tanto conceptualmente como en su implementación. La idea es que una clase se identifica como publicadora de algún evento particular implementando una interfaz diseñada para ello. Si otra clase necesita recibir los eventos de la clase publicadora, se identifica como suscriptora de ese evento, implementando otra interfaz igualmente específica. La interfaz de un publicador debe por lo menos definir métodos que permitan a un suscriptor registrarse para poder recibir los eventos que le interesan y la interfaz de suscriptor, a su vez, debe definir un método por medio del cual pueda recibir estos eventos. La ventaja en cuanto a la programación es que cualquier clase puede implementar estas interfaces y no es necesario conocer de antemano en ninguno de los casos las clases específicas que lo harán para realizar la programación. Así, se puede hacer cambios al número, tipo y funcionalidad de los suscriptores sin hacer cambio alguno al publicador y viceversa (con tal que las interfaces permanezcan inmodificadas).

Aunque este modelo ya se utilizaba en varias partes del código de Telepresencia, no estaba suficientemente generalizado. Además, cada par publicador-suscriptor existente definía sus propias interfaces, lo que hacía más dispendiosa la extensión del modelo. Por esto, en

primer lugar se definieron interfaces de publicador y suscriptor genéricas, que se incluyeron en el paquete Irvutils.net; luego, se realizó la aplicación del modelo donde era conveniente. Los casos de los módulos de interacción y de red, mencionados anteriormente, son los más representativos de este proceso y por eso se describen a continuación.

Modelo de interacción

La interacción de un usuario con el ambiente de realidad virtual de la aplicación fue diseñada para hacerse por medio del teclado, del mouse y, alternativamente, del *Polhemus*. Cada usuario (profesor y estudiante) tenía sus propias formas de interacción, por lo que cada uno requería una clase que controlara los dispositivos que requería. Así, existía una clase que definía la interacción del profesor y que controlaba el manejo del *Polhemus*, del mouse y del teclado para tal efecto, al mismo tiempo que existía otra clase para definir la interacción del estudiante, que sólo podía controlar el mouse y el teclado. El problema de este manejo es evidente: si se quiere redefinir el uso de algún dispositivo o añadir algún dispositivo nuevo, habría que modificar ambas clases directamente.

Para aplicar el modelo publicador-suscriptor, se decidió definir de manera genérica las interacciones posibles con el ambiente virtual (ver sección 3.1.1), independientemente de los dispositivos con los que se pudieran ejecutar. Así, ya no es necesario tener clases separadas para controlar la interacción de profesor y estudiante, cuya diferencia son los dispositivos que pueden utilizar. Con base en esta definición, se construyó un tipo de evento que encapsulara la información de interacción, de tal forma que se pudieran definir clases individuales para controlar los dispositivos de interacción que generaran este tipo de eventos. Un dispositivo cualquiera se puede utilizar para generar algunos o todos los eventos de interacción posibles, implementando la interfaz de publicador. Por otra parte, se tiene una única clase que ejecuta los eventos de interacción genéricos, la cual, implementando la interfaz de suscriptor, se puede suscribir a los dispositivos de interacción según sea necesario. Con tal que la definición de eventos de interacción no cambie, cambios en el manejo de los dispositivos de interacción o en los dispositivos de interacción disponibles no requieren cambios en la clase de ejecución de las acciones. Lo único que es necesario modificar son las suscripciones a los dispositivos disponibles.

A pesar de esta mejora sustancial, todavía existen factores que no permiten desacoplar completamente ambos módulos. En primer lugar, por diseño, aún se mantiene la restricción de que el profesor puede utilizar el *Polhemus* y el *mouse*, mientras que el estudiante sólo puede utilizar el mouse. Por esto, la clase única de ejecución de eventos todavía debe tener como parámetro el tipo de usuario, según lo cual cambia la suscripción a los diferentes dispositivos. Esto se puede solucionar, obviamente, cambiando el diseño de tal forma que cualquier usuario pueda utilizar cualquier dispositivo, según esté disponible. El segundo problema es que, como no todos los dispositivos tienen que generar todos los tipos de interacción, no se puede escoger arbitrariamente entre ellos para realizar la suscripción. En este momento, la selección y arrastre del objeto puede realizarse con el mouse o con el *Polhemus*, el cambio del punto de vista lo realiza únicamente el teclado y el movimiento del apuntador se realiza alternativamente con el *Polhemus* o por medio del teclado. La solución más viable a este problema sería definir más de una categoría de eventos de interacción,

de tal forma que los dispositivos que generen eventos para cada categoría puedan ser intercambiables entre sí.

Módulo de red

En el diseño original de las clases de comunicación, el modelo de publicador-suscriptor era utilizado en un solo sentido: un objeto servía de publicador de diferentes tipos de eventos recibidos por la red, de tal forma que los objetos locales interesados en tipos de eventos particulares podían suscribirse a él y recibir sólo los eventos que les sirvieran. Sin embargo, aunque el objeto de red servía de abstracción para garantizar la independencia de la aplicación de protocolos de transporte particulares, para que una clase de la aplicación pudiera enviar un mensaje por red, debía hacerlo con una referencia directa a este objeto. En consecuencia, sin conexión no era posible utilizar la aplicación, ya que la referencia al objeto de red era nula.

Aunque la solución ad hoc de este problema es sencilla (verificar la existencia de la conexión para crear el objeto o antes de enviar un mensaje), para aplicar el modelo de publicador-suscriptor y así evitar el acoplamiento con el objeto de red, se hizo que el objeto de red fuera suscriptor al igual que publicador de todos los tipos de eventos. De esta manera, las clases generadoras de eventos pueden definirse como publicadores, y su diseño no cambia sin importar que la aplicación vaya a utilizarse o no en red, o inclusive que haya otros objetos nuevos que también utilicen sus eventos.

Para facilitar aún más el desarrollo y minimizar el cambio a código existente, la solución anterior se aplicó utilizando un modelo de *proxys* o relevos. En vez de definir el objeto de red como publicador y suscriptor de todos los tipos de eventos, se define una clase proxy para cada tipo de evento, la cual efectivamente sirve para relevar los mensajes entre el objeto de red y las clases generadoras de eventos. Cada clase proxy tiene referencia al objeto de red, que sólo define métodos generales para el envío de mensajes. Cuando se necesite crear un tipo de evento nuevo que se deba enviar por la red, simplemente se escribe un nuevo proxy con la referencia al objeto de red. El único cambio que habría que hacer sobre este último es añadir métodos de acceso para el proxy (*getXXListener* para suscribir al proxy a un generador de eventos y *addXXListener* para suscribir un consumidor de eventos al proxy).

3.3.4. Desarrollo de contenidos

El otro gran cambio realizado sobre el código de la plataforma es en el módulo de contenidos, que hace parte del módulo de realidad virtual (*vr*). Este es el módulo con el que los programadores tendrán mayor relación, ya que siempre se estarán desarrollando nuevos contenidos, mientras que los cambios o extensiones sobre la aplicación o plataforma en sí (se espera) serán menos frecuentes. Por esta razón, se hizo un esfuerzo considerable para facilitar el proceso de desarrollo de contenidos y su integración a la plataforma.

Anteriormente, el proceso para desarrollar e integrar un contenido de Telepresencia era el siguiente:

1. Implementar la interfaz `Content` que define un contenido que puede ser cargado sobre la aplicación. Esto implica:
 - a) Crear la escena 3D del ambiente virtual y retornar la raíz del árbol de escena.
 - b) Crear el panel de información y retornar su referencia. Definir las acciones de los elementos del panel y, si algún elemento genera eventos que deben ser transmitidos por la red (p. ej. la selección de un botón), la clase del contenido debe recibir como parámetro de instanciación la referencia del objeto de red y utilizarla para enviar los eventos correspondientes.
 - c) Procesar los eventos de clic asociados a puntos en el espacio (generados por la interacción mediante el Polhemus). Sólo se tiene conocimiento del punto sobre el que se hace clic; la interpretación de dicha acción, incluyendo el procesamiento de colisiones que indicarían una selección, debe realizarse en este paso.
 - d) Procesar los eventos de arrastre asociados a un punto y una dirección en el espacio (generados por la interacción mediante el Polhemus). De nuevo, sólo se tiene conocimiento del punto inicial de arrastre y de la dirección de cambio de ese punto en cada paso de la acción. Además del procesamiento de colisiones deben procesarse las nuevas posiciones que corresponden al arrastre según el criterio del contenido. Como la dirección corresponde a un cambio relativo de posición, se corre el riesgo de que haya desincronización ante pérdida de mensajes en la red.
 - e) Si el contenido permite interacción mediante el mouse, procesar los eventos de clic asociados a puntos sobre el plano de la ventana de la aplicación. Sólo se tiene conocimiento de la coordenada x , y del clic. Como no hay relación directa entre las coordenadas de la ventana y aquellas del mundo virtual, es necesario tener referencia a un objeto especial de Java3D e implementar un método de selección (picking) utilizando este objeto. Así, se pueden obtener coordenadas en el espacio con las cuales generalmente se invocaría el método correspondiente al paso *c*.
 - f) Si el contenido permite interacción mediante el mouse, procesar los eventos de arrastre generados por este tipo de interacción. Además de requerir un procesamiento como el que se realiza en el paso 1.5, también hay que tener en cuenta que, como los cambios relativos de la posición del mouse son diferentes a los cambios relativos de la posición en el espacio, estos métodos de arrastre hay que manejarlos ligeramente diferente que los del paso *d*.
2. Crear una clase manejadora de contenidos que implementa la interfaz `ContentManager` o modificar una existente para cargar el nuevo contenido. Esto implica:
 - a) Crear un panel de control para cargar cada contenido asociado al cargador (p.ej. un botón por contenido). Cada nuevo contenido requiere la creación de un nuevo control con un comando de acción específico para el contenido.
 - b) Procesar un comando de cargar un contenido utilizando los comandos de acción de los controles. Definir la instanciación de cada uno de los contenidos para el

manejador, incluyendo la adquisición de los parámetros que se requieran (entre los cuales está la referencia del objeto de red) y cualquier modificación necesaria al ambiente virtual (apagado de luces, modificación de apuntadores, etc.). Para lo anterior, es necesario que el manejador de contenidos reciba referencia del objeto de usuario.

3. Si se quieren utilizar los contenidos asociados a un manejador de contenidos, se debe añadir una entrada en el archivo de configuración de la aplicación (un archivo de texto con una sintaxis definida) con el nombre del manejador (el nombre del curso) y el nombre completo de la clase que lo implementa.

A continuación se muestran los cambios en cada uno de los pasos anteriores, debidos a la redefinición de la interfaz de contenidos y del mecanismo para cargar los contenidos:

1. Implementar la nueva interfaz `Content`, con métodos diferentes:
 - a) Este paso permanece igual.
 - b) Aplicando el modelo de publicador-suscriptor, la interfaz `Content` ahora extiende la interfaz de publicador para un tipo de evento específico a los contenidos. Ahora, no es necesario tener referencia al objeto de red, sino simplemente codificar y generar los eventos del panel de información como este tipo de evento. La plataforma se encarga de hacer las suscripciones necesarias.
 - c) Ya no es necesario procesar los eventos de clic por sí solos, sino que directamente la plataforma se encarga de la interpretación de los puntos, tanto para la interacción con el Polhemus como con mouse. Lo que el contenido debe procesar es la interpretación de la acción de nivel superior asociada al clic (selección), para la cual ya no se recibe un punto, sino directamente el objeto seleccionado (por si es necesario, también se recibe el punto dentro del objeto sobre el cual se realizó la selección). Esto ahorra una cantidad importante de esfuerzo, ya que el único requisito es haber registrado con la plataforma los objetos que son seleccionables.
 - d) De igual manera que para los objetos seleccionables, en vez de procesar un punto y una dirección de arrastre, se debe procesar un objeto previamente identificado como arrastrable y una posición absoluta cambiante. Esto evita tener que procesar las colisiones, lo que se convierte en tarea de la plataforma, además de evitar los problemas con la pérdida de datos relativos (un dato absoluto no depende de información previa que se pudo haber perdido).
 - e) No es necesario realizarlo, ya que mediante el modelo de interacción todos los dispositivos generan los mismos tipos de eventos, que son procesados por la plataforma.
 - f) No es necesario, al igual que el paso e.
2. No es necesario crear la clase manejadora de contenidos. Si el contenido requiere ser instanciado con algún parámetro especial, se puede escribir opcionalmente una

clase cargadora de contenido que implementa la interfaz `ContentLoader`, la cual se encargaría de obtener el o los parámetros e instanciar la clase del contenido. De lo contrario, la plataforma incorpora los mecanismos para cargar los contenidos.

- a) En vez de crear los controles en la clase manejadora de contenidos, se puede incluir en la misma clase del contenido una anotación³ con el nombre del contenido y del curso al que pertenece. La plataforma puede reconocer estas anotaciones y crear automáticamente los controles necesarios para cargar los contenidos.
 - b) Ya no es en el cargador de contenidos sino en la definición del contenido en sí donde se indican las modificaciones necesarias al ambiente virtual (ya se indicó que cualquier parámetro especial que el contenido requiera se puede manejar en una clase cargadora opcional). Esto es más lógico, puesto que cada clase de contenido maneja sus propios requerimientos. Además, las modificaciones se hacen por medio de un nuevo objeto definido específicamente para este propósito. Esto simplifica la tarea del programador de contenidos y favorece la extensibilidad, ya que dicho programador no tiene que ver directamente con la clase que controla el ambiente virtual y cualquier nueva posibilidad de modificación puede agregarse fácilmente al objeto de parámetros sin afectar el resto del código existente.
3. Para integrar el contenido a la plataforma, basta con copiar el archivo de la clase del contenido en la carpeta destinada para ello dentro de la aplicación (o en alguna designada por el usuario). No es necesario consultar ni modificar el archivo de configuración.

Como se puede ver, básicamente las modificaciones al código y al proceso de desarrollo de contenidos contribuyen a elevar el nivel de abstracción en el que el programador debe trabajar y a incorporar a la plataforma varios procedimientos tediosos y repetitivos, como el manejo de diferentes dispositivos de interacción, la detección de colisiones, etc. Antes, en cuanto a la interacción, se trabajaba a nivel de puntos y de diferentes dispositivos; ahora, se trabaja a nivel de objetos y de acciones. En cuanto a la integración, el programador debía conocer las opciones del ambiente virtual y el manejo del archivo de configuración, mientras que ya ese conocimiento no es necesario.

Para clarificar el nuevo procedimiento (en vista de que hasta ahora se ha explicado en comparación con el procedimiento anterior) y a manera de resumen, se enumeran a continuación los pasos para la creación e integración de contenidos de Telepresencia:

1. Implementar la interfaz `Content`
 - a) Crear la escena 3D y retornar la raíz del árbol de escena.
 - b) Crear y retornar el panel de información y definir las acciones y eventos compartidos
 - c) Utilizar el objeto `ViewerParameters` para modificar características del ambiente virtual y retornar este objeto

³Las anotaciones son un nuevo elemento definido en el JDK1.5.0. Para mayor información, sobre ésta y otras adiciones al lenguaje, se puede consultar la página de Sun (<http://java.sun.com>)

- d) Identificar y reportar los objetos seleccionables y arrastrables
 - e) Definir las acciones correspondientes a la selección de objetos
 - f) Definir las acciones correspondientes al arrastre de objetos
2. Anotar el contenido con su nombre y curso y crear, opcionalmente, una clase para cargar el contenido
 3. Copiar la clase del contenido a una carpeta de la aplicación

3.4. Difusión de la herramienta

El trabajo descrito anteriormente fue realizado más que todo con el propósito de extender el uso de la herramienta de un ambiente experimental y artificial en la Universidad EAFIT a ambientes reales de educación a distancia en diferentes universidades del país. Los logros técnicos son un paso fundamental hacia este propósito, sin los cuales, por las razones mencionadas en las secciones anteriores, no sería práctico entregar la herramienta para su uso o desarrollo. Sin embargo, una vez explorados los aspectos técnicos, era necesario implementar un plan de distribución que garantizara que los nuevos usuarios y desarrolladores puedan ser bien capacitados y, además, estar comprometidos con la filosofía de desarrollo abierto e intercambio de conocimiento que ha caracterizado al proyecto de Telepresencia desde su concepción. Es importante aclarar que esto no quiere decir que el desarrollo técnico de la herramienta está completo y por esto se ha comenzado el proceso de difusión; la idea es que la herramienta y sus contenidos estén en constante desarrollo y mejoramiento, proceso que se beneficia entre mayor sea la comunidad que trabaje sobre ella, y el trabajo previo a la distribución simplemente buscaba garantizar que el punto de partida fuera sólido y suficiente para apoyar un proyecto de código abierto.

Retomando el tema del plan de distribución, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- El enfoque del proyecto ha sido su aplicación en el entorno de la educación superior. Por este motivo y buscando inicialmente establecer vínculos formales que garanticen un compromiso con el desarrollo del proyecto, la distribución se hará entre universidades a nivel nacional.
- La herramienta nunca se ha utilizado en condiciones reales de distancia (que incide sobre todo en los tipos de redes utilizadas y en la resolución de problemas que se puedan presentar sobre la marcha), ni ha salido del control de nuestro grupo. Se consideró prudente comenzar la distribución con un número limitado de universidades, con las cuales se puede poner a prueba la herramienta en condiciones diferentes para encontrar cualquier problema de diseño, extensibilidad y/o usabilidad.
- La capacitación a usuarios y desarrolladores no sólo debe limitarse a la herramienta y plataforma como tal, sino también a las tecnologías de las que éstas hacen uso, especialmente de Java3D.

- Debe haber un constante canal de comunicación entre EAFIT y el personal de las universidades que reciban la capacitación en la herramienta de Telepresencia, tanto para el apoyo al proceso de aprendizaje de los nuevos usuarios y desarrolladores como para la retroalimentación de problemas, sugerencias y nuevos desarrollos.

Según lo anterior, en el plan del proyecto de Telepresencia 2005 se incluyó el convenio con dos universidades, la Universidad del Magdalena (Santa Marta) y la Universidad del Quindío (Armenia), para que comenzaran a utilizar la herramienta de Telepresencia dentro de sus programas de educación a distancia. El convenio consiste en la entrega a dichas universidades de la distribución de la plataforma, incluyendo la documentación completa y el código de los contenidos ya desarrollados en EAFIT, la capacitación en el uso de la plataforma y de sus tecnologías constituyentes (especialmente Java3D) y el seguimiento al trabajo de las universidades para asegurar el buen uso de la herramienta y corregir problemas que se puedan presentar.

En cumplimiento con este convenio, en el mes de mayo se hizo entrega de la distribución de la plataforma a la Universidad del Magdalena y se realizó una visita de capacitación. Esta visita fue de 20 horas de duración, repartidas en 4 días, y en ella se trabajó con un grupo de 10 personas entre estudiantes y coordinadores del proyecto.

Para apoyar todo proceso de capacitación y en general la difusión de la herramienta se elaboró un documento tutorial, con el cual se busca brindar un punto de referencia inicial bastante completo. Este documento se incluye como apéndice en este informe.

3.4.1. Aplicación de la herramienta de Telepresencia en la Universidad del Quindío

Para el año 2005, el grupo de investigación de Realidad Virtual de la Universidad EAFIT manifestó su interés de utilizar la plataforma de Telepresencia Aplicada a la Educación Superior en ambientes reales de educación superior bajo modalidad a distancia. Para ello, los investigadores de la Universidad EAFIT decidieron realizar pruebas piloto con programas ofrecidos bajo la modalidad abierta y a distancia de la Universidad del Quindío con la colaboración del semillero de investigación en consolidación perteneciente al grupo SINFOCI (Sistemas de Información y Control Industrial) de la Universidad del Quindío. Con este fin ambas partes realizaron durante el primer semestre académico de 2005 una selección de cursos ofrecidos en diferentes programas de dicha modalidad, seleccionando la asignatura de Física 1 perteneciente a segundo semestre del programa de Tecnología en Obras Civiles, adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío, la cual era dictada por el Ingeniero Gustavo Jaramillo. La elección de esta materia no se dio por casualidad: los investigadores observaron que esta asignatura brindaba una oportunidad de usar la plataforma como medio de apropiación de conceptos de Física tales como operaciones vectoriales, esfuerzos, máquinas simples, entre otros, para que sean aplicados en contextos reales de las Obras de Construcción, escenarios inmediatos a los que se enfrentarán los futuros tecnólogos. Tradicionalmente los temas cubiertos por el curso presentan un alto grado de abstracción para los estudiantes, puesto que los conceptos involucran aspectos en 3D que son generalmente explicados usando medios 2D como el tablero o pizarra.

Durante el mes de Julio de 2005 se llevaron a cabo varias charlas de preparación en la Universidad del Quindío a los estudiantes del semillero de investigación del grupo SINFOCI orientadas por el estudiante Andrés Quiroz integrante del grupo de investigación en Realidad Virtual de Universidad EAFIT, sobre el manejo de la plataforma de Telepresencia, la construcción de contenidos virtuales para dicha plataforma, y la utilización de Java3D para la construcción de escenarios 3D. Para la enseñanza de Java3D se utilizó la herramienta denominada Editor EVRunner, que fue desarrollada dentro de un trabajo de grado realizado en la Universidad EAFIT, y cuyo propósito es facilitar la construcción del árbol de escena requerido al trabajar con Java3D. Al finalizar las sesiones de trabajo mencionadas los integrantes del semillero de investigación adquirieron las nociones básicas para construir contenidos virtuales en 3D básicos y cargarlos en el módulo de Realidad Virtual de Telepresencia.

Posteriormente, durante en los meses de Agosto y Septiembre de 2005 se realizaron reuniones en las cuales participaron los estudiantes del semillero y el profesor Gustavo Jaramillo, docente de la asignatura de Física, con el fin de determinar los ejercicios que se implementarían en Java3D para ser cargados en herramienta de Telepresencia y de esta forma poder realizar la experiencia con los estudiantes de Física 1. El profesor seleccionaba los ejercicios a implementar y los explicaba a los estudiantes desarrolladores, quienes teniendo en cuenta la fórmula base, construían una escena 3D, de acuerdo con los parámetros planteados por el docente. Además, los desarrolladores contemplaron la posibilidad de permitir el ingreso de valores en los ejercicios, para que los estudiantes del curso de Física verificaran la variación que se presentaba al aplicar la fórmula y realizar la simulación en el ejercicio. Los ejercicios implementados contenían objetos 3D de cierto grado de complejidad, y además en algunos ejercicios fue necesario invocar videos en formato MPEG que presentaban simulaciones de situaciones reales, caso concreto en los ejercicios de poleas móviles y torno, donde el docente solicitó explícitamente que se construyera un ejemplo real (pozo) donde el estudiante de Física fácilmente asimilara y aplicara los conceptos de estas máquinas simples.

Cabe anotar que el grupo de desarrollo conformado por los estudiantes del semillero de investigación no ha realizado modificaciones al código fuente del Framework de Telepresencia, puesto que el objetivo se ha centrado en la implementación de ejercicios de la asignatura más no en el lanzamiento de nuevas versiones de Telepresencia que generen conflicto de versiones entre los desarrollos producidos en la Universidad EAFIT y la Universidad del Quindío. Aunque el grupo de desarrollo de La Universidad del Quindío ha recolectado información útil que puede servir para corregir detalles técnicos de la Plataforma de Telepresencia, como manejo del *Mouse* y coordenadas dentro del módulo de Realidad Virtual.

En general, En el semillero de investigación de la Universidad del Quindío se ha concluido que los ejercicios aplicados a los estudiantes de la modalidad abierta y a distancia que utilicen la plataforma de Telepresencia, deben construirse basándose en situaciones reales, o al menos plantear escenarios que el estudiante aprecie como aplicable tanto en su quehacer diario y/o prácticas profesional, con el fin de lograr uno de los principales propósitos de la Enseñanza para la Comprensión: la comprensión del conocimiento.

Es indispensable establecer mecanismos de capacitación en uso de la plataforma, pues to que durante las experiencias en la Universidad del Quindío se observó que la población

destinataria en la modalidad a distancia proviene de diferentes contextos socio-culturales, presentando características y expectativas variadas; por ejemplo: se tienen estudiantes jóvenes con cierto grado de manejo de nuevas tecnologías informáticas, como también personas con un mayor grado de madurez quienes en su gran mayoría tienen contacto por primera vez con un equipo de cómputo.

3.5. Trabajo futuro

Los logros alcanzados hasta este momento sentaron la base para una etapa de desarrollo y uso de la herramienta de Telepresencia abiertas a la comunidad de educación superior a nivel nacional. Gracias al trabajo técnico realizado sobre la herramienta, ésta puede utilizarse sobre conexiones de bajo ancho de banda, las cuales son predominantes, especialmente cuando se habla de llevar educación a lugares remotos o de difícil acceso.

Además, al mejorar su diseño en cuanto a los conceptos de reusabilidad y extensibilidad, se espera que la herramienta se convierta en una plataforma versátil para el apoyo en la enseñanza de una gran cantidad de contenidos y para muchas instituciones educativas. Durante el desarrollo del proyecto se trabajó junto con las universidades con las que inicialmente se ha acordado colaborar, de tal forma que se pueda garantizar el éxito de sus proyectos basados en la herramienta y, posiblemente, corregir problemas de implantación, perfeccionar la funcionalidad actual de la herramienta, así como analizar e incorporar nuevas funcionalidades cuya necesidad se reconozca a raíz de su uso.

Mientras tanto, se explorará la mejor manera de completar el proceso de difusión, de tal forma que se pueda lograr el mayor alcance posible, al mismo tiempo que se estudiarán posibilidades para un mecanismo de desarrollo abierto que garantice la calidad y la estabilidad de la aplicación.

Capítulo 4

Aplicaciones de la Enseñanza para la Comprensión

Durante el proceso de investigación se diseñaron dos propuestas pedagógicas con base en la Enseñanza para la Comprensión: (i) Un curso de Física 1 de la Tecnología en Construcciones Civiles de la Universidad del Quindío y (ii) un curso de Educación Física del programa de Educación Física de la Universidad del Magdalena. Para el diseño de cada uno de estos cursos se contó con la colaboración de profesores de cada una de las Universidades en las que se desarrolló la prueba piloto.

4.1. Diseño del curso de Física 1

El programa de Tecnología en Obras Civiles esta adscrito a la facultad de Ingeniería de la Universidad del Quindío. Este programa tiene la modalidad a distancia o semipresencial, debido a que los estudiantes se encuentran en diferentes Municipios del Departamento del Quindío y sólo se presentan a la Universidad a recibir clases durante cuatro (4) tutorías, de 4 horas cada una. Las tutorías se ofrecen cada 15 días.

De acuerdo a las exigencias del gobierno nacional, el programa actualizó su pensum y todas las materias se están orientando de acuerdo con el número de créditos correspondientes. En los semestres anteriores se dictaba la materia de Física en el segundo semestre. A partir de los cambios curriculares que se están dando la materia se dividió en dos: Física 1 y Física 2 que se ofrecen a partir del segundo semestre.

Al iniciar semestre 2005-1, el curso de Física 1 fue seleccionado para que sirviera de prueba piloto en la presente investigación. Por ello, a partir de la instrucción recibida sobre la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión (ver Apéndice A, página 107) se realizó el diseño para impartir la asignatura con este referente pedagógico.

