

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL

TESIS DE MAGISTER

**SISTEMA DE INFORMACION PARA EL APOYO A LA DOCENCIA Y
GERENCIA DEL CONOCIMIENTO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION**

ARQUITECTO RAFAEL ENRIQUE VILLAZON GODOY

ASESOR
INGENIERO DIEGO ECHEVERRY CAMPOS

BOGOTA D.C., 28 DE ENERO DE 2005

TABLA GENERAL DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	4
2. OBJETIVO GENERAL	6
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
4. MOTIVACION	10
5. ALCANCE	11
6. ANTECEDENTES	
6.1 Revisión referentes Tesis de Magíster Universidad de los Andes.	13
6.2 Revisión referentes nacionales	17
6.3 Revisión referentes internacionales	19
7. DEFINICION DEL PROBLEMA	29
8. MARCO TEORICO PROPUESTO	31
9. METODOLOGIA PROPUESTA	35
10. DESCRIPCION DEL APORTE	
10.1 Premisas para el diseño del sistema de información	40
10.2 Base de datos Sistema de Lecciones en Construcción – SLC	41
10.3 Diccionario de datos común a diferentes fuentes de información	44
10.4 Diccionario de datos para fuentes de información específicas	47
10.5 Perfiles de administración	57
10.6 Descripción conceptual de las ventanas de observación – Interfaces	58
10.7 Arquitectura de información	61
10.8 Diseño formularios de ingreso y administración	64
10.9 Fases del proyecto	65
10.10 Revisión general prototipos propuestos aula virtual	65
10.11 Análisis de desempeño del prototipo SLC	66
11. CONCLUSIONES	69
12. RECOMENDACIONES	70
13. BIBLIOGRAFIA	72
14. ANEXOS	74

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Ciclo de vida de la Información	34
Figura 2: Estructura general de desglose propuesta	35
Figura 3: Interacción interfaces, base de datos y proyecto construcción	42
Figura 4: Tipos de archivos que componen el sistema de información	43
Figura 5: Diccionarios de datos genérico para tablas primarias	44
Figura 6: Estructura de datos – Tablas primarias	46
Figura 7: Estructura de datos – Tabla secundaria – Fotografía de obra	48
Figura 8: Estructura de datos – Tabla secundaria – Fotografía edificio	49
Figura 9: Estructura de datos – Tabla secundaria – Planos construcción	51
Figura 10: Estructura de datos – Tabla secundaria – Video tarea construcción	53
Figura 11: Estructura de datos – Tabla secundaria – Video experto	54
Figura 12: Estructura de datos – Tabla secundaria – Video time lapse	55
Figura 13: Estructura de datos – Tabla secundaria – Paper investigación	56
Figura 14: Esquema de accesibilidad de usuarios del sistema	64
Figura 15: Esquema de fases y cronograma continuidad proyecto	65

SISTEMA DE INFORMACION PARA EL APOYO A LA DOCENCIA Y GERENCIA DEL CONOCIMIENTO EN PROYECTOS DE CONSTRUCCION

1. INTRODUCCION

La construcción de un proyecto de arquitectura o de infraestructura está lleno de lecciones, innovaciones y conocimiento que generalmente se pierde o circula dentro de una comunidad cerrada y restringida de profesionales de la construcción. Esta situación dificulta la enseñanza de las competencias técnicas básicas de la construcción en las escuelas de Arquitectura e Ingeniería Civil, ya que ésta depende directamente de la experiencia e información de diferente índole (gráfica, escrita, audiovisual, etc.) que el profesor imparte en las clases de construcción, estructuras, acondicionamiento y servicios. En muchas ocasiones la información con la que cuenta el profesor es limitada, su revisión y acreditación por los pares académicos es mínima y adicionalmente su mejoramiento continuo depende exclusivamente del tiempo, voluntad y experiencia profesional de campo del profesor.

Esta situación hace deseable que las experiencias, lecciones, problemas, soluciones e innovaciones que generan los proyectos de construcción desarrollados en el medio colombiano, sean registrados, compartidos, criticados, comunicados y aprendidos por diferentes comunidades académicas y profesionales. Lo anterior garantizaría una docencia de alto desempeño, un mejoramiento constante de la calidad académica de los profesores universitarios y una apropiación de las competencias técnicas más efectiva de los estudiantes formados por estos últimos. Adicionalmente, un valor que puede agregar esta nueva situación es la posibilidad

que los arquitectos e ingenieros civiles que trabajan directamente en proyectos de construcción compartan y aprendan de las experiencias propias y de otros constructores.

Desafortunadamente, en la actualidad no existe una herramienta educativa en el medio colombiano que estimule la dinámica anteriormente descrita. Por el contrario, cada día los programas de pregrado en Arquitectura e Ingeniería Civil buscan reducir al máximo el tiempo efectivo que sus estudiantes dedican al estudio de los temas centrales de la disciplina de la construcción y en general el problema técnico de los proyectos. El poco tiempo dedicado a la enseñanza de estos temas sumado a la inexistencia de una política disciplinaria que propicie una dinámica de aprendizaje continuo, demanda proponer una solución que haga más eficiente el tiempo de aprendizaje de estudiantes, profesores y profesionales de la construcción.

A lo largo de este documento se revisa el proceso completo que llevó a proponer un prototipo que busca marcar algunos posibles caminos para iniciar la solución de las situaciones identificadas anteriormente, atendiendo la complejidad que supone los proyectos de construcción, valorando la particularidad de cada uno de estos, así como su contexto y las diferentes comunidades que intervienen en sus etapas, garantizando que este prototipo beneficie la mayor cantidad de individuos e instituciones.

Las universidades son en esencia empresas, que al igual que otras organizaciones tienen su mayor capital concentrado en su equipo humano y el conocimiento generado a lo largo de muchos años de trabajo docente e investigativo. Es preocupante que la empresa, cuyo negocio principal es el conocimiento, carezca de una política y estrategias claras para el registro y conservación del conocimiento, ya que los métodos tradicionales como las publicaciones, tanto impresas como virtuales, suponen unos tiempos de desarrollo considerables, que seguramente se pueden ver acortados mediante el manejo inteligente del conocimiento existente y el aprovechamiento de las tecnologías de información alrededor de temas disciplinares centrales.

Finalmente, se debe ubicar este proyecto dentro de un contexto más amplio, ya que de manera indirecta puede establecer las bases para la definición de una verdadera política tecnológica dentro del medio colombiano, al proponer una estrategia de documentación y manejo del conocimiento técnico generado en los proyectos de construcción, los cuales seguramente se podrán convertir en uno de los motores para mover la innovación tecnológica dentro de las diferentes comunidades académicas y profesionales.

2. OBJETIVO GENERAL

Mejorar la calidad del desarrollo y de los resultados en los cursos de pregrado y posgrado de los programas de Arquitectura e Ingeniería Civil, mediante la construcción una metodología que permita convertir el desarrollo de un proyecto de

construcción, en una herramienta de apoyo al desarrollo de la docencia y el ejercicio profesional de estas disciplinas. Esta metodología debe ser abierta, permitir su adaptación a los cambios del contexto e incluir las estrategias necesarias para garantizar su continuidad en el tiempo.

3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

3.1 Elevar la productividad y efectividad de los profesores y los estudiantes: Es preocupante la gran cantidad de tiempo que invierte un profesor o un estudiante en el desarrollo de actividades rutinarias, que no hacen grandes aportes a su formación o desarrollo profesional. Una de las claves para mejorar el desempeño, tanto de profesores como estudiantes, es garantizar que su tiempo se invierta en comprender y profundizar en los contenidos del curso y no en el desarrollo de actividades mecánicas. Un ejemplo claro de esto es la actividad de digitalización de imágenes para la preparación de un presentación de clase que desarrolla un profesor o la construcción de maquetas complejas, que demandan habilidad manual y una gran inversión de tiempo para entender conceptos muy sencillos, que no son proporcionales a la complejidad del ejercicio asociado a los contenidos.

3.2 Promover la comunicación y la sistematización del conocimiento en la enseñanza de la técnica en las escuelas de Arquitectura e Ingeniería Civil: Un proyecto de construcción, un cuerpo de profesores, un grupo de alumnos, un gremio industrial y un cuerpo profesional tienen una altísima capacidad

para generar información, la cual en muchas ocasiones se repite de manera innecesaria, debido a que no existe una estrategia integrada que de manera sistemática documente, actualice, revise y cruce la información que proviene de todas estas comunidades diversas. Se debe procurar tener la información de mayor calidad al tiempo que se garantice su accesibilidad por parte de las diferentes comunidades.

3.3 Apoyar la labor docente del cuerpo de profesores: Una de las limitaciones más evidentes a la que se enfrenta un profesor es el acceso a información pertinente para el desarrollo de los contenidos de su curso; esto obliga a que muchas veces el material utilizado sea obsoleto, lo cual influye de manera negativa en la apropiación de los contenidos por parte de los estudiantes. Una vez más un sistema debe apuntar a ofrecer una gran cantidad de información que redunde en la calidad de la docencia impartida por el cuerpo de profesores.

3.4 Facilitar la comprensión y retención de los contenidos por parte de los estudiantes: En general, un contenido se comprende y fija en la medida que exista en el estudiante una motivación que lo lleve a aprender y aplicar directamente los conceptos y técnicas aprendidas; esto explica por qué la mayoría de contenidos impartidos en las clases magistrales no son

recordados fácilmente en cursos posteriores, excepto cuando han sido mediados alrededor de un proyecto académico.

3.5 Aumentar el contacto con situaciones reales de la construcción de proyectos como complemento del trabajo presencial en clase de estudiantes y profesores: Es evidente que la experiencia directa en una obra tiene un altísimo potencial de enseñanza; desafortunadamente esta es una actividad peligrosa, de difícil logística y adicionalmente la disponibilidad de obras es reducida. Una herramienta de información debe apuntar a traer al salón de clase proyectos en curso y concluidos; esto último es radicalmente diferente a la visita de obra tradicional, que sólo ocurre una vez en el tiempo y no puede ser repetida en el futuro.

3.6 Incorporar comunidades profesionales que garanticen la calidad y mejoramiento continuo del sistema: Uno de los riesgos más alto que tiene en general la información manejada a través de la Internet y en general las tecnologías de información, es la falta de criterio editorial en lo que se publica; para garantizar que la información de un sistema cumpla con lineamientos de calidad claros y adicionalmente exista un nivel alto de confiabilidad es necesario generar espacios de discusión y puesta a prueba de los contenidos en diferentes comunidades, que tengan experiencias diversas con el problema técnico.

4. MOTIVACION

Al interior de la Universidad de Los Andes existe una serie de experiencias alrededor del tema de las tecnologías de información aplicadas al problema de la enseñanza universitaria, que son un claro reflejo del compromiso de esta institución con la excelencia académica, la innovación pedagógica y la aplicación de los diferentes avances tecnológicos para alcanzar este objetivo primordial.

Específicamente, a partir del año 2002, esta universidad inició un proyecto piloto para el desarrollo de Ambientes Virtuales de Aprendizaje – AVA, el cual tiene como objetivo el desarrollo de herramientas de apoyo a la docencia presencial, basadas en el manejo de tecnologías de información. Igualmente, dentro del Departamento de Arquitectura de la misma universidad, se han desarrollado algunos proyectos alrededor de los cursos de construcción, que apuntan directamente a los objetivos expuestos anteriormente; esto hace evidente que la principal motivación para la formulación y desarrollo de este proyecto de investigación, es la experiencia desarrollada durante más de cinco años como profesor del área técnica del programa de arquitectura y adicionalmente los estudios de posgrado desarrollados en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona – ETSAB, alrededor del problema de la enseñanza de la Técnica en Arquitectura.

Al mismo tiempo, vale la pena resaltar que la oportunidad generada a partir de la construcción del nuevo edificio Mario Laserna, de la Universidad de los Andes, generó una serie de inquietudes sobre la necesidad de diseñar una estrategia para garantizar que este proyecto generara la mayor cantidad de conocimiento para las

comunidades relacionadas dentro de la Universidad. Este proyecto de investigación, además de la documentación y prototipos asociados, generó el diseño de un curso conjunto de los departamentos de Arquitectura e Ingeniería Civil, que permitirá poner a prueba las conclusiones de esta investigación así como el registro sistemático del proceso constructivo del edificio antes citado. Vale la pena aclarar que el desarrollo de este proyecto, así como el curso que nace de esta investigación, no están subordinados específicamente a la construcción del edificio Mario Laserna, por el contrario, es evidente que poner a prueba la investigación con un edificio de gran complejidad, como lo es éste, es un reto que garantiza un nivel de excelencia en la solución propuesta así como del alcance del mismo.

La aspiración final es que este proyecto no termine con la redacción de este documento, si no que por el contrario, sea el inicio de un proyecto que siga expandiendo sus alcances en la medida que el trabajo académico y profesional así lo exija y la dinámica de la Universidad de los Andes y el programa de Magíster en Ingeniería Civil lo demande.

5. ALCANCE

Debido al carácter escalable de este proyecto, se hace necesario definir claramente las metas inmediatas que son factibles de cumplir durante el primer año de su desarrollo. Esta investigación establece un estado del arte a nivel nacional e internacional con respecto al tema de las tecnologías de información aplicadas al manejo del conocimiento en programas de pregrado y posgrado, referido

directamente al marco del problema de la docencia. Al mismo tiempo plantea conceptualmente el modelo de un sistema de información integrado para la enseñanza de la técnica a partir de la documentación y sistematización de información de diferentes fuentes, referidos al problema técnico de la Arquitectura y la Ingeniería Civil. Este trabajo tiene un objetivo paralelo a los centrales, ya expuestos anteriormente: Establecer un punto de referencia que sintetiza los esfuerzos realizados por los diferentes estudiantes de magíster a lo largo de veinte años que han abordado este tema; este punto de referencia debe ser la base para futuras investigaciones relacionadas.

Se plantea como comprobación inicial del modelo propuesto, dos instrumentos claramente diferenciados: El montaje de un prototipo digital que aborda la mayor parte de los aspectos complejos que supone el modelo y el desarrollo de un curso en donde estudiantes de pregrado probarán el sistema durante un semestre con el fin de identificar su verdadero potencial y generar una serie de recomendaciones y ajustes al final de éste; vale la pena resaltar que este proyecto ha contado con el apoyo de algunos estudiantes de pregrado en arquitectura, quienes han sido un componente determinante en la formulación y montaje de los prototipos del sistema.

Es importante tener claro que el alcance de este proyecto no pretende generar una herramienta completamente terminada; el resultado es un documento conceptual que servirá de directriz para futuros proyectos y establece una serie de prototipos que tendrán que ser probados en otros momentos del proyecto y seguramente

algunos tendrán que ser reformulados en el futuro cercano, por otros estudiantes del programa de Magíster en Ingeniería. Este último punto se hace posible dado que el proyecto tendrá continuidad dentro del Departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes, como parte integral del plan estratégico del área técnica de este programa.

6. ANTECEDENTES

6.1 Revisión referentes Tesis de Magíster Universidad de los Andes.

Este apartado tiene como objetivo definir claramente el estado del arte a nivel de la comunidad académica dentro de la que se desarrolla este proyecto.

6.1.1 Sarria Climent, Fernando. Desarrollo e implementación de una aplicación de multimedia en la enseñanza de la construcción (Sarria, 1994).

Este trabajo tuvo como objetivo proponer una herramienta basada en el hipertexto o navegación no lineal, como apoyo al desarrollo de los cursos avanzados de ingeniería civil en pregrado, del área de estructuras. El resultado final fue una aplicación bajo la plataforma Apple, estática, de difícil actualización. Este trabajo refleja el interés que ha tenido la Universidad de los Andes en el manejo de tecnologías de apoyo a la docencia, desde la década de los noventa. El aporte principal es la identificación del tipo de información que debe manejar un sistema de apoyo a la enseñanza de la construcción.

6.1.2 Luquetta Castro, Ricardo. Desarrollo e implementación de una aplicación de multimedios en la enseñanza de la construcción (Luquetta, 1997):

Es un proyecto que maneja los mismos objetivos y alcances del desarrollado por Fernando Sarria Climent; la diferencia radica en el tema desarrollado: Sistemas de instalaciones. Las conclusiones son similares y las limitaciones identificadas son iguales en los dos proyectos. Realiza un trabajo de recopilación de la totalidad de antecedentes desarrollados en la Universidad de los Andes:

- Taboada A. – Programa para el dibujo de diagramas de fuerzas internas y deformada de estructuras. – 1985
- Albornoz G. – Desarrollo de un programa didáctico e interactivo para el análisis matricial de estructuras. – 1987
- Corrales J.A. – Ayudas para el estudio por computador de resistencia de materiales. – 1990
- Posso G.A. – Ayudas docentes para el análisis de estructuras. – 1993
- Villamizar R – Ayudas docentes por microcomputador para el diseño de estructuras metálicas. – 1993
- Doria J.M. – Desarrollo gráfico y complementación del programa de ayudas didácticas para el análisis de parrillas por computador. – 1994
- Ruiz C. – Aplicación multimedia para el apoyo de la educación, curso introducción a la Ingeniería Civil. – 1994

- Villegas H.E. – Aplicación multimedia para apoyo a la enseñanza de la construcción, módulo de cimentaciones. – 1995
- Yockteng C.I. - Aplicación multimedia para apoyo a la enseñanza de la construcción, módulo envolvente exterior. – 1995

6.1.3 Alarcón Martínez, Liliana. Mejoramiento continuo de procesos

constructivos: Aplicación del video como apoyo al seguimiento de la operación de obras (Alarcón, 1998).