Por lo tanto se inicio un proceso de análisis en esta practica pedagógica y se empezó a abordar cada uno de los elementos necesarios en la Enseñanza para la Comprensión. A los estudiantes se les explicó la nueva forma en que se iba a desarrollar la asignatura, haciendo énfasis en llevar a la práctica y visualizar los temas de la física en las diferentes obras y

edificaciones, logrando con ello una gran motivación desde el primer momento.

Diseño pedagógico del curso de Física 1

Para el diseño de la propuesta **Comprendiendo nuestro entorno desde la Física**, se abordó desde la óptica de la pedagogía de la enseñanza para la comprensión y con la implementación de la herramienta tecnológica de la Telepresencia con el propósito de desarrollar y fortalecer la comprensión, el pensamiento flexible y los procesos de acción-reflexión en los estudiantes, partiendo desde sus experiencias significativas y de la vida cotidiana.

En la visualización de los conceptos se tuvieron en cuenta los componentes del marco conceptual de la Enseñanza para la Comprensión: los hilos conductores o metas de comprensión abarcadoras, los tópicos generadores, las metas de comprensión y la valoración continua.

Con el fin de determinar cada uno de estos componentes se realizaron varias reuniones donde participaron profesionales del área de Pedagogía, de la Ingeniería de Sistemas y de la Ingeniería Civil (Docente titular de la asignatura), dándose a conocer los puntos de vista sobre la forma de cómo debería enseñarse los contenidos de la asignatura, los temas en los cuales hacer énfasis, el tipo de actividades que realizarían los estudiantes, la forma como se evaluaría y los momentos en los cuales se emplearía la herramienta de la Telepresencia.

A partir de estas conversaciones y teniendo en cuenta que es una asignatura que se desarrolla con modalidad abierta y a distancia, contando con 4 espacios académicos, para un total de 16 horas, se diseñó la propuesta pedagógica que se describe a continuación. Para el diseño se tuvo en cuenta el material presentado en el Capítulo 2, página 11.

Hilos conductores o metas de comprensión abarcadoras

Los hilos conductores o metas macro, son aquellas que se desprenden de las preguntas disciplinarias a las que se recurren continuamente durante un largo lapso de tiempo y a través de temáticas diferentes. En muchos casos, estos hilos conductores se relacionan con los procesos de desarrollo más generales que aspiramos que los estudiantes promuevan y por esta razón, no solo, se refieren a las redes conceptuales, sino también de producción metodológica y de comunicación.

Para la presentación a los estudiantes se determinó que la mejor manera era formularlos como preguntas, que los llevaran a pensar, reflexionar y argumentar sobre la importancia de la física y los motivara a dar repuestas e investigar acerca de los conceptos que se busca que comprendiera.

- ¿Cómo los desarrollos tecnológicos actuales me pueden ayudar a comprender mejor la Física?

Esta pregunta pretende determinar el resultado de la experiencia con la herramienta de Telepresencia, y cómo se integran teórica y prácticamente los diversos conceptos de la Física por medio de la plataforma.

- ¿Cómo la Física influye en nuestra vida cotidiana?

Se pretende que los estudiantes analicen y argumenten cómo la Física está presente y actuando activamente en la vida cotidiana, llevando a que los estudiantes tomen conciencia de esta situación.

- ¿Qué cosas con las que me relaciono diariamente son producto de la Física?
El interés es llevar a los estudiantes a realizar una cuidadosa observación del entorno más inmediato para determinar diversas aplicaciones de la Física.
- ¿Puede la Física ayudar a construir el futuro?
Su principal objetivo es proyectar al estudiante en su desempeño profesional y contemplar el papel y aplicación de la Física en su rol como futuro profesional.
- ¿Cómo puedo utilizar eficazmente la física en las obras de construcción?
Busca que los estudiantes trasciendan los conceptos teóricos de la Física, visualicen su aplicabilidad en las Obras de Construcción, y puedan aplicarla eficazmente en su desempeño profesional.

Tópicos generativos

Los tópicos generativos se refieren aquellas ideas y preguntas centrales, que establecen múltiples relaciones entre unos temas y otros, y entre estos y la vida de los estudiantes, por lo cual se genera un auténtico interés por conocer acerca de ellos.

Después de analizar los ejes temáticos de la asignatura y las relaciones de estos con las otras disciplinas, se reflexionó acerca de: las formas de integrarlas, los intereses de los docentes, los intereses de los estudiantes y el contexto, logrando definir como tópico la **Física misma**, pero enmarcándolo en el contexto universitario, local, regional y nacional para aprovechar los intereses y expectativas de los estudiantes que vivían en diferentes regiones y con diferentes ocupaciones laborales. Por tal motivo el tópico fue denominado: **comprendiendo nuestro entorno desde la Física**.

Metas de comprensión

El problema de los tópicos generativos es que al ser tan ricos en conexiones e interés, se vuelven demasiado amplios y eso requiere delimitarse y especificarse. Por ello es fundamental plantearse preguntas como: ¿Qué es lo real y que es lo que específicamente quiero que mis alumnos comprendan? y ¿Por qué es importante que comprendan eso y no otra cosa? Estas preguntas sirvieron como base para delimitar la metas de comprensión que se quería que los estudiantes alcanzaran al final del desarrollo de la asignatura.

- El estudiante evaluará y determinará los sistemas de unidades más utilizadas en la construcción.
- El estudiante identificará los diferentes tipos de esfuerzos y operaciones entre vectores.

- El estudiante relacionará los conceptos de trabajo, potencia y máquinas simples y sus diversas aplicaciones en la vida diaria.
- El estudiante identificará las leyes del movimiento de Newton, la fuerza de rozamiento y la cantidad de movimiento, a partir de las gráficas obtenidas con la ayuda de las herramientas tecnológicas utilizadas.
- El estudiante relacionará los conceptos de presión y fluidos con los principios de Arquímedes.
- El estudiante reconocerá la utilidad y aplicabilidad de los diferentes circuitos eléctricos utilizados en la construcción. .
- El estudiante identificará y relacionará conceptos de la Física y su aplicabilidad con ayuda de herramientas tecnológicas.

Desempeños de comprensión

Las **cosas hechas** son manifestación creativa de la comprensión y del dominio mental de unos conocimientos, a tal punto, que pueden ser utilizadas para producir nuevas ideas o para solucionar nuevos problemas. Los desempeños invitan al estudiante a desarrollar sus potencialidades y su creatividad. Son el núcleo central del enfoque pedagógico, son las acciones que realizan los estudiantes para desarrollar y mostrar comprensiones. Deben estar vinculados con:

- Las metas propuestas.
- La creación de algo nuevo, permitiendo al estudiante reconfigurar el nuevo conocimiento adquirido.
- Su comunicación, para interrelacionar con sus pares.

4.1.1. Fases para los desempeños de comprensión

Para delimitar las actividades propuestas para los desempeños de comprensión se propusieron tres fases que debían cumplirse en diferentes momentos de las tutorías, se definieron: *desempeños preliminares, investigación guiada y desempeño final de síntesis.*

Desempeños preliminares. Los desempeños preliminares tenían como finalidad que los estudiantes relacionaran la Física con su entorno y en especial con las obras de construcción y lo comenzaran a percibir como algo que esta presente en nuestra cotidianidad. Las actividades propuestas fueron las siguientes:

- Los estudiantes observaran las edificaciones (Edificio de Ingeniería, Ciencias de la Salud, Bloques administrativos, etc.), los campos deportivos de la Universidad del Quindío (cancha de fútbol, baloncesto, piscina, etc.).

- Los estudiantes escogerán una edificación de la universidad, y establecerán las relaciones entre las partes de la edificación y los conceptos de la física tratados en el curso.
- Con la edificación o escenario deportivo seleccionado, identificarán los posibles vectores y se analizará los estados de tracción y de comprensión.
- Identificarán las áreas que estén soportando esfuerzos en cualquier parte de la edificación o escenario deportivo.
- Los estudiantes elaborarán por grupo un documento en el cual plasmen diferentes experiencias transcurridas durante el trabajo realizado y que describa los distintos momentos de la labor de campo y sustente este informe incluyendo fotos, gráficas, mapas, entre otros.

Investigación guiada. La investigación guiada tiene como objetivo que los estudiantes escojan un elemento estructural con el cual se puedan explicar varios conceptos de la Física y su relación en las obras de construcción. Las actividades propuestas son las siguientes:

- Los estudiantes se reunirán en grupos de 2 o 3 personas y escogerán una edificación o sólido y a partir de ella diseñarán un objeto concreto que tenga alguna utilidad práctica, mostrando distintas etapas de su elaboración.
- Para la edificación o sólido estudiado, interpretarán a partir de ella diversos conceptos de la Física relacionados con las obras de construcción, tales como: tipos de esfuerzo, operaciones entre vectores, sistema de unidades, leyes de Newton del movimiento, la fuerza de rozamiento, la presión, los circuitos eléctricos, etc.
- Los estudiantes entrevistarán a sus propios compañeros, profesores del área de ingeniería y de obras civiles para indagar sobre sus experiencias en las aplicaciones de la física en las obras de construcción.

Desempeño final de síntesis. El objetivo principal de esta fase es la socialización del diseño de la edificación o sólido creado. Para ello debían contarle a sus compañeros de grupo, al docente de pedagogía, un docente de ingeniería de sistemas y al docente titular de la asignatura (ingeniero civil) los procesos seguidos para el diseño del objeto concreto. Las actividades que se propusieron para guiar esta fase fueron las siguientes:

- Los estudiantes debían diseñar una maqueta de la edificación o sólido seleccionado.
- Sobre la edificación o sólido construido los estudiantes identificarán conceptos estudiados de la física.
- Los estudiantes presentarán el sólido construido (en la última tutoría) y sustentarán ante sus compañeros y expertos este sólido argumentando los elementos de física presentes en este y el porqué de cada uno.

- Además, los estudiantes presentaran un informe en el que sinteticen las diversas aplicaciones y manifestaciones de la física en la edificación o sólido seleccionado.
- El informe deberá también contener las conclusiones y recomendaciones, así como su opinión acerca del trabajo realizado.

Valoración continúa. La comprensión necesita de realimentación. La valoración continua y evaluación final son elementos fundamentales en la promoción y cualificación de la comprensión, porque solo cuando los desempeños propios son valorados por otros y por uno mismo, es posible fortalecer los logros y detectar los vacíos o contradicciones que requieren ser resueltos. La valoración continua debe estar diseñada de tal forma que le permita al alumno medir su progreso en la comprensión de los conceptos estudiados. La valoración continua debe realizarse en cada una de las fases determinadas de los desempeños de comprensión.

Criterios para la valoración continúa. Para que la valoración cumpla con su objetivo fundamental es necesario mostrarle al estudiante los progresos en la comprensión de los conceptos de la física relacionados con las obras de construcción, se propusieron los siguientes criterios como una forma de valoración continua:

- Los estudiantes expondrán avances del trabajo realizado al profesor para cada uno de los desempeños de comprensión, teniendo en cuenta los desempeños preliminares, los relacionados con la investigación guiada y los desempeños finales de síntesis.
- Discutirán en grupo los avances realizados en cada uno de los desempeños de comprensión.
- Realizaran los ejercicios que se encuentran en la página web del curso, y los sustentarán en los informes de sus talleres.
- Se hará una puesta en común, en la que cada equipo de trabajo expondrá ante sus compañeros y expertos invitados el trabajo realizado.

Realimentación para la valoración continúa. El profesor realizará asesorías periódicas con los estudiantes, y a partir del trabajo realizado hará sugerencias y recomendaciones para que mejoren su desempeño para cada una de las metas de comprensión propuestas.

4.2. Aplicación de la Enseñanza para la Comprensión con mediación de la plataforma de Telepresencia a la asignatura de Física I

El diseño realizado para desarrollar la asignatura Física I, denominada **Comprendiendo nuestro entorno desde la Física** se sustenta en el marco de la pedagogía de la Enseñanza

para la Comprensión; esta fue presentada a los estudiantes y se les planteó las ventajas que tendrían al aceptar participar en el desarrollo de la asignatura con esta forma de trabajo.

Se expusieron algunas ventajas que se obtendrían al participar en la experiencia, tales como: una mayor integración de los conceptos de la Física, relacionar la Física con la vida cotidiana y determinar los conceptos de la Física en las obras de construcción. También se comentaron algunas otras características que se debían tener en cuenta tales como: interactuar continuamente en la página web del curso, mayor compromiso y dedicación con el trabajo grupal y por fuera de la clase y manejar adecuadamente el tiempo entre una tutoría y la siguiente para cumplir oportunamente con los propósitos planteados.

Se diseñó un pretest, que contiene quince (15) preguntas de conocimiento generales sobre la Física. El propósito fundamental al aplicar el pretest fue que los estudiantes expresaran libremente lo que pensaban acerca de la Física, las aplicaciones que ellos habían aprendido en asignaturas anteriores y establecieran algunas relaciones intuitivas de la Física con las obras de construcción. Es un test abierto que no permite respuestas cerradas y se les solicitó responder todas las preguntas.

4.2.1. Resultados de la aplicación del pretest

A continuación, se transcribe cinco (5) de las respuestas dadas por los estudiantes seleccionados al azar, e identificados con las letras a), b), c), d) y e).

1. Describa diversas situaciones de la vida cotidiana en donde se aplican conceptos de Física.
 - a) Cuando pasa un carro, algo en reposo, etc.
 - b) En todas partes.
 - c) En el trabajo realizado por las máquinas se mide el esfuerzo, la resistencia, el recorrido de automóviles, se mide la distancia, velocidad, etc.
 - d) En la condición de manejar el vehículo, jugando billar, en topografía.
 - e) La velocidad, recorrido, desplazamiento.
2. En las Obras de Construcción conocidas por usted, ¿Qué aplicaciones de la Física se encuentran?
 - a) Fuerza, vectores, diversos tipos de medición, potencia, trabajo.
 - b) En saber la cantidad de materiales que necesitamos; para diseñar el plano; para conocer la fuerza que ejerce una columna, etc.
 - c) En obras como en placas se calcula a través de la Física el peso de hierro, mortero y el peso total de la placa; cuando se camina, etc.
 - d) Flexiones, momentos.
 - e) La fuerza, volumen.
3. ¿En qué otras situaciones diferentes a los exámenes y talleres realizados en clase, ha utilizado los conceptos de la Física?

- a) En todo momento uno aplica la física.
 - b) En la vida diaria.
 - c) Muchas veces nos inquieta de donde han salido las leyes y nos da curiosidad averiguarlas, por ejemplo, ¿Cuál de los 2 objetos sin calcular primero cae? Y por que esa es la ley de la gravedad.
 - d) Cálculo de volúmenes y mediciones de terrenos.
 - e) En todo.
4. ¿Cuáles sistemas de unidades de medida ha utilizado usted?
- a) MKS internacional.
 - b) kg, cm, m, pesos; tiempo, velocidad, longitud, etc.
 - c) Yo he utilizado el sistema más conocido que es el MKS para medir por ejemplo una distancia, pesar un artículo o cuanto me demoro haciendo este recorrido
 - d) Sistema internacional MKS, CGS.
 - e) Medidas de volumen.
5. ¿Ha observado aplicaciones de los vectores en las prácticas realizadas? En caso afirmativo ¿Podría describir alguna de ellas?
- a) No.
 - b) No.
 - c) No.
 - d) No.
 - e) No.
6. ¿Ha percibido la utilidad de la Suma de Vectores en la Construcción de Obras?
- a) No he tenido el gusto de verla.
 - b) No lo recuerdo.
 - c) Si, porque si necesito sumar un polígono regular allí necesito un vector hallando la resultante, esto en el campo de topografía.
 - d) No.
 - e) No.
7. ¿Cree usted que exista alguna relación entre el Área y la Fuerza aplicada a un elemento estructural?
- a) Si, porque dependiendo del área se sabe que fuerza debe ser aplicada.
 - b) Si, más que existir una relación, es una ley con su fórmula.
 - c) No se.

- d) No se.
 - e) Si.
8. ¿Al observar una Obra de Construcción, identifica claramente los elementos comprimidos y los elementos tensionados?
- a) Si.
 - b) Si, para los postes de luz; y para los puentes de larga longitud.
 - c) Si.
 - d) Comprimidos cuando se le hace fuerza sobre sus aristas. Tensionado es el que es halado.
 - e) NO RESPONDE.
9. Con sus propias palabras defina: Trabajo y Potencia.
- a) Trabajo = esfuerzo que ejerce algún objeto.
Potencia = es la fuerza de arranque de algo.
 - b) Potencia de maquinas. La capacidad.
 - c) Trabajo = esfuerzo realizado o acción de algo. Potencia = fuerza aplicada al trabajo.
 - d) Para mi trabajo es el que desarrolla el hombre y potencia las maquinas.
 - e) NO RESPONDE.
10. ¿Por qué es importante la utilización de las maquinas en la vida cotidiana?
- a) Porque estas agilizan el trabajo y esto genera menos tiempo.
 - b) Para el mejoramiento de nuestras vidas.
 - c) Porque nos ayudan a que el trabajo sea más fácil, rápido y perfecto.
 - d) Para una mejor eficiencia.
 - e) Es una buena ayuda para nosotros.
11. Describa situaciones de la vida diaria en la que se aplican las leyes de Newton.
- a) Cuando se cae algo, cuando caminamos.
 - b) No lo recuerdo.
 - c) Un accidente, etc.
 - d) NO RESPONDE.
 - e) No me acuerdo.
12. Desde tu punto de vista, ¿Cuáles son los principales aportes de Arquímedes a la ciencia?

- a) NO RESPONDE.
 - b) No lo recuerdo.
 - c) No se en el momento.
 - d) Conozco la frase celebre "dame una palanca y te moveré el mundo".
 - e) No se.
13. ¿Cuál es la importancia de la ley de Ohm y de Watt en lo Circuitos Eléctricos?
- a) Ni idea.
 - b) No recuerdo, pero lo investigaré.
 - c) Para calcular la resistencia y el voltaje que puede resistir el circuito.
 - d) Desconozco.
 - e) No sé.
14. ¿Al observar una Obra de Construcción puede identificar la variedad de los Circuitos Eléctricos? Enuncie algunos de ellos.
- a) Redes eléctricas, instalación de la electricidad.
 - b) Si, circuito por cable; etc.
 - c) No.
 - d) Trifásicos, monofásicos.
 - e) No los distingo.
15. En la construcción de una vivienda, ¿Por qué se requieren diversos tipos de circuitos eléctricos?
- a) Porque hay herramientas que trabajan con distintos voltajes de electricidad.
 - b) Porque tienen diferentes necesidades y funciones; según para lo cual fueron preparados.
 - c) Para que no se presenten recargas porque hay artículos eléctricos que tienen mayor voltaje y teniendo 1 circuito se sobrecarga, forma corto.
 - d) Por el diseño de las mismas y las necesidades de cargas en cada punto.
 - e) Hoy en día es un buen beneficio para nosotros los seres humanos.

4.2.2. **Apreciación sobre las respuestas dadas en el Pretest**

Al analizar el conjunto de respuestas dadas por los estudiantes, se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Todos los estudiantes coincidieron en la respuesta de la pregunta numero 6, dando como argumento que no tienen claridad de la función de la suma de vectores en la construcción de obras.

- No se tiene claros algunos conceptos fundamentales de la Física, evidenciándose en las preguntas numero 6, 11, 12, 13, 14 y 15, donde sus respuestas fueron “no conozco”, “no lo sé”, “no lo he estudiado”.
- En la pregunta número 4 la mayoría de los estudiantes conocían sistemas de unidades y habían utilizado alguno de ellos.
- En general, los estudiantes perciben la Física como un elemento importante en su actividad académica, pero no pueden explicar claramente como puede aplicarse en su desempeño profesional y en su cotidianidad. La mayoría de los estudiantes relacionaron la Física con diversas aplicaciones como: recorrido de automóviles, medición de distancias y velocidades, el realizar ejercicios físicos, en estructuras, columnas, construcción de edificios, etc. Sin embargo no argumentaron con claridad la aplicación de la Física en las obras de construcción.

4.2.3. Aplicación del diseño metodológico en el desarrollo del curso de Física I

El diseño realizado para el desarrollo de la asignatura Física I, a partir del abordaje pedagógico de la Enseñanza para la Comprensión, se explicó a todo el grupo de estudiantes que participarían en la experiencia de enseñanza y de aprendizaje.

En la fase de exploración – desempeños preliminares – los alumnos comenzaron a observar edificaciones de la universidad de Quindío como: el edificio de Ingeniería, medicina, educación y administrativo, además los campos deportivos como la cancha de fútbol, de baloncesto, la pista de atletismo y la piscina. También comenzaron a contestar las preguntas sobre las cuales se fundamentaron los hilos conductores y sus respuestas están influenciadas por sus experiencias, conocimientos previos, creencias, no dieron respuestas argumentadas como producto de la relación teórica y práctica, y que llevaran a la reflexión colectiva en su grupo.

Rápidamente se evidenció un gran interés y el tópico generativo “conociendo ...” motivo aun más a los estudiantes, percibiéndose una mayor participación, compromiso, reflexión y espíritu investigativo, ya que se confrontaron los conocimientos previos y se invito a identificar y confrontar los conocimientos de la Física en las Obras de Construcción, situación que se fue volviendo cada vez mas compleja y sus niveles de comprensión se fueron fortaleciendo.

Telepresencia y las metas de comprensión

Meta 1. Debido a que era un tema teórico, los sistemas de unidades de medida se explicaron en clase, debido a que era un tema teórico. Los ejercicios prácticos de este tema se colocaron en un taller en el sitio virtual.

Los estudiantes resolvieron los ejercicios y comprendieron la diferencia entre los diferentes sistemas de unidades. De otra parte se hizo énfasis en los sistemas utilizados en la construcción colombiana. Se explicó la equivalencia entre los sistemas de unidades.

Meta 2. La tutoría se planificó para aplicarse en la primera sesión del curso de Física, de tal manera que el estudiante, con la ayuda de la plataforma de Telepresencia, pudiera interactuar con la suma de vectores de la forma tradicional (cabeza y cola), en el espacio 2D y en el espacio 3D. Para este propósito, los estudiantes al trabajar con la herramienta seleccionaban la ubicación de vectores y realizaban la suma de los mismos, con la particularidad de que en el caso de los vectores en 3D, el estudiante podía ubicarse desde diferentes perspectivas para observar el vector suma resultante.

Los ejercicios de esfuerzos se concentraron en la aplicación de fuerzas sobre cuerpos como barras y cubos, y también en resistencia de fluencia, manifestada en la capacidad de un material para soportar una masa colgante. Para ambas situaciones la plataforma de telepresencia brinda la posibilidad de interactuar mediante el ingreso de valores como parámetros de las diferentes ecuaciones, con el fin ser aplicados al ejercicio y mostrar el cambio que experimenta el sistema.

Meta 3. El concepto de trabajo se explicó en el salón de clase y las prácticas se realizaron en el taller y en el sitio virtual. El concepto de potencia se desarrolló en el aula y las prácticas se realizaron en el taller y en el sitio virtual. Estos conceptos se enfocaron a la comprensión de los conceptos propios del curso de la Física I.

Los ejercicios de máquinas simples se aplicaron en la tercera tutoría del curso de Física, y se implementaron casos sencillos con aplicaciones de palancas, poleas móviles, y un sistema de torno expresado en un ejercicio de pozo.

Los estudiantes interactuaban con los ejercicios mediante el ingreso de parámetros aplicados a las fórmulas generales de los sistemas de máquinas simples, e inmediatamente la aplicación montada en la plataforma Telepresencia desplegaba el cambio en el sistema.

Meta 4. Para la aplicación de las leyes de Newton sobre el movimiento y el rozamiento se recurrió nuevamente a la plataforma de Telepresencia, con el fin de presentar diferentes ejercicios en donde el estudiante observara el impacto de rozamiento entre cuerpos y superficies. Para el caso puntual del rozamiento se realizó una simulación de un empuje vertical aplicado sobre un cuerpo, el cual no producía movimiento alguno debido al sentido que tomaba la fuerza; el estudiante observaba también que al aplicar una fuerza en sentido horizontal, el cuerpo se movía sobre la superficie. Para la ley de acción/reacción (primera ley de Newton) se presentó un ejercicio de zapatas y columnas, en el cual el estudiante observaba al reducir la zapata, la columna se enterraba, puesto que la zapata no resistía el peso de la columna.

Meta 5. Los conceptos de presión y fluidos se explicaron en el aula de clases y los ejercicios prácticos se colocaron en un taller y en el sitio virtual. Los ejercicios prácticos fueron enfocados a la comprensión de conceptos del curso de Física I, lo cual dio buenos resultados en las evaluaciones presentadas.

Meta 6. Los conceptos de electricidad se desarrollaron en el aula de clases y la práctica se colocó en los talleres y en el sitio virtual. Todas las prácticas se enfocaron a la comprensión de los conceptos del curso de Física I.

Meta 7. La plataforma de Telepresencia brindó un soporte fundamental para el curso de Física I, puesto que gracias a la posibilidad de importar objetos en 3D, el estudiante interactúa directamente con la situación planteada, de tal manera que distingue y se apropia del concepto enmarcado en el ejercicio. Con esto, se disminuye el nivel de abstracción inicial involucrado con los conceptos de Física, de tal manera que mediante la observación y la práctica el estudiante se apropia del conocimiento expuesto en el curso.

En este curso de Física se utilizó la plataforma *Moodle* para que los estudiantes hicieran las prácticas y desarrollaran los ejercicios propuestos.

El uso de la plataforma fue muy importante debido a que los estudiantes pudieron realizar varias prácticas y ejercicios en sus lugares de residencia.

Desempeños de comprensión

Desde el inicio de la experiencia se le expusieron a los estudiantes cuáles eran los desempeños que se esperaban en forma individual y grupal, además de la exposición, discusión en grupo, realización de talleres, informes y valoraciones, debían realizar los ejercicios expuestos en la página 4 de la guía de trabajo y abordar también las experiencias con la herramienta de Telepresencia.

Fase 1: Desempeños preliminares. En esta fase los estudiantes observaron y analizaron su entorno inicialmente la Universidad (edificaciones y campos deportivos) eligieron uno de estos escenarios e identificaron los vectores, estados de tracción, de comprensión, las áreas que están soportando esfuerzos, etc. Realizaron en grupo un informe describiendo los momentos de su trabajo de campo e incluyeron fotografías y gráficas.

También es importante aclarar que algunos estudiantes realizaron esta Fase 1 en su contexto más inmediato como fue la región donde residen, describiendo por ejemplo edificaciones, casas o puentes de sus municipios.

Fase 2: Investigación guiada. En esta fase, el objetivo fundamental era seleccionar una edificación o sólido y a partir de ella diseñar un objeto concreto.

Los estudiantes inicialmente analizaron edificaciones reconocidas por la mayoría de ellos como el viaducto entre Dosquebradas y Pereira, su propia casa, edificios populares. Posteriormente seleccionaron edificaciones como: un edificio que se estaba construyendo, un puente, poste de la luz, máquina para secar el café, una casa, etc. y aplicaron todos los conceptos de la física relacionados con las obras de construcción. En este proceso solicitaron asesoría de docentes y otros expertos para finalmente trabajar sobre una edificación completa con su análisis y argumentación.

Fase 3: proyecto final de síntesis. La última tutoría los estudiantes socializaron su proyecto por medio del diseño de una maqueta de la edificación o el sólido y argumentaron los elementos de física presentes en esta y la función de cada elemento. Además presentaron un informe por escrito de su experiencia y sus conclusiones. Este evento fue filmado.

Los siguientes son los proyectos que se presentaron como resultado de esta experiencia.

Proyecto 1: Secadero de Café.

- Presentación.
- Aplicación desde la finca.
- Conclusiones.
- Foto.

Proyecto 2: Puente.

- Presentación.
- Aplicación desde la finca.
- Conclusiones.
- Foto.

4.2.4. Contenido del video de desempeños de Comprensión

En la última sesión presencial se realizó un video que tiene como propósito principal registrar la socialización del proyecto final de síntesis, el cual consistía en la realización de un sólido que reuniera los conceptos fundamentales de la física ya analizados en las clases anteriores además de la sustentación de este a sus compañeros y docentes invitados.

Al iniciar la actividad los estudiantes se encontraban muy ansiosos al identificar que toda la socialización sería filmada y debían hacer uso del micrófono, sin embargo este temor fue disminuyendo y se fueron familiarizando con esta situación ya que se les explicó cual era el objetivo y se pudo dar inicio a la socialización.

La socialización estaba enmarcada a la luz de unos criterios de valoración para analizar los sólidos presentados, criterios que permitirán determinar los niveles de comprensión en los se encuentran los estudiantes, los criterios son los siguientes: - Aplicación de los conceptos fundamentales de la física. - Dominio conceptual, donde se visualizara la comprensión de la relación entre los conceptos aprendidos y los fenómenos o situaciones cotidianas donde podían aplicarse o visualizarse estos conceptos. – Creatividad en la elaboración del sólido (uso de materiales y aproximación a contextos específicos) – Manejo de la presentación oral y de un lenguaje técnico en la socialización.

Los proyectos finales de síntesis fueron representados en la elaboración de: (i) Dos Edificaciones de dos pisos, (ii) Dos Edificaciones de una casa de un solo piso, (iii) Un puente

vial - Una polea en movimiento, (iv) Un poste de luz, (v) Un pozo, (vi) Un juego infantil de sube y baja en un parque infantil y, (vi) Un secador de café utilizado en Chinchiná Caldas.

Cada uno de estos proyectos se socializó y los estudiantes expusieron los conceptos fundamentales de la física presentes en el sólido, los conceptos identificados y aplicados fueron: los vectores, las leyes de Newton: acción - reacción, la función de las palancas, las zapatas, las vigas, las viguetas, mecánica de fluidos, la estática, la fuerza de tracción, entre otros.

Se evidenció en algunos estudiantes mayor dominio conceptual, creatividad en la elaboración y un lenguaje técnico fluido: Por ejemplo, el utilizar diversidad de colores para destacar conceptos específicos, el demarcar con claridad áreas específicas para determinar un concepto, el realizar varios sólidos para visualizar más claramente los conceptos fundamentales de la física, entre otros. También se percibió que sus edificaciones fueron registradas de contextos cotidianos, permitiéndoles analizar y dar respuesta desde la física a su realidad más inmediata.

En la socialización del proyecto final de síntesis se reflejó que el nivel de comprensión frente a los conceptos fundamentales de física se fortaleció y creó un ambiente donde la curiosidad, motivación, creatividad y aplicabilidad de los conceptos fueron los ejes centrales en el desarrollo de los desempeños de comprensión.

4.3. Resultado de la Enseñanza para la Comprensión con mediación de la herramienta de la Telepresencia en la asignatura de Física I

Se diseñó un **Post-Test** que contiene diez (10) preguntas acerca de la aplicación del curso de Física I, en las obras de construcción y en la vida cotidiana. Es un test con preguntas abiertas para que los estudiantes expresaran libremente lo que ellos pensaban de la física, las aplicaciones que ellos habían realizado y el tipo de relación que establecieran con la vida cotidiana.

4.3.1. Aplicación del Post-Test

A continuación se transcribe cinco (5) de las respuestas dadas por los estudiantes de igual forma como se realizó con el Pre-test.

1. ¿Con el desarrollo del trabajo en estas tutorías, ha obtenido nuevas visiones acerca de las aplicaciones de la Física en la vida cotidiana? Explique.
 - a) Si es importante reconocer que la forma de trabajo planteado para estas tutorías ha sido el adecuado y que ha fundamentado en nosotros una visión mucho más clara de los conceptos de la Física en nuestra cotidianidad.
 - b) Si, porque he comprendido mejor los temas y en la vida cotidiana uno puede decir donde hay vectores o esfuerzos de palancas, etc.

- c) Si, he podido apreciar y manejar los conceptos de la Física; al aplicarlos en una construcción o maqueta; nos lleva a aprender, identificar y poder comparar.
 - d) La Física ha sido estudiada desde hace mucho tiempo por el aporte en la construcción de diversas estructuras, equipos, maquinarias, entre otras.
 - e) Pienso que si porque no tenia claros ciertos conceptos que con la clase virtual fueron quedando mejor entendidos.
2. ¿Qué nuevas aplicaciones de la Física en Obras de Construcción observó a través del desarrollo de las tutorías?
- a) Todas las planteadas en las tutorías.
 - b) Esfuerzos, leyes de Newton, compresión, rozamiento que todos estos temas son muy comunes e importantes tanto para la Física como en la vida cotidiana.
 - c) En construcciones como: casas, puentes, losas, postes, vigas, fuerzas y movimientos que hacemos a diario.
 - d) Aplicaciones como el diseño de maquinas para ejercer una fuerza determinada o aplicación de palanca y poleas y aparejos con mayor funcionalidad.
 - e) Aplicaciones tales como: Mecánica de fluidos, sabía la existencia de los circuitos, pero no los medios de cálculo en ellos, en el caso de las leyes de Ohm y Watt.
3. ¿Cuál sistema de Unidad considera usted que se debe trabajar en las Obras de Construcción en Colombia? Explique.
- a) MKS es el que ahora estamos trabajando y más común en nuestro país. La única objeción que tengo es que el peso debería ser llamado Newton.
 - b) No se.
 - c) El sistema internacional.
 - d) MKS, porque son las medidas utilizadas en los ejemplos básicos desde el estudio de la Física en la secundaria.
 - e) MKS porque en el país ya es estandarizado el concepto y todos lo manejamos. Todo se consigue por kilos, se mide en metros y se registra en segundos el tiempo.
4. Al trabajar en el análisis de las construcciones de nuestra Universidad ¿Qué nuevas experiencias de aprendizaje lograste?
- a) NO RESPONDE.
 - b) Aprendí la importancia de la Física para hacer cualquier obra.
 - c) Saber identificar; conocer experiencias; compartir conocimientos y creatividad.
 - d) Aprendí cual es el comportamiento enfocado con las leyes de Newton de una viga sobre una columna o una estructura cualquiera que soporte un peso determinado.

- e) Yo trabajé en otro campo, desarrolle un proyecto sencillo de vivienda y le observe ciertos movimientos o aplicaciones de la Física, como tensión, compresión, fluidos, para iluminarla los circuitos.
5. En la selección y desarrollo del proyecto final de síntesis ¿Qué elementos de la vida cotidiana y conceptos de otras asignaturas influyeron en su (la) elaboración y ejecución?
- a) Todos, en el segundo semestre, la ayuda de otras asignaturas fue fundamental, como por ejemplo materiales de construcción, donde nos ayudo a comprender el trabajo exacto del acero y del concreto en una construcción donde en ella se aplican la compresión y la tensión que son temas de Física.
 - b) La matemática por los ángulos, topografía para su ubicación física, tensión, materiales de construcción.
 - c) Elementos: un poste de luz de la vida cotidiana. Un juego de niños "burrito" de la vida cotidiana. Un paso, solo imaginación de encontrarle la relación.
 - d) Elementos como la construcción de una viga, una columna, los conceptos influyentes como la matemática, algebra, geometría, la elección de los materiales de construcción.
 - e) Me base en un medio actual, pasé una edificación de la que se es real y la maneje a escala, se manejo conceptos de estructuras, dibujo, decoración y creatividad.
6. ¿Qué experiencias te deja el hecho de haber construido una Obra aplicando los conceptos de Física estudiados?
- a) Nos deja una gran claridad de lo que significa realmente la Física: ".Es la explicación lógica y matemática a las reacciones de la naturaleza".
 - b) Pues la experiencia es grata y poco a poco vamos tomando confianza para desarrollar cualquier tema a estudiar.
 - c) Una experiencia muy grande; pero vamos allá; me dejo la inquietud o el deseo de seguir explorando y construyendo en pequeña escala, cualquier construcción.
 - d) Me dan claridad sobre como se presentan en la ejecución de una obra de construcción para tener en cuenta en el diseño y utilización de materiales.
 - e) Es una experiencia satisfactoria, porque ya teniendo un aprendizaje básico de algo se puede llegar más adelante a la elaboración en la vida real, saber de donde provienen las cosas es muy importante para poder aplicarlas.
7. ¿Cómo influyo en su proceso de comprensión de la Construcción de una Obra el hecho de analizar diferentes construcciones en nuestro contexto universitario o lugar de residencia? ¿El trabajo final estuvo influenciado por este aspecto?
- a) NO RESPONDE.
 - b) Si, ya que si uno comprende y entiende puede manejar cualquier tema.

- c) Influyó de la manera en que encontramos la edificación precisa para que nos identificáramos con nuestros conocimientos y me inspiró lo simple y lo espontáneo.
 - d) Influyó de tal manera que en el futuro, se tendrá en cuenta cualquier esfuerzo, movimiento, fuerza o trabajo que se debe ejercer. El trabajo final complementó e integro los temas estudiados.
 - e) Si, porque básicamente estuvo influenciado el manejo de conceptos obtenidos anteriormente o vistos de forma real para poder realizarlos en forma reducida o a escala.
8. Describa diversas situaciones de la vida cotidiana en donde se aplican conceptos de Física
- a) En caminar, correr, ir en un vehículo, abrir una puerta.
 - b) En todos los lados por donde mire hay física ya sea un carro que pasa, una ventana, una puerta, un puente, en todo hay física.
 - c) Jugando baloncesto; montando una carga a un camión; subir por ascensor; y en cualquier ejercicio o movimiento de nuestro cuerpo.
 - d) La fuerza, esfuerzo, movimiento de un ascensor, el esfuerzo para mover un peso en una obra, como influye el agua en rozamiento y fricción en un acueducto.
 - e) Al caminar, al alzar un peso, realizar un esfuerzo, equilibrar cargas, etc.
9. Describa situaciones de la vida diaria en la que se aplican las leyes de Newton.
- a) Un golpe, estirar, y soltar algo.
 - b) Cuando uno ve una viga por ejemplo.
 - c) Cuando le damos movimiento a nuestro carro, porque no tiene movimiento propio; cumple la ley de acción y reacción.
 - d) En un ascensor, una viga, en una columna, en una pluma grúa.
 - e) En una zapata “acción y reacción en sentido contrario hacia la columna”.
10. A lo largo del curso, ¿Ha percibido la utilidad de la Suma de Vectores en la Construcción de Obras?
- a) Si.
 - b) Si.
 - c) La suma de vectores se encuentra en pequeñas cosas como una puerta; una lámpara; un cable tensionado, etc.
 - d) Si, en todas las ejecuciones de fuerzas.
 - e) Si, para saber que desplazamiento emplea un cuerpo las fuerzas que actúan sobre él, y que resultado o resultante ejerce el cuerpo en este punto.

Con la aplicación del Post- Test, se pretendía que los estudiantes manifestaran el nivel de comprensión del curso de Física y su aplicación a situaciones concretas, para eso las diez preguntas que tenían la intencionalidad de confrontar al estudiante con sus conceptos iniciales y los desarrollados a lo largo del espacio académico utilizando la Herramienta de la Telepresencia y el diseño pedagógico de la Enseñanza para la Comprensión. Es importante resaltar que además de la comprensión de los conceptos de Física en las Obras de Construcción, también se buscaba que pudieran trascender el conocimiento de la Física en situaciones cotidianas y relevantes en sus contextos específicos.

Al analizar las respuestas dadas se deduce un gran nivel de apropiación conceptual , mayor argumentación de cada uno de los conceptos y su visualización en la vida cotidiana, llevándonos a concluir que el nivel de comprensión se fortaleció.

4.3.2. Apreciación de las respuestas dadas en el Post-Test

Al analizar el conjunto de respuestas dadas por los estudiantes a las 10 preguntas se pueden destacar los siguientes aspectos:

- La totalidad de los estudiantes afirmaron que han obtenido nuevas visiones acerca de las aplicaciones de la Física en la vida cotidiana y podían argumentar con claridad estas aplicaciones. Por ejemplo: maquinas simples, postes, un ascensor, entre otras.
- En la pregunta 2, coinciden en manifestar que la Física se aplica en las obras de construcción, aplicándola a los elementos estructurados de una edificación como: vigas, zapatas, columnas, entre otras.
- Los estudiantes en la pregunta 6 coinciden que fue muy grato, interesante y novedosa la experiencia de haber construido una obra aplicando los conceptos de física estudiados, además manifiestan que hubo mayor apropiación de los conceptos, permitiendo la creatividad y ayudando a perderle el miedo a la asignatura.
- Todos los estudiantes coinciden que el sistema de unidad M.K.S. es el que se debe trabajar en las obras de construcción en Colombia, por su facilidad, gran aplicación y manejo de sus unidades.
- Consideran que el desarrollo de las asignaturas anteriores, específicamente a “materiales de construcción”, la matemática y la geografía, además de experiencias de la vida cotidiana, influyeron para la realización de su proyecto final de síntesis.
- En su gran mayoría lograron argumentar con claridad situaciones de la vida diaria en las que se pueden aplicar las leyes de Newton.
- En general, los estudiantes percibieron la física como un elemento importante en su desempeño profesional y en su cotidianidad.

4.4. Conclusiones

Desde la primera tutoría se les solicito que realizarán un informe de los diferentes tipos de edificaciones en sus contextos mas cercanos y que establecieran una relación de estas con la física, todos los estudiantes lo desarrollaron y lo presentaron con interés, expresando que los contenidos de todas las asignaturas se deberían orientar a la práctica y a la vida cotidiana.

También fueron muy interesantes las prácticas con la herramienta de la **Telepresencia**, ya que los estudiantes mostraron interés por combinar la teoría con la práctica. Durante dichas prácticas, los estudiantes revisaron los ejercicios del taller asignado previamente con la práctica, situación que les pareció muy interesante, aumentando su entusiasmo.

Las **evaluaciones escritas** se realizaron como apoyo para determinar los niveles de comprensión en los estudiantes, lo cual dio muy buenos resultados en la comprensión de los diferentes temas, demostrándose en la ejecución de los ejercicios y talleres, y posteriormente en los procesos cuantitativos de cada estudiante.

Para el **proyecto final**, los estudiantes presentaron un sólido o una maqueta, indicando la relación de estos con la física. En la exposición del sólido mostraron que habían alcanzado un alto nivel de comprensión de la física, cumpliéndose con el propósito de la asignatura.

En las **notas definitivas** se demostró que todos los estudiantes comprendieron la física, ya que habían analizado y resuelto los problemas propuestos empleando los conceptos teóricos y prácticos con buena suficiencia.

Es importante anotar que los estudiantes de física I, ingresaron al sitio virtual de la materia (<http://virtual.uniquindio.edu.co/moodle15/course/view.php?id=12>) y realizaron prácticas y talleres, lo cual ayudó a fortalecer su comprensión y aprendizaje de los diferentes temas.

Finalmente concluimos que el nivel de comprensión se fortaleció en los estudiantes y su percepción frente a los conceptos de la Física en Obras de Contracción se modificó, ya que alcanzó un equilibrio cognitivo significativo.

Capítulo 5

Consideraciones técnicas durante la experiencia

Uno de los principales objetivos de la aplicación de la herramienta de Telepresencia era que en cada una de las Universidades piloto se utilizaran los recursos con los se contaban en ese momento, para no involucrar a las respectivas unidades académicas en compras de equipos. Desde un primer momento se ha querido que la herramienta se vaya construyendo en forma escalada, es decir que se vaya adquiriendo el *hardware* necesario para ampliar la capacidad y se desarrolle el *software* de acuerdo con las necesidades propias de su aplicación.

5.1. Consideraciones técnicas

5.1.1. Especificaciones de *Hardware* y *Software* utilizados en la ejecución del proyecto

Tanto la construcción de los ejercicios utilizados en las tutorías, como la ejecución de las pruebas sobre la plataforma de Telepresencia, se llevaron a cabo en las instalaciones del laboratorio del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío, para lo cual se utilizaron equipos IBM NetVista con la siguiente configuración:

- Procesador Intel Pentium IV de 2.4 Ghz.
- Dos discos duros de 40Ghz.
- 512 MB de Memoria RAM.
- Tarjeta de Red de 100 Mbps.

- Unidad de CD-ROM y disco de tres y medio.

Cabe anotar que, además de los recursos de laboratorio de Ingeniería de Sistemas y Computación, la Universidad del Quindío cuenta con otras instalaciones en las que se pueden impartir tutorías en una próxima experiencia, éstas son:

- Aula Virtual, Facultad de Educación.
- Salas MultiVisuales, Facultad de Ciencias Básicas.
- Salas Multipropósito, Centro de Sistemas y Nuevas Tecnologías.
- Sala de Informática, Facultad de Ingeniería.
- Sala de Informática, Facultad de Bellas Artes.

En la implementación de los ejercicios fue utilizado un ambiente de desarrollo basado en herramientas abiertas de libre distribución, compuesto por:

- Plataforma de Telepresencia Aplicada a la Educación superior (Universidad EAFIT).
- Editor EV Runner (Universidad EAFIT).
- Java Standar Development Kit y Runtime Enviroment versión 5.0 (1.5.0).
- Eclipse SDK 3.1.0.
- Java Comm 2.0.
- Java Media Framework versión 2.1.1e.
- JCreator LE versión 3.5.

La plataforma **Telepresencia Aplicada a la Educación** y el editor de ambientes virtuales en Java3D, denominado **EV Runner**, son productos desarrollados en la Universidad EAFIT, resultantes de procesos de investigación por parte del grupo de Realidad Virtual y Aumentada, dirigido por el Ph. Helmuth Treffz, y de trabajos de grado realizados por estudiantes integrantes de dicho grupo. Ambas herramientas fueron cedidas por la Universidad EAFIT, previo cumplimiento de las obligaciones y restricciones contempladas en los derechos de autor, con el fin de implantarlas en la Universidad del Quindío, de tal manera que fuesen aplicables en un ambiente real de enseñanza a distancia, seleccionándose para tal fin el curso de Física I, en el programa de Tecnología en Obras Civiles.

Para la construcción de los ejercicios expuestos en las tutorías, los integrantes del semillero de investigación del grupo SINFOCI utilizaron paquetes de software especializados en la creación de escenas y videos en 3D, que a continuación se relacionan:

- Java3D 1.3.1 SDK.
- Autodesk 3D Studio Max versión 8.

- Cagliari Truespace 5.0.
- MetaCreations Poser 4.0 for Windows.

La plataforma operativa sobre la cual se realizó el montaje de la herramienta de Telepresencia y se desarrollaron los ejercicios del curso de Física I, es *Windows XP Professional Edition*, aunque por efectos de la portabilidad propia del código desarrollado en lenguaje Java, no debería presentarse problemas al trabajar con sistemas operativos Linux y Solaris, utilizados en el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Quindío. La consideración más relevante a tener en cuenta para estas plataformas es la instalación de *codecs* de video apropiados, especialmente para visualizar animaciones con formato DivX y XviD. Se hace necesario consolidar a Java 3D como la principal herramienta para la creación de ambientes 3D, de tal forma que las demás herramientas mencionadas complementen la construcción de objetos 3D, los cuales sean fácilmente importados por Java 3D, y por consiguiente, por la plataforma de Telepresencia, para que los docentes y estudiantes pudieran interactuar con los mismos durante el desarrollo de las clases.

5.2. Ejercicios implementados

5.2.1. Esfuerzos

Los ejercicios de esfuerzo implementados sobre la herramienta de Telepresencia, le permitieron al estudiante comprobar la deformación de cuerpos a medida que se aplican fuerzas contrarias en los extremos del mismo. Para el tema de esfuerzos se diseñaron dos ejemplos con los cuales el estudiante puede interactuar: el primero es cuando se quiere aplicar una fuerza sobre un cuerpo cilíndrico, y el segundo es cuando se quiere aplicar una fuerza sobre un cuerpo cúbico.

Los pasos para trabajar con esta clase de ejercicios son los siguientes:

- Según sea el tipo del cuerpo para el ejercicio, seleccionar el ejemplo apropiado, bien sea el del cilindro o el del cubo.
- En el panel inferior del ejercicio se encuentra un Spinner para ajustar el tamaño del cuerpo (longitud), de tal manera que el estudiante incremente o disminuya este valor.
- En el panel inferior del ejercicio se habilita un Spinner para ajustar la fuerza aplicada, para que así el estudiante disminuya o incremente el valor de la fuerza.
- A medida que el estudiante cambie los valores en los Spinners de fuerza y tamaño el resultado del cálculo del esfuerzo realizado por las caras de los sólidos se presenta en la parte inferior de la pantalla.
- Intencionalidad del Ejercicio: que el estudiante asimile las situaciones que ocurren al aplicar esfuerzos sobre cuerpos cilíndricos y cúbicos.
- Meta de comprensión desarrollada: Aplicación de fuerzas sobre cuerpos (Meta No 2).

- En las gráficas 5.1, 5.2 y 5.3 de las páginas 78, 78 y 79 se pueden observar fotos de las situaciones reales con las que podían interactuar los estudiantes.

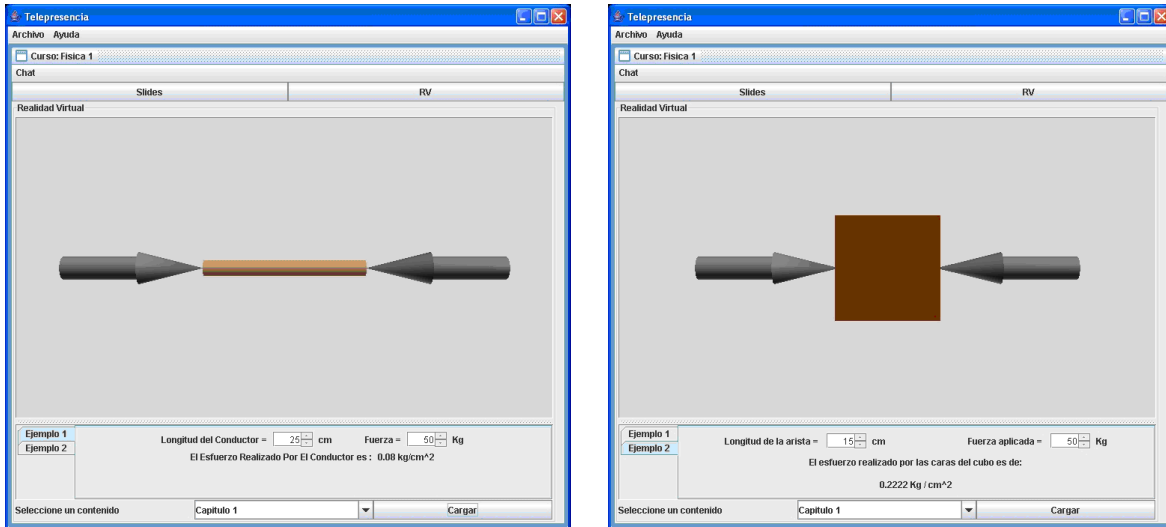


Figura 5.1: Ejercicio de esfuerzo para cuerpos cilíndricos y para cuerpos cúbicos.

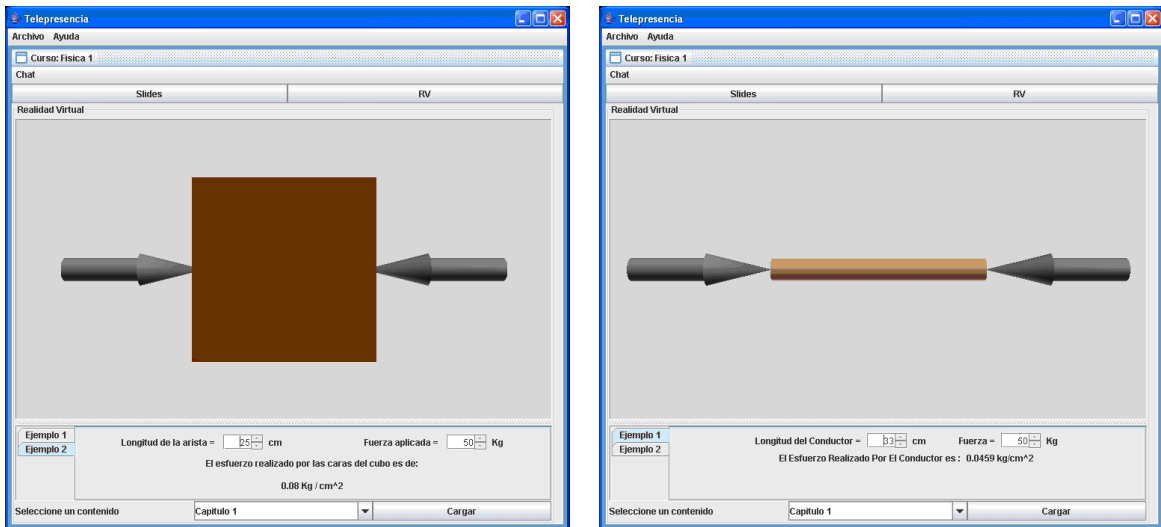


Figura 5.2: Variación del tamaño del cuerpo cúbico y del cilíndrico.