Este trabajo marca la entrada del uso de videos *time lapse* en la medición y mejoramiento de la productividad de procesos constructivos. Presenta un aporte importante en el manejo de protocolos para la toma de información y hace referencia directa al problema de almacenamiento digital de videos; adicionalmente identifica otras aplicaciones que puede tener el uso de esta herramienta en construcción: Revisión de cadenas de calidad, identificación de riesgos y posible utilización en la capacitación de personal en las empresas y universidades.

6.1.4 Arrieta Bernate, Rocío. Aprovechamiento del potencial de la informática en el mejoramiento del registro histórico de proyectos de construcción (Arrieta, 2000).

El prototipo propuesto por este proyecto está dirigido específicamente al problema de registro histórico de una empresa constructora. Se propone el uso de las lecciones aprendidas como la unidad básica de

conocimiento en una organización. El prototipo es una base de datos, que utiliza una interfaz de Internet para el ingreso de los datos. Es un sistema de registro, que carece de herramientas de calificación y certificación de la información ingresada. Identifica los problemas de estos sistemas: necesidad de actualización, facilidad para compartir la información y la necesidad de utilizar software de dominio público para el manejo de los archivos. Tiene una revisión extensa de los antecedentes en trabajos relacionados con la toma de datos y manejo del registro histórico, desde el punto de vista gerencial. Este trabajo establece la línea base para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

6.1.5 Rodríguez Lezaca, Diego. Estructura de desglose del trabajo unificada para Bogotá (Rodríguez, 1998).

Esta investigación tiene como objetivo generar un índice único de actividades dentro de los proyectos de construcción. A lo largo del documento hace referencia a los problemas de incompatibilidad de la información generados por el uso de estructuras de desglose diversas. La WBS propuesta en este trabajo, así como la codificación correspondiente será tomada como referencia base para el desarrollo del diccionario de datos del prototipo propuesto por la presente investigación.

6.2 Revisión referentes nacionales

En este apartado se busca identificar las experiencias similares a este proyecto, aplicadas a la enseñanza de la construcción; desafortunadamente este tema no ha sido avanzado por otras comunidades académicas a nivel nacional, siendo los únicos referentes los consignados a continuación.

6.2.1 Aristizábal, José A. Curso interactivo de construcción, para casas de 1 y 2 pisos: <http://www.senavirtual.edu.co>

Este es un proyecto desarrollado con el apoyo del Servicio Nacional de Pruebas – SENA, desde hace tres años. Es un sistema interactivo de intercambio de información, basado en la plataforma Microsoft Blackboard, la cual es análoga a la herramienta Web-CT utilizada en la actualidad por los cursos de la Universidad de los Andes. Permite el intercambio de información entre estudiantes y profesores a través de la Internet. El sistema maneja las guías de trabajo del curso, archivos con lecturas, imágenes y videos explicativos; estos últimos fueron producidos y filmados específicamente para esta herramienta. El principal problema identificado por el profesor que lidera este proyecto, es que generalmente la información que se ingresa al sistema no está diseñada para ser navega por la Internet; son archivos de gran tamaño, difíciles de manipular y que son muy largos para ser impresos mediante una impresora convencional. Lo anterior indicó uno de los puntos determinantes en el desarrollo del proyecto, ya que llama la atención

sobre el problema del diseño didáctico de información de apoyo a la docencia. Este es un curso que tiene gran acogida a nivel mundial, ya que en el momento de la consulta tenía más de ciento cincuenta participantes de todo el mundo tomando el curso, lo cual es el indicador más fuerte de la pertinencia de esta herramienta.

6.2.2 Departamento Técnico Legis S.A. Construpedia:

<http://www.losconstructores.com>

A nivel local existe un portal de Internet dedicado a la organización de información central del sector de la construcción, conocido como Losconstructores.com. Es un sistema centrado en el manejo organizado de una base de datos de precios unitarios, proveedores e índices económicos relacionados con el sector; este proyecto nació de una publicación bimensual, liderada por la misma empresa conocida comúnmente como Construdata. Este portal propone como valor agregado la posibilidad de realizar presupuestos preliminares en línea, informes del estado del tiempo en diferentes ciudades y un módulo llamado Construpedia; esta parte tiene como objetivo recopilar de manera organizada información técnica de soporte para el sector de la construcción. En este módulo se encuentran artículos publicados de interés, temas monográficos que han sido publicados en la revista impresa Construdata y algunos temas específicos de procesos

constructivos, explicados mediante dibujos de altísima calidad, los cuales generalmente acompañan temas de Análisis de Precios Unitarios –APU.

Es una herramienta de gran potencial, pero desafortunadamente el módulo de Construpedia es el que menos actualización recibe por parte de sus administradores y dado que su ingreso es restringido, ya que se debe suscribir y pagar un precio por el acceso, la información más valiosa y consultada son los índices de precios y los Análisis de precios Unitarios. Este referente marca claramente el carácter opuesto y complementario que debe tener el prototipo que proponga la presente investigación.

6.3 Revisión referentes internacionales

Este apartado tiene como objetivo identificar experiencias similares a nivel internacional con el fin de aprovechar sus avances y así garantizar la pertinencia del proyecto, no solamente a nivel local. La búsqueda inicial se concentró exclusivamente a artículos de investigación publicados en revistas indexadas, con el fin de identificar claramente una línea de conocimiento, lo cual facilita la búsqueda de información certificada en diferentes fuentes. Dentro de los referentes sólo se encuentran los proyectos de investigación que han tenido continuidad en el tiempo desde su formulación en un *paper* de investigación publicado, por lo cual muchos proyectos fueron descartados durante el proceso de investigación. Adicionalmente vale la pena resaltar la importancia del contacto realizado con dos profesores que han liderado este

tipo de proyectos en Estados Unidos e Inglaterra durante más de quince años; este proyecto se basa directamente en los avances planteados por ellos en diferentes congresos y publicaciones:

Profesor Dino Bouchlaghem

Departamento de Ingeniería Arquitectónica

Universidad de Loughborough – U.K.

Profesor Anthony C. Webster

Departamento de estudios técnicos

Escuela de Arquitectura – Universidad de Columbia – U.S

6.3.1 Bouchlaghem, Dino. Imágenes y visualización generadas por computador como apoyo a la enseñanza de la Ingeniería Civil (Bouchlaghem et al. 2000).

El artículo publicado con este mismo título en el año 2002, como parte del *Journal of Computing in Civil Engineering*, fue el primer elemento que se tomó como referencia para proponer el presente proyecto de tesis. En este artículo se propone un marco teórico general para el uso de herramientas computacionales como parte de los cursos disciplinares de la Ingeniería Civil y al mismo tiempo propone una posible organización alrededor de una serie de prototipos, que el autor propone desarrollar durante cinco años. Muchos de los términos técnicos utilizados a los

largo del este proyecto de investigación fueron tomados directamente de la propuesta del profesor Bouchlaghem.

Otro de los elementos claves en la decisión de tomar como referente principal este proyecto inglés, fue el hecho que dentro de las referencias tomadas por el autor aparecían los avances realizados por la Universidad de los Andes en este tema, los cuales fueron presentados en 1996, por el profesor Diego Echeverry, dentro del congreso internacional "*Held in conjunction with A/E/C systems*".

El proyecto del profesor Bouchlaghem propone la creación de un sistema de información para el manejo eficiente de la información gráfica de apoyo a la enseñanza: CAL-VISUAL (Computer Aided Learning). Este sistema de información no sólo tiene como objetivo ser aplicado en la Universidad de origen del proyecto, sino que adicionalmente se busca asociar una serie de instituciones que aprovechen este proyecto, generando una serie de sinergias que pueden promover el proyecto más allá de sus objetivos iniciales.

Dentro de las universidades asociadas, se encuentra:

- Universidad de Montfort
- Universidad de Bristol
- Universidad de Westminster

- Politécnico de Carillion

Dentro del desarrollo de la investigación y gracias al contacto realizado con el autor, se tuvo la posibilidad de acceder a la totalidad de la documentación de este proyecto, con lo cual el avance de la investigación fue favorable.

6.3.2 Echeverry, Diego. Enseñanza de la construcción basada en sistemas de multimedia (Echeverry, 1996).

Este artículo tiene dos elementos que lo hacen importante para el desarrollo de la presente investigación; en primer lugar define claramente el lugar de las tecnologías de información dentro del problema de la enseñanza del ingeniero civil, mostrándolas como un complemento y no como un futuro reemplazo del trabajo presencial entre estudiantes y profesor. En segundo lugar, hace un resumen del estado del arte a nivel de la Universidad de los Andes, en el año 1996, con respecto al uso de las tecnologías de información como apoyo a la docencia. En el artículo se muestran tres prototipos desarrollados por estudiantes del magíster en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, dentro del marco de la “Cátedra Apple”, donde con el apoyo de esta empresa se logró un gran avance en los temas del manejo multimedial, en el contexto local de la Universidad de los Andes.

Como conclusión, el profesor Echeverry hace referencia a que los esfuerzos de futuras investigaciones se deben concentrar en el estudio de la interacción entre estudiantes y profesores, así como un sistema de control de calidad de la información manejada por estos medios.

6.3.3 Webster, Anthony. Anatomía arquitectónica: Herramientas

interdisciplinarias basadas en el uso de la multimedia, como herramientas para el análisis y diseño de edificios (Webster et al. 1995).

Al igual que el proyecto liderado por el profesor Bouchlaghem, esta investigación es el otro punto de apoyo determinante para el desarrollo de esta tesis. El profesor Webster propone diferenciar claramente las herramientas digitales que registran de manera infinita información de todo tipo y los sistemas que permiten analizar y agregar valor a esa información. La estrategia propuesta por este profesor con los estudios de casos específicos, realizados por diversas comunidades, de forma interdisciplinaria. La anterior estrategia, genera que la información cargada en un sistema de información proviene de diferentes fuentes, así como los posibles análisis generados.

El problema central será diseñar un sistema de información que permita manejar el siguiente proceso:

- Ingreso de la información normalizada
- Clasificación y cruce de la información

- Recuperación de la información para construir la base de los estudios de caso.
- Ingreso de los aportes y análisis de diferentes expertos a los casos.
- Recuperación, valoración y control de calidad de los análisis.

Este proyecto, planteado inicialmente en el año 1996, ha tenido continuidad hasta el momento, hasta tal punto que es la base para la generación de información en los cursos sobre tecnología de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Columbia en Estados Unidos. Al visitar el sitio de Internet de este proyecto, es sorprendente la dinámica que tiene la información y los análisis desarrollados por los estudiantes de magíster y otros profesores que colaboran en el proyecto. En uno de los casos revisados, se encontró como un edificio tiene una serie de fotos actuales, de su proceso constructivo, análisis estructurales, artículos publicados, propuestas de estudiantes alrededor del edificio.

Finalmente el profesor Webster llama la atención sobre el principal riesgo de un sistema de información: La validación de la información consignada y la posibilidad que se convierta en una simple colección infinita de información inútil, si no existe una cadena de valor claramente definida.

6.3.4 Hajjar, Dany. Metodología de modelación unificada para simulación de procesos constructivos (Hajjar et al. 1997).

Este proyecto establece la importancia del manejo de sistemas análogos e icónicos más cercanos a la realidad, con el fin de garantizar una mayor apropiación de los contenidos en la enseñanza de los procesos constructivos. Realiza una crítica importante al altísimo grado de abstracción de los sistemas de modelación actual, en los que signos poco claros o instrucciones complejas son las encargadas de modelar procesos de construcción complejos. La inclusión de íconos garantiza que el estudiante conecte sus conocimientos sobre modelación con los de procesos constructivos en el sitio.

La base importante que se toma para el proyecto de investigación es la necesidad de generar interfaces más cercanas a la realidad, con lo cual se está garantizando una mayor facilidad en la integración de conocimiento por parte del estudiante. Uno de los ejemplos más claros se presenta cuando el estudiante se tiene que enfrentar a un buscador de la Internet, pero no tiene claras las palabras claves que debe utilizar; seguramente si se tuviera una interfaz más análoga con los íconos que él ha visto en su vida diaria, sería más fácil aproximarse al conocimiento.

6.3.5 de Vries, Bill. Entrenamiento de gerencia de construcción a través de simulación digital del lugar de trabajo (de Vries et al. 2001).

Este es un proyecto ambicioso de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería de la Universidad de Eindhoven. Supone la generación de una gran pantalla de ciclorama, donde el profesor programa el desarrollo de una serie de situaciones de obra, en las cuales los estudiantes, que están dentro de cabinas aisladas, deben tomar decisiones y generar la documentación y órdenes para afrontar cada una de las situaciones. Las operaciones realizadas por cada estudiante son evaluadas por el instructor y al final del ejercicio éste último muestra la secuencia más adecuada para afrontar la secuencia propuesta.

Este proyecto resalta la importancia de poder traer la obra al salón de clases; el paradigma de uso del tiempo real para una obra se rompe completamente, ya que se deja claro que el tiempo de obra no amerita el seguimiento sincrónico de los estudiantes; es importante garantizar el contacto con la realidad de la obra en sus momentos más determinantes, en lo que se toman las decisiones centrales de su proceso constructivo.

Un sistema de información debe garantizar que un estudiante aprenda a identificar estos momentos determinantes, en los que su intervención como profesional será invaluable. Vale la pena resaltar que esta

universidad realizó una gran inversión para construir el único centro en Europa destinado al entrenamiento virtual de gerentes de construcción.

6.3.6 Kumaraswamy, Mohan. Aprendizaje acelerado apoyado en visitas virtuales a obra (Kumaraswamy, 2004).

Este proyecto, desarrollado en la Universidad de Hong Kong, identifica claramente las dificultades que suponen las visitas a obra dentro de los cursos técnicos de la carrera de Ingeniería Civil. Esta investigación fue publicada la revista indexada sobre Tecnologías de Información aplicadas a la Arquitectura, construcción e ingeniería (Internacional Journal of IT in Architecture, Engineering and Construction – IT/AEC), en una edición especial del año 2004 dedica al aprendizaje vía electrónica.

Este proyecto tiene como objetivo la utilización de la multimedia para mejorar y optimizar las visitas a obra. Se propone una metodología en la cual el estudiante realiza efectivamente la visita a la obra, pero existe una serie de actividades basadas en el uso de la multimedia, que le permite volver a visitar el sitio, revisar los aspectos importantes y resolver las dudas que aparecen con la segunda revisión del lugar. Como producto asociado a este proyecto se desarrolló en asocio con cuatro universidades de Hong Kong, el portal CIVCAL, el cual agrupa las visitas y conocimiento derivado de estas:

- Universidad de Hong Kong
- Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong

- Universidad de la ciudad de Hong Kong
- Universidad Politécnica de Hong Kong

Otro punto importante que abordan los autores es la necesidad de un trabajo continuo del cuerpo de profesores en la preparación de la información previa, durante y posterior a la visita a obra, con lo cual se pretende estimular la producción de material didáctico por parte de los profesores, garantizando un manejo efectivo de las secuencias de aprendizaje. Este trabajo muestra claramente el alcance que puede tener el uso del video y la fotografía como apoyo al trabajo presencial en clase.

6.3.7 Matute, Helena. Mecanismos de aprendizaje virtual (Matute, 2003).

Este proyecto tiene como objetivo identificar las secuencias de aprendizaje con el fin de proponer metodologías adecuadas para la enseñanza en ambientes virtuales. La profesora Matute trabaja varias universidades españolas y ha aplicado una serie de instrumentos de medición con el fin de identificar los procesos cognoscitivos que le permiten al estudiante fijar los contenidos que se imparten en clases.

Actualmente esta profesora tiene una página en la Internet que tiene como objetivo que cualquier persona pueda aplicar una serie de experimentos que le demuestran cómo casi cualquier contenido se puede aprender a través de ambientes virtuales. Durante el proceso de investigación de esta tesis, se participó en un foro virtual con esta profesora, con lo cual se logró tener un

panorama básico del problema de la enseñanza mediante la utilización de tecnologías de información; una de las conclusiones que se destacan es la necesidad de diseñar nuevas metodologías e instrumentos didácticos que se acomoden a la lógica de la tecnología; no se puede aspirar a replicar el esquema presencial tradicional en el espacio informático. Utilizando las palabras de esta profesora: “es como tratar de construir una casa para la necesidades de hoy en día con las técnicas del siglo VIII antes de Cristo”.

7. DEFINICION DEL PROBLEMA

Dentro de la enseñanza de la Técnica en Arquitectura e Ingeniería Civil, el contacto directo con los procesos de diseño, planeación, gerencia, construcción y operación, es una de las piezas más importantes en la formación de un profesional ético, capaz de enfrentar diversas situaciones durante el ejercicio de la profesión. Esta formación demanda un contacto directo con la realidad construida, con el fin de apoyar la construcción de un pensamiento técnico, tanto de los estudiantes, como de los profesores y profesionales en ejercicio (Cárdenas & Villazón, 2000); para garantizar esta construcción racional del pensamiento técnico, es necesario contar con una serie de herramientas y estrategias docentes que logren maximizar el escaso tiempo que tanto estudiantes, como profesores y profesionales pueden dedicar a su formación en temas técnicos.

El contacto con la realidad durante la formación de pregrado, posgrado y el ejercicio regular de la profesión, siempre se ve enfrentado a los problemas de costo, seguridad durante las visitas de obra, disponibilidad de obras en desarrollo, cantidad limitada de operaciones de construcción en proceso, incompatibilidad del tiempo de desarrollo en obra con los tiempos de una visita (en una hora de visita a obra, una operación de construcción no presenta cambios significativos) y finalmente el principal problema: la gran inversión de tiempo que demanda una visita (Echeverry, 1996); se debe realizar una preparación, coordinación con el equipo de construcción, revisión de responsabilidades, desplazamientos y manejo de diversos riesgos (Bouchlaghem et al. 2000). Se hace necesario plantear sistemas de información, dentro de las escuelas de Arquitectura e Ingeniería Civil, que mitiguen el impacto de esta situación en la formación de los estudiantes de pregrado y posgrado (Kumaraswamy, 2004).