5.2.2. Vectores: Suma de vectores en forma geométrica

Cuando el estudiante selecciona el ejercicio de suma de vectores geométrica (cabeza y cola) aparecerá el área de trabajo (pantalla principal) vacía y en la parte inferior cuatro cajas

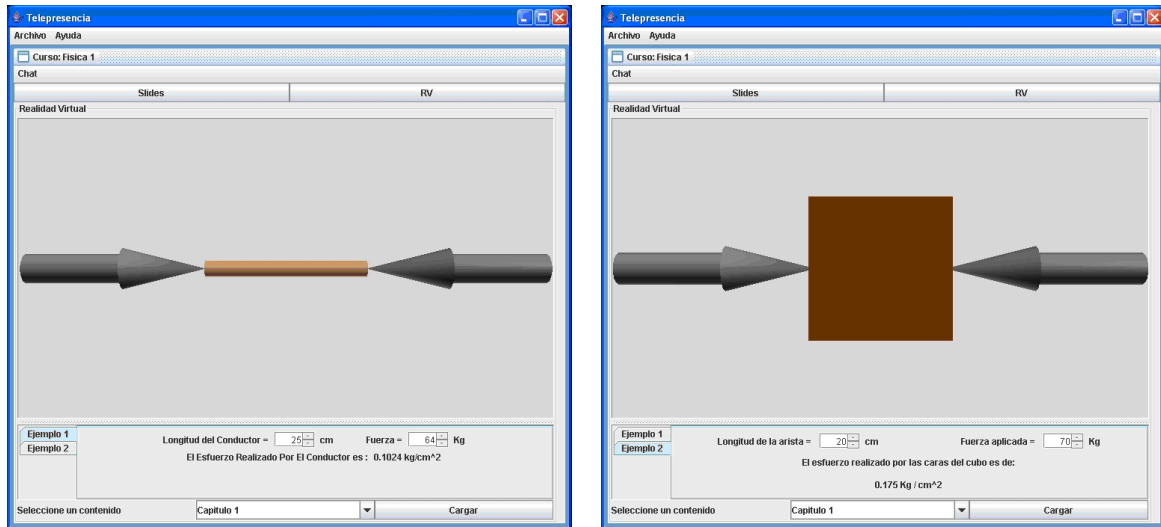


Figura 5.3: Variación de la fuerza aplicada al cuerpo cilíndrico y al cúbico.

de texto para variar el punto inicial y final de un vector. Es decir, el usuario puede dibujar un vector especificando el punto inicial desde donde se dibujará el vector con sus coordenadas en X y en Y , y luego su punto final con sus coordenadas en X y en Y .

Por último se presiona el botón *PonerVector* y con esto el programa se encarga de dibujar el vector en las posiciones especificadas.

En este ejercicio también se pueden seleccionar directamente posiciones sobre el área de trabajo, y con esto se dibujará un punto en el espacio, y si se vuelve a realizar esta operación el programa crea otro punto en el espacio y trazará un vector tomando su punto inicial como el primer punto establecido y su punto final como el segundo punto.

La aplicación tiene un límite de 10 vectores para efectuar la suma entre ellos, a cada nuevo vector dibujado se le asignará una letra del alfabeto empezando por la letra A hasta la J. En el momento en que en la pantalla se encuentren mínimo dos vectores, es posible seleccionar el botón *Suma De Vectores* y el programa unirá los dos vectores colocando el punto inicial de un vector inmediatamente después del punto final del anterior vector y por último trazará el vector resultante de color Rojo (para efectos de distinción) desde el punto inicial del primer vector hasta el punto final del segundo vector. Si se le llega a presionar el botón *Suma De Vectores* cuando solo hay un vector dibujado en el área de trabajo, el vector resultante será el mismo vector dibujado anteriormente. En las Figuras 5.4, 5.5 y 5.6 de las páginas 80, 80 y 81 se muestra la interface para la suma de vectores en 3D.

Suma de vectores en 2D

Cuando el estudiante seleccione este ejercicio, aparecerá la pantalla principal con los ejes del plano en 2D, es decir, X y Y , en su parte inferior aparecerá dos cajas de texto para variar el punto final de un vector.

Al igual que el primer ejercicio se puede dibujar un vector, especificando esta vez sólo el

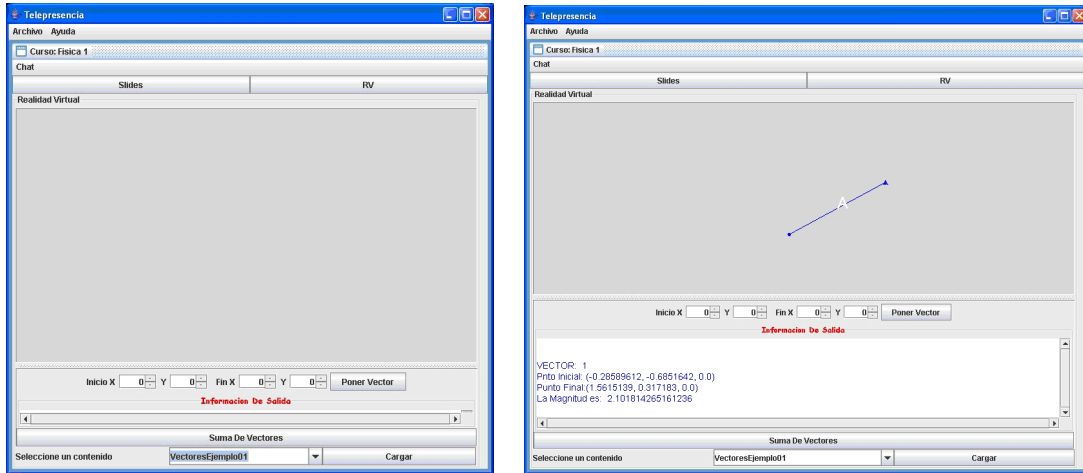


Figura 5.4: Área inicial de trabajo y un vector en 3D dibujado sobre ella.

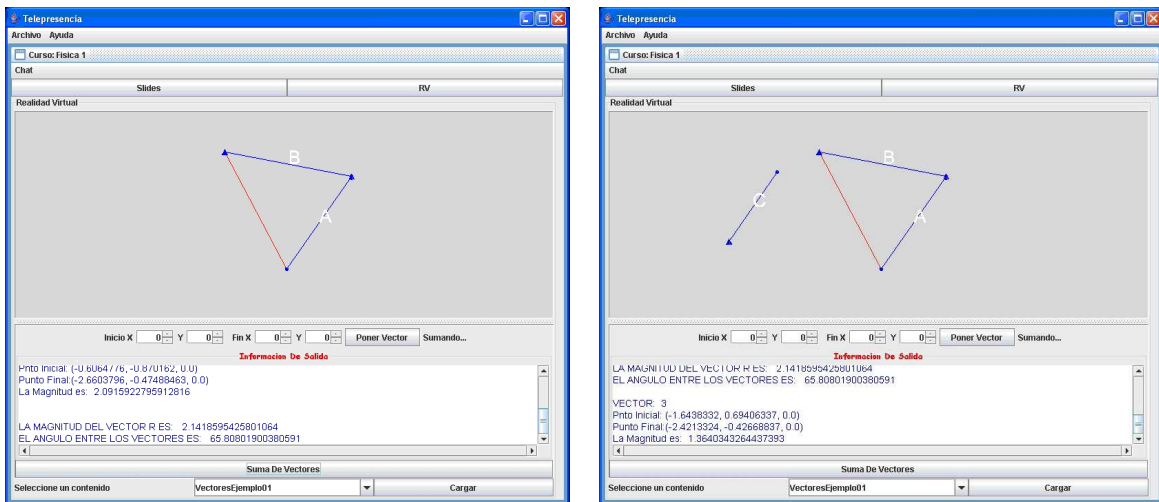


Figura 5.5: Suma geométrica de vectores y tres vectores libres.

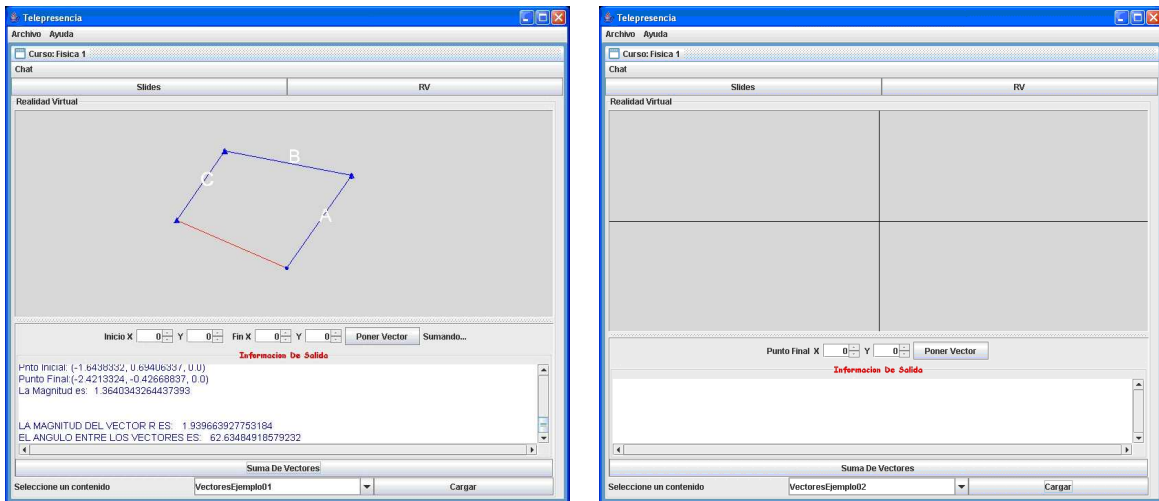


Figura 5.6: Suma de tres vectores y área de trabajo en 2D.

punto final con sus coordenadas en X y en Y , y por último presiona el botón *PonerVector* y con esto la aplicación dibujará el vector desde el origen del plano hasta la coordenada del vértice final.

En este ejercicio se especifica sólo el punto final del vector, porque se está tratando con vectores unitarios, los cuales tienen su punto inicial en el origen del plano.

También se puede hacer seleccionar un punto en el área de trabajo y con esto se dibujará un punto en el plano, y luego se trazará automáticamente un vector desde el origen del plano hasta el punto establecido por el usuario.

La aplicación tiene un límite de 10 vectores para efectuar la suma entre ellos, a cada nuevo vector dibujado se le asignará una letra del alfabeto, empezando por A hasta la letra J . Igualmente, en el momento en que en la pantalla se encuentren mínimo dos vectores, se puede presionar el botón *Suma De Vectores* y el programa calculará la suma de los vectores y por último trazará el vector resultante de color rojo desde el origen del plano hasta el vértice final resultante. De presionarse el botón *Suma De Vectores* cuando solo existe un vector dibujado, el vector resultante será el mismo vector dibujado anteriormente.

5.3. Suma de vectores 3D

Seleccionado este ejercicio por parte del estudiante, aparecerá el área principal de trabajo con los ejes del espacio 3D (X y Y en Z); en su parte inferior aparecerá tres cajas de texto para variar el punto final de un vector.

Al igual que con los anteriores ejercicios se puede dibujar un vector especificando esta vez solo el punto final con sus coordenadas en X , en Y y en Z , y por último, se presiona el botón *PonerVector* y con esto el programa trazará el vector desde el origen del plano hasta la coordenada final del vértice.

En este ejercicio se especifica solo el punto final del vector, porque se está tratando con

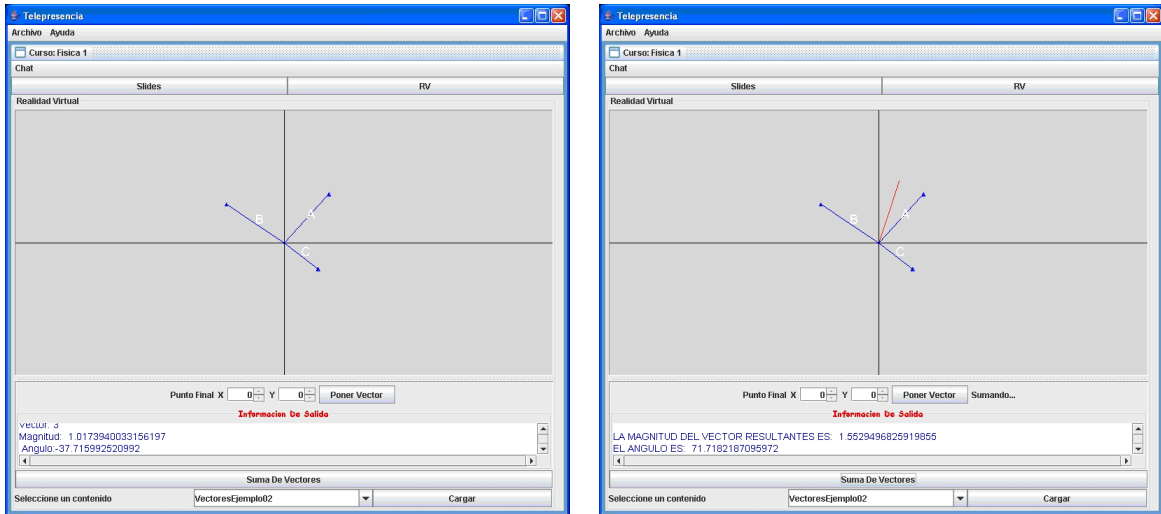


Figura 5.7: Suma de tres vectores libres en 2D.

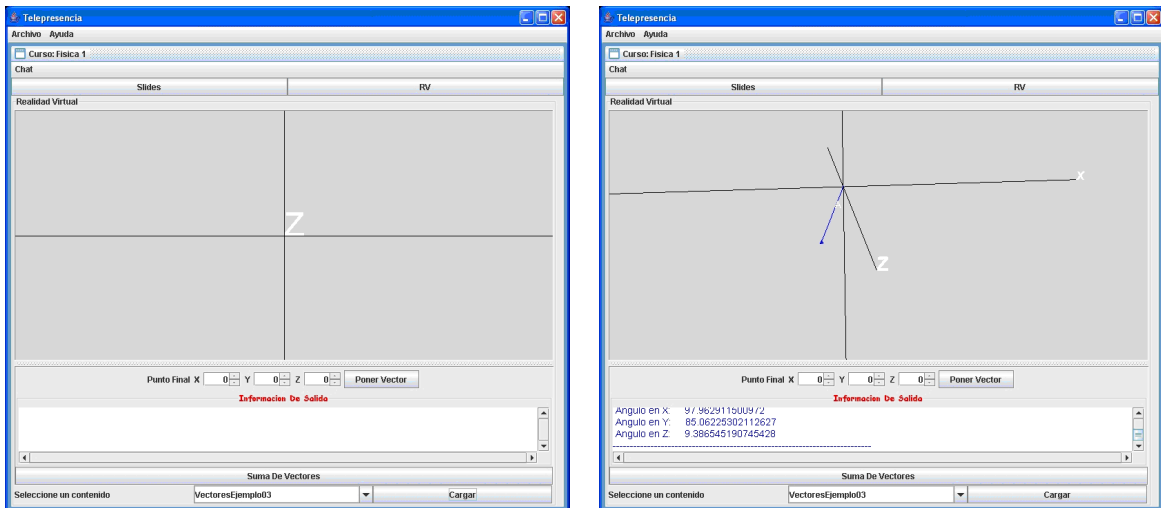


Figura 5.8: Interfaz para la suma de vectores 3D y un vector unitario en el espacio.

vectores unitarios en el espacio, los cuales siempre su punto inicial es el origen del espacio. Figura 19. Suma resultante de dos vectores unitarios en el espacio.

También se puede hacer seleccionar directamente un punto sobre el área de trabajo y con esto la aplicación dibujará un punto en el espacio, trazando automáticamente un vector desde el origen del espacio hasta el punto seleccionado en el área.

La aplicación tiene un límite de 10 vectores para efectuar la suma entre ellos; a cada nuevo vector dibujado se le asignara una letra del Alfabeto empezando por *A* hasta la letra *J*. En el momento en que en la pantalla se encuentren mínimo dos vectores, se puede hacer presionar el botón *Suma De Vectores* y el programa calculará el la suma de los vectores y por último trazará el vector resultante de color rojo desde el origen del plano hasta el vértice final resultante.

Si se le llega a presionar el botón *Suma De Vectores* cuando sólo hay un vector dibujado el vector resultante será el mismo vector dibujado anteriormente. Estas propiedades geométricas de los vectores se observan en las Figuras 5.8 y 5.9 de las páginas 82 y 83.

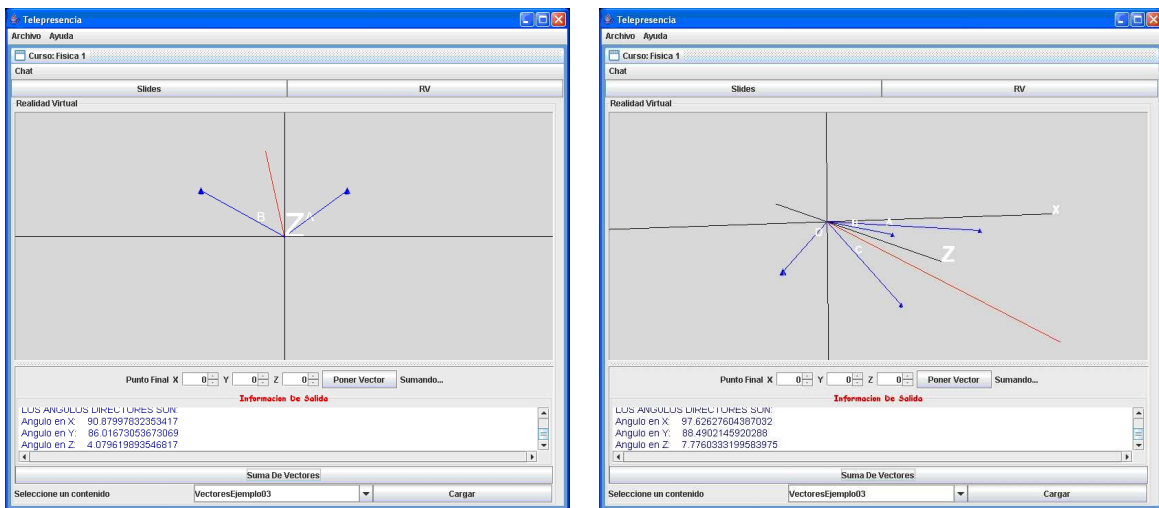


Figura 5.9: Distintas perspectivas de suma de vectores en 3D.

5.3.1. Desplazamiento de vectores

En este ejercicio se ubica el origen de cada nuevo vector sobre la cola del anterior, porque el propósito del ejercicio es simular la trayectoria de un objeto que se desplaza de un lugar a otro, calculando mediante la suma de vectores el desplazamiento real del objeto una vez ha terminado su recorrido.

También es posible seleccionar un punto sobre el área de trabajo marcando con esto un punto en el espacio en el caso que sea el primer vector que se va a dibujar; en las siguientes iteraciones se dibujará un vector partiendo del punto correspondiente a la cabeza del vector inmediatamente anterior hasta el nuevo punto especificado. Esta situación se puede observar en las Figura 5.10 de la página 84.

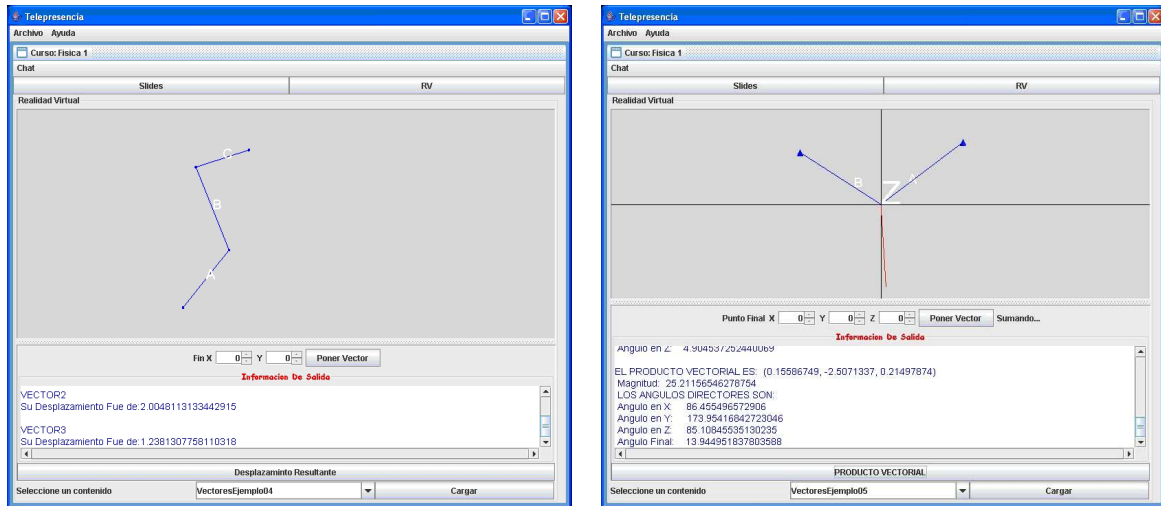


Figura 5.10: Desplazamientos en 2D y producto vectorial.

Producto Vectorial en 3D

El objetivo de este ejercicio es realizar el producto vectorial entre vectores unitarios en el espacio, para lo cual se adopta un esquema similar al empleado en la suma de vectores en 3D. La aplicación tiene un límite de 2 vectores para efectuar la operación, y al igual que todos los ejercicios anteriores de vectores, en la parte inferior de la pantalla se presentan todos los resultados encontrados por el programa para realizar los cálculos con vectores.

La intencionalidad de los ejercicios desarrollados es que el estudiante asimile e interactúe con las operaciones sobre vectores en 2D y 3D, de tal manera que pueda visualizar fácilmente el resultado utilizando la plataforma de Telepresencia.

Meta de comprensión desarrollada: Operaciones sobre vectores 2D y 3D (Meta No 2). Ver la Figura 5.11 de la página 85.

5.3.2. Peso colgante

El usuario define el valor del radio de la cuerda de la cual pende un peso y el esfuerzo admisible de la misma, que depende del material del que este hecha. Una vez ingresados los valores correspondientes, el usuario presiona el botón *aceptar*.

El usuario procede a incrementar/decrementar gradualmente el peso del cuerpo en kilogramos. El usuario podrá también presionar el botón de respuesta y ver cual sería el máximo valor de peso que soporta la cuerda.

En el momento en el que el usuario exceda el valor máximo del peso soportado para romper la cuerda, el sistema hará la animación correspondiente al movimiento del peso cayendo en el espacio.

En cualquier momento el usuario puede reiniciar el ejemplo presionando el botón *reset*.

La intencionalidad del ejercicio es hacer que el estudiante varíe el valor de la masa colgante para comprobar el límite de resistencia de un material.

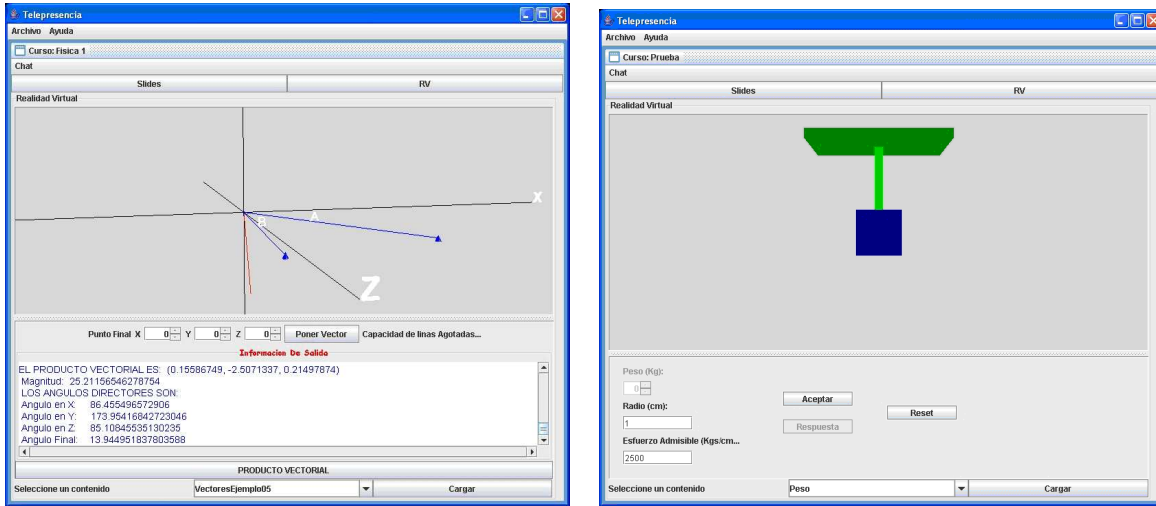


Figura 5.11: Producto vectorial y de peso colgante.

Meta de comprensión desarrollada: resistencia de fluencia – capacidad de un material para soportar una masa colgante (Meta No 2). Ilustraciones de las situaciones planteadas se presentan en las Figuras 5.11, 5.12 y 5.13 de las páginas 85, 85 y 86.

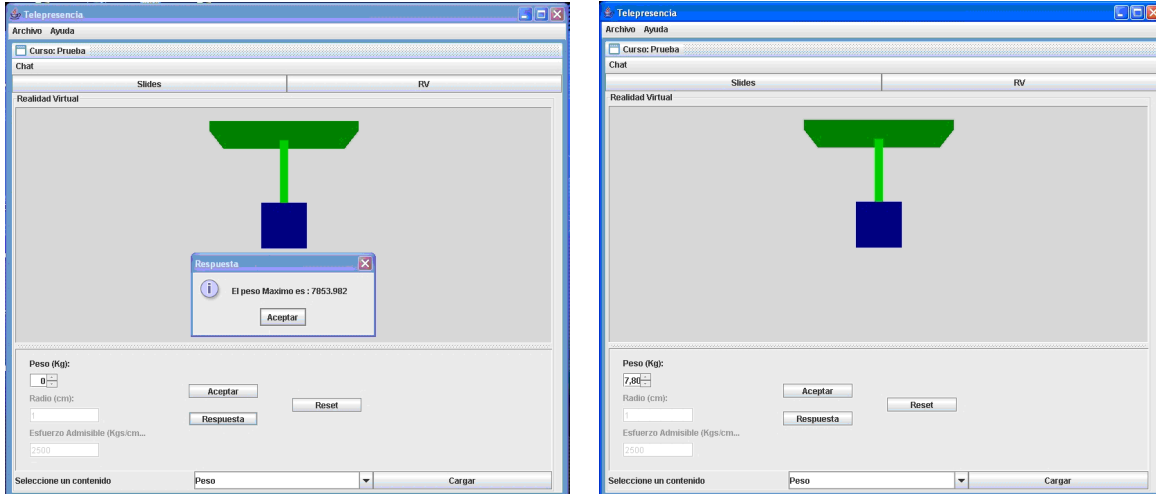


Figura 5.12: Configuración del peso máximo admisible y variación del peso del cuerpo.

5.4. Fricción

El estudiante define el valor del peso del sólido y el coeficiente de fricción de la superficie sobre la cual esta apoyado el peso. Una vez ingresados los valores correspondientes, el usuario presiona el botón *Aceptar*.

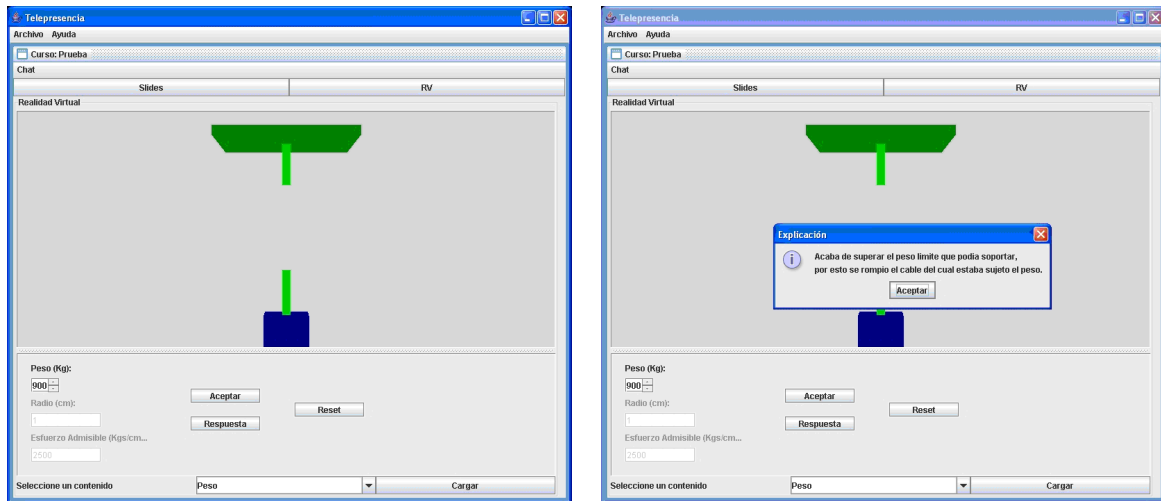


Figura 5.13: Caída del cuerpo al exceder las condiciones máximas y explicación.