El desarrollo de este proyecto de investigación se centra en la construcción de un sistema de información y comunicación, que apoye el registro sistemático de los procesos generados alrededor de la construcción de un edificio, con el fin de convertir esta información en una herramienta activa de enseñanza, a la cual puedan acceder diferentes comunidades relacionadas con el problema de la construcción.

Este sistema de información, tiene la capacidad de integrar diferentes tipos de información, de una forma ordenada, que garantice su uso, actualización y

mejoramiento continuo. Se basa en las metodologías ya anteriormente desarrolladas en otros proyectos para apoyar el registro histórico en compañías de construcción (Arrieta, 2000) y en el potencial de los sistemas actuales de bases de datos y manejo de archivos en la Internet.

El proyecto de investigación cubre claramente dos componentes: el primero, define la metodología, los procesos y protocolos necesarios para la clasificación y sistematización de la información sobre una base de datos relacional convencional. El segundo, tiene como fin la construcción de interfaces que permitan acceder la información, bajo una lógica compatible con el pensamiento de las comunidades relacionadas con el proceso de construcción; estas interfaces deben permitir el manejo, la consulta, la actualización, mejoramiento y cruce de la información consignada en el sistema.

8. MARCO TEORICO PROPUESTO

Debido a la gran cantidad de fuentes consultadas para la formulación y desarrollo de este proyecto, se ha realizado un trabajo con síntesis importante, con el fin de determinar los conceptos básicos que compondrán el marco de referencia que gobernará el modelo propuesto en esta investigación. La mayor parte de los conceptos proviene de los referentes internacionales consultados, por lo cual se propone como un cuerpo de conocimientos coherente y no como una serie de definiciones desarticuladas.

El primer concepto que se debe definir, es el carácter de las herramientas de apoyo digital a la docencia; el primer grupo de herramientas se conoce como CBL (Computer-based learning), las cuales tienen como objetivo reemplazar parcial o totalmente las horas de trabajo presencial de estudiantes y profesores (Chinowsky, 1997). El segundo grupo de herramientas se conoce como MTAs (Multimedia Teaching Aids), cuyo objetivo es el apoyo a la labor docente presencial, durante las horas no presenciales del curso, mediante herramientas de ejercitación, ampliación de contenidos o apoyo a la profundización de conceptos mediante la modelación digital de la realidad; adicionalmente, este grupo de herramientas busca maximizar la eficiencia en el uso del tiempo de los estudiantes y además mejorar la retención de los conceptos básicos desarrollados; en ningún momento estas herramientas son la parte central del curso, son simplemente un valor agregado a la docencia presencial (Riley & Pace, 1997).

Se propone que en primera instancia, esta investigación se centre en el estudio y desarrollo de herramientas tipo MTAs, ya que estas tienen varios antecedentes importantes en la Universidad de los Andes, como los son la tesis de magíster desarrolladas la mayoría antes de 1996 y en la actualidad el programa para la implementación de Ambientes Virtuales de Aprendizaje – AVA, así como la masificación del sistema SICUA (Sistema de información de cursos de la Universidad de los Andes), basado en la plataforma WEB-CT. En general, estas iniciativas son de uso exclusivo de la comunidad de profesores y estudiantes de

esta universidad, pero la aspiración del proyecto es buscar en un mediano plazo, la masificación del sistema entre otras comunidades académicas.

Adicional a las herramientas de apoyo de tipo CBL y MTAs, se encuentran las que tiene como objetivo mejorar los procesos de evaluación continua del desempeño de los estudiantes en un curso, referenciadas en diferentes textos como CAA (Computer-assisted assessment), las cuales han sido también revisadas dentro del proyecto AVA de la Universidad de los Andes (Bouchlaghem, 2000). En general los tres tipos de herramientas deben funcionar sobre una plataforma que logre integrar sus funciones; esta plataforma debe estimular el aprendizaje basado en la acción (Learning-by-doing) y que de manera simultanea estimule el intercambio de información, lo cual sólo será posible si se propone un sistema que funcione a partir de las necesidades de diferentes comunidades, con los cual se propone el uso de una plataforma DPSS (Distributed performance support system), los cuales permiten a partir de una base de datos relacional relativamente compleja, definir los posibles perfiles de los usuarios que accederán a la información de este sistema.

Las bases de datos relacionales, permiten el cruce de información, lo cual es útil en la medida que la totalidad de documentos, independientes de su fuente, compartan un diccionario de datos común. Este tipo de base de datos es dinámica, ya que permite la generación de tablas independientes que pueden ser interrelacionadas alrededor de una tabla central de datos (Hernández, 2004). Igualmente se debe llamar la atención, alrededor del problema de manejo de información, para lo cual

es necesario incorporar los conceptos de ciclo de vida al este sistema; esto supone identificar las fuentes, protocolos, diseño, montaje, operación, mantenimiento y desmontaje de la totalidad de información consignada en el sistema, lo cual garantiza su pertinencia en el tiempo (Bouchlaghem et al. 2000).

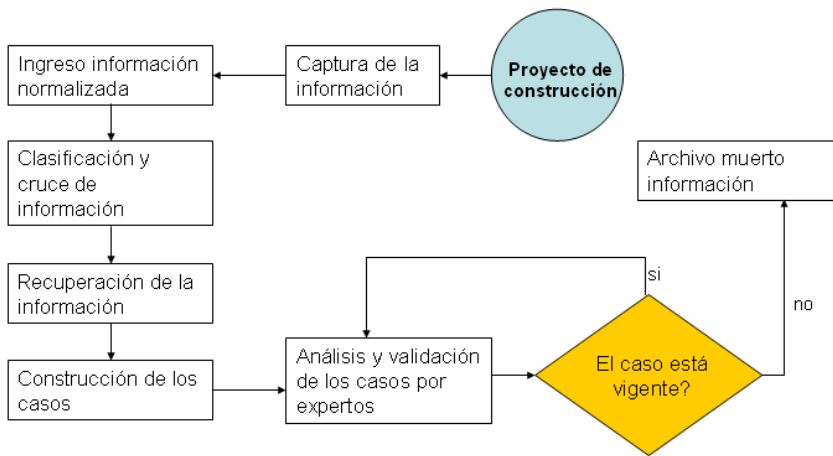


Figura 1: Ciclo de vida de la información – Basado en Bouchlaghem et al.

Dado que este proyecto tiene como objetivo la organización de información de diferentes fuentes, alrededor del problema de la construcción, se hace necesario generar un menú de referencia único que permita la organización de la información dentro de una base de datos y por lo consiguiente garantizar un proceso sencillo para accederla en el futuro; dentro del marco del Magíster en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes se ha tratado de encontrar una estructura de desglose del trabajo o WBS (Work breakdown structure) de construcción, compatible con diferentes ámbitos del problema de la construcción, específicamente lo que tiene que ver con presupuestos, programación de actividades y simulación digital de procesos constructivos; el resultado de estos estudios está consignado en la WBS unificada para la ciudad de Bogotá (Rodríguez, 1998), donde a partir de una

organización de capítulos y sub-capítulos se busca cubrir la totalidad de los procesos constructivos. Durante el proceso de desarrollo del proyecto de investigación, fue necesario ajustar la WBS propuesta inicialmente, por una que respondiera de una manera clara a las exigencias de clasificación del sistema de información.

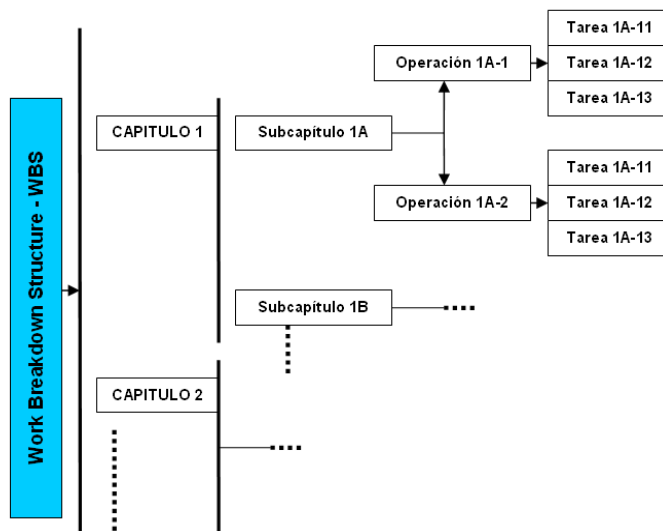


Figura 2: Estructura general de desglose propuesta

9. METODOLOGIA PROPUESTA

Con el fin de cumplir con la construcción de los dos componentes enunciados anteriormente en la definición del problema de investigación, se propone una serie de pasos, donde cada uno cumple un papel determinante para el desarrollo del proyecto.

- Identificación de referencias bibliográficas nacionales e internacionales, relacionadas directamente con la enseñanza apoyada en tecnologías de

información. Esto garantiza la identificación de proyectos de investigación y avances conceptuales y tecnológicos determinantes para la construcción del marco teórico de la investigación.

- Identificación de sistemas de integración de información académica, a nivel nacional es internacional. Se hará un énfasis importante en la búsqueda en el ámbito universitario, debido a que el proyecto planteado busca una aplicación directa a la enseñanza de pregrado y posgrado.
- Revisión de la plataforma WEB-CT, utilizada actualmente por la Universidad de los Andes como herramienta de integración de información y comunicación entre estudiantes y profesores.
- Entrevista informales con profesores y estudiantes, con el fin de apoyarla construcción de la definición del problema que aborda este proyecto de investigación. Esta actividad es sencilla, teniendo en cuenta el trabajo de profesor que desarrolla el autor actualmente en la Universidad de Los Andes.
- Revisión y evaluación de los tipos de bases de datos disponibles en el mercado. Es determinante identificar una plataforma de manejo de información que garantice el escalamiento y adaptabilidad del sistema en el futuro, ya que este elemento será la base para su continuidad en el tiempo; adicionalmente los temas de costo y dominio público de la herramienta son centrales en la toma de esta decisión.
- Definición de comunidades y perfiles de usuarios. El público objetivo de este sistema es complejo y por lo tanto demanda un análisis profundo de

cada uno de los posibles actores que intervienen en el uso, administración y mantenimiento de las diferentes herramientas. Es deseable que a cada comunidad le corresponda un perfil de usuario y un mapa de navegación particular.

- Definición de los tipos de información que integra el sistema. Este punto se refiere directamente a los archivos digitales que manejará la herramienta, el análisis de sus implicaciones en tamaños de los dispositivos de almacenamiento y los protocolos de intercambio de este tipo de información a través de la Internet.
- Definición de los requisitos del sistema. El tipo de software y hardware utilizado para la construcción de la herramienta debe estar definido claramente, ya que el alcance y aplicabilidad de las herramientas asociadas a éste estarán subordinadas al desempeño de estos dos componentes.
- Diseño de la arquitectura de información. La manera como la información se almacena y al mismo tiempo cómo se accede de manera racional, son la base para garantizar un alto desempeño del sistema. La arquitectura integra de manera explícita las comunidades, sus perfiles de accesibilidad, las bases de datos y las maneras de navegar que tiene cada uno de los perfiles definidos previamente.
- Diseño de la base de datos principal del sistema. Esta actividad de manda en primera instancia la construcción cuidadosa de un diccionario

de datos, que tenga la capacidad de describir las características claves de cada uno de los documentos que integra el sistema.

- Diseño conceptual de las interfaces propuestas para el acceso a la base de datos y construcción de casos de análisis. Estas interfaces son uno de los aportes importantes del proyecto de investigación ya que se busca que sean pertinentes con la manera de aprender que tienen los estudiantes de pregrado y posgrado de las escuelas de Arquitectura e Ingeniería Civil.
- Diseño de los protocolos de manejo de información. Los pasos a través de los cuales un documento o archivo digital entra a hacer parte del sistema, son la base para la definición de un anteproyecto del manual del usuario.
- Carga de información de prueba a la base de datos. Este punto tiene como objetivo revisar el funcionamiento de la base de datos e identificar las posibilidades de cruce que se puede hacer con la información.
- Desarrollo de los prototipos de las interfaces propuestas a nivel conceptual. Esta actividad permite medir la utilidad y funcionalidad del sistema, así como los tiempos necesarios para acceder la información o construir un caso de análisis.
- Puesta en marcha de un curso electivo de pregrado, relacionado directamente con el diseño de procesos constructivos, apoyado en esta herramienta. Durante el primer semestre de 2005 se utilizará el sistema como apoyo a la organización de la información recopilada por los

estudiantes y adicionalmente servirá de integrador de los avances y procesos del edificio Mario Laserna de la Universidad de los Andes.

10. DESCRIPCIÓN DEL APORTE

Este proyecto de investigación se ha centrado en la definición clara de tres aportes al estudio de la relación de las tecnologías de información y la enseñanza de la Técnica en Escuelas de Arquitectura e Ingeniería Civil.

El primero, tiene como objetivo la construcción de un marco teórico de referencia, que recupera la línea de investigación sobre metodologías aplicadas a la enseñanza de la construcción, dentro del Magíster en Ingeniería Civil, de la Universidad de los Andes; éste se encuentra definido en los capítulos iniciales de este documento.

El segundo aporte se centra en el diseño de una base de datos relacional, que tiene la capacidad de canalizar los esfuerzos de descripción y archivo de documentos, hacia su aplicación en la enseñanza en pregrado, posgrado y eventualmente la educación continuada, siendo su principal valor agregado los cruces de esta información, los cuales garantizan su confrontación y control de calidad constantes.

Finalmente, en tercer lugar se encuentra el diseño preliminar de una serie de prototipos de interfaces digitales, que permiten la recuperación inteligente de la información consignada con dos objetivos: Su consulta directa y la construcción de casos de análisis que integran varios documentos de la base de datos, y garantizan

que el sistema no se convierta en una base de datos infinita y que construya conocimiento a partir de la información consignada en su base de datos.

10.1 Premisas para el Diseño del sistema de información

A partir del análisis de la información, los tipos de documentos que pueden hacer parte del sistema y la lógica de las bases de datos, se logró definir una serie de preceptos que debe cumplir en general este sistema, las cuales gobernarán las decisiones a partir de este punto de la investigación:

- Se debe garantizar la actualización y perfeccionamiento del sistema en el tiempo.
- Debido a que la descripción y carga de la información es un proceso complejo, su navegación debe ser sencilla y optimizar el tiempo al máximo, mediante el uso de “atajos”, índices desplegable y la posibilidad de generar registros a partir de registros ya creados en la base de datos.
- Este sistema se concibe como una columna central a la cual futuros proyectos se pueden adicionar de manera sencilla, por lo cual su arquitectura de información debe ser totalmente abierta.
- El software, tanto de el de apoyo como la plataforma, debe ser en lo posible de dominio público o distribución gratuita; eventualmente se debe utilizar los productos que la Universidad de los Andes tiene licenciados bajo la figura de *campus agreement*.

- La totalidad del sistema debe ser susceptible a ser aplicado a un formato tipo CD-ROM, con el fin de buscar otros canales de difusión, diferentes a la Internet, obviando el problema del tamaño de los archivos.
- Se debe diseñar un protocolo para el manejo de cada uno de los tipos de archivo que maneja el sistema, con el fin de generar una línea base para la calidad de esta información.
- De la revisión del manejo de las bases de datos, se identificaron dos tipos: El primero, basada en archivos compartidos, como es el caso de Microsoft Access, la cual es de manejo sencillo, la generación de formularios es automática y los datos se pueden migrar fácilmente a otro tipo de bases de datos; tiene limitantes en el manejo de registro superiores a mil. El segundo, basado en el esquema cliente – servidor, como es el caso de SQL Microsoft (Structured Query Language) y Oracle, las cuales son bases de datos más robustas, de manejo complejo, el diseño de formularios es complejo y demanda el uso de un lenguaje de programación de bajo nivel, similar al HTML.
- Como parte del ejercicio académico de este proyecto de investigación, se debe buscar la forma de incorporar la mayor cantidad de herramientas tipo MTAs (Multimedia Teaching Aids) con el fin de poder medir realmente el alcance de esta estrategia docente y su proyección futura (Riley & Pace, 1997).

10.2 Base de datos para el Sistema de Lecciones en construcción – SLC

La base de datos relacional debe garantizar mediante un diccionario común de datos, la integración y cruce de información de diferentes fuentes alrededor de temas determinantes para la construcción. La información se puede acceder a partir de una serie de ventanas de observación o interfaces, las cuales serán definidas a nivel conceptual y se espera que en el futuro sea desarrollado por el autor y otras personas interesadas en esta línea de investigación:

- Lecciones aprendidas en procesos constructivos
- Análisis de casos
- Motor de búsqueda alfabética
- Interfaz de búsqueda visual
- Aula virtual
- Sala de profesores virtual

La estructura de administración debe permitir la creación de nuevas “ventanas” de observación (Interfaces) para la información en el futuro, basándose en el mismo diccionario de datos.

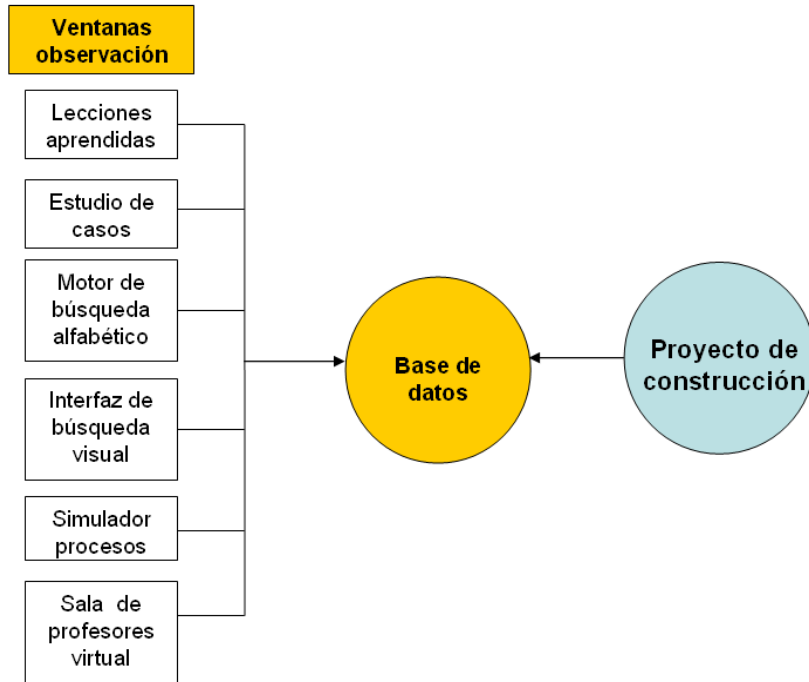


Figura 3: Interacción de las interfaces propuestas, la base de datos y el proyecto de construcción

a información,

según su tipo en el momento de ingreso. Seguramente la primera página del formulario simplemente permitirá “picar” el tipo de archivo que se quiere ingresar:



Figura 4: Tipos de archivos que hacen parte del sistema de información

Existirá una segunda pantalla – formulario en la que el usuario tendrá que llenar una serie de datos acerca del archivo que quiere incorporar a la base de datos. A cada uno de estos archivos le corresponde una serie de campos, los cuales serán de tres clases: Moderados, cuando el usuario escoge dentro de un menú limitado de opciones la información que llenará el campo; Libres, cuando el usuario puede incluir cualquier información alfanumérica; Automáticos, cuando la información la genera automáticamente el sistema.

10.3 Diccionario de datos común

El diccionario de datos común a cualquier tipo de archivo ingresado al sistema estará compuesto por una serie de campos que conforman la estructura de tablas primarias de la base de datos. Estas tablas tiene como objetivo relacionar la información con cuatro objetivos claros: Administración del sistema, Identificación de la información, relación con el desglose del proyecto y relación con algunos datos de apoyo.

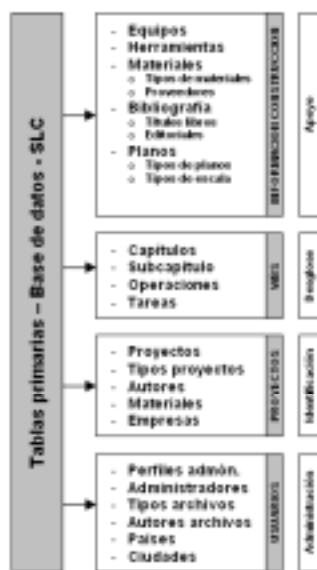


Figura 5: Diccionario de datos genérico para tablas primarias de la base de datos

1. Capítulo general WBS – Menú – se debe incluir subcapítulos de diseño, con el fin de garantizar la referenciación de planos generales. Los planos de detalles deben estar referenciados a una operación, proceso y tarea específica. Las opciones de este campo están basadas en la WBS unificada para la ciudad de Bogotá (Rodríguez, 1998), aunque durante el desarrollo de la investigación se encontraron algunas incoherencias, por lo cual se propone una WBS actualizada, que responde mejor al objetivo del sistema de información - SLC.
2. Subcapítulo específico WBS – asociado – Menú que depende de la selección del campo 1

Si no hay selección en campo 1, no se activa.

Un documento se puede asociar a más de un capítulo y subcapítulo. Las opciones de este campo están basadas en la WBS actualizada para el SLC.
3. Operación específica de la WBS – Asociada – Menú depende de la selección del campo 2

Si no hay selección en el campo 1 o 2 no se activa.

Un documento se puede asociar a más de una operación. Las opciones de este campo están basadas en la WBS actualizada para el SLC.
4. País origen del documento – Menú estándar Windows
5. Ciudad origen documento – Menú que depende de la selección del campo 4

Si no hay selección en campo 4, no se activa.

6. Definición del origen de la información – Dos opciones – Proviene de un proyecto de construcción o de investigación.
7. Creación o recuperación del nombre del proyecto (Investigación o construcción) – Sí el proyecto ya existe en la base de datos, se puede seleccionar en un menú, de lo contrario el usuario entra a un formulario para crear un nuevo proyecto llenando unos datos básicos.
8. Definición de la(s) tarea(s) asociadas – Menú asociado a selección campo 3 (operaciones de construcción).
9. Definición de equipo de construcción – Menú visual
10. Definición de herramienta de construcción – Menú visual
11. Palabras claves asociadas – Generación automática del diccionario

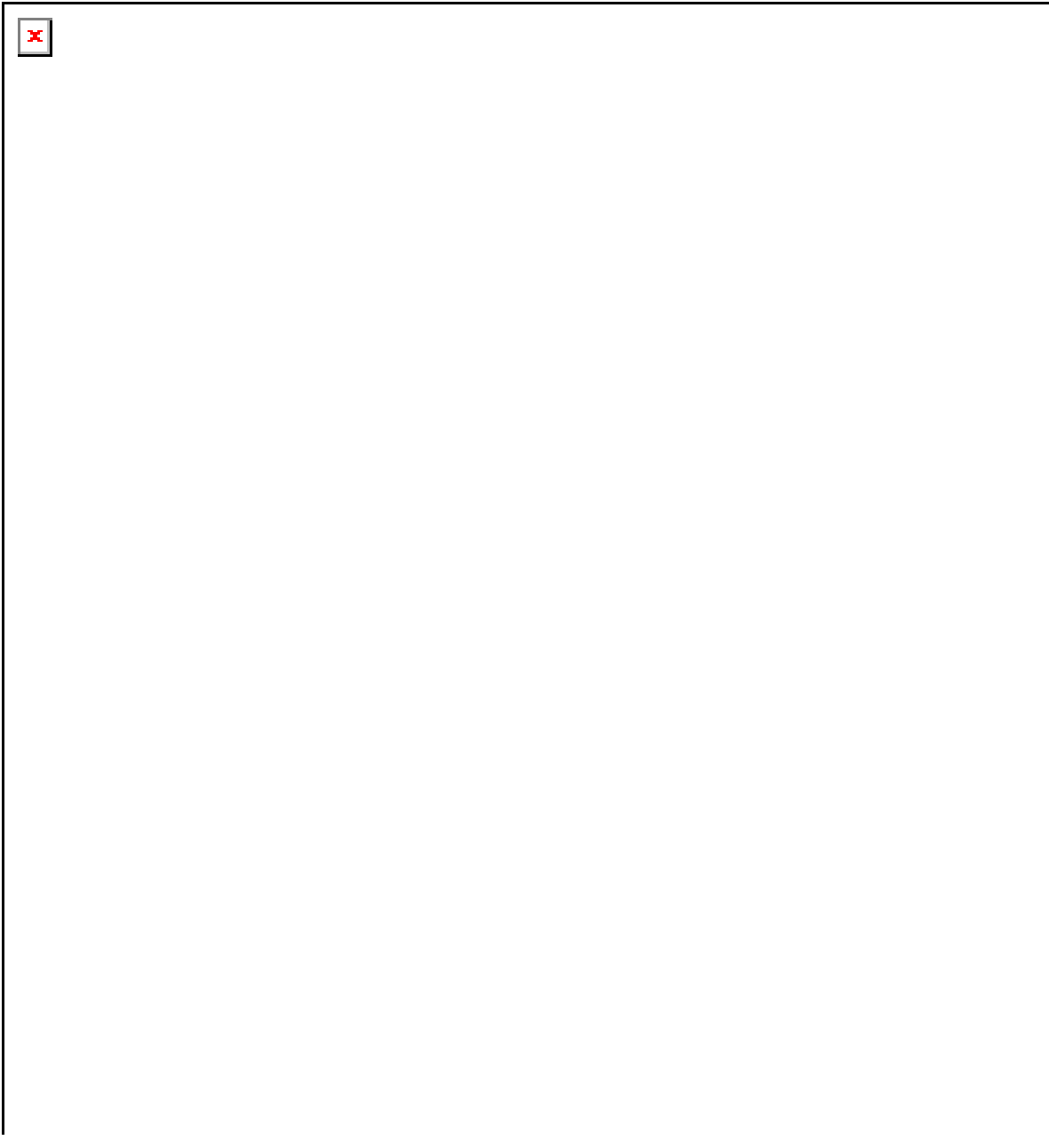


Figura 6: Estructura de datos – Tablas primarias – Sistema de lecciones en construcción

10.4 Diccionario de datos – documentos específicos

Para la descripción de cada uno de los documentos que se ingresan al sistema, se desarrolló una tabla secundaria, basada en algunas de las tablas primarias definidas previamente. Cada tabla secundaria establece relaciones

claras con el conocimiento existente en las primarias y adicionalmente construye información específica de cada documento.

10.4.1 Fotografía de campo

1. Fuente de la fotografía: Autor (persona o empresa) o libro.

Seguramente se puede generar una tabla paralela de autores, ya que muchos se repetirán con el tiempo y esto garantiza la optimización de la herramienta.

2. Problema de construcción o Lección

10.4.2 Fotografía edificio terminado

1. Fuente de la fotografía: Autor (persona o empresa) o libro, utilizado la tabla paralela de autores de fotografías generada en las fotografías de campo.
2. Problema de construcción o lección
3. Materiales predominantes presentes: Utilización de tabla paralela de materiales de especificación, generada previamente en el sistema por el equipo de desarrollo. La tabla se puede modificar para ser aumentada. Sí el material que se quiere referenciar no existe en la tabla, el sistema enviará al usuario a un formulario complementario el cual le permitirá crear el nuevo material; esto permite mantener moderada la cantidad e materiales cubiertos.
4. Aparentemente esta tabla es igual a la de fotografías de campo, pero el objetivo es tener clasificadas las lecciones provenientes del proceso constructivo a parte de las que provienen de la operación del edificio.



Figura 7: Estructura de datos – Tablas secundarias – Fotografía tomada en obra

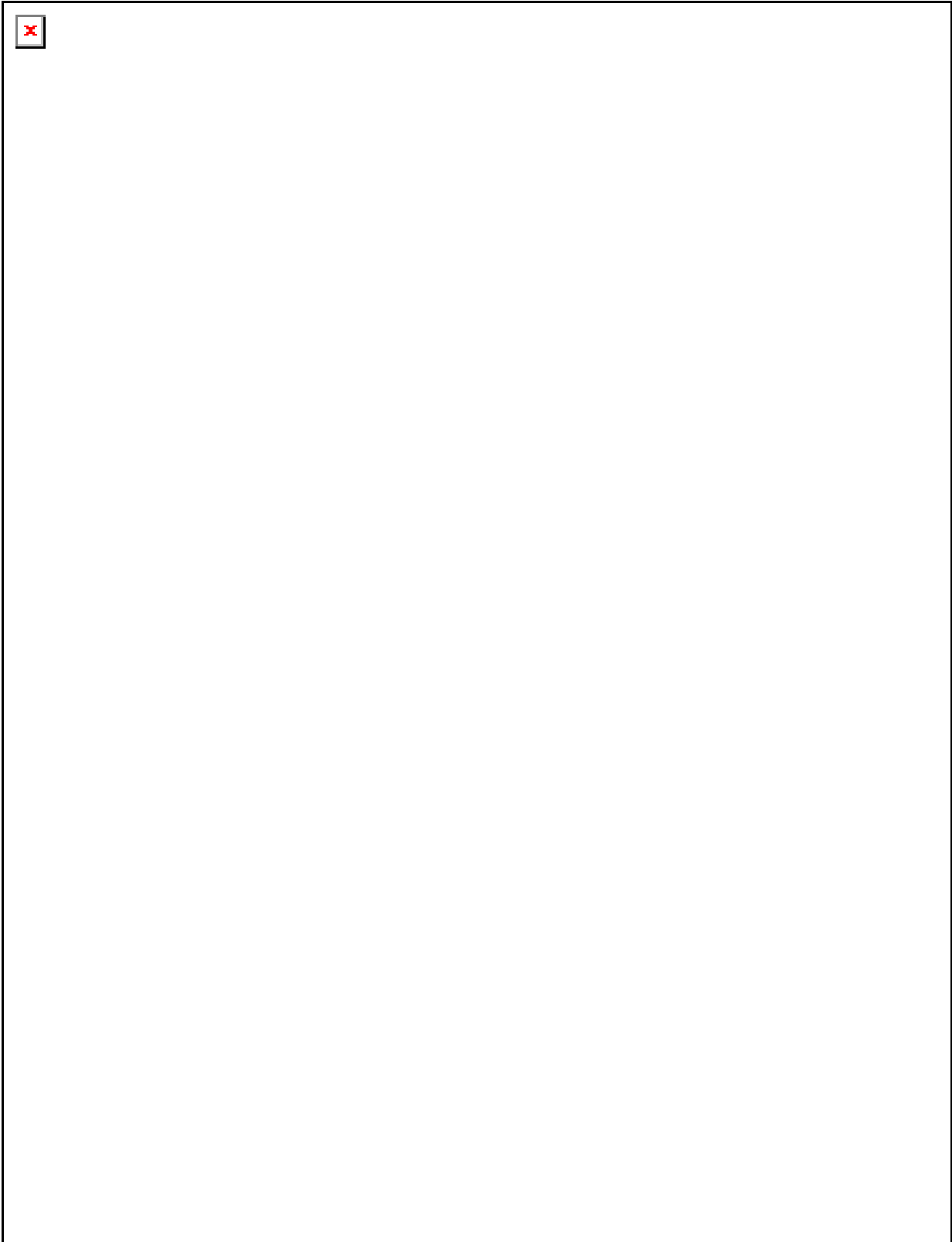


Figura 8: Estructura de datos – Tablas secundarias – Fotografía edificio terminado

10.4.3 Dibujo plano general

1. Tipo de dibujo: El usuario escogerá el tipo de plano de un listado restringido de sistemas de la edificación; el sistema le permitirá crear un nuevo tipo de plano si es necesario. Los tipos entre planos arquitectónicos generales (con subcategorías de planta tipo, planta cubiertas, planta piso #, localización, alzados, cortes, fachadas), planos constructivos de estructuras (plantas, despieces horizontales, despieces verticales, cimentación), etc.
2. Los campos 7 – 11 del diccionario general de datos, no se activarán en el caso que se esté referenciando un plano general.
3. Lección asociada

10.4.4 Dibujo plano de detalle

1. Tipo de detalle estará referenciado por los capítulos, subcapítulos, tareas y procesos asociados.
2. Los campos 10 y 11 no estarán activos.
5. Materiales predominantes presentes: Utilización de tabla paralela de materiales de especificación, generada previamente en el sistema por el equipo de desarrollo. La tabla se puede modificar para ser aumentada. Sí el material que se quiere referenciar no existe en la tabla, el sistema enviará al usuario a un formulario complementario el cual le permitirá crear el nuevo material; esto permite mantener moderada la cantidad de materiales cubiertos.
6. Lección asociada

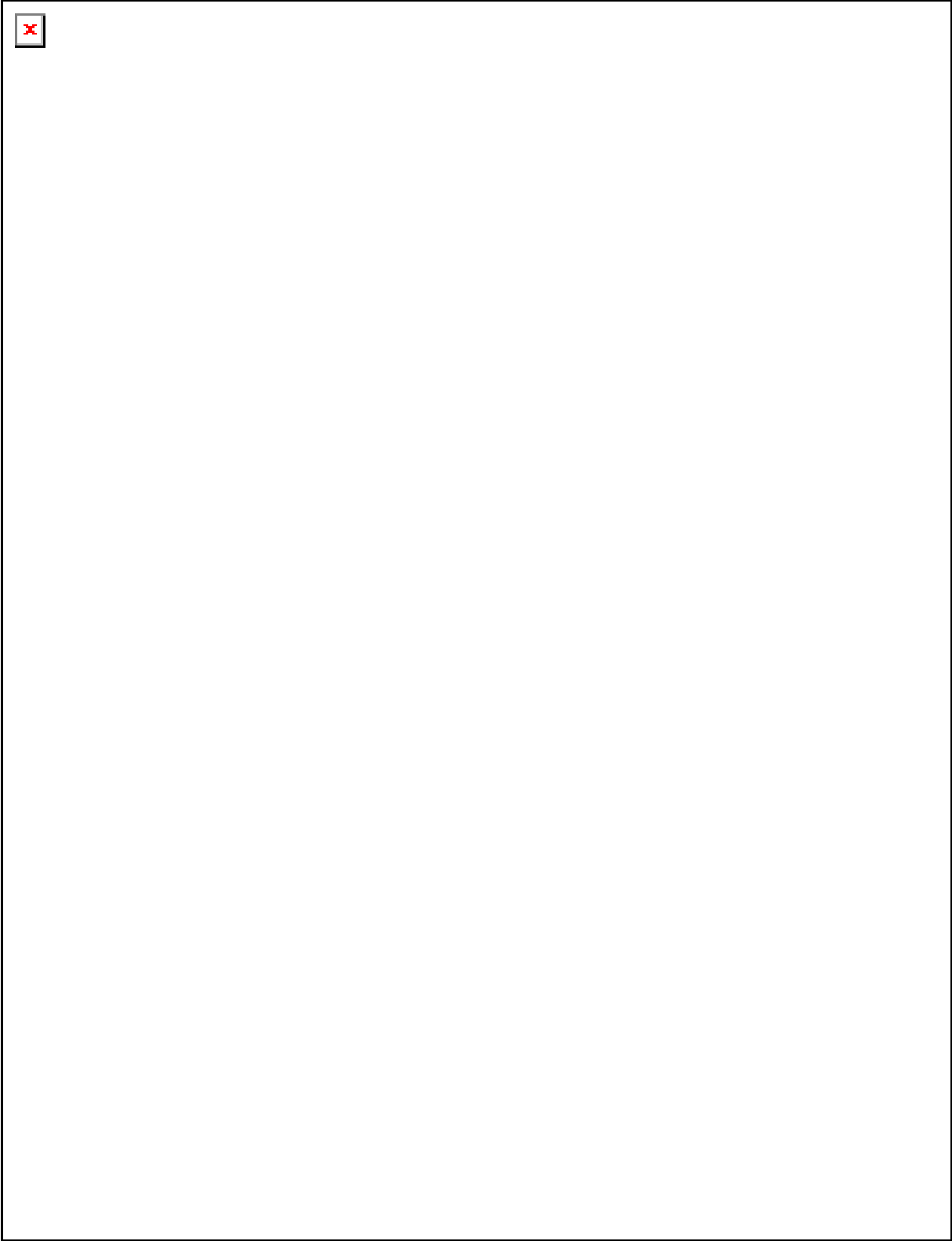


Figura 9: Estructura de datos – Tablas secundarias – Planos de construcción

10.4.5 Video tarea de construcción.

Los pasos constructivos deben estar encadenados en un orden topológico numérico, por lo cual los campos 6-9 ubican el video claramente dentro de un proceso. En este punto el usuario debe poder ingresar el orden topológico de las tareas, teniendo en cuenta la lógica del sistema de codificación de la WBS, que funciona a partir de las tablas primarias. Al igual que las otras tablas secundarias, su interés radica en la identificación de lecciones aprendidas.