El usuario procede a incrementar/decrementar gradualmente la fuerza ejercida sobre el peso. El usuario podrá también presionar el botón de respuesta y ver cual será el valor mínimo de fuerza para mover el peso.

En el momento en el que el usuario exceda el valor mínimo de la fuerza para mover el peso, el sistema realizará la animación correspondiente al movimiento del peso sobre la superficie.

En cualquier momento el usuario puede reiniciar el ejemplo presionando el botón *reset*.

La intencionalidad del ejercicio es hacer que el estudiante observe y asimile el impacto del rozamiento entre cuerpos y superficies.

Meta de comprensión desarrollada: leyes de Newton - rozamiento (Meta No 4). Las Figuras 5.14, 5.15 y 5.16 de las páginas 87, 87 y 88 muestran la forma como se trabajó con la herramienta de Telepresencia el concepto de fricción.

5.4.1. Empuje

En este ejercicio el usuario inicialmente tiene 2 opciones: *empujar* que se mantiene constante, e *inclinarse* cuyo valor cambia al ser presionado a *pararse* y viceversa.

Cuando el usuario presiona *inclinarse* el personaje toma una postura baja. Cuando el usuario presiona *pararse* el personaje toma una postura alta.

Cuando se presiona *empujar*, dependiendo de en cual postura se encuentra el personaje, la caja se moverá (Si esta en postura baja) o no se moverá (Si esta en postura alta).

La intencionalidad del ejercicio es la de simular un empuje vertical sobre un cuerpo que no se puede desplazar, y representar la aplicación de una fuerza en sentido horizontal que provoca un cambio en la posición del cuerpo.

Meta de comprensión desarrollada: leyes de Newton - rozamiento e impacto de los sentidos o direcciones de fuerzas (Meta No 4). La situación se ilustra en las Figuras 5.16, 5.17 y 5.18 de la página 88, 88 y 89.

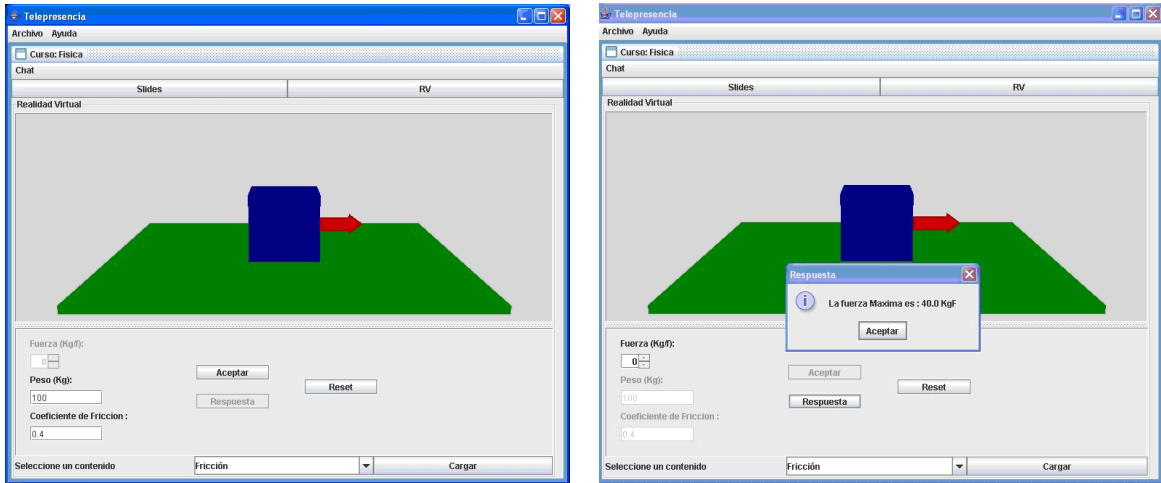


Figura 5.14: Interfaz para fuerza máxima soportada por la superficie.

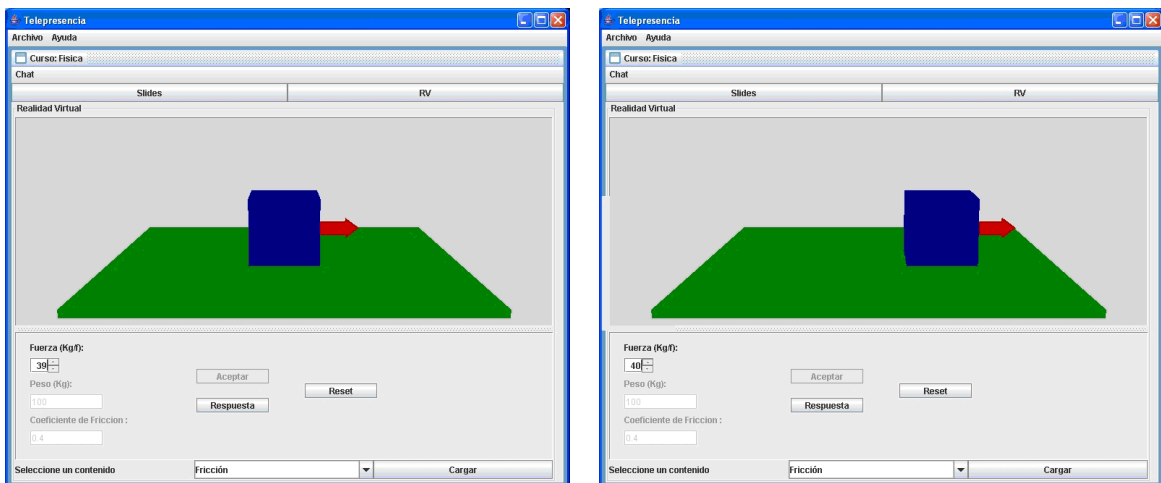


Figura 5.15: Variación de la fuerza del sistema y movimiento al exceder al fuerza mínima.

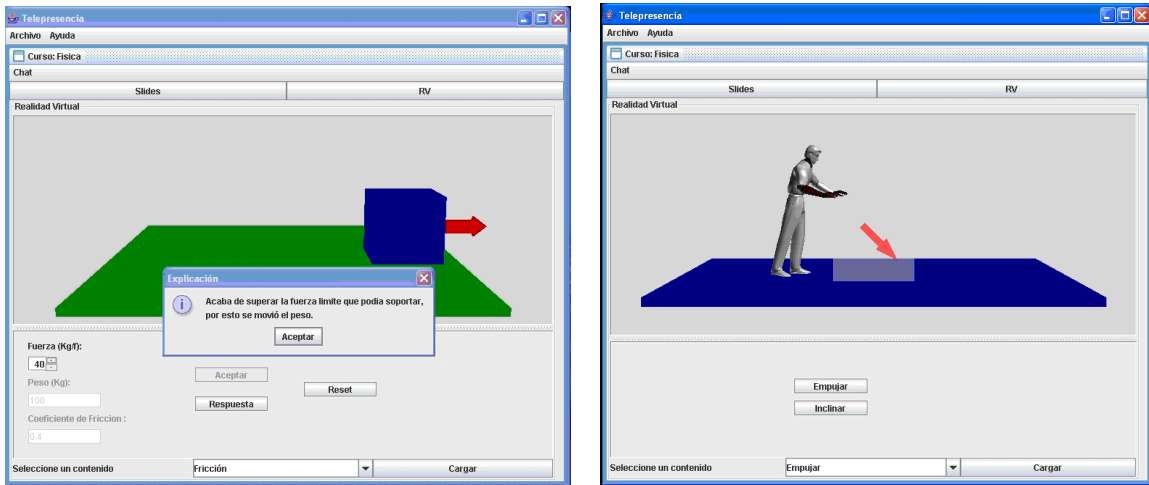


Figura 5.16: Explicación para el desplazamiento y estado inicial del sistema de empuje.

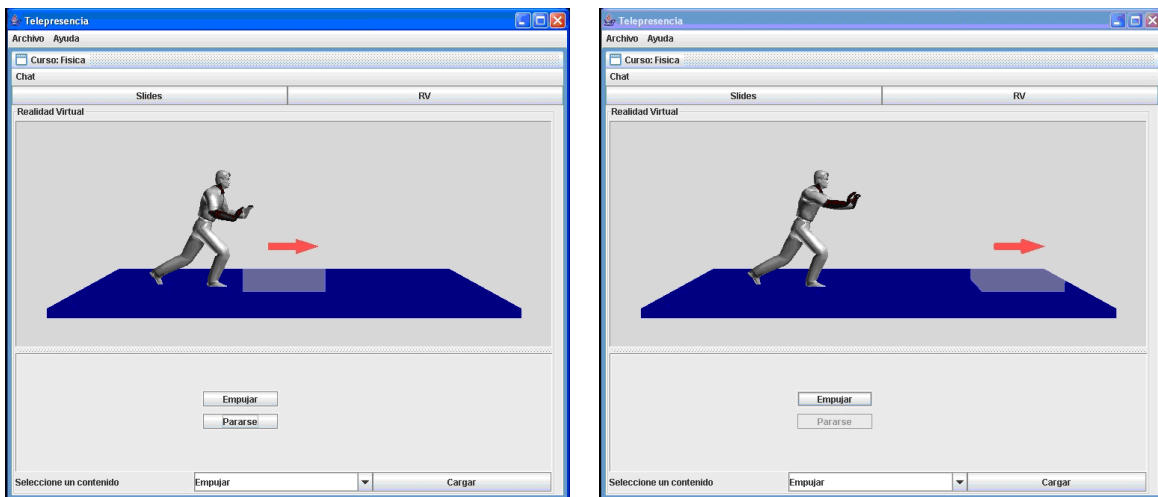


Figura 5.17: Inclinación del personaje y desplazamiento por la acción de su fuerza.

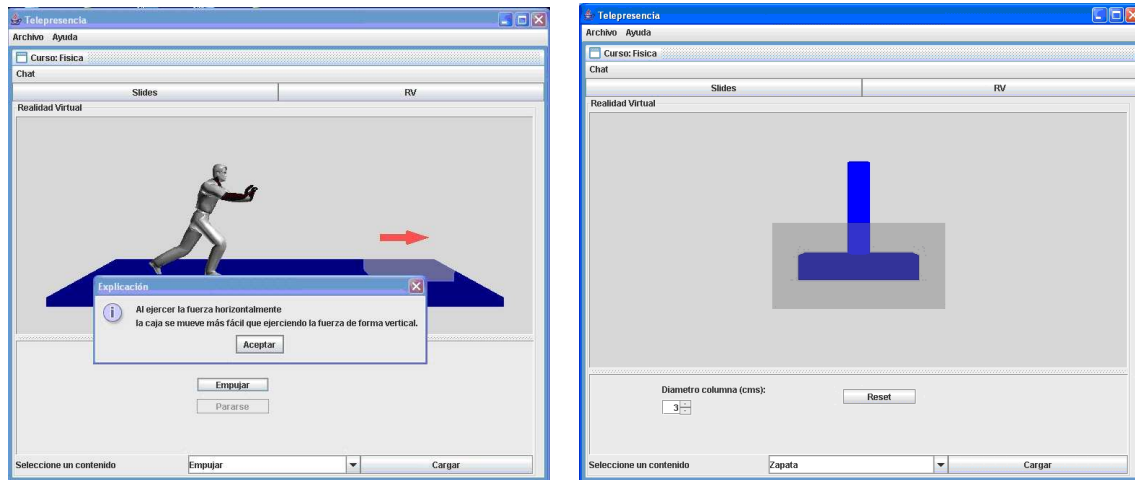


Figura 5.18: Explicación de lo sucedido y estado inicial de la zapata.

5.4.2. Zapata

El objetivo del ejercicio es brindarle la oportunidad al estudiante para que de una forma interactiva pueda incrementar/decrementar a voluntad la base de la zapata, y se de cuenta que cuando el diámetro es menor al admitido en la demostración, la columna se hundirá junto con la zapata ya que que esta no es soporte suficiente para la columna. La situación se ilustra en las Figuras 5.18, 5.19 y 5.20 de las páginas 89, 89 y 90.

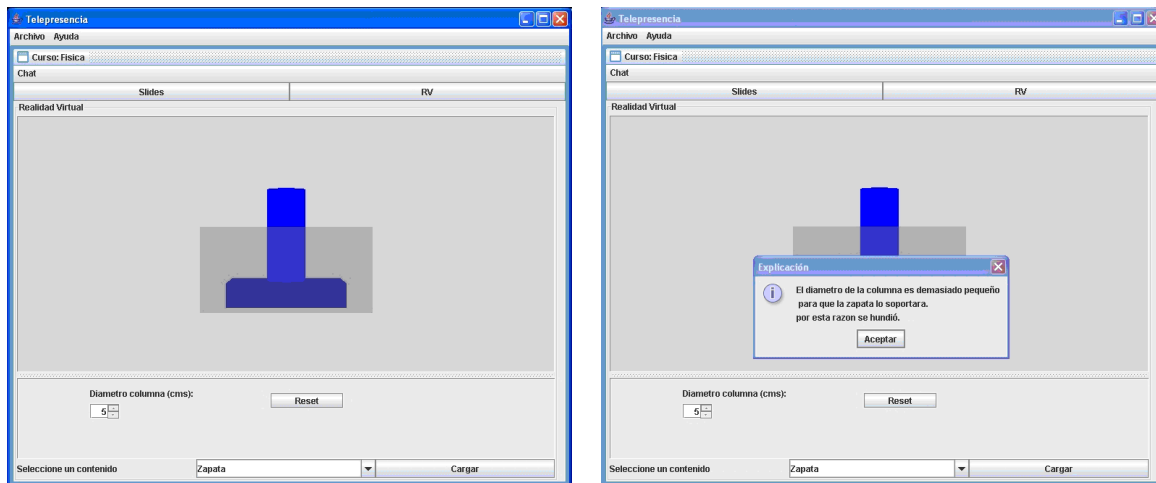


Figura 5.19: Hundimiento de la columna por reducción de la zapata y explicación.

Intencionalidad del Ejercicio: Simular un aumento en el ancho de una columna de tal forma que se llegue a un punto en donde su zapata no aguante el peso de la columna, lo cual produciría el hundimiento de la misma.

Meta de comprensión desarrollada: leyes de Newton - ley de acción y reacción (Meta No 4).

5.4.3. Palancas

En éste ejercicio de palancas de segundo género se busca que el estudiante calcule la fuerza necesaria de una palanca cuando se aplica una fuerza al extremo de esta. En el ejercicio se permite especificar la masa del cuerpo que se quiere levantar con la palanca; la longitud de la palanca está ya definida con anterioridad (300 cm), y la longitud del punto de apoyo a la masa se puede especificar bien sea con el *Spinner*, el *Slider* o arrastrando el cuerpo con el puntero del *Mouse* en el área de trabajo. A medida que se varía la longitud del punto de apoyo al cuerpo se va calculando la fuerza necesaria para levantar el cuerpo y se muestra este resultado en la parte inferior de la pantalla. La situación se ilustra en las Figuras 5.20 y 5.21 de las páginas 90 y 91.

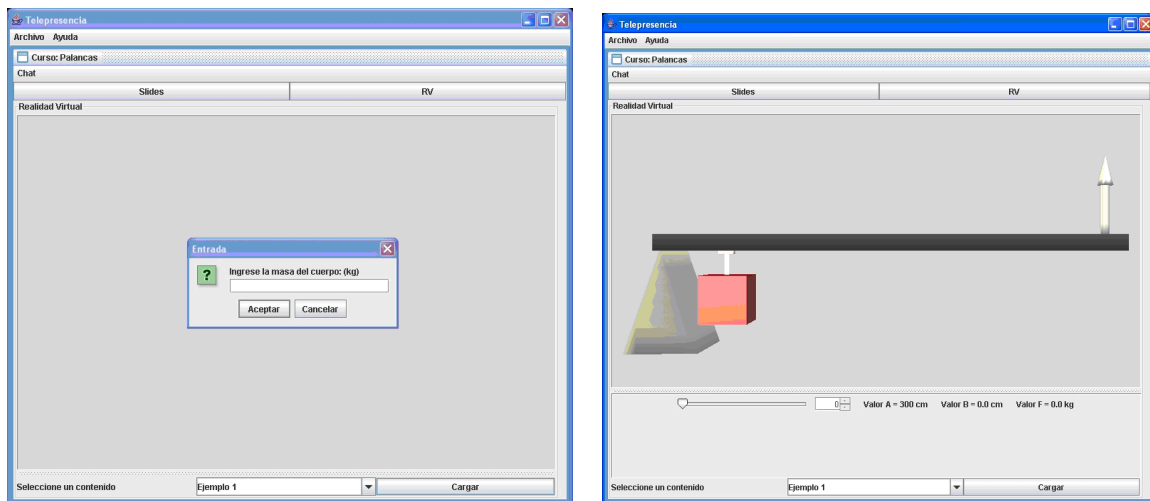


Figura 5.20: Sistema de poleas de segundo género y de palancas.

Los pasos para ejecutar el ejercicio son:

- Cuando se carga el ejercicio aparece un diálogo el cual solicita la masa del cuerpo, como se puede ver en la Figura 5.20 cuando se ingresa la masa del cuerpo para el sistema de poleas de segundo género.
- Una vez ingresada la masa del cuerpo queda a disposición del usuario 3 formas de cambiar la ubicación del cuerpo, bien sea, arrastrando este con el *Mouse*, con el *Spinner*, o el *Slider*. En la Figura 5.21 se puede ver la variación de la ubicación del cuerpo en el sistema de palancas.
- A medida que desplace el cuerpo sobre la palanca se va calculando y mostrando el resultado del calculo de la fuerza necesaria para levantar este cuerpo con esta

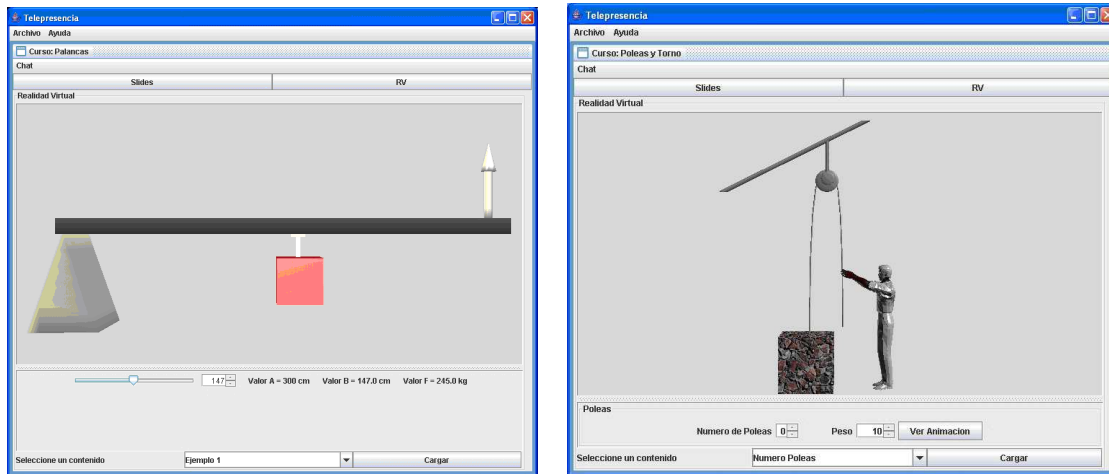


Figura 5.21: Sistema de poleas y levantamiento de masa con una polea fija.

palanca. En la Figura 5.21 se puede observar la variación de la ubicación del cuerpo y despliegue de resultados.

Intencionalidad del Ejercicio: Calcular la fuerza realizada por una palanca para levantar un cuerpo de acuerdo con la posición (distancia) del mismo.

Meta de comprensión desarrollada: Máquinas simples - palancas (Meta No 3).

Poleas Móviles

Al seleccionar este ejercicio aparecerá la pantalla principal con un hombre sosteniendo una cuerda que cuelga de un polea fija al techo y del otro lado de la cuerda se encuentra un bloque de piedra, el cual debe ser levantado por este hombre. En su parte inferior se encuentran dos cajas de texto para especificar el número de poleas móviles que se desea poner.

Cada vez que el usuario cambie el valor del número de poleas móviles se muestra la forma como aparecen desaparecen dependiendo del valor seleccionado por el usuario y el peso que se requiere que levante el hombre. Una vez que el usuario haya especificado estos datos se presiona el botón *Ver Animación*, y con esto el programa mostrará un video del hombre levantando este peso con el número de poleas especificado y el peso requerido. Además, se da una explicación de cuanta fuerza se tiene que realizar con el número de poleas móviles especificado y el peso que el hombre esta levantando. Las diferentes situaciones se ilustran en las Figuras 5.21 y 5.22 de las páginas 91 y 92.

La fórmula utilizada para calcular la fuerza realizada por el hombre es:

$$F = \text{peso} / (\text{número de poleas})^2.$$

Intencionalidad del Ejercicio: demostrar que el uso de poleas móviles decremента la fuerza realizada para levantar una masa.

Meta de comprensión desarrollada: máquinas simples – poleas móviles (Meta No 3).

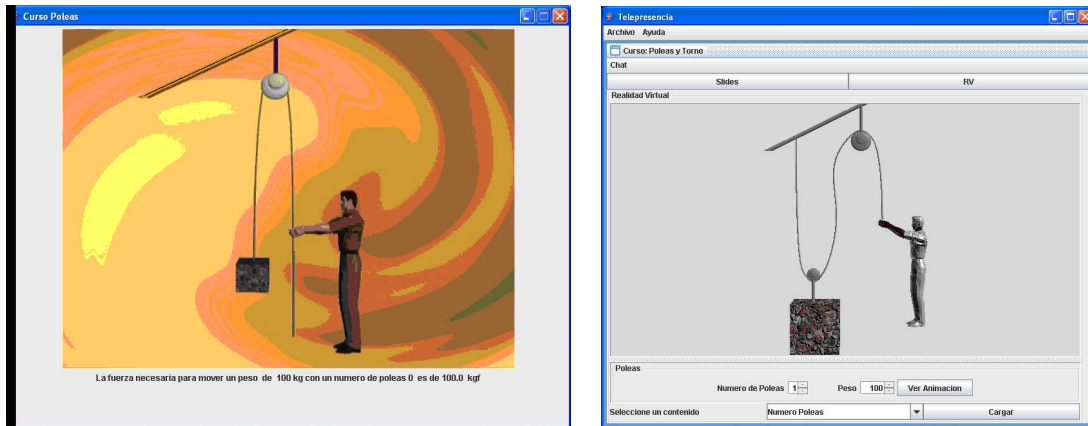


Figura 5.22: Selección de dos poleas móviles por parte del usuario.

Torno

Cuando el estudiante selecciona el ejercicio de Torno aparecerá la pantalla principal con un hombre sacando agua de un pozo, dándole vueltas a un torno, y en su parte inferior tres cajas de texto para especificar el radio mayor o R , el radio menor o r , y por último el peso del balde con agua que desea el hombre levantar. Una vez que el usuario haya especificado estos datos presiona el botón *Ver Animación* y con esto el programa mostrará un video del hombre dándole vueltas a este torno para poder levantar el peso especificado. Además, una explicación de cuanta fuerza se tiene que realizar al fijar el radio R y el r y el peso que el hombre está levantando. Las diferentes situaciones se ilustran en las Figuras 5.25 y 5.24 de las páginas 94 y 93.

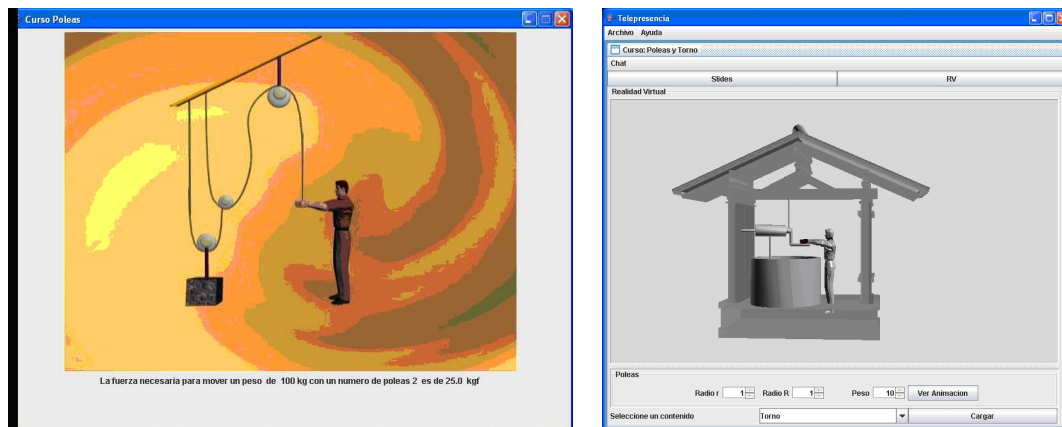


Figura 5.23: Polea fija y situación inicial con un torno.

La formula utilizada para calcular la fuerza realizada por el hombre es

$$F = (\text{pesos} \times \text{radio1}) / \text{radio2}.$$

Intencionalidad del Ejercicio: simular el levantamiento de un peso utilizando un sistema



Figura 5.24: Explicación sobre la fuerza requerida para levantar un balde.

de máquinas simple, que para este caso es un torno.

Meta de comprensión desarrollada: máquinas simples – tornos (Meta No 3).

5.5. Resultados de la integración de la herramienta de Telepresencia con la Enseñanza para la Comprensión

El diseño del curso de Física 1 con en el marco de la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión y la herramienta de Telepresencia como soporte tecnológico para la experimentación permitió que durante el desarrollo de las experiencias el grupo de docentes se sintieran más motivados a trabajar de forma interdisciplinaria.

De otro lado, el grado de interés y motivación que despertó la plataforma de Telepresencia entre los estudiantes del curso de Física se manifestó en expresiones y comportamientos de los alumnos tales como:

- La conformación de equipos de trabajo y el diálogo constante entre los integrantes con respecto a la realización de cada ejercicio.
- El grado de concentración ante la secuencia de los ejercicios implementados.
- La comprobación de fórmulas y ecuaciones, lo que permitió detectar algunos detalles en las fórmulas del producto vectorial y el torno.
- Expresiones de satisfacción como: “Todo está hecho”.
- El diálogo permanente con los integrantes del semillero de investigación con el fin de profundizar en la naturaleza de cada ejercicio y resolver dudas de la herramienta.



Figura 5.25: Grupo de estudiantes utilizando la herramienta de Telepresencia.