10.4.6 Video explicación experto

1. Nombre del experto
2. Institución asociada al experto
3. Fecha de filmación

10.4.7 Video “time lapse”

1. Frecuencia de los fotogramas: Cantidad tomada al día
2. Fecha inicial
3. Fecha final

10.4.8 Paper crítico o de investigación

1. Nombre autor
2. Títulos autor
3. Lección asociada

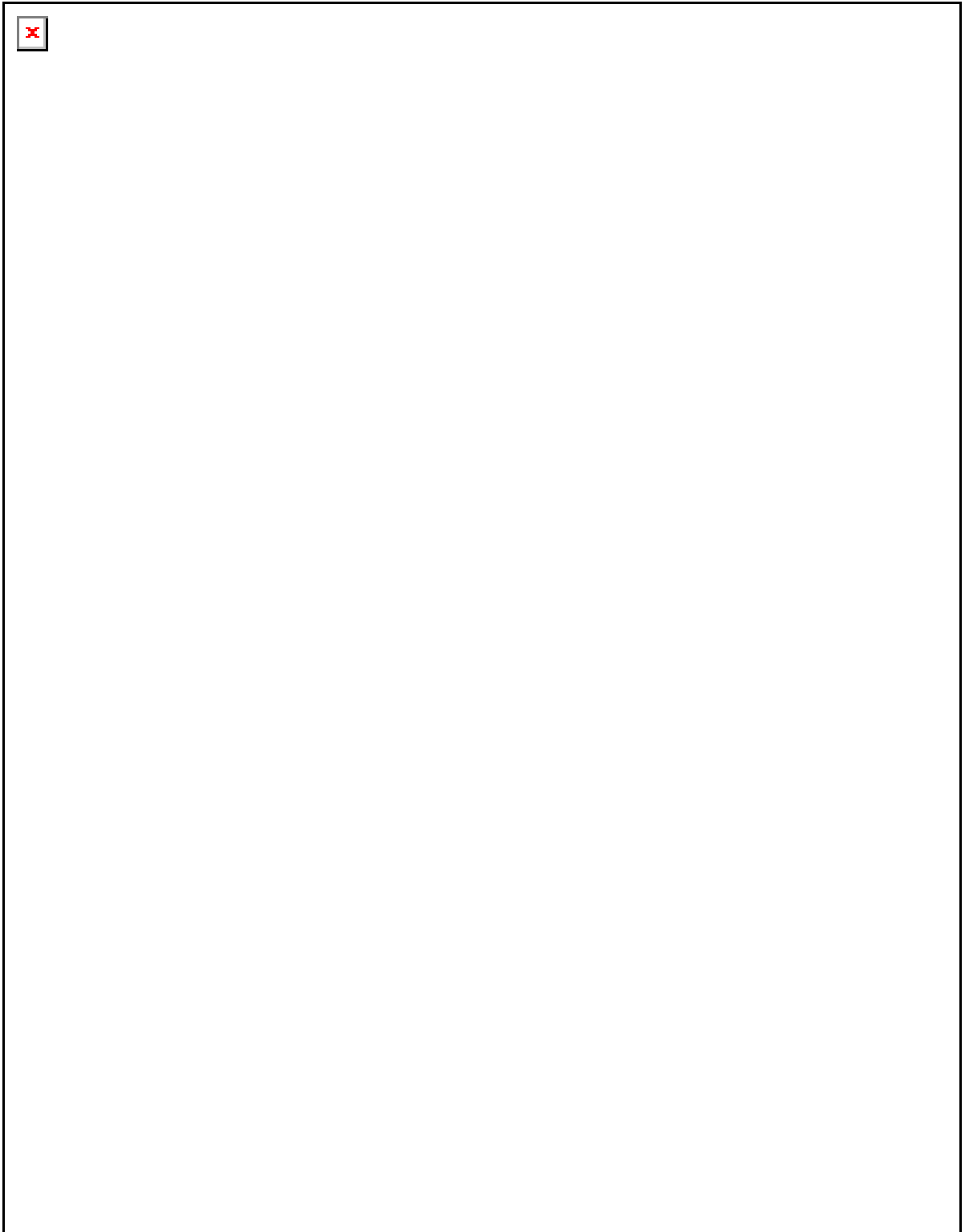


Figura 10: Estructura de datos – Tablas secundarias – Video tarea de construcción

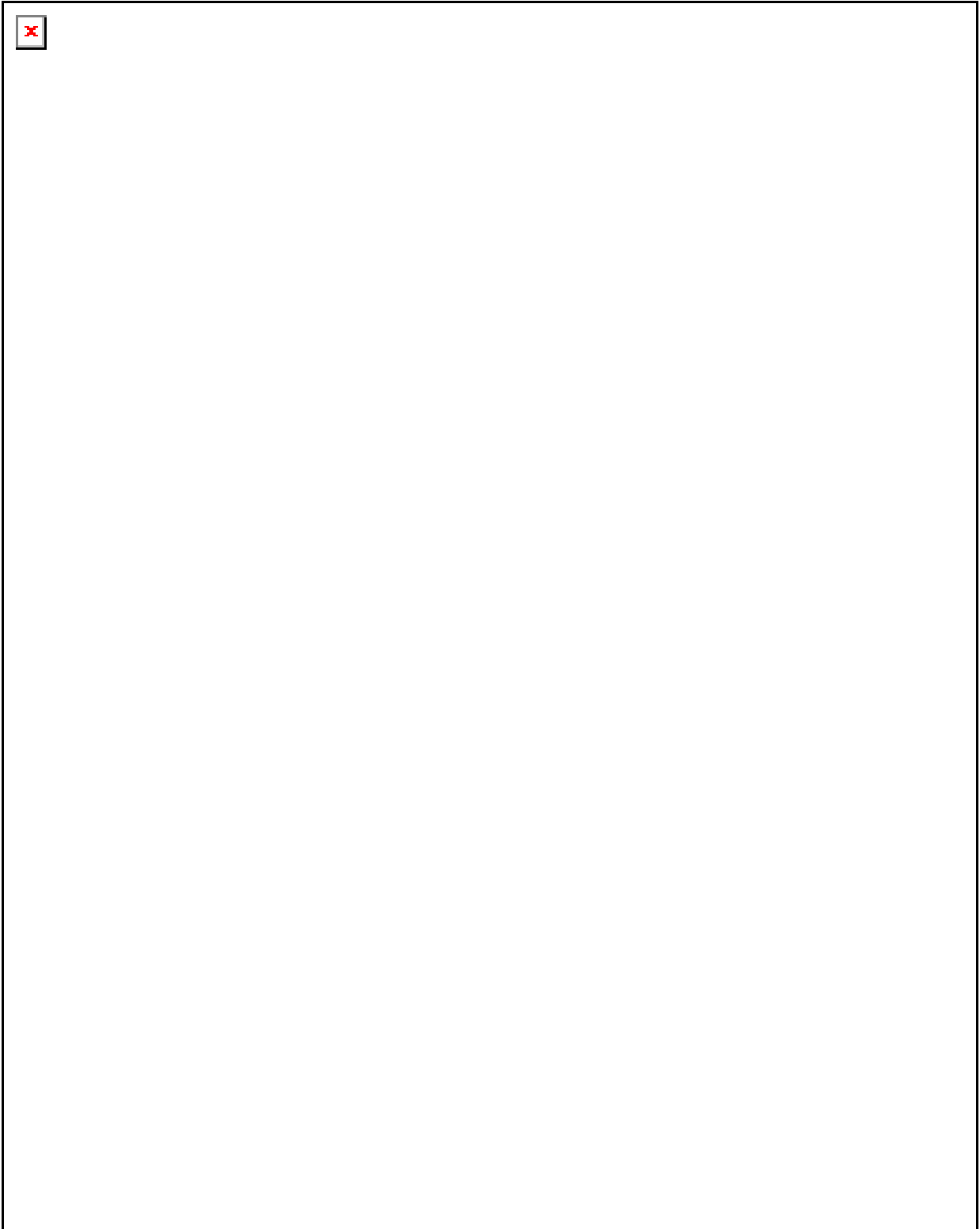


Figura 11: Estructura de datos – Tablas secundarias – Video conferencia experto



Figura 12: Estructura de datos – Tablas secundarias – Video time lapse

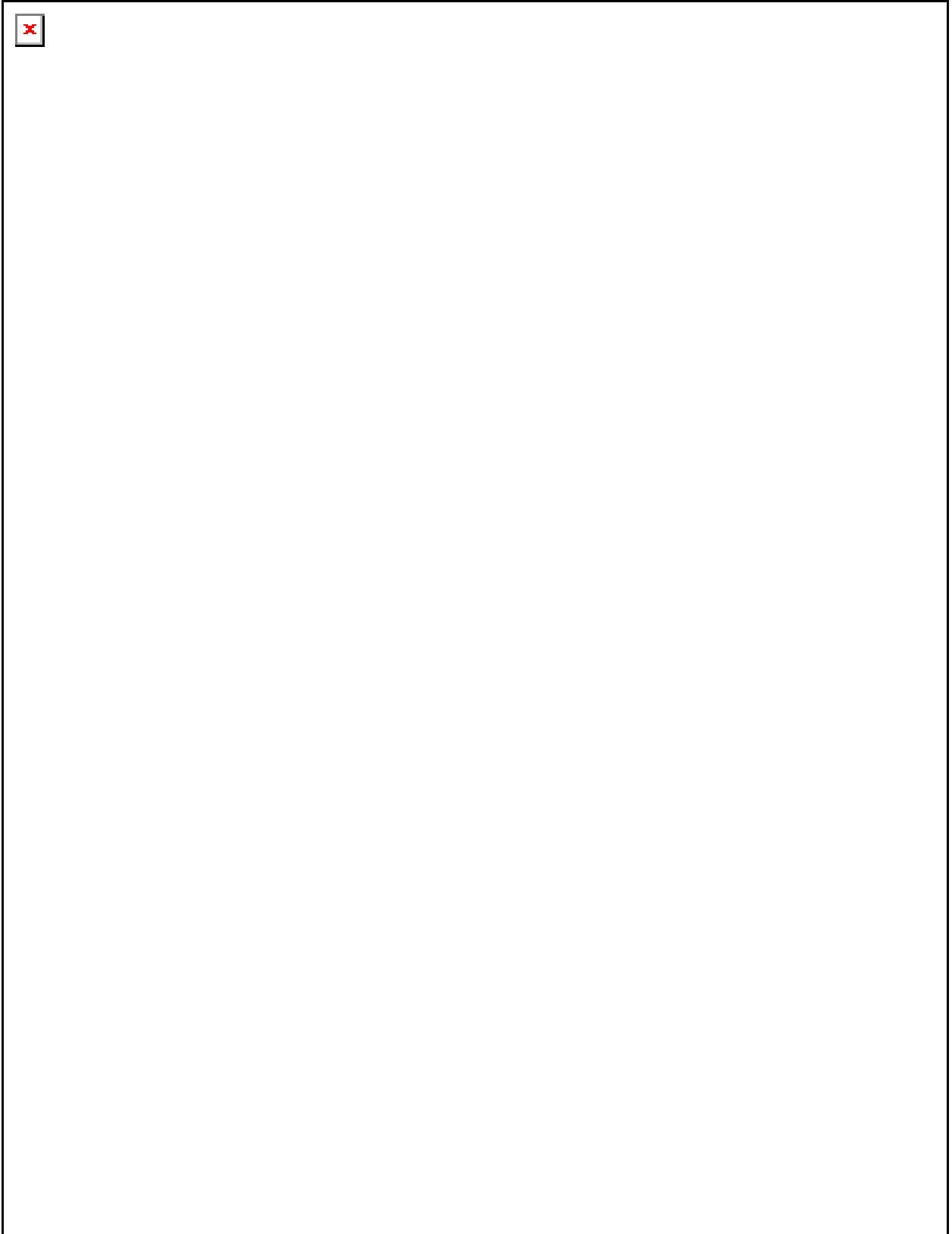


Figura 13: Estructura de datos – Tablas secundarias – Paper investigación

10.5 Perfiles de administración.

Los diferentes documentos serán ingresados al sistema por tres tipos de perfiles administradores:

- Profesores Universidad de Los Andes autorizados por el coordinador del proyecto. Sólo el coordinador del proyecto podrá eliminar y modificar la totalidad de registros. Los profesores “socios” del proyecto, podrán eliminar y modificar los registros propios y los generados por sus alumnos.
- Estudiantes de la universidad de los Andes autorizados por los profesores “socios” del proyecto o el coordinador del mismo. Los estudiantes sólo podrán eliminar y modificar los registros creados por ellos.
- Empresas y/o socios externos. Este usuario sólo puede modificar sus registros.

La totalidad de registros estarán firmados automáticamente por la persona que ingresa al sistema, lo cual supone que los perfiles administradores se deben “logear” al ingresar al módulo de administración. En el futuro cercano, en una segunda etapa de desarrollo, se implementará un sistema de validación cruzada de los registros, lo cual busca mantener la calidad de la información: supone que la información ingresada por los estudiantes, debe ser validada por su profesor, la ingresada por los profesores sea validada por sus pares y el coordinador y la ingresada por el coordinador sea validada por los profesores.

10.6 Descripción conceptual de las ventanas de observación – Interfaces

10.6.1 Lecciones aprendidas en procesos constructivos:

Esta herramienta supone la existencia de un menú clasificado de lecciones aprendidas asociadas a diferentes tópicos del problema de construcción. El usuario puede navegar de manera no lineal por estas lecciones. Al llegar al documento de una lección, le dará una descripción general y le mostrará los otros documentos asociados a la lección: videos, charlas, papers, etc. Este módulo tiene un administrador automático que se actualiza con los registros de la base de datos, y no demanda la intervención de alguno de los perfiles para la creación de estas lecciones.

10.6.2 Análisis de casos:

En esta herramienta demanda la creación del caso por parte de uno de los perfiles administradores. El caso se socia directamente a un proyecto de Construcción o investigación existente en la base de datos y de manera automática, el sistema le mostrará al administrador la totalidad de información asociada al proyecto. El análisis tiene un listado general de aspectos aplicables a un proyecto, el administrados por medio del manejo de una serie de “check boxes” decide que aspectos analizará, a partir de la información disponible y en el siguiente formulario, cada aspecto tendrá una caja de texto, para ser llenada por el administrador y una herramienta para asociar a cada aspecto los archivos necesarios. Adicionalmente, dentro de la presentación del caso a los usuarios

en general, debe aparecer un apartado con los enlaces necesarios a la totalidad de información del proyecto que está disponible en la base de datos.

10.6.3 Motor de búsqueda alfabética:

Este será una herramienta convencional tipo Internet de búsqueda por tipo de archivo, por campos, en la totalidad de la base de datos, utilizando las palabras clave, referidas a la WBS unificada para la ciudad de Bogotá.

10.6.4 Interfaz de búsqueda visual:

Esta es la herramienta más importante del sistema, ya que mediante la utilización de dibujos tridimensionales o fotografías, se asociarán archivos a un elemento visual. Esto supone un módulo de administración, en el que se crea un “caso visual” (Una fotografía o dibujo de fondo), se asigna un nombre y unas palabras claves. En un segundo formulario de administración se asocia el caso a un proyecto, un proceso o una lección y de forma automática el sistema mostrará los archivos disponibles que se pueden asociar al caso. El siguiente formulario permite insertar un punto interactivo sobre la foto y asociar del listado de archivos uno o más documentos al punto de interacción. En todos los casos el usuario siempre debe tener en la pantalla la fotografía o dibujo como referencia y en otra caja el archivo asociado abierto.

10.6.5 Aula virtual:

En este espacio, los administradores pueden incluir el vínculo y descripción de herramientas de simulación y apoyo no presencial a cursos de la Universidad de Los Andes. El acceso es restringido y debe ser definido por los administradores. En la etapa inicial del sistema habrá tres herramientas disponibles, del tipo Ambientes Virtuales de Aprendizaje AVA, desarrolladas con el apoyo de LIDIE:

- Simulador visual de procesos constructivos: Es una aplicación sencilla que le permite al estudiante a partir de un menú de fotografías, crear una secuencia válida desde el punto de vista topológico para representar un proceso constructivo; el sistema de manera automática le informa si el orden es válido o no.
- Sistema de lecturas interactivas para curso de estructuras: Es una herramienta convencional de hipertexto, que aprovecha como insumo las fotografías y videos que están almacenados en la base de datos central.
- Herramienta de apoyo para análisis estructural de proyectos: Es una aplicación compleja que le permite al estudiante generar un modelo tridimensional de una estructura, para luego ser utilizado como base en un análisis estructural manual. El modelo generado por el estudiante se puede cargar al sistema como parte de la información disponible para otros casos.