En general, las respuestas de los estudiantes, plasmadas en el Test desarrollado para aplicarse durante el transcurso de la experiencia, anexado en el Apéndice B página 118, se pueden resumir en sentencias satisfactorias y motivadoras, entre las que se encuentran:

- La facilidad e innovación con que se perciben los conceptos de Física con la ayuda de la herramienta.
- La mejora demostrable en la aplicación y apropiación de los conocimientos expuestos en la plataforma.
- La ayuda de las gráficas en 3D para resolver dudas y observar aplicaciones directas de las ecuaciones, siendo éstas (las gráficas) consideradas como la gran ventaja de la plataforma.
- Se asocia los objetos en 3D en el mejoramiento de la comprensión frente a método de enseñanza tradicionales.
- Otra ventaja de la plataforma es la habilidad de observar la situación planteada por el ejercicio desde diferentes perspectivas.
- La plataforma es muy práctica por su rapidez, respuesta y prontitud en resultados.
- Es un sistema innovador más entendible que otras formas tradicionales.

5.5.1. Resultados de la aplicación del test de observaciones la final de cada experiencia

A continuación se transcriben 5 de las respuestas dadas por los estudiantes seleccionados al azar, identificados con las letras a, b, c, d y e.

Primera Experiencia (15 de Octubre de 2005)

1. ¿Qué impresión te causó el percibir los conceptos con ayuda de la herramienta de Telepresencia Aplicada a la Educación Superior?
 - a) Una idea nueva, innovación para los estudiantes; una claridad excelente y un avance hacia la educación.
 - b) Facilita educación, mejora el estado de la educación a falta de tiempo.
 - c) Me parece muy buena porque le sirve a mucha gente que vive lejos de la ciudad.
 - d) Me pareció muy buena, ya que es una ayuda más y no nos va a costar tanta dificultad resolver ejercicios.
 - e) Es una herramienta muy útil para dar comprensión al alumno de los fenómenos que se estudian.
2. ¿Las gráficas utilizadas con ayuda de la herramienta de Telepresencia para ilustrar los conceptos te ayudaron para comprenderlos mejor?

- a) Si, a resolver dudas y ver las aplicaciones.
 - b) Si porque se observa desde diferentes perspectivas.
 - c) Es muy fácil de entender.
 - d) Si porque es muy chévere realizar las gráficas en el computador y es más fácil para nosotros.
 - e) Si pero es necesario tener más cuadros de diálogo que expliquen cada proceso.
3. Enumere algunas de las ventajas de la herramienta empleada.
- a) Gráficas con imagen; vistas en 3^a dimensión, entre otras.
 - b) Rapidez, respuesta correcta, ángulos en poco tiempo.
 - c) Que es muy fácil de entender, y fácil para podernos comunicar.
 - d) Fácil de entender, fácil de comunicar.
 - e) Es buena para idealizar los fenómenos que se observan en un laboratorio.
4. ¿Qué diferencia importante encuentra entre esta forma de ver las gráficas con otras herramientas como: tablero, libros, talleres, entre otros? Explique.
- a) Que se pueden ver en la tercera dimensión para una mejor comprensión.
 - b) Que se ve en diferentes dimensiones.
 - c) Que en el computador da medidas rápidas y un libro no porque tenemos que rayar o no encontramos el libro.
 - d) Que en el computador es más fácil realizar porque él se encarga de darnos las medidas exactas y en los libros hay que medir.
 - e) Es algo muy práctico, pero es necesario presentar las fórmulas y explicaciones más didácticas que se encuentran en los libros.
5. Después de haber percibido las diferentes gráficas ¿tiene una mejor aplicación de los conceptos?
- a) Sin duda alguna.
 - b) Claro porque es muy diferente ver solamente analíticamente a gráfica.
 - c) Bien, tuve una buena comprensión del tema.
 - d) Si, claro que poco a poco vamos teniendo un mejor entendimiento del tema.
 - e) Si.
6. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar esta herramienta?
- a) Podrían anexar las fórmulas.
 - b) Ver las fórmulas.
 - c) Ninguna, todo está muy bien.

- d) Me parece todo bien.
- e) Colocar cuadros de explicación y fórmulas.

7. ¿Cómo se sintió con la aplicación de la herramienta?

- a) Muy bien, y la colaboración fue de mucha ayuda.
- b) Bien, puesto que da confiabilidad.
- c) Tuve una buena comprensión.
- d) Al principio perdida, pero tuve una mejor comprensión.
- e) Satisfecha, pues se aplica lo estudiado en los libros.

5.5.2. Segunda Experiencia (5 de Noviembre de 2005).

1. ¿Qué impresión te causó el percibir los conceptos con ayuda de la herramienta de Telepresencia Aplicada a la Educación Superior?

- a) Bueno porque los que vivimos lejos y no tenemos mucho tiempo, esta es una buena ayuda y orientación.
- b) Es una herramienta que permite visualizar y experimentar los fenómenos analizados por fórmulas.
- c) Una nueva forma de enseñanza en forma didáctica, ilustrativa e informativa.
- d) Bueno porque los que vivimos lejos y no tenemos mucho tiempo; esta es una buena orientación.
- e) Causa una impresión buena, porque estos ejercicios gráficos nos ayudan a comprender mejor los comportamientos y reacciones al aplicar fuerzas.

2. ¿Las gráficas utilizadas con ayuda de la herramienta de Telepresencia para ilustrar los conceptos te ayudaron para comprenderlos mejor?

- a) Si porque nos facilita el aprendizaje y comprender mejor.
- b) Si pues se ve el fenómeno que se está estudiando con la posibilidad de darle varios valores al mismo ejercicio.
- c) Sí a un análisis más profundo y por consiguiente confrontarlas con las fórmulas y ejercicios.
- d) Si porque es más fácil el entendimiento.
- e) Si porque citan ejemplos muy buenos, explicados y muy didácticos.

3. Enumere algunas de las ventajas de la herramienta empleada.

- a) Gráficas con movimiento y ejercicios varios.
- b) Corregir los ejercicios hechos en clase, verificar y comprobar las fórmulas dadas.

- c) Un análisis ilustrativo, despejar dudas, y adquirir más conocimientos.
 - d) Buena orientación de los muchachos, los computadores están en buen estado.
 - e) Ventajas importantes como: forma de visualizar mejor los ejercicios por su formato en 3D, podemos ampliar y reducir los dibujos sin esfuerzo.
4. ¿Qué diferencia importante encuentra entre esta forma de ver las gráficas con otras herramientas como: tablero, libros, talleres, entre otros? Explique.
- a) Más entendible y más rápido, nos ahorra tiempo.
 - b) Es un laboratorio virtual, es decir que no es necesario realizarlo en vivo.
 - c) La posibilidad de explorar y comprender aún más.
 - d) Todo está bien.
 - e) Es mucha, porque en el papel, lápiz o tablero no se pueden dibujar muy rápido ciertas figuras en diferentes ángulos.
5. Después de haber percibido las diferentes gráficas ¿tiene una mejor aplicación de los conceptos?
- a) Si.
 - b) Si.
 - c) Si, mucha más claridad.
 - d) Si porque salí de dudas.
 - e) Si porque están bien explicados.
6. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar esta herramienta?
- a) Que pongan fórmulas y un poco más difíciles los ejercicios.
 - b) Dar más aplicabilidad con ejercicios planteados por el profesor.
 - c) Que pudiéramos aplicar y tener acceso a esta página en nuestros lugares de vivienda.
 - d) Ninguna.
 - e) Muchas veces los ejercicios no traen las fórmulas necesarias o nosotros no las tenemos para poder aplicarle al ejemplo trabajado.
7. ¿Cómo se sintió con la aplicación de la herramienta?
- a) Bien, aclaré dudas.
 - b) A gusto, pero es una herramienta auxiliar que ayuda a afianzar los conocimientos ya adquiridos.
 - c) Muy bien, con una orientación precisa y eficaz.
 - d) Segura de lo que estoy aprendiendo.
 - e) Muy bien, es muy fácil de manejar y además explican los ejercicios.

5.6. Sugerencias realizadas a los ejercicios propuestos

Gracias al interés expresado por los estudiantes del curso de Física I durante las experiencias, manifestado en la verificación de las fórmulas utilizadas para la elaboración de los ejercicios, el diálogo constante entre los estudiantes e integrantes del semillero de investigación con fines de comprobación, y la reunión entre compañeros del curso para discutir la naturaleza de los ejercicios implementados, el grupo de trabajo pudo recolectar valiosas sugerencias para mejorar los ejercicios, en aras de utilizarlos en posteriores experiencias que desde ahora se comienzan a concebir basadas en los resultados obtenidos del presente proyecto. Las sugerencias más relevantes fueron en su orden:

Presentar las fórmulas dentro de los ejercicios. Los estudiantes sugirieron que el ejercicio que se estuviera desarrollando mostrará la fórmula utilizada para calcular los resultados observables en la herramienta. Aunque el grupo de trabajo conformado por los docentes involucrados contempló la posibilidad de agregar las fórmulas utilizadas como diapositivas, puesto que la plataforma de Telepresencia cuenta con el soporte para el despliegue y uso de las mismas. Por sugerencia del tutor de la asignatura se descartó esta idea, puesto que en la modalidad Abierta y a Distancia de la Universidad del Quindío, el docente pone a disposición de los estudiantes el material educativo teórico necesario con previa anticipación, de tal manera que los estudiantes deben estudiarlo para resolver dudas y presentar evaluaciones durante los fines de semana en los cuales se programa el encuentro del tutor con los estudiantes. Para esta experiencia, el periodo académico del curso de Física 1 estuvo comprendido entre el 15 de Octubre y el 19 de Noviembre de 2005. De igual forma, se debe tener en cuenta que además de la herramienta de Telepresencia, el curso de Física 1 contó con un espacio propio desarrollado en la plataforma de educación virtual *Moodle*, como parte del trabajo realizado por el tutor de la asignatura dentro del diplomado en Nuevas Tecnologías que se imparte a los docentes de la Universidad del Quindío, lo cual permitió disponer del material de las tutorías de forma *on-line* para que los estudiantes la consultaran desde sus lugares de residencia. Así pues, el docente consideró que los estudiantes ya debían estar familiarizados con las fórmulas del curso, y por lo tanto, al interactuar con la plataforma de Telepresencia deberían asimilar y comprender la aplicación directa de las ecuaciones en los ejercicios planteados.

Arreglo de fórmulas y ecuaciones. Los ejercicios de Producto Vectorial y Torno presentaban problemas en las ecuaciones, los cuales fueron inicialmente ignorados por el grupo de desarrollo, pero fueron rápidamente detectados por parte de los estudiantes del curso de Física tan pronto como procedieron a comprobar los resultados presentados en los ejercicios.

Flexibilización de ejercicios. Los estudiantes sugirieron modificaciones puntuales en algunos ejercicios que permitan ampliar la funcionalidad y exactitud de los mismos, mediante el ingreso de parámetros adicionales. Un caso puntual es el ejercicio de Palancas, en donde se estableció que la distancia de ésta (la Palanca) era rígida, y los

estudiantes solicitaron agregar una variación, con el fin de obtener más exactitud en los resultados de la ecuación.

5.7. Sugerencias realizadas acerca de la herramienta de Telepresencia durante la experiencia

La experiencia se utilizó para que tanto los alumnos del curso de Física 1 como el personal de desarrollo y el adscrito a la parte pedagógica hicieran sugerencia acerca de la funcionalidad y uso de la herramienta.

5.7.1. Corregir el puntero del *mouse*

En algunos ejercicios implementados, particularmente en los de Palancas y Vectores, es posible notar un desfase entre un punto del área de trabajo seleccionado por el usuario, y la posición en donde se ubicaban los objetos 3D dentro de la escena. Al parecer esto se debe a que la herramienta de Telepresencia carga un ambiente Java3D dentro de su Frame o Ventana principal de trabajo y al invocar la coordenada actual dentro de una escena, Java3D retornará su posición relativa con respecto a la escena, más no sobre la ventana principal de la plataforma.

5.7.2. Hacer más amigable la interfaz gráfica del usuario

Para futuros usos de la plataforma, en donde el profesor tenga la responsabilidad de coordinar un ambiente virtual implantado a distancias físicas remotas vía *internet* se hace necesario adaptar la interfaz de Telepresencia y la forma cómo se inicia la ejecución de la misma a las especificaciones dadas por el docente para reducir la posibilidad de errores, debido a la complejidad inicial que se tiene para interactuar con la herramienta.

Para solucionar este problema, se podría pensar en un sistema de ayuda adjunto, en donde se explique los términos que para un profesor resultarían inicialmente confusos, como dirección IP, configuraciones, entre otros. Aunque este aspecto depende notablemente del tiempo de interacción docente-herramienta.

Las experiencias realizadas en la Universidad del Quindío demostraron que algunos usuarios (en este caso estudiantes) presentaron algún grado de temor inicial al manipular la herramienta, para lo cual se tuvo que recurrir a los integrantes del semillero de investigación quienes se encargaron de aclarar las dudas sobre la interfaz inicial de Telepresencia.

En la interfaz del Módulo de Diapositivas (*Slides*) y Módulo de Realidad Virtual, se observó un mayor grado de interacción, notando un aceptable manejo de los componentes gráficos por parte de los alumnos. Se manipularon correctamente los controles adjuntos especificados para cada uno de los ejercicios (botones, cajas de texto, ventanas emergentes, entre otros). Esto se debió a la familiaridad que ofrecen cada una de las secciones de la plataforma que van acompañadas de un alto nivel intuitivo. Cabe anotar que en la experiencia ejecutada en la Universidad del Quindío, la aplicación de Telepresencia se usó de forma independiente

por cada grupo de trabajo, puesto que el interés principal era estudiar el impacto de los ejercicios implementados en el aprendizaje de los conceptos estudiados. Se esperaba obtener una significativa reducción en el nivel de abstracción inicial propio de los temas del curso de Física 1, y una apropiación del conocimiento tal como lo plantea la Enseñanza para la Comprensión.

5.7.3. Documentación del proceso de desarrollo y el producto

Como producto de un proceso de Ingeniería, independiente del proceso de desarrollo de *software* utilizado, como *Extreme Programming* para el caso de Telepresencia, se sugiere que la plataforma contenga documentación en un lenguaje visual que permita a grupos de trabajo de otras Instituciones de Educación Superior, conocer los aspectos estructurales y dinámicos de la aplicación, sin entrar directamente a detectar detalles en el código fuente como tal. El uso de estos modelos permitirá conformar grupos de trabajo interdisciplinarios con roles determinados en las Instituciones, ajustados a la especificación de la plataforma, y en donde los integrantes tengan una vista global del estado del proyecto durante la ejecución del mismo, sin dejar esta responsabilidad exclusivamente al equipo de desarrollo. La existencia de modelos y documentos asociados permitiría también llevar un control adecuado de las versiones posteriores de la herramienta. Con este fin, y en aras de realizar una contribución al proyecto de Telepresencia, el grupo de investigación SINFOCI pone a disposición sus experiencias y trabajos en desarrollo de *software* orientado a objetos, entre los que se incluye el manejo del Proceso Unificado y la suite de herramientas de *IBM Rational*, que se encuentra licenciada por la Universidad del Quindío.

5.8. La Telepresencia en las tutorías

Una de las principales fortalezas de la Plataforma de Telepresencia es su capacidad de construir entornos virtuales para enseñanza, sin importar que el espacio de trabajo del docente se encuentre físicamente distante del espacio de trabajo de los estudiantes. En este caso, las ubicaciones tanto del profesor como la de los estudiantes deben contar con acceso a una misma red, la cual podría ser *LAN*, *WAN* e incluso *Internet*. Para la presente experiencia se decidió por parte del grupo de docentes aplazar las pruebas a distancia de la plataforma para una segunda experiencia, basados en los siguientes hechos y criterios:

- El curso de Física 1 contaba solamente con cuatro tutorías presenciales, en las cuales los estudiantes debían presentarse para resolver sus dudas, realizar ejercicios y presentar evaluaciones de los diferentes temas. Así, era necesario establecer un cronograma adecuado dentro del cual se realizaran las prácticas con la plataforma de Telepresencia, y se desarrollaran las actividades académicas normales del curso a distancia. De esta manera se determinó dejar la primera tutoría para *Exploración*, en la que los estudiantes interactuaban por primera vez con la herramienta y exploraban construcciones de la Universidad en donde observarían conceptos de Física aplicados a dichas edificaciones, que les parecía útiles para construir el portafolio o trabajo final

exigido dentro de la asignatura. En la segunda y tercera tutoría, se realizó especial hincapié en la *Apropiación* del conocimiento por parte de los estudiantes, llevando a cabo una nueva experiencia con la plataforma en la tercera clase. Por último, la cuarta tutoría se utilizó para realizar las presentaciones de los trabajos finales de los estudiantes, en donde se exponían los conceptos de Física adquiridos con el uso de la herramienta, y se realizaron las evaluaciones finales del curso.

- La dinámica propia de los programas que se encuentran bajo la modalidad de Educación Abierta y a Distancia de la Universidad del Quindío, condiciona a que los estudiantes sólo tengan un horario de encuentro con el docente cada quince días (o semanalmente en algunas oportunidades). Aunque en este espacio se utilizó la plataforma para interactuar con ejercicios de la asignatura y mejorar el grado de asimilación de los conceptos observados, en algunas ocasiones los estudiantes solicitaban asesoría presencial con el docente para resolver dudas en fórmulas usadas en los ejercicios, o también en temas no contemplados inicialmente para ser implementados en la plataforma, como Electricidad y Fluidos por ejemplo. Este aspecto es de suprema importancia para la valoración de la experiencia, puesto que debido al tiempo total presencial del curso (cuatro sábados con jornadas de cuatro horas cada uno), era imposible considerar la idea de tener un grupo experimental, al cual sólo se le aplicara la experiencia con la herramienta, y un curso control que tomara el curso de Física 1 de la forma tradicional manejada en Educación a Distancia. Por lo tanto, el grupo de docentes decidió aplicar la experiencia sobre el conjunto global de estudiantes, de tal manera que en algunas tutorías se realizaban de forma tradicional, y en las otras se usaba la herramienta, y aplicando mecanismos para recolección de datos, y por observación directa del grupo se determinaría el éxito en el uso de la plataforma.
- Como era la primera vez que se utilizaban recursos tecnológicos en el curso de Física 1, considerando también la plataforma *Moodle* implantada para publicar el material de las tutorías, es muy probable que los estudiantes se sientan saturados con la aplicación de nuevas tecnologías simultáneamente, teniendo en cuenta también que parte de la población objeto del estudio no ha tenido contacto permanente con equipos de cómputo tradicionales.
- Como resultado de la interacción con los ejercicios, algunos estudiantes solicitaron la posibilidad de montar los ejercicios y la plataforma de Telepresencia en un servidor *Web*, de tal manera que éstos (los ejercicios) fueran accesibles desde los lugares de residencia de los estudiantes. Aunque esta idea sería ideal para complementar el trabajo realizado con la plataforma *Moodle*, se tuvo la necesidad de explicar a los estudiantes las consecuencias en sincronización y disponibilidad del docente, para realizar una experiencia plena a distancia con Telepresencia. Este hecho conlleva a estudiar la posibilidad de implantar dentro de la ejecución del proyecto, un repositorio de Cursos, con el fin de compartir material educativo desarrollado para la plataforma en las diferentes universidades participantes.
- Algunas sucesos no contemplados en la Universidad (variables externas al proyecto)

retrasaron el cronograma inicial de aplicación de la herramienta, como por ejemplo, el proceso de adecuación de laboratorios de la Universidad del Quindío que involucró al laboratorio de Ingeniería de Sistemas y Computación y provocó un retraso en la segunda tutoría del curso, para la cual se tenía programada la segunda experiencia con la herramienta.

5.9. Plataformas Tecnológicas Complementarias

Para el segundo semestre de 2005, el programa de Tecnología en Obras Civiles impartió por primera vez el curso de Física 1, ya que anteriormente sólo existía un curso de Física General que se enseñaba tanto en la sede central de la Universidad del Quindío, bajo la modalidad de educación a distancia, como en los diferentes CREAD's pertenecientes a la institución. Por ello es digno de resaltar el uso de recursos tecnológicos con el fin de aplicar los principios de la Enseñanza para la Comprensión (EpC), y facilitar el acceso a los materiales de estudio elaborado por el profesor de la asignatura. Además de la plataforma de Telepresencia, y gracias a la intervención del docente en el diplomado de nuevas tecnologías ofrecido por la Facultad de Educación de la Universidad del Quindío, se usó la plataforma *Moodle*, un software de código abierto que ayuda a los educadores a crear comunidades on-line de aprendizaje. Para tal efecto, el tutor de la asignatura estableció un pequeño portal web accedido desde el enlace <http://virtual.uniquindio.edu.co/moodle15/>, mediante el cual se hizo público el material de la asignatura para que los estudiantes accedieran al mismo desde sus poblaciones de origen, y se creó un pequeño foro de discusión. Cabe resaltar la notable disposición del docente en el uso de nuevas tecnologías aplicadas a su curso, considerando la rígida posición de algunos docentes quienes prefieren continuar con métodos pedagógicos tradicionales de enseñanza, en donde se hace más énfasis en impartir el conocimiento, más no en la comprensión y asimilación del mismo por parte del estudiantado.

5.10. Conclusiones y proyección de la experiencia

El modelo pedagógico empleado y lo novedoso de la herramienta de Telepresencia, la movilización de un equipo interdisciplinario en función de mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje en una materia específica permitieron el replanteamiento de esquemas fijos de trabajo para integrar de una forma dinámica los diseños pedagógicos y los tecnológicos. Algunas de las conclusiones más importantes se resaltan a continuación.

5.11. Desde el punto de vista pedagógico

La Enseñanza para la Comprensión permitió un diseño novedoso de la asignatura de Física 1 que resultó atractivo tanto para el docente titular como para los estudiantes involucrados en la experiencia. El diseño permitió mejorar la comprensión en los estudiantes, ya

que se creó un puente flexible entre los conceptos referentes a la Física en Obras de Construcción y su aplicabilidad, trascendiendo los procesos memorización y teóricos, llevando a que los propios estudiantes confrontarán sus conocimientos y los aplicarán. Además, los estudiantes lograron nuevas visiones de la aplicación de la Física en la vida cotidiana.

Se creó un clima de trabajo de gran interés y motivación, ya que permitió interactuar de diferentes formas con el conocimiento, como por ejemplo la plataforma de Telepresencia, la página *Web* del curso de Física, la observación y análisis de su propio entorno, entre otros.

El modelo de Enseñanza para la Comprensión movilizó los conocimientos en los estudiantes y estimuló su capacidad para relacionarlos, extrapolarlos y asociarlos con objetos o situaciones de su vida diaria.

5.12. Acerca del uso de la plataforma

La plataforma de Telepresencia, en su primera aplicación real sobre un ambiente de enseñanza a distancia en la Universidad del Quindío, demostró su enorme potencial para fortalecer la adquisición y apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes. Los resultados pedagógicos y operativos han sido satisfactorios.

Los estudiantes mostraron un gran interés por abordar los ejercicios planteados, su motivación en cada sesión académica fue mayor y además sugirieron el desarrollo de otros ejercicios y el de replantear algunos de los expuestos para lograr una mayor apropiación de los conceptos.

5.13. Acerca de la asignatura de Física 1

La plataforma de Telepresencia y el enfoque de la materia hacia la comprensión, desarrolló en los estudiantes mucho interés por relacionar la teoría con la práctica, lo cual aumentó el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.

En las notas definitivas se vio reflejado el interés por el curso. Con respecto al histórico de la materia en semestres anteriores, la media en la nota fue superior cuando se aplicó la Enseñanza para la Comprensión y la herramienta de Telepresencia.

5.14. Proyecciones

El poder dar inicio y desarrollo de un espacio académico universitario con el uso de la herramienta de Telepresencia a la luz de la Enseñanza para la Comprensión fue una experiencia gratificante tanto para el docente encargado de la asignatura como para el docente y estudiantes que guiaron el uso de la plataforma. Los estudiantes se confrontaron con sus propios preconceptos y se logro crear procesos de desequilibrio para finalmente desarrollar un equilibrio conceptual de los conceptos relacionados con la Física.

5.14.1. En el curso de Física I y el programa de Tecnología en Obras Civiles

La experiencia adquirida durante el segundo semestre de 2005, servirá para que el curso de Física 1 pueda impartirse de forma dinámica y motivadora en los CREAD's de la Universidad del Quindío en donde se dicta el curso de Física 1 dentro del programa de Tecnología en Obras Civiles. El tutor de la asignatura aspira a implementar, con ayuda de los integrantes del semillero de investigación del grupo SINFOCI, otros ejercicios para completar el curso completo de Física 1, y para utilizar la plataforma con el nuevo curso de Física 2, en donde la población de estudio sería la misma que colaboró en la experiencia de la Universidad del Quindío. Por último, el director del programa ha demostrado su interés en el proyecto, hasta el punto de establecer sesiones de capacitación para los docentes de la carrera en la Enseñanza para la Comprensión, para lo cual se contará con el apoyo del grupo de docentes que lideró este proceso con el curso de Física 1.

5.14.2. En el programa de Ingeniería de Sistemas y Computación

La consolidación del semillero de investigación y sus actividades con la plataforma de Telepresencia le permitirá al programa de Ingeniería de Sistemas y Computación establecer convenios de cooperación de carácter académico-investigativo mediante el uso del laboratorio de Realidad Virtual, adquirido por la Universidad del Quindío mediante crédito con el gobierno Español, denominado *Crédito FAD*, y el cual actualmente se encuentra en montaje. La adquisición de estos equipos, en conjunto con el soporte brindado por la herramienta, proporcionará la infraestructura adecuada para que el semillero de investigación implemente ejercicios utilizando Realidad Virtual y Aumentada. Esto traerá como consecuencia, el montaje de una red de investigación entre el grupo SINFOCI y el grupo de Realidad Virtual de la Universidad EAFIT, para presentar proyectos de investigación patrocinados directamente por Colciencias, que fortalezcan las áreas de trabajo realizadas hasta el momento por ambas universidades y las complementen con el uso de nuevas tecnologías.

5.14.3. Sobre otros programas académicos de la Universidad del Quindío

Algunos docentes de los programas de Topografía e Ingeniería Civil *Ingeniería Civil* han manifestado su interés en participar en el proyecto de Telepresencia, ya que el grupo de trabajo ha compartido los resultados de la experiencia realizada. Manifiestan que la herramienta ayuda a disminuir el grado de abstracción que presentan sus cursos impartidos en la forma tradicional de clases magistrales.

Ante el interés expresado por asignaturas de programas presenciales, y la ampliación de cursos en la modalidad Abierta y a Distancia, como por ejemplo, Anatomía y Fisiología, y materias de los programas de Educación Física, Salud Ocupacional, entre otros, se hace necesario que el grupo de trabajo compuesto por los integrantes de la Universidad del Quindío y la Universidad EAFIT establezca un orden de prioridades y un cronograma de ejecución de tareas. Este interés es una consecuencia positiva de la aplicación de la herramienta de Telepresencia que se esperaba por su revolución dentro del campo pedagógico y tecnológico.