En general el objetivo de esta ventana de observación es utilizar la información de la base de datos general para el apoyo de herramientas de enseñanza y tener un espacio real de comprobación de la efectividad de estas herramientas y

estar en el futuro cercano en la capacidad de evaluar y revisar el verdadero valor agregado que genera el sistema.

10.6.6 Sala de profesores virtual:

Es un espacio de discusión y comunidad entre los profesores “socios” del proyecto. Incluye un foro de discusión, un sistema de preguntas cruzadas y un sistema de registro de noticias alrededor del sistema, que tiene como objetivo documentar el avance, cambios, críticas, problemas y lecciones aprendidas del sistema de información, con lo cual se genera una base de datos paralela a la principal. En el futuro se propone la posibilidad de generar la posibilidad que cada profesor tenga una carpeta en este espacio en la cual almacena de manera ordena las imágenes, videos y en general toda la información que “baje” del sistema, para que la preparación de sus clases sea más eficiente y el manejo de archivos hacia SICUA sea más expedito.

10.7 Arquitectura de información

Este apartado tiene como objetivo la identificación de las comunidades, su relación con los diferentes tipos de información del sistema y la distribución de ésta dentro una aplicación WEB o multimedia, referida a una base de datos central.

El primer elemento que se debe analizar son las comunidades que en diferente grado se relacionan con el sistema de información. Se debe tener en cuenta que este proyecto tiene la capacidad de influir en el desarrollo de cada una de

las comunidades, las cuales tienen diferentes dinámicas de trabajo y necesidades de información. Para el desarrollo de esta aplicación, se propone generar un perfil de acceso diferente para cada comunidad, así como un mapa de navegación particular para cada uno, con lo cual supone que cada usuario al ingresar al sistema se debe identificar con una comunidad específica, lo cual maximizará la efectividad de su recorrido por la aplicación. Para este proyecto se proponen las siguientes comunidades:

- Estudiantes universitarios de Arquitectura e Ingeniería Civil: La necesidad educativa de este grupo se centra en el estudio individual.
- Profesores universitarios de Arquitectura e Ingeniería Civil: La necesidad educativa se centra en el apoyo al desarrollo de investigaciones y proyectos de consultoría especializada.
- Profesores y estudiantes universitarios de forma simultánea: La necesidad educativa se centra en el apoyo a la labor docente.
- Diseñadores y proyectistas de Arquitectura e Ingeniería Civil: La necesidad educativa se centra en la actualización de conocimientos y apoyo a la consultoría especializada.
- Constructores: La necesidad educativa se centra en la actualización de conocimientos, al apoyo en el registro de lecciones aprendidas y a la consulta de especificaciones técnicas de construcción.
- Productores de insumos: Su necesidad se centra en la retroalimentación del uso de sus productos, solución de patologías y procesos de construcción certificados.

- Usuarios ocasionales: Revisión de información de poca profundidad de carácter anecdótico.

A partir de estas comunidades, se propone la existencia de seis perfiles de acceso y navegación. Cada uno de los perfiles tiene un grado de accesibilidad a la base de datos, así como diferentes posibilidades de modificación de ésta; en el capítulo dedicado al diseño de la base de datos, se hizo énfasis en los perfiles administradores de la base de datos, los cuales están en concordancia con estos lineamientos de arquitectura de información:

- Estudiantes
- Profesores
- Consultores
- Constructores
- Productores
- Usuarios ocasionales

Las bases de datos auxiliares están organizadas según el grado de accesibilidad que tiene cada uno de los perfiles sobre éstas. Es claro que los perfiles de mayor influencia sobre la información y la administración son los profesores y estudiantes, ya que ellos son la masa crítica que construirá el sistema de información en el tiempo.

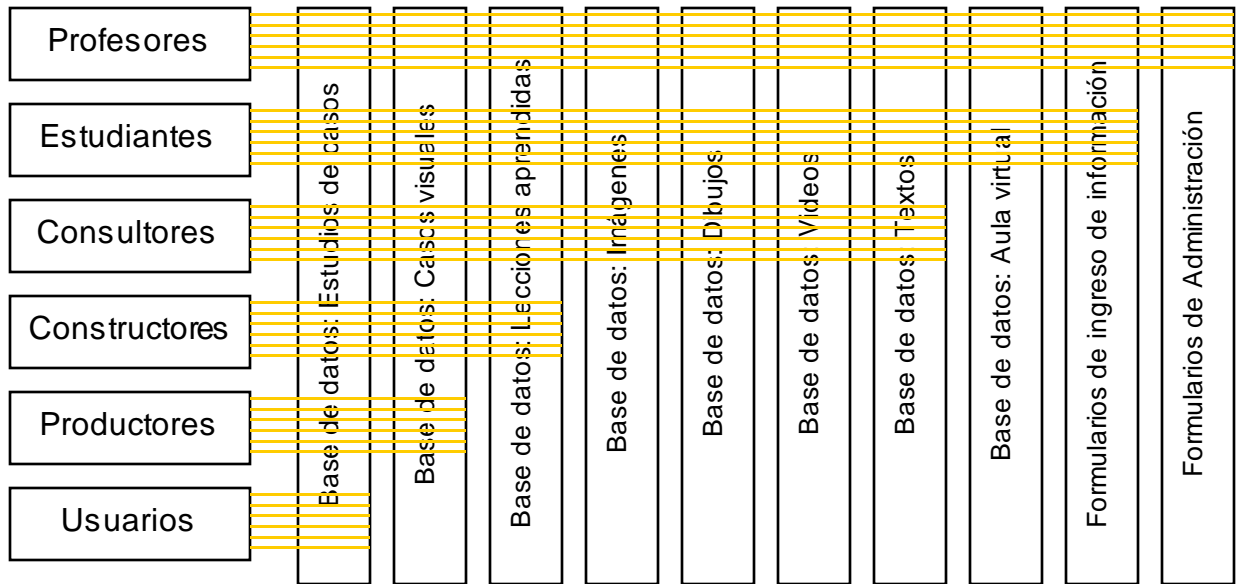


Figura 14: Esquema de accesibilidad de la base de datos – Relación perfiles de accesibilidad

10.8 Diseño formularios de ingreso de información y administración del sistema.

Teniendo en cuenta que la fase inicial de proyecto no busca como objetivo la generación de una herramienta terminada, si no simplemente proponer una estructura de datos y ponerla a prueba bajo las condiciones de uso normales del sistema, se utilizaron los formulario de ingreso y administración de información generados automáticamente por el paquete de la base de datos MySQL. Estos formularios son de utilización sencilla y permitieron cargar información importante para el sistema, como fue el caso de la WBS, la cual tiene más de ochocientos registros. En el Anexo 2 de este documento se encuentra registrado el proceso de ingreso a la base de datos con los perfiles de

administración. Inicialmente sólo se está manejando un perfil, ya que la herramienta se encuentra en etapa de desarrollo.

10.9 Fases del proyecto

Con el objetivo de garantizar la continuidad del proyecto, se proponen un plan de un año, para el cual es necesario realizar una exploración de fuentes de financiación que permita montar el sistema con las especificaciones que este demanda. Este sistema de información se puede convertir en un elemento diferenciador de los programas de Ingeniería Civil y Arquitectura a nivel nacional e internacional, ya que en el estudio de referentes se identificó la inexistencia de sistemas similares en la región. El cronograma propuesto está totalmente subordinado a las fuentes de financiación que se puedan integrar al proyecto.

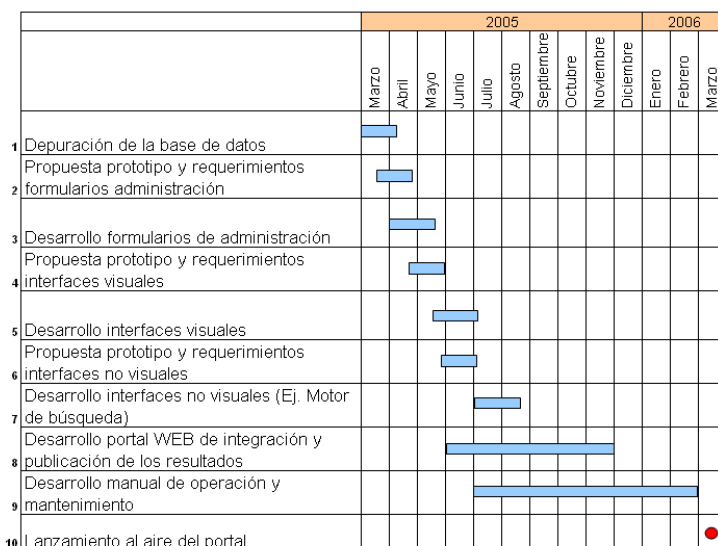


Figura 15: Esquema de fases y cronogramas – Continuidad del proyecto

10.10 Revisión de los prototipos propuestos para el Aula Virtual

Dado que la aplicación principal de este sistema de información se concentra en el problema docente, se decidió desarrollar dos prototipos para analizar el ciclo

completo de la información dentro del sistema. Se desarrolló el simulador visual de procesos constructivos y las lecturas interactivas; en estas dos aplicaciones, la información visual capturada y registrada por el sistema se reutiliza por un profesor, el cual al preparar la lectura o los “retos” para el simulador, agrega valor a la información inicialmente registrada. Las lecturas y retos al ser utilizadas y revisadas por los estudiantes o eventualmente profesores, generan retroalimentación para el sistema, agregando de nuevo valor. Esta cadena sigue funcionando en la medida que los productos de las interfaces sigan siendo utilizados por diversas comunidades.

Las dos interfaces tienen pantallas de administración, que garantiza que la actualización, modificación y generación de nuevas lecturas o “retos” de construcción sea un procedimiento sencillo y no requiera de la intervención de un profesional en tecnologías de información

10.11 Análisis del desempeño del prototipo del sistema de información

A partir de la utilización inicial del sistema por parte de una muestra reducida de estudiantes (alrededor de veinticinco), se identificó una serie de problemas que deben ser revisados para fases futuras del proyecto:

- El simulador de procesos debe tener una interfaz más clara para los estudiantes ya que el profesor debe realizar muchas aclaraciones para lograr que finalmente los estudiantes desarrollen los “retos” de construcción.

- Cada fotografía que representa un paso de construcción (tarea, según la WBS propuesta para el sistema) debe estar acompañada por una explicación de lo que se supone que representa; esto mejora el desempeño del estudiante en el ejercicio, ya que puede conectar conceptualmente la fotografía con otras.
- Las lecturas interactivas demandan la presencia de un consultor externo que desarrolle las animaciones de los conceptos que se quieren representar; en este punto se identificó otro eslabón de la cadena de valor del sistema, ya que el experto en animación se basa en un video o una serie de fotos tomadas del sistema para generar su interpretación; el valor se genera al eliminar las características del contexto y demostrar que la situación es aplicable independiente de las condiciones particulares de la obra.

Con respecto a la base de datos y su desempeño, se proponen las siguientes recomendaciones:

- En un corto plazo realizar un proceso de depuración de la estructura de datos con el fin de identificar tablas o datos inservibles.
- Realizar un manual de mantenimiento y operación del sistema, con lo cual se garantiza su continuidad.
- Realizar una prueba piloto de carga masiva de información por parte de estudiantes, para analizar su desempeño en condiciones extremas de utilización.

- Desarrollar bajo lenguaje PHP los formularios de ingreso y administración del sistema, de tal manera que sean más amables con los diferentes perfiles de usuarios; este paso es prioritario.
- Continuar de manera prioritaria con el desarrollo de las interfaces de carácter visual, que son la base para la utilización del sistema: estudio de caso visual y motor de búsqueda visual, para lo cual es necesario incorporar al equipo a un consultor en programación JAVA.
- Contar con un equipo de apoyo con mayor disposición de tiempo para el proyecto, lo cual está relacionado directamente con la consecución de fondos para el proyecto.

11. CONCLUSIONES

- Este proyecto permitió establecer un marco teórico de referencia para nuevas investigaciones dentro de la línea de la aplicación de las tecnologías de información a la enseñanza de la construcción.
- La posibilidad que tanto estudiantes, como profesores y profesionales relacionados con el tema de la construcción puedan acceder a información de calidad certificada, redundando en la calidad de su desempeño en diferentes ámbitos, tanto académicos como profesionales.
- Los avances en capacidad y calidad del manejo de las tecnologías de información, permiten desarrollar aplicaciones acordes a las necesidades del grupo específico de estudiantes y profesionales relacionados con el problema de la construcción.
- La totalidad de herramientas deben ser pensadas desde la perspectiva del usuario final, ya que de lo contrario las aplicaciones serán costosas y obsoletas en poco tiempo.
- Un sistema de información como este es uno de los caminos para generar una política que estimule la calidad dentro del gremio de la construcción, al existir una socialización cruce de información entre los diferentes actores que intervienen; de esto se deduce que puede ser el inicio para la definición de una política tecnológica real para el país.
- Este proyecto generó una serie de nexos entre diferentes instituciones y personas, lo cual demuestra que una de las estrategias posibles para mejorar la calidad en el sector de la construcción es la generación de proyectos de

carácter transversal que estimulen el aporte de diferentes fuentes a la solución de un problema común. En este proyecto, profesores, estudiantes, empresas constructoras, proveedores e instituciones, como es el caso de la Universidad de los Andes, aportaron directamente sus experiencias en el resultado final.

- Este tipo de proyectos demanda una gran inversión en equipos, lo cual limita su aplicación en cualquier institución.

12. RECOMENDACIONES

- Se propone la generación de grupo de trabajo en otras instituciones que se incorporen a la construcción del sistema de información.
- Se debe buscar una estrategia para reactivar la línea de investigación en metodologías docentes para la enseñanza de la construcción, con el fin de construir una masa crítica que esté discutiendo y revisando en tema constantemente. Es lamentable que esta línea se haya abandonado, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales de la Universidad de los Andes es la búsqueda de metodologías docentes innovadoras.
- El proyecto se debe incorporar a la línea base del área técnica del Departamento de Arquitectura y al área de construcción del Departamento de Ingeniería civil, como elemento diferenciador de la formación que reciben los estudiantes en esta institución.
- Hacer un seguimiento al curso piloto que se impartirá durante el primer semestre del 2005, como uno de los productos asociados a este proyecto, con el fin de definir su continuidad y pertinencia en el tiempo.

- Para garantizar el mantenimiento del sistema, se debe generar un manual de mantenimiento en un corto plazo y adicionalmente garantizar la vinculación de profesores, monitores y estudiantes a su uso continuo.
- En todos los casos, cualquier herramienta que utilice tecnologías de información, debe propuesta y diseñada en una primera instancia dentro de una comunidad académica; el desarrollo informático debe aparecer cuando la herramienta cumpla, al menos conceptualmente, sus objetivos. Al igual que en cualquier proyecto, las decisiones más importantes son las iniciales, por lo cual no debe ser preocupante invertir una gran cantidad de tiempo en una etapa claramente conceptual.

13. BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, L. 1998. Mejoramiento continuo de procesos constructivos mediante herramientas digitales. Tesis de Magíster en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Arrieta, R. 2000. Aprovechamiento del potencial de la informática en el mejoramiento del registro histórico de proyectos de construcción. Tesis de Magíster en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes: Bogotá.
- Bouchlaghem, D. et al. 2000. Computer imagery and visualization in Civil Engineering Education. *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 14, No. 2, p. 134-140.
- Chinowsky, P. 1997. Introducing Multimedia cases into construction education. 4th Congress, Held in conjunction with A/E/C system. *Computing in Civil Engineering*. ASCE, New York, p. 122-128.
- De Vries et al. 2001. Construction Management Training by Building Site Simulation." In: *Proceedings of the Conference AVR II and CONVR 2001*. pp. 38 - 45.
- Echeverry, D. 1996. Multimedia-based instruction of building construction. 3rd Congress, Held in conjunction with A/E/C system. *Computing in Civil Engineering*. ASCE, New York, p. 972-977.
- Hajjar D. et al. 1997. A Simulation Based System for the Estimating and Planning of Earth Moving Operations. *Winter Simulation Conference 1997*: 1103-1110, Sweden.

- Hernández, M. 2004. Database design for Mere Mortals: a hand-on guide to relational database design. Boston: Addison – Wesley.
- Kumaraswamy, M. 2004. Accelerating learning via virtual site visits. International journal of IT in Architecture, Engineering & Construction, Vol.2, No. 1, p. 20-22.
- Luquetta, R. 1997. Desarrollo de un aplicación Multimedia en la enseñanza de la construcción – Módulo construcción sistema hidráulico, sanitario y ventilación mecánica. Tesis Magíster Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Riley, E. & Pace, C. 1997 Improving teaching efficiency with multimedia teaching aids - MTAs. 4th Congress, Held in conjunction with A/E/C system 1997. Computing in Civil Engineering. ASCE, New York, p. 129-135.
- Rodríguez, D. 1998. Estructura de división de trabajo unificada para la construcción en Bogotá. Tesis de Magíster en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Sarria, F. 1994 Desarrollo e implementación de una aplicación multimedia en la enseñanza de la construcción – Módulo construcción de estructuras. Tesis Magíster en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes: Bogotá.
- Villazón, R. & Cárdenas, C. 2001. La enseñanza de la Técnica en Escuelas de Arquitectura: El modelo formativo. Revista Arquitecturas, No. 7, p. 58-61
- Webster A. et al. 1995. Architectural Anatomy”, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, New York.