Finalmente, es importante resaltar el aporte significativo que se ha obtenido a nivel académico y pedagógico con el uso de la herramienta tecnológica de Telepresencia a la luz del abordaje pedagógico de la Enseñanza para la Comprensión, ya que se logró un aprendizaje significativo en la asignatura de Física 1, notándose en el fortalecimiento de los niveles de comprensión evidenciados en los estudiantes, en su gran motivación y actitud positiva frente a las actividades académicas desarrolladas durante la experiencia.

5.14.4. Telepresencia vía Web

Idealmente, la plataforma de Telepresencia, gracias a su naturaleza distribuida, podría adaptarse para convertirse en una aplicación Web, basadas en los nuevos conceptos de Web Services y Arquitecturas Orientadas a Servicios, con el fin de facilitar su acceso, desde cualquier ubicación a diferentes estudiantes en un ambiente real de enseñanza a distancia. La consideración más relevante es garantizar la sincronización del docente (responsable de la inicialización y manejo de la Plataforma) con los estudiantes. Aunque la plataforma cuenta actualmente con soporte para establecer sesiones virtuales entre docentes y estudiantes, en algunas ocasiones el proceso de configuración se puede realizar de manera más transparente si un usuario interactúa con una aplicación Web (por ejemplo al solicitarle únicamente la descarga de un *plug-in* o un complemento para el navegador), que con una aplicación ejecutable tradicional, a la cual se tendría que instalar componentes adicionales e ingresar una configuración manual para acceder al servidor donde se encuentra el docente.

Apéndice A

Programa del curso de Enseñanza para la Comprensión

El programa del presente curso se determinó a partir de la experiencia obtenida en la investigación “Realidad Aumentada en la Enseñanza de la Matemática” ([34]). En esa investigación se vio la necesidad de tener preparado un curso en la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión que le permitiera a los docentes de matemáticas o de otras áreas a diseñar sus cursos con este marco pedagógico. El curso se impartió durante el proceso de investigación a dos grupos diferentes de profesores: Uno de la Universidad del Quindío y el otro de la Universidad del Magdalena.

A.1. Curso de Enseñanza para la comprensión

Los aspectos concernientes a la enseñanza, aprendizaje y la comprensión de los conceptos propios de una ciencia, una disciplina un arte o un oficio se han visto influenciados en cada etapa histórica por las corrientes de pensamiento en boga y por los adelantos tecnológicos propios de su desarrollo. En la Escuela de Graduados de la Universidad de Harvard, se viene desarrollando una amplia investigación que involucra a docentes y alumnos de todos los niveles educativos.

Como resultado de ésta investigación surgió la propuesta pedagógica de la “Enseñanza para la Comprensión”, que ayuda a dar respuesta a interrogantes del tipo: ¿Qué estrategias deben utilizar los docentes para que los estudiantes realmente comprendan? ¿Cómo saber lo que efectivamente han comprendido los alumnos? ¿Cómo manifiestan los alumnos su comprensión de los tópicos tratados en un curso o en una unidad de trabajo? ¿Cómo el profesor puede apoyar de un modo coherente el desarrollo de la comprensión? ¿Qué tipo de tareas son las más adecuadas para que los alumnos desarrollen? Estos y otros interrogantes, que en muchas ocasiones, pasan inadvertidos al diseñar un currículo, y que sirven para determinar los conocimientos, las habilidades y la comprensión que son las acciones que fundamentan el proceso educativo.

La pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión permite que en el diseño del cu-

rrículo y en el trabajo con los alumnos, el profesor saque ventajas de su experiencia docente al integrar nuevas tecnologías y recursos para que sus alumnos desarrollen nuevas habilidades, destrezas y comprensiones que con una clase tradicional no son posibles. Ayuda a determinar los temas o tópicos que son más *importantes* en el desarrollo de un curso, y en cuáles otros los alumnos pueden adquirir, en forma paralela, sin pérdida de tiempo, de esfuerzos o recursos en detrimento del objetivo general y más abarcador. Ésta pedagogía le ayuda al alumno a sacar mejor provecho de la inteligencia que tenga mejor desarrollada, a descubrir potencialidades latentes y a desarrollarlas [Gardner2001]

A.2. Marco teórico

La Enseñanza para la Comprensión, integra diversos enfoques metodológicos para propiciar en el alumno la comprensión de los temas estudiados, y que son fundamentales para la construcción del conocimiento en el área objeto de estudio ligando a los intereses y necesidades propias de los estudiantes.

Se puede afirmar, que la enseñanza para la comprensión, no tiene una única manera de ser aplicada y por lo tanto la invención, la forma como se le presenta al alumno y la propia comprensión del docente juegan un rol fundamental al poner el conocimiento que se quiere impartir a los alumnos.

Este enfoque de la enseñanza tiene dos partes importantes que deben ser entendidas en profundidad, para lograr que tanto los docentes, como los alumnos, obtengan el mejor provecho: (i) Cuatro dimensiones, los contenidos, los métodos, la praxis y las formas de comunicación. (ii) Cuatro componentes, las metas de comprensión, los tópicos generadores, los desempeños de comprensión y la valoración continuada.

Las dimensiones

Están en relación con el material de estudio que se le va a presentar a los alumnos, las formas o maneras como ese material va a servir de apoyo a la instrucción, la práctica como lo van a integrar a su hacer y las maneras como lo van a relacionar con su entorno, y la manera como ese material fomenta la interacción y comunicación entre profesores y alumnos, entre los mismos alumnos involucrados en la experiencia y con otras personas del entorno.

- **Los contenidos.** Están directamente relacionados con el currículo que debe estar integrado en todos sus aspectos. Los alumnos muchas veces no ven la relación que tienen las materias de un mismo semestre o año, tienen la sensación de estar en compartimentos estancos, incluso en cursos como los de matemáticas, física y química en las áreas científicas.
- **Los métodos.** Son las formas, los recursos didácticos, la pedagogía que el docente utiliza para ayudarle al alumno a construir en su mente el nuevo conocimiento, para que llegue a ser significativo y duradero. De otro lado, la forma como los alumnos

relacionan los conceptos impartidos y los significados que les dan, están influenciados por la manera cómo el docente se los presenta.

- **La praxis.** Es la manera como se lleva a cabo la práctica, ésta debe estar bien determinada desde el comienzo del proceso de enseñanza y aprendizaje del tema tratado. Tanto el profesor como los alumnos deben tener claro el rol a jugar durante el desarrollo de un curso o unidad a explicar. Se le debe dar la oportunidad al alumno de “explorar, calcular, y hasta cometer y a corregir errores para que tenga confianza en su capacidad para resolver problemas complejos” [Wiske98].
- **Las formas de comunicación.** Están relacionadas con el lenguaje específico del área de conocimiento y en función de los intereses, que tanto profesor como alumno, valoren y apliquen el conocimiento que se está transmitiendo. Con la ayuda de la tecnología, cada día se desarrollan nuevas formas de comunicación, que tanto el profesor como los alumnos se deben de apropiar para poder mejorar la comprensión de las áreas de estudio. De otro lado, “la tecnología puede jugar un invaluable papel en los esfuerzos educativos, permitiendo que los estudiantes soporten los avances de su entendimiento enfrentando las dificultades conceptuales a partir de la experiencia” [Perkins1995].

Las componentes

También, para llevar a la práctica la enseñanza para la comprensión, es necesario tener en cuenta cuatro componentes que son: Las metas de comprensión o Hilos conductores, los tópicos generadores, los desempeños de comprensión y la valoración continuada.

- **Las metas de comprensión.** También se conocen como Hilos Conductores, y tienen por objetivo describir las comprensiones más importantes que los alumnos deben desarrollar a lo largo del curso. Tienen una estrecha relación con las metas de comprensión de las unidades específicas a desarrollar. Una pregunta orientadora para su diseño es: ¿qué nivel de comprensión de un concepto alcanzarán los alumnos al final de un proceso de enseñanza aprendizaje?

Las metas de comprensión deben ser identificadas con toda precisión antes de comenzar la instrucción y deben ser discutidas con los alumnos para que ellos sepan desde un comienzo lo que se espera de ellos.

- **Los tópicos generadores.** Están en concordancia con el tipo de material que se va a seleccionar para ser presentado a los alumnos y tiene que ver con los “. . . temas, puntos, conceptos, ideas y demás que ofrecen profundidad, significado, conexiones, y una variedad de perspectivas que apoyan el desarrollo de comprensiones poderosas en los alumnos” [Wiske98].

Diseñar los tópicos generativos para un curso o unidad de aprendizaje es una de las tareas que se deben realizar con el mayor cuidado, pues entre otros, se debe tener en cuenta que: (i) son centrales a una o más disciplinas o campos, (ii) son de interés

para los alumnos, (iii) son de interés para los docentes, (iv) asequibles, (iv) ofrecen oportunidad de hacer múltiples conexiones en el mismo curso o con otros cursos del currículo escolar.

- **Los desempeños de comprensión.** Son la formas como los alumnos muestran que dominan el tema o los conceptos aprendidos. A medida que ganan experiencia y hacen múltiples conexiones pueden surgir nuevas e imaginativas maneras de manifestar su comprensión.

Un alumno muestra nuevos y variados desempeños de comprensión cuando usa los conocimientos previos para resolver situaciones nuevas de una manera novedosa y puede mostrar las soluciones de manera tangible. Para ello, el profesor debe motivar para que las ideas y situaciones que se propongan en la clase se transformen en cosas *tangibles*.

- **La valoración continuada.** Es la forma como los alumnos muestran su comprensión y lo que le ayuda al profesor a preparar de forma más efectiva la instrucción que será impartida. También es útil para determinar qué temas deben ser reforzados o ampliados antes de continuar con el desarrollo del curso, puesto que, "... cuando el propósito de la instrucción es la comprensión, el proceso de valoración es más que una evaluación: es una parte importante del proceso de aprendizaje y debe contribuir significativamente al mismo" [Wiske99].

Las formas como los alumnos van a ser evaluados, deben estar desde el inicio del curso bien determinadas, estar en función de las metas de comprensión, los tópicos generadores, los desempeños de comprensión. Cuando la forma de evaluación, no esta bien determinada desde un comienzo, se convierte en uno de los factores que más distraen a los alumnos y bloquean la comprensión.

A.3. Objetivos

Objetivo General

Integrar de una manera práctica la pedagogía de la Enseñanza para la comprensión a la labor docente.

Objetivos específicos

1. Determinar cuáles son los conceptos o tópicos más importantes de un curso.
2. Determinar las cuatro dimensiones (los contenidos, los métodos, la praxis y las formas de comunicación) de un curso o unidad.
3. Determinar las cuatro componentes (las metas de comprensión, los tópicos generadores, los desempeños de comprensión y la valoración continuada) de un curso o unidad.

4. Aplicar la pedagogía de la Enseñanza para la comprensión en la preparación de un curso o unidad.

A.4. Temas

1. La Enseñanza para la Comprensión: ¿qué es?, ¿qué no es? y ¿cómo se aplica?
2. Las inteligencias múltiples: una mirada desde el aspecto docente.
3. ¿Cómo aprender a enseñar para la comprensión?
4. Los mapas conceptuales como herramienta para la exploración e indagación de los conceptos más relevantes de un curso o unidad.
5. El diseño de metas de comprensión abarcadoras.
6. Los desempeños de comprensión.
7. La evaluación diagnóstica continua.
8. Ejemplo de un curso diseñando con la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión.
9. Ayudas virtuales para aplicar la pedagogía de la Enseñanza para Comprensión.

A.5. Público

El curso está dirigido a profesores de cualquier área y nivel educativo, interesados en integrar en su quehacer docente la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión para lograr que sus alumnos adquieran nuevas y más profundas comprensiones de los cursos que imparten.

El número de participantes máximo por curso es de 20.

A.6. Metodología

En el desarrollo del curso se implementará una metodología que integre la teoría y la práctica. Para cada tema, los participantes desarrollarán talleres individuales y colectivos, en los cuales puedan aplicar la teoría estudiada y compartir con el instructor y los compañeros los avances obtenidos.

Desde el inicio, cada alumno debe seleccionar un curso o unidad que imparta como docente, para que a medida que se avanza, pueda aplicar de manera práctica los conceptos estudiados.

A.7. Evaluación

A manera de evaluación continua, el alumno expondrá ante sus compañeros los avances en el diseño del curso o unidad que haya seleccionado.

A.8. Bibliografía

- [Blythe] Tina Blythe, et. al. *La enseñanza para la comprensión. Guía para el docente*. Paidós, Argentina, 1999.
- [Gardner01] Howard Garner. *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. Fondo de Cultura Económica, Colombia, 2001.
- [Gardner87] Howard Garner. *La nueva ciencia de la mente. Historia de la revolución cognitiva*. Paidós, España, 1987.
- [Novak99] Joseph D. Novak, et. al. *Aprendiendo a Aprender*. Martínez Roca, España, 1999.
- [Perkins99] David Perkins. *¿Qué es la comprensión? En Enseñanza para la Comprensión. Vinculación entre la teoría y la práctica*. Paidós, Argentina, 1999.
- [Wiske99] Martha Stone Wiske. Compiladora. *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Paidós, Argentina, 1999.

Apéndice B

Instrumentos de recolección de la información en la Universidad del Quindío

A continuación se presentan las plantillas de los instrumentos de recolección de información utilizados para la evaluación de la experiencia en las distintas etapas del proceso de enseñanza y aprendizaje del curso de Física 1, mediado por la herramienta de Telepresencia y la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión.

B.1. Encuesta para la recolección de datos personales de los estudiantes

La siguiente encuesta buscaba que el profesor del curso tuviera a mano algunos de los datos personales de los estudiantes del curso de Física 1.



**Univerisidad del Quindío
Facultad de Ingeniería
Tecnología en Obras Civiles
Curso de Física 1**



INFORMACIÓN PERSONAL DEL ESTUDIANTE

Señor estudiante,

Dentro de la ejecución de este proyecto es de interés conocer la información más importante de cada uno de los participantes, con el fin de sacar conclusiones y proyecciones al final de proceso. Le pedimos que diligencie la siguiente encuesta sin dejar ningún espacio en blanco. La información que usted suministre sera trata en forma confidencial por el grupo de colaboradores.

Durante el curso de Física 1 se trabajarán algunos conceptos con una herramienta computacional denominada Telepresencia.

Nombre del Estudiante: _____

Edad: _____

Dirección de Residencia: _____

Teléfono(s): _____

Dirección de E-mail: _____

Ocupación Actual: _____

¿Cuál es su expectativa en el desarrollo de esta asignatura? _____

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

B.2. Test de conocimientos previos (Pretest)



Universidad del Quindío
Facultad de Ingeniería
Tecnología en Obras Civiles
Curso de Física 1



TEST DE CONOCIMIENTOS PREVIOS

Estudiante: _____ Fecha: _____
Código: _____

1. Describa diversas situaciones de la vida cotidiana en donde se aplican conceptos de Física. _____

2. ¿En qué otras situaciones diferentes a los exámenes y talleres realizados en clase, ha utilizado los conceptos de la Física? _____

3. ¿Cuáles sistemas de unidades de medida ha utilizado usted? _____

4. ¿Ha observado aplicaciones de los vectores en las prácticas realizadas? En caso afirmativo ¿Podría describir alguna de ellas? _____

5. ¿Ha percibido la utilidad de la Suma de Vectores en la Construcción de Obras? _____

6. ¿Cree usted que existe alguna relación entre el Área y la Fuerza aplicada a un elemento estructural? _____

7. ¿Al observar una Obra de Construcción identifica claramente los elementos comprimidos y los elementos tensionados? _____

8. Con sus propias palabras defina: Trabajo y Potencia. _____

9. ¿Por qué es importante la utilización de las maquinas en la vida cotidiana? _____

10. Describa situaciones de la vida diaria en la que se aplican las leyes de Newton. _____

11. Desde tu punto de vista, ¿cuáles son los principales aportes de Arquímedes a la ciencia?

12. ¿Cuál es la importancia de la ley de Ohm y de Watt en los Circuitos Eléctricos?

13. ¿Al observar una Obra de Construcción puede identificar la variedad de los Circuitos Eléctricos? Enuncie algunos de ellos. _____

14. En la construcción de una vivienda, ¿por qué se requieren diversos tipos de circuitos eléctricos? _____

B.3. Test de observaciones durante la experiencia



Universidad del Quindío
Facultad de Ingeniería
Tecnología en Obras Civiles
Curso de Física 1



OBSERVACIONES DURANTE LA EXPERIENCIA

Estudiante: _____ Fecha: _____
Código: _____

1. ¿Qué impresión te causó el percibir los conceptos con ayuda de la herramienta de Telepresencia Aplicada a la Educación Superior? _____

2. ¿Las gráficas utilizadas con ayuda de la herramienta de Telepresencia para ilustrar los conceptos te ayudaron para comprenderlos mejor? _____

3. Enumere algunas de las ventajas de la herramienta empleada. _____

4. ¿Qué diferencia importante encuentra entre esta forma de ver las gráficas con otras herramientas como: tablero, libros, talleres, entre otros? Explique. _____

5. Después de haber percibido las diferentes gráficas ¿tiene una mejor aplicación de los conceptos? _____

6. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar esta herramienta? _____

7. ¿Cómo se sintió con la aplicación de la herramienta? _____

B.4. Test de observaciones al final de la experiencia (Postest)



Universidad del Quindío
Facultad de Ingeniería
Tecnología en Obras Civiles
Curso de Física 1



OBSERVACIONES AL FINAL DE LA EXPERIENCIA

Estudiante: _____ Fecha: _____
Código: _____

1. ¿Con el desarrollo del trabajo en estas tutorías, ha obtenido nuevas visiones acerca de las aplicaciones de la Física en la vida cotidiana? Explique. _____

2. ¿Qué nuevas aplicaciones de la Física en Obras de Construcción observó a través del desarrollo de las tutorías? _____

3. ¿Cuál Sistema de Unidad considera usted que se debe trabajar en las Obras de Construcción en Colombia? Explique. _____

4. Al trabajar en el análisis de las construcciones de nuestra Universidad ¿Qué nuevas experiencias de aprendizaje lograste? _____

5. En la selección y desarrollo del proyecto final de síntesis ¿Qué elementos de la vida cotidiana y conceptos de otras asignaturas influyeron en su (la) elaboración y ejecución? _____

6. ¿Qué experiencia te deja el hecho de haber construido una Obra aplicando los conceptos de Física estudiados? _____

7. ¿Cómo influyó en su proceso de comprensión de la Construcción de una Obra el hecho de analizar diferentes construcciones en nuestro contexto universitario o lugar de residencia? ¿El trabajo final estuvo influenciado por este aspecto? _____

8. Describa diversas situaciones de la vida cotidiana en donde se aplican conceptos de Física. _____

9. Describa situaciones de la vida diaria en la que se aplican las leyes de Newton. _____

10. A lo largo del curso, ¿ha percibido la utilidad de la Suma de Vectores en la Construcción de Obras? _____

Apéndice C

Diseño de la experiencia en la Universidad del Magdalena

En la Universidad del Magdalena se eligió el curso “Anatomía y Fisiología del Ejercicio” como curso piloto para ser desarrollado a distancia con apoyo de la herramienta de Telepresencia con apoyo de la pedagogía de la Enseñanza para la Comprensión.

A los profesores y al equipo encargado de la parte pedagógica se les impartió el curso de “Enseñanza para la Comprensión” (ver Apéndice A página 107). Como resultado del curso y del trabajo continuó con los profesores delegados por parte de la Universidad del Magdalena se diseñó el curso “Anatomía y Fisiología del Ejercicio” de acuerdo con los lineamientos para la Enseñanza para la Comprensión.

C.1. Diseño pedagógico del curso de Anatomía y Fisiología del Ejercicio

El diseño pedagógico para el curso de “Anatomía y Fisiología del Ejercicio” se formuló en base a los lineamientos de la Enseñanza para la Comprensión. En el diseño participaron los profesores encargados del proyecto de la Universidad del Magdalena.

C.1.1. Dimensiones de la Comprensión

Tópico generativo

¿Cómo interesándome por mi cuerpo me relaciono mejor con el mundo?

Metas de comprensión abarcadoras (Hilos conductores)

1. El estudiante comprenderá que el cuerpo humano es un conjunto de sistemas organizados e interrelacionados.
2. El estudiante comprenderá que el ejercicio es un factor fundamental del funcionamiento de los sistemas del cuerpo humano.
3. El estudiante comprenderá que la práctica deportiva es un elemento importante para desarrollar habilidades competitivas.
4. El estudiante comprenderá que el cuidado de su cuerpo es una responsabilidad social.

Praxis (Manera de llevar a la práctica el módulo)

1. ¿Cómo se puede relacionar la actividad física con el funcionamiento de los sistemas corporales?
2. ¿Cómo los desarrollos tecnológicos afectan mi actividad física?
3. ¿Qué es la actividad física para diferentes grupos de personas?
4. ¿Qué alteraciones sufren los sistemas corporales con la actividad física?
5. ¿Que beneficio se obtiene de la actividad física?

C.1.2. Componentes de la Compresión

Desempeños de comprensión

1. Desempeños preliminares (Exploración)
 - a) Los estudiantes identificarán posibles lesiones en los músculos y huesos en el desarrollo de actividades físicas cotidianas.
 - b) Los estudiantes indagaran a través de diferentes medios, (entrevistas – a deportistas, personas en sus lugares de trabajo, compañeros, ... –, internet, libros, revistas, entre otros), por el desarrollo de diferentes sistemas corporales, de acuerdo con la actividad física realizada.
 - c) Los estudiantes indagaran por lo que significa “actividad física” para diferentes grupos de personas.
 - d) Los estudiantes sistematizaran en un documento las experiencias obtenidas a través de las observaciones y entrevistas realizadas, ilustrándolas mediante fotos, diagramas, grabaciones, videos, entre otras.
2. Investigación guiada
 - a) Los estudiantes seleccionaran un grupo de personas con actividad física común.

- b) De acuerdo con la actividad física desarrollada por el grupo escogido, realizarán un estudio del grado de desarrollo de los diferentes sistemas.
- c) De acuerdo a los resultados obtenidos, los estudiantes analizarán las consecuencias de la actividad física en el desarrollo de los sistemas corporales.
- d) Los estudiantes sistematizarán en un documento los procesos, resultados y las conclusiones obtenidas. Cada uno de los integrantes del equipo de trabajo realizará una reflexión personal sobre el proceso.

3. Desempeño final de síntesis

- a) Los estudiantes, seleccionarán un individuo destacado del grupo de personas observadas y lo tomarán como referente para el desarrollo de un producto concreto, que permita relacionar la mayor cantidad de conceptos vistos en el curso.
- b) Cada grupo presentará antes sus compañeros los resultados del estudio realizado, destacando los conceptos del curso que se aplicaron en el estudio del individuo seleccionado. En esta parte el grupo podrá utilizar diapositivas, fotos y el objeto a escala que representa su investigación.
- c) El estudiante expresará de manera escrita su desempeño durante el curso, destacando aspectos como apropiación de los contenidos, manejo de la herramienta, participación en la investigación realizada, entre otros.
- d) Cada grupo entregará el portafolio realizado en papel y en medio magnético.

C.2. Portafolio

Los estudiantes del curso se dividirán en equipos de a dos (2) o tres (3), seleccionaran un problema de la vida real relacionado con el curso de "Anatomía y Fisiología del Ejercicio", al cual le darán solución con los conceptos estudiados a lo largo del curso. La solución se construirá en dos fases: Fase preliminar, en la cual se conformará el grupo y se seleccionará el problema a estudiar, y la fase de desarrollo en la cual se construirá un portafolio que le permitirá al grupo sistematizar el proceso de recolección y síntesis de la información.

C.2.1. Fase preliminar

El grupo de trabajo puede seleccionar el problema a trabajar a partir de la observación de de distintos grupos de personas que efectúen diversas actividades físicas y que por tanto, tengan desarrollados diferentes sistemas de su cuerpo. Al finalizar esta fase se debe hacer una clara descripción del problema a resolver. Cada equipo hará una sesión guiada de tormenta de ideas, hablando acerca de los problemas que los diferentes miembros del grupo proponen para resolver. El problema y las ideas iniciales de solución deben ser discutidos en cada equipo. Como una preparación de la sesión de la tormenta de ideas, los estudiantes investigaran acerca del estado del arte del problema que desean resolver en el área específica, realizarán entrevistas a expertos en el área, visitarán la biblioteca y buscarán en Internet, o en otros medios que tengan a su alcance.

C.2.2. Fase de desarrollo (Elaboración del portafolio)

Cada uno de los equipos conformados realizará su propio portafolio que consta de tres partes: Exploración, investigación guiada y síntesis.

Exploración

En esta parte sistematizarán todos los documentos estudiados relacionados con el tema del curso, transcripción de las entrevistas realizadas, artículos especializados, direcciones de *Internet*, fotos y otros materiales recolectados durante el desarrollo del proyecto.

Las siguientes sugerencias pueden ayudar a los estudiantes en el desarrollo de la exploración:

1. Identificar posibles lesiones en los músculos y huesos en el desarrollo de actividades físicas cotidianas.
2. Indagar a través de diferentes medios, (entrevistas - a deportistas, personas en sus lugares de trabajo, compañeros (*Internet*, libros, revistas, entre otros), por el desarrollo de diferentes sistemas corporales, de acuerdo con la actividad física realizada.
3. Indagar por lo que significa “actividad física” para diferentes grupos de personas.
4. Sistematizaran en un documento las experiencias obtenidas a través de las observaciones y entrevistas realizadas, ilustrándolas mediante fotos, diagramas, grabaciones, videos, entre otras.

Investigación guiada

Durante parte, los estudiantes reportaran periódicamente avances de las soluciones encontradas y discutirán con un experto invitado sus avances e inquietudes. Ellos podrán enfatizar en el uso de las herramientas y conceptos dados en cada unidad.

Las siguientes sugerencias pueden servir de guía para la elaboración de esta parte del portafolio.

1. Seleccionar un grupo de personas con actividad física común.
2. De acuerdo con la actividad física desarrollada por el grupo escogido, realizar un estudio del grado de desarrollo de los diferentes sistemas corporales.
3. De acuerdo a los resultados obtenidos, analizar las consecuencias de la actividad física en el desarrollo de los sistemas corporales.
4. Sistematizarán en un documento los procesos, resultados y las conclusiones obtenidas. Cada uno de los integrantes del equipo de trabajo realizará una reflexión personal sobre el proceso.

Desempeño final de síntesis

Al finalizar el proyecto, los estudiantes describirán en público el problema y la solución por ellos implementada. Realizarán desempeños de comprensión acordes con el desarrollo del proyecto donde mostrarán las diferentes etapas del mismo y las posibilidades de solución dadas al problema planteado. En esta etapa, un experto hará una evaluación cualitativa del proyecto.

Las siguientes sugerencias tienen por objeto ayudar a la realización de esta parte final:

1. Seleccionarán un individuo destacado del grupo de personas observadas para tomarlo como referente en el desarrollo de un producto concreto, que permita relacionar la mayor cantidad de conceptos vistos en el curso.
2. Cada grupo presentará antes sus compañeros los resultados del estudio realizado, destacando los conceptos del curso que se aplicaron en el estudio del individuo seleccionado. En esta parte el grupo podrá utilizar diapositivas, fotos y el objeto a escala que representa su investigación.
3. Cada miembro del grupo expresará de manera escrita su desempeño durante el curso, destacando aspectos como apropiación de los contenidos, manejo de la herramienta, participación en la investigación realizada, entre otros.
4. Cada grupo entregará el portafolio realizado en papel y en medio magnético.