Anexo 1: WBS Unificada para el Sistema de información de Lecciones – SLC

Número referencia	Nombre
0100000	ESTUDIOS Y DISEÑOS
0101000	Estudios de sitio - Site survey
01010100	Levantamiento topográfico
01010200	Estudio de suelos
01010300	Estudio impacto ambiental
01010400	Estudio normativo
0102000	Diseños de arquitectura
01020100	Diseño arquitectónico
01020200	Diseño paisajístico
01020300	Diseño bioclimático
01020400	Diseño interior
0103000	Diseños técnicos de ingeniería
01030100	Diseño estructural
01030200	Diseño eléctrico
01030300	Diseño hidráulico y sanitario
01030400	Diseño ventilación y acondicionamiento
01030500	Diseño comunicaciones voz y datos
0104000	Estudios complementarios
01040100	Estudio de factibilidad
01040200	Presupuesto
01040300	Programación de actividades
01040400	Estudios financieros
0200000	PRELIMINARES
0201000	Trabajo topografía "in situ"
02010100	Localización y replanteo
02010200	Traslado ejes
02010300	Instrumentación asentamientos
0202000	Movimientos de tierra
02020100	Descapote manual
02020200	Descapote a máquina
02020300	Traslado tierra
0203000	Demolición
02030100	Retiro aparatos sanitarios
02030200	Retiro puertas
02030300	Retiro ventanas
02030400	Desmantelar y retirar cubierta
02030500	Demolición muros tabique
02030600	Demolición muros estructurales
02030700	Demolición placa aligerada concreto
02030800	Demolición placa maciza concreto
02030900	Demolición placa contrapiso
02031000	Demolición vigas y columnas
02031100	Demolición cimientos enterrados
02031200	Demolición cabezotes de pilotes
0204000	Campamento
02040100	Construcción campamento en madera
02040200	Construcción letrina
02040300	Construcción talleres
02040400	Construcción almacén
0205000	Cerramientos
02050100	Cerramiento en tabla madera
02050200	Cerramiento en esterilla
02050300	Cerramiento en polisorbra
02050400	Cerramiento en alambre
02050500	Cerramiento en teja metálica
0206000	Instalaciones provisionales
02060100	Acueducto y alcantarillado
02060200	Teléfono
02060300	Electricidad
0207000	Adecuación vías
02070100	Mejoramiento con recebo
02070200	Mejoramiento con roca
0300000	CIMENTACIONES
0301000	Excavaciones
03010100	Taludes y rellenos
03010200	Movimiento de tierra
03010300	Excavación manual
03010400	Excavación mecánica
0302000	Protección excavaciones
03020100	Pañete sobre taludes
03020200	Construcción de tables tabados
03020300	Trincheras
0303000	Elementos de cimentación
03030100	Base recebo - cemento
03030200	Base concreto ciclópeo
03030300	Base relleno de recebo compactado
03030400	Base relleno material petreo
03030500	Concreto de limpieza

Número referencia	Nombre
03030600	Viga de cimentación rectangular
03030700	Viga cimentación tipo TEE
03030800	Zapatas aisladas
03030900	Zapatas corridas
03031000	Caissons
03031100	Pilotes pre-excavados
03031200	Pilotes de tornillo
03031300	Pilotes hincados de madera
03031400	Pilotes hincados de acero
03031500	Micropilotes
03031600	Placa maciza de cimentación
03031700	Placa aligerada de cimentación
03040000	Refuerzo acero cimentaciones y contenciones
03040100	Refuerzo armado en el sitio
03040200	Refuerzo prefabricado
03050000	Elementos de contención
03050100	Pantallas pre-excavadas
03050200	Barretes
03050300	Pantallas tie-back
03050400	Gaviones
03050500	Muros en lámina de acero plegada
03050600	Muros en postes de madera
03050700	Muros en mampostería por peso
03050800	Muros en concreto con zarpa
03060000	Elementos de drenaje y protección
03060100	Impermeabilización polietileno
03060200	Impermeabilización integral
03060300	Impermeabilización por cristalización
03060400	Impermeabilización manto asfáltico
03060500	Filtro de espina de pescado
03060600	Filtro vertical de gravilla
04000000	SUPERESTRUCTURAS
04010000	En concreto
04010100	Columnas
04010200	Pantallas
04010300	Muro mampostería bloque concreto
04010400	Vigas
04010500	Placa maciza con vigas descolgadas
04010600	Placa aligerada con torta inferior
04010700	Placa aligerada sin torta inferior
04010800	Placa viguetas y plaquetas prefabricadas
04010900	Placa aligerada y lámina colaborante
04011000	Placa con viguetería perfiles acero
04011100	Placa con viguetería celosías acero
04011200	Escaleras de un tramo
04011300	Escaleras de dos tramos
04011400	Escaleras de directriz curva
04020000	En acero
04020100	Vigas de cajón
04020200	Vigas perfiles laminados en caliente
04020300	Vigas perfiles plegados en frío
04020400	Vigas en Celosía
04020500	Columnas perfiles tubulares
04020600	Columnas perfiles laminados en caliente
04020700	Columnas perfiles plegados en frío
04020800	Columnas en celosía
04020900	Entrepisos perfiles laminados en caliente
04021000	Entrepisos perfiles tubulares
04021100	Entrepisos celosía
04021200	Escaleras de un tramo
04021300	Escaleras de dos tramos
04021400	Escaleras de directriz curva
04030000	En madera
04030100	Poste-viga madera aserrada
04030200	Poste-viga madera laminada
04030300	Poste-viga madera rolliza
04030400	Balloon frame
04030500	Páneles alistados
04030600	Páneles laminados
04030700	Cerchas madera rolliza
04030800	Cerchas madera aserrada
04030900	Cerchas madera laminada
04031000	Escaleras de un tramo
04031100	Escaleras de dos tramos
04031200	Escaleras de directriz curva
04040000	En arcilla
04040100	Muro mampostería bloque arcilla
04040200	Entrepiso aligerado bóveda prefabricada
04040300	Entrepiso aligerado bóveda catalana
04040400	Entrepiso prefabricado con bloqueón

Número referencia	Nombre
0405000	Refuerzo de acero superestructura
04050100	Figuración manual
04050200	Figuración mecánica
04050300	Armado refuerzo
04050400	Armado mallas electrosoldadas
0500000	CERRAMIENTOS EXTERIORES
0501000	Muros fachada adición pequeños componentes
05010100	Muros fachada ladrillo cerámico a la vista
05010200	Muros fachada bloque concreto a la vista
05010300	Muros fachada bloques de piedra
05010400	Muros fachada bloques tierra comprimida
05010500	Muros fachada en bloques de vidrio
05010600	Muros fachada bloques de calicanto
05010700	Alfajías
05010800	Dinteles
05010900	Remates de fachada
05011000	Chimeneas
0502000	Muros de fachada moldeo material amorfo
05020100	Muros fachada concreto a la vista
05020200	Muros fachada concreto colores a la vista
05020300	Muros en tapia pisada
05020400	Alfajías
05020500	Dinteles
05020600	Remates de fachada
05020700	Chimeneas
0503000	Muros de fachada fijación semi-productos
05030100	Fachadas en lámina de fibrocemento o GRC
05030200	Fachadas en lámina de acero
05030300	Fachadas en lámina de vidrio
05030400	Fachadas en láminas de piedra
05030500	Fachadas en láminas o alistados de madera
05030600	Fachadas en láminas o módulos plásticos
05030700	Fachada poliestireno y concreto proyectado
05030800	Alfajías
05030900	Dinteles
05031000	Remates de fachada
0504000	Muros de fachada grandes componentes
05040100	Fachadas en prefabricados en concreto
05040200	Fachadas en paneles tipo "sandwich"
05040300	Fachadas en paneles de vidrio
05040400	Alfajías
05040500	Dinteles
05040600	Remates de fachada
0600000	CERRAMIENTOS INTERIORES
0601000	Tabiques adición pequeños componentes
06010100	Tabique ladrillo cerámico a la vista
06010200	Tabique bloque cerámico
06010300	Tabique ladrillo común
06010400	Tabique bloque concreto a la vista
06010500	Tabique bloque tierra comprimida
06010600	Tabique bloque de vidrio
06010700	Tabique bloque de calicanto
0602000	Tabiques moldeo material amorfo
06020100	Tabique concreto a la vista
06020200	Tabique concreto de colores a la vista
0603000	Tabiques fijación semi-productos
06030100	Tabique lámina de fibrocemento o GRC
06030200	Tabique lámina de cartón yeso
06030300	Tabique lámina o alistado de madera
06030400	Tabique poliestireno y concreto proyectado
0604000	Tabiques grandes componentes
06040100	Tabique sistema oficina abierta
06040200	Tabique perfilera aluminio y vidrio
0605000	Cielo rasos
06050100	Perfiles de aluminio tipo C
06050200	Reticula perfiles aluminio
06050300	Láminas aluminio
06050400	Láminas acero inoxidable
06050500	Láminas fibrocemento
06050600	Láminas cartón yeso
06050700	Láminas poliestireno
06050800	Láminas de madera
06050900	Listones de madera
06051000	Entramado y malla pañete
0700000	CUBIERTAS
0701000	Entramados, alistados y pendiados
07010100	Entramado madera para teja de barro
07010200	Entramado cerchas para tejas
07010300	Pendientado cubierta plana concreto

Número referencia	Nombre
0702000	Cubiertas inclinadas
07020100	Cubierta inclinada con tejas fibro-cemento
07020200	Cubierta inclinada con tejas cerámicas
07020300	Cubierta inclinada con tejas asfálticas
07020400	Cubierta inclinada con tejas plásticas
07020500	Cubierta inclinada con tejas metálicas
07020600	Cubierta inclinada con tejas sandwich
07020700	Cubierta inclinada con tejas pizarra natural
07020800	Cubierta inclinada de concreto a la vista
0703000	Cubiertas planas
07030100	Cubierta Plana Caliente
07030200	Cubierta Plana fría
07030300	Cubierta Plana invertida
07030400	Cubierta Plana circular
07030500	Cubierta Plana jardín
07030600	Cubierta Plana inundada
07030700	Cubierta Plana Captora de calor
0704000	Bóvedas y cúpulas
07040100	Bóvedas de piedra
07040200	Bóvedas de ladrillo cerámico
07040300	Bóvedas de concreto
07040400	Bóvedas de tierra
07040500	Cúpulas de piedra
07040600	Cúpulas de ladrillo cerámico
07040700	Cúpulas de concreto
07040800	Cúpulas de tierra
07040900	Geodésicas metálicas
0705000	Impermeabilizaciones
07050100	Impermeabilización integral
07050200	Mantos impermeables
07050300	Emulsiones impermeables
07050400	Cristalización
0706000	Elementos de desague y conducción agua
07060100	Canales metálicas
07060200	Bajantes metálicas
07060300	Gárgolas metálicas
07060400	Viga canal de concreto
07060500	Gárgola de concreto
07060600	Tragantes
0800000	INSTALACIONES E INFRAESTRUCTURA
0801000	Hidráulicas y sanitarias
08010100	Acometida sistema sanitario
08010200	Acometida sistema pluvial
08010300	Tendido tubería sanitaria de gres
08010400	Tendido tubería sanitaria de PVC
08010500	Tendido tubería sanitaria de concreto
08010600	Tendido tubería sanitaria de fibrocemento
08010700	Tendido tubería pluvial de PVC
08010800	Caja de inspección
08010900	Caja desarenador
08011000	Caja trampa de grasas
08011100	Pozo eyector
08011200	Pozo séptico
08011300	Filtro biodigestor
08011400	Sifones de piso ducha
08011500	Sifones de piso terraza
08011600	Desague lavamanos
08011700	Desague lavaplatos
08011800	Desague lavadero
08011900	Desague Sanitario
08012000	Desague lavadora
08012100	Bajantes sanitarias
08012200	Bajantes agua lluvia
08012300	Reventilación sanitaria
08012400	Ventilación sanitaria
08012500	Accesorio sanitaria - YEE
08012600	Accesorio sanitaria - YEE con reducción
08012700	Accesorio sanitaria - YEE doble
08012800	Accesorio sanitaria - TEE
08012900	Accesorio sanitaria - TEE con reducción
08013000	Accesorio sanitaria - TEE doble
08013100	Accesorio sanitaria - unión
08013200	Accesorio sanitaria - buje
08013300	Accesorio sanitaria - codo
08013400	Accesorio sanitaria - semicodo
08013500	Acometida sistema de suministro
08013600	Tendido tubería suministro de PVC
08013700	Tendido tubería suministro de CPVC
08013800	Tendido tubería suministro de cobre

Número referencia	Nombre
08013900	Tendido tubería suministro de Acero galvanizado
08014000	Tanque elevado de polipropileno
08014100	Tanque elevado de fibrocemento
08014200	Tanque elevado de concreto
08014300	Tanque subterráneo de concreto
08014400	Registro de corte
08014500	Calentadores de paso
08014600	Calentadores de acumulación
08014700	Calderas
08014800	Medidores de consumo
08014900	Cheques
08015000	Conexión suministro ducha
08015100	Conexión suministro lavamanos
08015200	Conexión suministro lavaplatos
08015300	Conexión suministro lavadero
08015400	Conexión suministro sanitario
08015500	Conexión suministro lavadora
08015600	Conexión suministro calentador
08015700	Accesorio suministro - TEE
08015800	Accesorio suministro - Unión
08015900	Accesorio suministro - Codo
08016000	Accesorio suministro - Adaptador macho
08016100	Accesorio suministro - Adaptador hembra
08016200	Accesorio suministro - buje reducción
08016300	Salida rociadores incendios
08016400	Salida armarios de incendio
08020000	Gas
08020100	Acometida general sistema gas natural domiciliario
08020200	Acometida parcial sistema gas natural domiciliario
08020300	Acometida sistema gas licuado propano
08020400	Tendido tubería suministro de cobre
08020500	Tendido tubería suministro de Acero galvanizado
08020600	Tendido manquera suministro de polipropileno
08020700	Medidores de consumo
08020800	Reguladores
08020900	Registros de corte
08021000	Conexión gasodoméstico - calentador paso
08021100	Conexión gasodoméstico - calentador acumulación
08021200	Conexión gasodoméstico - estufa
08021300	Conexión gasodoméstico - horno
08021400	Conexión gasodoméstico - calefacción
08030000	Eléctricas
08030100	Acometida general sistema suministro eléctrico
08030200	Acometida parcial sistema suministro eléctrico
08030300	Camaras de inspección
08030400	Acometida de fuerza asensor
08030500	Medidores de consumo
08030600	Tablero de circuitos
08030700	Tendido tubería ductería en PVC
08030800	Tendido tubería ductería metálica EMT
08030900	Salidas iluminación
08031000	Salidas interruptores
08031100	Salida toma monofásica
08031200	Salida toma bifásica
08031300	Salida toma trifásica
08031400	Aparatos eléctricos - Tomas e interruptores
08031500	Aparatos eléctricos - Luminarias
08040000	Voz y datos
08040100	Acometida sistema telefónico
08040200	Acometida fibra óptica
08040300	Tendido ductería cableado estructurado
08040400	Tendido bandejas cableado estructurado
08040500	Tendido tubería ductería en PVC
08040600	Tendido tubería ductería metálica EMT
08040700	Salida telefónica
08040800	Salida citófono
08040900	Salida televisión
08041000	Salida fibra óptica
08041100	Cableado estructurado - salida telefónica
08041200	Cableado estructurado - salida datos
08041300	Cableado estructurado - salida corriente estabilizada
08041400	Cableado estructurado - salida corriente
08050000	Seguridad
08050100	Tendido tubería ductería metálica EMT
08050200	Sensor nivel iluminación
08050300	Sensor de presencia
08050400	Sensor de humo
08050500	Estación manual de incendio
08050600	Botón de pánico

Número referencia	Nombre
0806000	Ventilación
08060100	Tendido ductos lámina galvanizada
08060200	Tendido ductos aluminio tipo acordeón
08060300	Rejilla entrada/salida
0807000	Transporte usuarios
08070100	Construcción cuartos de máquinas
0900000	CARPINTERIAS
0901000	Madera
09010100	Hoja y marco de puerta entamborada
09010200	Closet sin puertas
09010300	Closet con puertas
09010400	Guardaescobas
09010500	Mesón entamborado
09010600	Pirlanes
09010700	Barandas
09010800	Pasamanos
09010900	Ventanería
09011000	Mueble bajo
09011100	Muebles bajo para cocina
09011200	Alacena cocina
09011300	Entrepaños
09011400	Muebles especiales
0902000	Lámina y ángulo acero
09020100	Hoja y marco de puerta lámina cold rolled
09020200	Mesón acero inoxidable
09020300	Barandas platina acero
09020400	Pasamanos tubo acero
09020500	Ventanería lámina cold rolled doblada
09020600	Rejas varilla acero
09020700	Cajas metálicas para medidores
09020800	Tapas para tanques
09020900	Marquesina en peñazos de lámina
09021000	Tapa y boca tolva shut de basuras
09021100	Portón metálico
09021200	Componentes especiales
09021300	Muebles especiales
0903000	Aluminio
09030100	Ventanería sistema proyectante
09030200	Ventanería sistema liviano
09030300	Ventanería sistema pesado
09030400	Persianas para ventanería en aluminio
09030500	Hoja y marco de puerta tubular aluminio
09030600	Barandas de aluminio y vidrio templado
09030700	Divisiones de baño aluminio proyectante y vidrio templado
09030800	Divisiones de baño chapetas aluminio y vidrio templado
09030900	Divisiones de oficina aluminio proyectante y vidrio templado
09031000	Divisiones de oficina chapetas aluminio y vidrio templado
09031100	Marquesina en peñazos tubulares de aluminio
0904000	Plástico
09040100	Ventanería sistema proyectante plástico
09040200	Persianas plásticas para ventanería
1000000	ACABADOS
1001000	Pinturas
10010100	Carburo
10010200	Marmolina
10010300	Estuco crudo
10010400	Estuco texturizado
10010500	Esgafiado
10010600	Vinilos
10010700	Acrílicos
10010800	Esmaltes
10010900	Lacas
10011000	Anticorrosivos
10011100	Wash primer
10011200	Tintillas para madera
10011300	Homeable
10011400	Electroestática
10011500	Galvanizado metálicos
10011600	Aceites para maderas
10011700	Inmunizadores para maderas
1002000	Enchapes y recubrimientos paredes interiores
10020100	Enchape contrachapados de madera
10020200	Enchape alistonados de madera
10020300	Telas y papeles de colgadura
10020400	Granito estampillado
10020500	Mármol estampillado
10020600	Piedra porosa estampillada
10020700	Pizarra estampillada
10020800	Láminas de acero

Número referencia	Nombre
10020900	Láminas de acero inoxidable
10021000	Láminas de acero galvanizado
10021100	Porcelanatos
10021200	Enchapes cerámicos
10021300	Pañetes texturados
10021400	Pañetes lisos
10030000	Enchapes y recubrimientos paredes exteriores
10030100	Enchape contrachapados fenólicos de madera
10030200	Enchape alistonados fenólicos de madera
10030300	Granito estampillado
10030400	Mármol estampillado
10030500	Piedra porosa estampillada
10030600	Pizarra estampillada
10030700	Láminas de acero
10030800	Láminas de acero inoxidable
10030900	Láminas de acero galvanizado
10031000	Porcelanatos
10031100	Enchapes cerámicos
10031200	Pañetes texturados impermeables
10031300	Pañetes lisos impermeables
10040000	Enchapes y recubrimientos pisos interiores
10040100	Pisos laminados de madera
10040200	Pisos laminados plásticos
10040300	Listón de madera
10040400	Parquet de madera
10040500	Alfombras
10040600	Láminas de acero
10040700	Láminas de aluminio
10040800	Perfiles de aluminio
10040900	Tabletas de cerámica
10041000	Tabletas de concreto
10041100	Granito estampillado
10041200	Mármol estampillado
10041300	Piedra porosa estampillada
10041400	Pizarra estampillada
10041500	Porcelanatos
10041600	Enchapes cerámicos
10041700	Tabletas de caucho reciclado
10041800	Resinas epóxicas
10050000	Enchapes y recubrimientos pisos exteriores
10050100	Adoquín de cerámica
10050200	Adoquín de concreto
10050300	Adoquín ecológico
10050400	Gravillas sueltas
10050500	Gravillas lavadas
10050600	Tierra suelta
10050700	Empedrado
10050800	Ladrillo triturado suelto
10050900	Enchape tablón cerámico
10051000	Enchape tableta cerámica
10051100	Enchape tablón de concreto
10051200	Tabletas prefabricadas de concreto
10051300	Tabletas mármol
10051400	Tabletas granito
10051500	Tabletas piedras porosas
10051600	Tabletas pizarra
10051700	Porcelanatos
10051800	Enchapes cerámicos
10051900	Deck de madera
10052000	Tabletas de caucho reciclado
10060000	Acabados por modificación superficial
10060100	Abuzardado de concreto
10060200	Estampación de concreto
10060300	Serigrafiado de concreto
10060400	Esmaltado y endurecido del concreto
10060500	Coronamiento metálico del concreto
10060600	Escobillado del concreto
10060700	Coloración del concreto
10060800	Bruñido acero inoxidable
10060900	Lustre acero inoxidable
10070000	Aparatos sanitarios y griferías
10070100	Instalación inodoro
10070200	Instalación lavamanos
10070300	Instalación lavadero
10070400	Instalación lavaplatos
10070500	Instalación tina
10070600	Instalación grifería inodoro
10070700	Instalación grifería lavamanos
10070800	Instalación grifería lavadero

Número referencia	Nombre
10070900	Instalación grifería lavaplatos
10071000	Instalación grifería tina
10080000	Cerraduras y espejos
10080100	Instalación cerraduras puertas interiores
10080200	Instalación cerraduras puertas seguridad
10080300	Instalación espejos
11000000	EQUIPOS DE APOYO INFRAESTRUCTURA
11010000	Apoyo instalaciones hidráulicas y sanitarias
11010100	Bomba para presión constante
11010200	Bomba hidroneumático - hidroló
11010300	Bomba de apoyo tanque de emergencia
11010400	Bomba pozo evector agua negra
11010500	Calentador de paso gas
11010600	Calentador de paso eléctrico
11010700	Calentador acumulación gas
11010800	Calentador acumulación eléctrico
11010900	Bomba sistema de incendios
11020000	Apoyo instalaciones de gas
11020100	Estufa a gas
11020200	Horno a gas
11020300	Tanque para gas propano GLP
11030000	Apoyo instalaciones eléctricas
11030100	Subestación eléctrica
11030200	Transformador en poste
11030300	Tablero de contadores eléctricos y brakers
11030400	Pararrayos
11030500	UPS
11030600	Planta eléctrica de emergencia
11040000	Apoyo instalaciones de voz y datos
11040100	Strip telefónico
11040200	Central telefónica
11040300	Rack de datos
11040400	Cuartos técnicos
11050000	Apoyo instalaciones de seguridad
11050100	Consola de control y seguridad
11050200	PC de control y seguridad
11060000	Apoyo instalaciones de ventilación
11060100	Bomba de calor
11060200	Lavadores de aire
11070000	Apoyo instalaciones de transporte usuarios
11070100	Motor ascensor
11070200	Carro ascensor
11070300	Escalera mecánica
11070400	Rampa mecánica
12000000	OBRAS EXTERIORES
12010000	Vías y andenes
12010100	Vía en pavimento flexible
12010200	Vía en pavimento rígido
12010300	Vía en adoquín de concreto
12010400	Vía en adoquín cerámico
12010500	Vía en recebo compactado
12010600	Vía en material pétreo
12010700	Andén en concreto fundido in situ
12010800	Andén en adoquín cerámico
12010900	Andén en adoquín de concreto
12011000	Andén en losetas prefabricadas de concreto
12011100	Separador empujado
12020000	Cerramientos
12020100	Muro en tapia pisada
12020200	Muro en piedra labrada
12020300	Muro en piedra media zona
12020400	Muro en concreto ciclópeo
12020500	Muro en ladrillo cerámico a la vista
12020600	Muro en bloque cerámico confinado pañetado
12020700	Cerca en tubos de acero
12020800	Cerca en postes de madera inmunizada y alambre de puas
12020900	Cerca en tubos de acero y malla eslabonada
12021000	Cerca en tubos de acero y malla electrosoldada
12030000	Juegos recreativos
12030100	Juegos infantiles
12030200	Aparatos acondicionamiento físico
12040000	Arboles y jardines
12040100	Siembra de árboles
12040200	Siembra de prados
12040300	Siembra de follaje
12050000	Elementos de drenaje y conducción agua
12050100	Cañuelas de drenaje
12050200	Espejos de agua
12050300	Filtros perimetrales de drenaje

Número referencia	Nombre
13000000	OTRAS ACTIVIDADES
13010000	Aseo
13010100	Retiro de escombros
13010200	Aseo general de obra
13010300	Limpieza ladrillo
13010400	Limpieza concreto
13010500	Limpieza vidrios

Anexo 2: Procedimiento de administración y alimentación de la base de datos

La totalidad de la base de datos está montada en el servidor de la facultad de arquitectura en la dirección <http://arqdis.edu.co/phpmyadmin/>

A través de esta dirección se ingresa a la página inicial del administrador de bases de datos SQL. Esta aplicación le exige al usuario identificarse, con el fin de identificar su perfil de administrador.

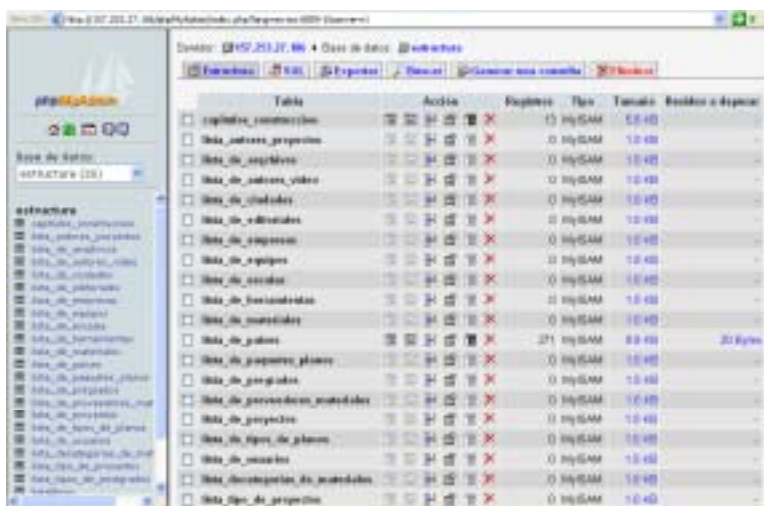


Al ingresar las claves de seguridad inmediatamente la aplicación despliega un menú con las bases de datos presentes en el sistema. En esta pantalla el administrador debe seleccionar la base de datos que se quiere modificar.



Al ingresar a la base de datos del sistema SLC, se encuentra la totalidad de tablas que componen la aplicación. Esta pantalla permite crear consultas e ingresar

información directamente a la base de datos, mediante los formularios automáticos de la aplicación phpMyAdmin®.



Al seleccionar una de las tablas, la aplicación despliega un formulario automático para llenar los campos necesarios. Para la carga de información en esta etapa de prueba, se debe manejar una serie de protocolos con los estudiantes, con el fin de evitar daños en la estructura. La aplicación permite generar nuevos usuarios y limitar el acceso a los formularios que el super-administrador decida.



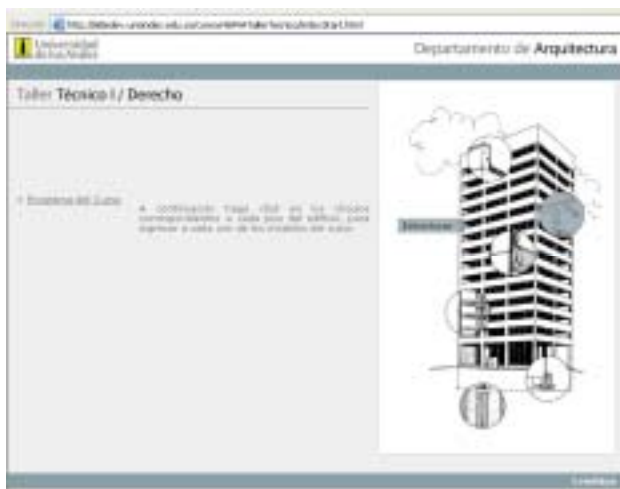
Anexo 3: Revisión prototipo de la interfaz Lecturas interactivas

A continuación se muestra el resultado parcial y estático de las lecturas interactivas generadas a partir de la información consignada en el sistema que se propone en esta investigación.

Sólo los estudiantes registrados en el curso tienen acceso a esta aplicación, por lo cual es necesario identificarse.



Al ingresar, el edificio es un menú interactivo que le permite al estudiante entrar a diferentes lecturas. Para el caso se ingresa a las relacionadas con el tema estructural.



Luego la lectura tradicional está acompañada de una serie de videos e imágenes que facilita la comprensión del concepto que se quiere explicar. A continuación se muestra como ejemplo dos estados de la misma pantalla de la lectura.

Dirección <http://lidiedev.uniandes.edu.co/cursos4/AVATallerTecnico/Estructuras/Semana2/PaginaLectura.html>

- En el tercer caso si la esfera es sacada de su posición mediante una perturbación, pero el equilibrio es indiferente de la perturbación, por lo que está en equilibrio indiferente.

Criterios de estabilidad estructural

Ahora podemos establecer un procedimiento que nos permita establecer cuándo el equilibrio de una estructura es estable, inestable o indiferente. Para esto estudiamos cómo modifican las fuerzas aplicadas a una estructura, cuando se modifica ligeramente la configuración de la estructura y del sistema de fuerzas que se analiza. Este procedimiento se traduce en un método estático que permite analizar lo anteriormente mencionado:

- Equilibrio estable:** Las fuerzas, en la posición modificada, tienden a llevar a la estructura a la posición original.
- Equilibrio inestable:** Las fuerzas, en la posición modificada, tienden a alejar a la estructura de la posición original.
- Equilibrio indiferente:** Las fuerzas, en la posición modificada, se encuentran en equilibrio.

El propósito de garantizar un equilibrio estable se logrará distribuyendo armónicamente los elementos que componen la estructura, por esta razón se deben impedir aquellos movimientos que hagan perder el estado de reposo.

Convenciones



- Apoyo Simple o de 1er. Grado** Permite giros y desplazamientos horizontales (Restringe un grado de libertad: movimiento vertical).



Secuencia edificio en Reposos y durante la deformación de un sismo. Puede ser simulado digitalmente tomado de un video real.

Dirección <http://lidiedev.uniandes.edu.co/cursos4/AVATallerTecnico/Estructuras/Semana2/PaginaLectura.html>

- En el tercer caso si la esfera es sacada de su posición mediante una perturbación, pero el equilibrio es indiferente de la perturbación, por lo que está en equilibrio indiferente.


Criterios de estabilidad estructural

Ahora podemos establecer un procedimiento que nos permita establecer cuándo el equilibrio de una estructura es estable, inestable o indiferente. Para esto estudiamos cómo modifican las fuerzas aplicadas a una estructura, cuando se modifica ligeramente la configuración de la estructura y del sistema de fuerzas que se analiza. Este procedimiento se traduce en un método estático que permite analizar lo anteriormente mencionado:


- Equilibrio estable:** Las fuerzas, en la posición modificada, tienden a llevar a la estructura a la posición original.
- Equilibrio inestable:** Las fuerzas, en la posición modificada, tienden a alejar a la estructura de la posición original.
- Equilibrio indiferente:** Las fuerzas, en la posición modificada, se encuentran en equilibrio.

El propósito de garantizar un equilibrio estable se logrará distribuyendo armónicamente los elementos que componen la estructura, por esta razón se deben impedir aquellos movimientos que hagan perder el estado de reposo.

Convenciones



- Apoyo Simple o de 1er. Grado** Permite giros y desplazamientos horizontales (Restringe un grado de libertad: movimiento vertical).



Secuencia edificio en Reposos y durante la deformación de un sismo. Puede ser simulado digitalmente tomado de un video real.

Anexo 4: Revisión prototipo de la interfaz Simulador gráfico de procesos constructivos.

Este prototipo está ubicado temporalmente en la dirección:

<http://157.253.13.40/TallerTecnico1/estud.php?file=Prueba.xml>

Esta dirección será modificada en el mes de marzo, cuando el proyecto entre en la fase de prueba con los estudiantes de primer semestre de arquitectura. La aplicación tiene dos interfaces diferentes: Una para estudiante y otra para el profesor que administra la aplicación. A continuación se describe la interfaz del estudiante.

En primer lugar, el estudiante al ingresar encuentra una pantalla que contiene una serie de fotografías que representan las diferentes tareas de una operación de construcción.



El reto para el estudiante es seleccionar y “arrastrar” las fotografías que él considere que hacen parte de la operación, a la mesa de trabajo, ubicada a la derecha de la pantalla. Al pasar sobre cada foto, el programa le muestra una explicación corta de la tarea que representa la foto.

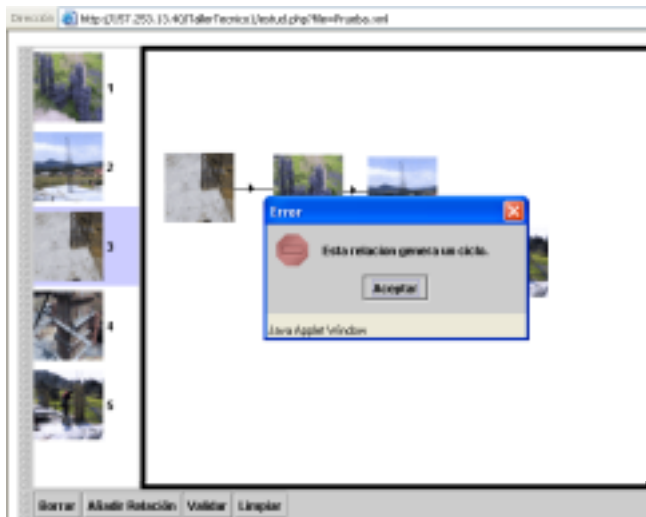


Teniendo las fotografías en la mesa de trabajo, el estudiante genera las relaciones entre cada tarea de construcción, teniendo en cuenta su topología: Precedencia y sucesión.



Finalmente, cuando el estudiante considere que la secuencia es correcta, la envía. La aplicación revisará que las relaciones establecidas por el estudiante sean idénticas a las establecidas por el profesor en la plantilla de administración. En el caso que haya lugar a alguna incoherencia el sistema se lo indicará al estudiante, mediante un cuadro de dialogo o gráficamente cuando el problema es la ubicación

de la tarea, inscribiendo la foto dentro de un cuadro rojo. A continuación el estudiante simplemente debe reorganizar el reto y enviarlo de nuevo.



Al mismo tiempo, la administración de la herramienta es sencilla. Al ingresar el profesor encuentra un menú con una serie de carpetas, en las cuales debe cargar las fotografías desde la base de datos. Las fotografías se guardan en la carpeta "Fases" y los procesos creados por el profesor en la carpeta "retos".



grafías disponibles. Se seleccionan y
o de fotografías es ilimitado.

entre cada una de las tareas y se guarda
tilizar desde cualquier computador que

tenga instalada la máquina de JAVA.