C.2.3. Descripción del estado del arte

Los estudiantes describirán el estado del arte teniendo en cuenta la evolución del diseño de las actividades físicas, la evolución de los materiales utilizados en la elaboración de los elementos para la práctica deportiva y en su forma de construcción, la forma como afectan nuestra vida. Entrevistarán a expertos en sistemas corporales y en entrenamiento en actividades físicas para saber lo que piensan de la evolución de la misma.

C.3. Test de conocimientos previos

1. ¿Qué es para usted la actividad física? _____

2. ¿Qué relación encuentras entre los sistemas corporales y la actividad física? _____

3. ¿Cómo crees que los desarrollos tecnológicos afectan la actividad física del individuo?

4. ¿Qué alteraciones crees que sufren los sistemas corporales con la actividad física? ____

5. ¿Qué beneficios se obtienen con la actividad física? _____

6. ¿Qué beneficios obtiene mi cuerpo si mantengo una actividad física adecuada? _____

7. ¿De que manera afecta a la sociedad si descuido la actividad física de mi cuerpo? ____

En el siguiente espacio, escribe otras ideas que consideres importantes sobre la actividad física, el cuidado del cuerpo, los sistemas que conforman el cuerpo, entre otras. _____

C.4. Observaciones la final de cada experiencia

1. Resume los conceptos estudiados durante la clase con ayuda de la herramienta de Telepresencia. Haz una breve definición a través de palabras clave. _____

2. Enumera algunas de las ventajas que se obtienen con el uso de la herramienta de Telepresencia para la realización del curso. _____

3. ¿Crees que con las ayudas mostradas con la herramienta, los conceptos trabajados a lo largo de la clase se comprenden mejor? Explica _____

4. ¿Qué diferencias importantes encuentras con la forma de visualizar los conceptos expuestos a través de la herramienta, con la forma como se encuentran en otros medios, tales como libros, Internet, explicaciones en la pizarra, entre otros? _____

5. ¿Las explicaciones y conceptos ejemplificados a través de la herramienta mantienen su interés a lo largo de la clase? Explica. _____

C.5. Reflexiones finales

1. ¿Qué es para usted la actividad física? _____

2. ¿A través del curso, cómo cambió su visión acerca de la actividad física? _____

3. ¿Qué relación encontraste entre los sistemas corporales y la actividad física? _____

4. Exponga y comenta dos (2) ejemplos acerca de cómo los desarrollos tecnológicos afectan la actividad física de las personas. _____

5. Comenta sobre alteraciones que sufren los sistemas corporales con la actividad física. Puedes relacionar las que encontraste a lo largo del curso. _____

6. ¿Qué beneficios se obtienen con la actividad física? _____

7. ¿Qué beneficios obtiene mi cuerpo si mantengo una actividad física adecuada? _____

8. ¿De que manera afecto a la sociedad si descuido la actividad física de mi cuerpo? _____

9. ¿Cómo influyo la herramienta de Telepresencia en la comprensión de los conceptos vistos en clase? Explica. _____

10. ¿Recomendarías el uso de la herramienta de Telepresencia para futuros cursos? ¿Por qué? _____

11. ¿Qué beneficios te aportó la realización del portafolio a lo largo del desarrollo del curso? ¿Lo utilizarías en otras materias? _____

12. ¿Consideras que este curso contribuyó al mejoramiento de tu calidad de vida? ¿Por qué? _____

13. ¿Qué sugerencias tienes para mejorar la herramienta de Telepresencia? _____

En el siguiente espacio, escribe otras ideas que consideres importantes sobre la actividad física, el cuidado del cuerpo, los sistemas que conforman el cuerpo, entre otras.

Bibliografía

- [1] Trefftz, H. & Zea, C. & Montoya, E. & Imbeau, G. & Restrepo, J. Escobar, L. & Agudelo, A. *Telepresencia Aplicada a la Educación Superior*. Informe final, sin publicar, Medellín, 2004.
- [2] Pantelidis, V. & Auld, L. VR in the Schools. *Electronic publication, available at: <http://www.coe.ecu.edu/vr/pub.htm>*, 2004.
- [3] Ronald AZUMA. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1997.
- [4] Elliot BERK. Jlex 1.2.6: A lexical analyzer generator for java(tm). <http://www.cs.princeton.edu/appel/modern/java/JLex/>, 2003.
- [5] Tina Blythe. *La enseñanza para la comprensión. Guía para el maestro*. Paidós, 1999.
- [6] Bustamante, Guillermo. Las Competencias vino viejo en odres nuevos. *Revista Educación y Cultura, Bogotá*, (56), 2001.
- [7] Pedro Campillo. *La noción de continuidad desde la óptica de los niveles de van Hiele*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 1999.
- [8] C. CARLSSON and O. HAGSAND. Dive - a multi-user virtual reality system. In IEEE Computer Society Press., editor, *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, 1993.
- [9] Andrés de la Torre. *Modelización del espacio y del tiempo*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 2003.
- [10] Andrés de la Torre Gómez. *La modelización del espacio y del tiempo: su estudio vía el modelo de van Hiele*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2000.
- [11] María de los Angeles Navarro. *Un estudio de la convergencia encuadrada en el modelo educativo de van Hiele y su correspondiente propuesta metodológica*. Universidad de Sevilla, Sevilla, España, 2002.
- [12] De Zubiria, Miguel. *Tratado de Pedagogía Conceptual, Pensamiento y Aprendizaje*. Fundación Alberto Merani. Fondo de Publicaciones Bernardo Herrera Merino, Bogotá, 1997.

- [13] Edwin Moise & Floyd Downs. *Geometría*. Editorial Norma, Cali, 1972.
- [14] Entwistle, Noel. *La comprensión del aprendizaje en el aula*. Paidós, España, 1998.
- [15] Pedro Vicente Esteban Duarte. *Estudio comparativo del concepto de aproximación local vía el modelo de van Hiele*. Universidad Politécnica de Valencia, 2000.
- [16] Johnson, A & et al. *The Round Earth Project: Deep Learning in a Collaborative Virtual World*. Proceedings of IEEE VR99, IEEE CS Press, pp. 164 - 171, 1999.
- [17] Euclides. *Elementos, libros I - IV*. Editorial Gredos, Madrid, 1995.
- [18] Howard W. Eves. *Mathematical Circles Squared*. Prindle, Weber & Schidt, Inc., 1972.
- [19] M. FITZGERALD and G. RIVA. *Telemedicine Glossary*. European Commission-DG INFSO, 2001.
- [20] James FOLEY. *Computer Graphics, Principles and Practice*. Addison-Wesley, 1991.
- [21] Free Software Foundation FSF. Bison. <http://www.gnu.org/software/bison/bison.html>, 1998.
- [22] Free Software Foundation FSF. Flex. <http://www.gnu.org/software/flex/>, 1999.
- [23] José Luis Llorens Fuster. *Aplicación del modelo de van Hiele al concepto de aproximación local*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 1994.
- [24] Pedro Vicente Esteban Duarte & José Luis Llorens Fuster. Aplicación del modelo de van Hiele al concepto de recta tangente a través del "haz de secantes". *Matemáticas & Educación*, 3(1 y 2):47 – 63, 1999.
- [25] Howard Gardner. *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. Fondo de Cultura Económica, 2001.
- [26] Novak, Joseph D. & Gowin, D. Bob. *Aprendiendo a aprender*. Martínez Roca, 1999.
- [27] Jacques Hadamard. *The psychology of invention in the mathematical field*. Dover Publications, Inc., New York, 1954.
- [28] Reynard, G. & Benford, S. & Greenhalgh, C. & Heath, C. *Awareness driven video quality of service in collaborative virtual environments*. Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems CSCW-96, pp. 464-471, 1998.
- [29] Carlos Mario Jaramillo López & Pedro Campillo Herrero. Propuesta Teórica de Entrevista Socrática a la Luz del Modelo de van Hiele. *Divulgaciones Matemáticas*, 9(1):65 – 84, 2001.
- [30] Pierre M. Van Hiele. *Structure and Insight. A Theory of Mathematics Education*. Developmental Psychology Series. Academic Press, Inc., Orlando, 1986.

- [31] Scott E. HUDSON. Cup parser generator for java. <http://www.cs.princeton.edu/apel/modern/java/CUP/>, 1999.
- [32] Silicon Graphics Inc. Opengl. <http://www.opengl.org>, 2004.
- [33] Nakanishi, H. & Yoshida, C. & Nishimura, T. & Ishida, T. *FreeWalk: Supporting Casual Meetings in a Network*. CSCW-96, 1996.
- [34] Trefftz, H. & Restrepo, J. & Esteban, P. & Alvarez, N. & Jaramillo, J. *Realidad Aumentada en la Enseñanza de la Matemática*. Informe final, sin publicar, Medellín, 2004.
- [35] H. Kato and M. Billinghurst. Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99)*, San Francisco CA 1999.
- [36] Hannes KAUFMANN and Dieter SCHMALSTIEG. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality, 2003.
- [37] Carlos Mario Jaramillo López. *La noción de serie convergente desde la óptica de los niveles de van Hiele*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2000.
- [38] Orlando Monsalve Posada & Carlos Mario Jaramillo López. El placer de doblar papel. Mostraciones y algunas aplicaciones matemáticas. *Educación y Pedagogía*, XV(35):11 – 24, enero - abril 2003.
- [39] Pierre Lévy. *¿Qué es lo virtual?* Paidós, 1999.
- [40] F. MANTOVANI. *Towards CyberPsychology: Mind, Cognitions and Society in the Internet Age*, chapter VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3D Environments in Education and Training. IOS Press, 2001.
- [41] MEN. *Pequeños aprendices grandes comprensiones*. Bogotá, 1999.
- [42] Johnson, A. & Roussos, M. & Leigh, J. & Barnes, C. & Vasilakis, C. & Moher, T. *The NICE project: Learning together in a virtual world*. Proceedings of VRAIS'98, March 1998.
- [43] J.Ñeider, T. Davis, and M. Woo. *OpenGL Programming Guide*. Addison-Wesley Publishing Company, second edition, 1997.
- [44] K. OSBERG. Virtual reality and education: A look at both sides of the sword. Technical report, University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, 1993.
- [45] Terence PARR. Another tool for language recognition (antlr). <http://www.antlr.org/>, 2003.
- [46] Canés, J. H. & Letelier, P. & Penadés, C. *Metodologías ágiles en el desarrollo de software*. Noviembre de 2003.
- [47] David PERKINS. *Software Goes to School, Teaching for understanding with new technologies*. Oxford University Press, 1995.

- [48] David Perkins. *¿Qué es la comprensión?* En Enseñanza para la Comprensión: Vinculación entre la teoría y la práctica. Paídos, Argentina, 1999.
- [49] Platón. *Menón*. Editorial Biblioteca Nueva, Madrid, 1999.
- [50] George Polya. *Mathematics and plausible Reasoning*. Princenton University Press, 1954.
- [51] Gerhard Reitmayr and Dieter Schmalstieg. An open software architecture for virtual reality interaction. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pages 47–54. ACM Press, 2001.
- [52] D. Schmalstieg, A. Fuhrmann, G. Hesina, Z. Szalavari, L. Encarnação, A. Gervautz, and W. Purgathofer. The studierstube augmented reality project. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 11(1):33–54, 2002.
- [53] SOURCEFORGE. Byacc. <http://gnuwin32.sourceforge.net/packages/byacc.htm>, 2000.
- [54] *et al* Stanley Clemens. *Geometría. Con aplicaciones y solución de problemas*. Addison-Wesley, Delaware, E.U.A., 1989.
- [55] Lyn Arthur Steen. *La enseñanza agradable de las matemáticas*. Limusa, México, 1998.
- [56] Martha Stone. *La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Paidós, 1998.
- [57] Zsolt Szalavari and Michael Gervautz. The personal interaction panel - a two-handed interface for augmented reality. *Computer Graphics Forum*, 16(3):335–346, 1997.
- [58] Gustav TAXÉN and Ambjörn NAEVE. *Cybermath: A shared virtual environment for mathematics exploration*, 2001.
- [59] Torrado Pacheco, María Cristina. *Educación para el desarrollo de las competencias: una propuesta para reflexionar*. Universidad Nacional, Bogotá, 2000.
- [60] Christian TREFFTZ, Carlos David CORREA, Juan Francisco CARDONA, Helmuth TREFFTZ, Miguel GONZÁLEZ, Juliana RESTREPO, Gloria Patricia ZAPATA, and Gilles IMBEAU. Informe final a colciencias: Ambientes virtuales colaborativos aplicados a la educación superior, 1999.
- [61] H. Trefftz. *System-wide Constraints and User Preferences in Collaborative Virtual Environments*. PhD thesis, Rutgers University, Dept. of Electrical and Computer Engineering, Piscataway, New Jersey, 2002.
- [62] H. Trefftz, C. Correa, M.A. Gonzalez, G. Imbeau, J Restrepo, M.I. Velez, and C. Trefftz. *The Virtual Campus: Trends for Higher Education and Training*, chapter Distance Education and Distributed Virtual Environments. Gedisa, 1997.
- [63] Helmuth TREFFTZ. Propuesta del proyecto realidad aumentada en la enseñanza de la matemática, Diciembre 2002.

- [64] Helmuth Trefftz, Claudia Zea, Edwin Montoya, Juliana Restrepo, Lina Escobar, and Andrés Agudelo. *Telepresencia aplicada a la educación superior: Informe final*. Technical report, Universidad EAFIT, 2004.
- [65] Trefftz, H. & Correa, C. & Gonzalez, M. A. & Imbeau, G. & Restrepo, J. Velez, M. I. & Trefftz, C. *Distance education and distributed virtual environments*. In *The Virtual Campus: Trends for Higher Education and Training*, Madrid, Spain, 1997.
- [66] Agudelo, A. & Escobar, L. & Restrepo, J. & Zea, C. & Trefftz, H. *Telepresence for Distance Education: Lessons Learned*. In *Proceedings of MICTE-2004, International Conference on Education*, Bilbao, Spain, July 7 – 9, 2004.
- [67] Julio Uribe. *Rumbo matemático, tercer grado de educación básica*. Editorial Susaeta, Medellín, 1998.
- [68] S. VINNER. The role of definitions in the teaching and learning of mathematics. *Advanced Mathematical Thinking*, 1991.
- [69] Shlomo Vinner. *The Role of Definitions in the Teaching and Learning of Mathematics*, volume 11. *Advanced Mathematical Thinking*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1991.
- [70] James V Wertsch. *Vygotsky y la formación social de la mente*. Paidós, 1995.
- [71] Marta Stone Wiske. Compiladora. *En Enseñanza para la Comprensión: Vinculación entre la teoría y la práctica*. Paidós, Argentina, 1999.
- [72] Martha WISKE. *La enseñanza para la comprensión: vinculación entre la investigación y la práctica*. Paidós, 1998.
- [73] & S. Cunningham Zimmerman W. *Visualization in Teaching and Learning Mathematics*. MAA Notes 19. Mathematical Association of America, Washington, D. C., 1990.
- [74] Walter ZIMMERMANN and Steve CUNNINGHAM. Visualization in teaching and learning mathematics. *MAA Notes*, 1991.

Títulos Publicados en esta Colección

Cuaderno 1 - Marzo 2002

SECTOR BANCARIO Y COYUNTURA ECONÓMICA EL CASO COLOMBIANO 1990–2000

Alberto Jaramillo, Adriana Ángel Jiménez, Andrea Restrepo Ramírez, Ana Serrano Domínguez y Juan Sebastián Maya Arango

Cuaderno 2 - Julio 2002

CUERPOS Y CONTROLES, FORMAS DE REGULACIÓN CIVIL. DISCURSOS Y PRÁCTICAS EN MEDELLÍN 1948–1952

Cruz Elena Espinal Pérez

Cuaderno 3 - Agosto 2002

UNA INTRODUCCIÓN AL USO DE LAPACK

Carlos E. Mejía, Tomás Restrepo y Christian Trefftz

Cuaderno 4 - Septiembre 2002

LAS MARCAS PROPIAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL FABRICANTE

Belisario Cabrejos Doig

Cuaderno 5 - Septiembre 2002

INFERENCIA VISUAL PARA LOS SISTEMAS DEDUCTIVOS LBPCO, LBPC Y LBPO Manuel Sierra Aristizábal

Cuaderno 6 - Noviembre 2002

LO COLECTIVO EN LA CONSTITUCIÓN DE 1991

Ana Victoria Vásquez Cárdenas, Mario Alberto Montoya Brand

Cuaderno 7 - Febrero 2003

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS BENEFICIOS DE LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS EN COLOMBIA, 1995 2000

Alberto Jaramillo (Coordinador), Juan Sebastián Maya Arango, Hermilson Velásquez Ceballos, Javier Santiago Ortiz, Lina Marcela Cardona Sosa

Cuaderno 8 - Marzo 2003

LOS DILEMAS DEL RECTOR: EL CASO DE LA UNIVERSIDAD EAFIT

Álvaro Pineda Botero

Cuaderno 9 - Abril 2003

INFORME DE COYUNTURA: ABRIL DE 2003

Grupo de Análisis de Coyuntura Económica

Cuaderno 10 - Mayo 2003

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN Escuela de Administración

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 11 - Junio 2003

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN ESCUELA DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, ESCUELA DE DERECHO, CENTRO DE IDIOMAS Y DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ESTUDIANTIL

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 12 - Junio 2003

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN - ESCUELA DE INGENIERÍA

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 13 - Julio 2003

PROGRAMA JÓVENES INVESTIGADORES COLCIENCIAS: EL ÁREA DE LIBRE COMERCIO DE LAS AMÉRICAS Y LAS NEGOCIACIONES DE SERVICIOS

Grupo de Estudios en Economía y Empresa

Cuaderno 14 - Noviembre 2003

BIBLIOGRAFÍA DE LA NOVELA COLOMBIANA

Álvaro Pineda Botero, Sandra Isabel Pérez, María del Carmen Rosero y María Graciela Calle

Cuaderno 15 - Febrero 2004

PUBLICACIONES Y PONENCIA 2003

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 16 - Marzo 2004

LA APLICACIÓN DEL DERECHO EN LOS SISTEMAS JURÍDICOS CONSTITUCIONALIZADOS

Gloria Patricia Lopera Mesa

Cuaderno 17 - Mayo 2004

PRODUCTOS Y SERVICIOS FINANCIEROS A GRAN ESCALA PARA LA MICROEMPRESA: HACIA UN MODELO VIABLE

Nicolás Ossa Betancur

Cuaderno 18 - Mayo 2004

ARTÍCULOS RESULTADO DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN QUE SE GRADUARON EN EL 2003

Departamento de Ingeniería de Producción

Cuaderno 19 - Junio 2004

ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN EL AÑO 2003

Departamento de Ingeniería Mecánica

Cuaderno 20 - Junio 2004

ARTÍCULOS RESULTADO DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE PROCESOS QUE SE GRADUARON EN EL 2003

Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 21 - Agosto 2004

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DE LA AVENIDA TORRENCIAL DEL 31 DE ENERO DE 1994 EN LA CUENCA DEL RÍO FRAILE Y SUS FENÓMENOS ASOCIADOS

Juan Luis González, Omar Alberto Chavez, Michel Hermelín

Cuaderno 22 - Agosto 2004

DIFERENCIAS Y SIMILITUDES EN LAS TEORÍAS DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO

Marleny Cardona Acevedo, Francisco Zuluaga Díaz, Carlos Andrés Cano Gamboa, Carolina Gómez Alvis

Cuaderno 23 - Agosto 2004

GUIDELINES FOR ORAL ASSESSMENT

Grupo de investigación Centro de Idiomas

Cuaderno 24 - Octubre 2004

REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN DESDE EAFIT

Dirección de investigación y Docencia

Cuaderno 25 - Septiembre 2004

LAS MARCAS PROPIAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONSUMIDOR FINAL

Belisario Cabrejos Doig

Cuaderno 26 - Febrero 2005

PUBLICACIONES Y PONENCIAS -2004-

Dirección de investigación y Docencia

Cuaderno 27 - Marzo 2005

EL MERCADEO EN LA INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN - 15 AÑOS DESPUÉS -

Belisario Cabrejos Doig

Cuaderno 28 - Abril 2005

LA SOCIOLOGÍA FRENTE A LOS ESPEJOS DEL TIEMPO: MODERNIDAD, POSTMODERNIDAD Y GLOBALIZACIÓN

Miguel Ángel Beltrán, Marleny Cardona Acevedo

Cuaderno 29 - Abril 2005

OXIDACIÓN FOTOCATALÍTICA DE CIANURO

Grupo de Investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB-

Cuaderno 30 - Mayo 2005

EVALUACIÓN A ESCALA DE PLANTA PILOTO DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CARDAMOMO, BAJO LA FILOSOFÍA “CERO EMISIONES”

Grupo de Investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB-

Cuaderno 31 - Junio 2005

LA DEMANDA POR FORMACIÓN PERMANENTE Y CONSULTORÍA UNIVERSITARIA

Enrique Barriga Manrique

Cuaderno 32 - Junio 2005

ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN EL AÑO 2004

Escuela de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánica

Cuaderno 33 - Julio 2005

PULVERIZACIÓN DE COLORANTES NATURALES POR SECADO POR AUTOMIZACIÓN

Grupo de Investigación Desarrollo y Diseño de Procesos -DDP- Departamento de Ingeniería de Procesos

Cuaderno 34 - Julio 2005

FOTODEGRADACIÓN DE SOLUCIONES DE CLOROFENOL-CROMO Y TOLUENO-BEN-CENO UTILIZANDO COMO CATALIZADOR MEZCLA DE DIÓXIDO DE TITANIO (TiO_2), BENTONITA Y CENIZA VOLANTE

Grupo de Investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB- Edison Gil Pavas

Cuaderno 35 - Septiembre 2005

HACIA UN MODELO DE FORMACIÓN CONTINUADA DE DOCENTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL USO PEDAGÓGICO DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

Claudia María Zea R., María del Rosario Atuesta V., Gustavo Adolfo Villegas L., Patricia Toro P., Beatriz Nicholls E., Natalia Foronda V.

Cuaderno 36 - Septiembre 2005

ELABORACIÓN DE UN INSTRUMENTO PARA EL ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE CAMBIO ASOCIADOS CON LA IMPLANTACIÓN DEL TPM EN COLOMBIA

Grupos de Investigación: Grupo de Estudios de la Gerencia en Colombia Grupo de Estudios en Mantenimiento Industrial (GEMI)

Cuaderno 37 - Septiembre 2005

PRODUCTOS Y SERVICIOS FINANCIEROS A GRAN ESCALA PARA LA MICROEMPRESA COLOMBIANA

Nicolás Ossa Betancur Grupo de Investigación en Finanzas y Banca Área Microfinanzas

Cuaderno 38 - Noviembre 2005

PROCESO "ACOPLADO" FÍSICO-QUÍMICO Y BIOTECNOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON CIANURO

Grupo de Investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos -GIPAB-

Cuaderno 39 - Febrero 2006

LECTURE NOTES ON NUMERICAL ANALYSIS

Manuel Julio García R. Department of Mechanical Engineering.

Cuaderno 40 - Febrero 2006

MÉTODOS DIRECTOS PARA LA SOLUCIÓN DE SISTEMAS DE ECUACIONES LINEALES SIMÉTRICOS, INDEFINIDOS, DISPERSOS Y DE GRAN DIMENSIÓN

Juan David Jaramillo Jaramillo, Antonio M. Vidal Maciá, Francisco José Correa Zabala

Cuaderno 41- Marzo 2006

PUBLICACIONES, PONENCIAS, PATENTES Y REGISTROS 2005

Dirección de Investigación y Docencia

Cuaderno 42 - Mayo 2006 A PROPÓSITO DE LA DISCUSIÓN SOBRE EL DERECHO PENAL “MODERNO” Y LA SOCIEDAD DEL RIESGO

Diana Patricia Arias Holguín, Grupo de Estudios Penales (GEP)

Cuaderno 43 - Junio 2006

ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA QUE SE GRADUARON EN EL AÑO 2005

Departamento de Ingeniería Mecánica Escuela de Ingeniería

Cuaderno 44 - Junio 2006 EL “ACTUAR EN LUGAR DE OTRO” EN EL CÓDIGO PENAL COLOMBIANO, ÁMBITO DE APLICACIÓN Y PROBLEMAS MÁS RELEVANTES DE LA FÓRMULA DEL ART. 29 INCISO 3

Susana Escobar Vélez, Grupo de Estudios Penales (GEP)

Cuaderno 45 - Septiembre 2006

ARTÍCULOS DE LOS PROYECTOS DE GRADO REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO QUE SE GRADUARON EN EL AÑO 2004 Y EN EL 2005-1

Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto Escuela de Ingeniería

Cuaderno 46 - Octubre 2006

COMENTARIOS A VISIÓN COLOMBIA II CENTENARIO: 2019

Andrés Ramírez H., Mauricio Ramírez Gómez y Marleny Cardona Acevedo Profesores del Departamento de Economía, Antonio Barboza V., Gloria Patricia Lopera M., José David Posada B. y José A. Toro V. Profesores del Departamento de Derecho, Carolina Ariza Z. Estudiante de Derecho Saúl Echavarría Yepes, Departamento de Humanidades

Cuaderno 47 - Octubre 2006

LA DELINCUENCIA EN LA EMPRESA: PROBLEMAS DE AUTORÍA Y PARTICIPACIÓN EN DELITOS COMUNES

Grupo de Estudios Penales (GEP) Maximiliano A. Aramburo C.

Cuaderno 48 - Octubre 2006

GUIDELINES FOR TEACHING AND ASSESSING WRITING

Grupo de Investigación - Centro de Idiomas (GICI) Ana Muñoz Sandra Gaviria Marcela Palacio

Cuaderno 49 - Noviembre 2006

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOCATALÍTICOS PARA LA DESTRUCCIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS Y OTRAS SUSTANCIAS EN FUENTES HÍDRICAS

Grupo de Investigación Procesos Ambientales y Biotecnológicos - GIPAB Edison Gil Pavas Kevin Molina Tirado

Cuaderno 50 - Noviembre 2006

PROPUESTAS METODOLÓGICAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CAMPOS PROBLEMÁTICOS DESDE EL CICLO DE VIDA DE LAS FIRMAS Y EL CRECIMIENTO INDUSTRIAL DE LAS MIPYMES

Grupo de Estudios Sectoriales y Territoriales Departamento de Economía Escuela de Administración Marleny Cardona Acevedo Carlos Andrés Cano Gamboa Edison Gil Pavas Kevin Molina Tirado

Cuaderno 51 - Enero 2007

PRODUCTO DE TELEPRESENCIA PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL ÁMBITO NACIONAL

Departamento de Ingeniería de Sistemas Departamento de Ciencias Básicas Helmuth Trefz Gómez, Pedro Vicente Esteban Duarte Andrés Quiroz Hernández Faber Giraldo Velásquez, Edgar Villegas Iriarte