

KOC – Manejo Ontológico de Objetos de Conocimiento en la Construcción de Edificios

KOC – Ontology-based Management of Knowledge Objects for Building Construction

Rafael Villazón, MSc., Germán Bravo, MSc.
Universidad de los Andes – Bogotá, Colombia
rvillazo@uniandes.edu.co, gbravo@uniandes.edu.co

Recibido para revisión 26 de Marzo de 2007, aceptado 15 de Junio de 2007, versión final 31 de julio de 2007

Resumen—Este trabajo presenta a KOC, una herramienta conceptual e informática para el apoyo a la docencia universitaria en el tema de proyectos de construcción en arquitectura. Gracias a la definición de ArCo, una ontología de Objetos de Construcción y de su proceso de producción asociado, es posible representar y almacenar objetos de conocimiento en este tema, poblar un repositorio con material proveniente de proyectos de construcción y se permite su posterior explotación para la generación de nuevos objetos de conocimiento y de aprendizaje para cursos relacionados con el tema.

Palabras Clave—Ontologías de Construcción, Educación Asistida por Computador, Objetos de Conocimiento, Objetos de Aprendizaje.

Abstract—This paper presents KOC, a conceptual and a software tool designed to support and enhance learning processes in architectural construction projects. ArCo, an ontological definition of construction objects and its production process, makes possible to represent Knowledge Objects of Construction and populate a knowledge repository with information coming from real construction projects. KOC also allows the creation of new Knowledge and Learning Objects useful for other courses related to this topic.

Keywords—Construction Ontology, E-learning, Kknowledge Objects, Learning Objects.

Proyecto financiado por varias instancias de la Universidad de los Andes: el Fondo de Investigación Semilla – Jóvenes investigadores, la Rectoría, la Dirección de Planta Física, el Departamento de Arquitectura y el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

LA enseñanza de la construcción de edificios tiene un alto grado de dificultad, pues es casi imposible que los estudiantes realicen proyectos prácticos reales. En general, esta enseñanza se imparte mediante la presentación de

fotografías y materiales teóricos complementados con explicaciones adicionales por parte del profesor y, en el mejor de los casos, por medio de visitas a proyectos de construcción en curso, donde los estudiantes pueden apreciar por sí mismos cómo se está ejecutando la obra. Sin embargo, esta última práctica, aunque ideal, presenta varios inconvenientes: la existencia de un proyecto de construcción que permita su visita, todas las consideraciones de seguridad que deben ser tenidas en cuenta para proteger la integridad física de los estudiantes, las actividades desarrolladas en la obra difícilmente coinciden con los contenidos del curso.

Para manejar estos problemas, los profesores generan material fotográfico o de video de proyectos de construcción en el que ellos participan o tienen acceso y es el que presentan en sus clases. El principal inconveniente de esto es que este material es de difícil acceso por parte de los estudiantes y otros profesores y su actualización es mínima.

Se propone entonces la generación de KOC, un repositorio para este material, debidamente descrito (anotado), al que tienen acceso tanto los profesores como los alumnos, permitiendo su utilización como material didáctico en los cursos de construcción. KOC es un repositorio de Objetos de Conocimiento en Construcción de edificios; define un esquema conceptual común que permite compartir la información y el conocimiento asociado, la producción de material didáctico con base en los objetos de conocimiento existentes y su posterior incorporación al repositorio como nuevos objetos de conocimiento.

Este documento expone en primera instancia la visión desde la disciplina de la Arquitectura, que ubica el origen conceptual de los objetos de construcción, una propuesta de ontología mediante la cual el material de diversas fuentes recolectado en un proyecto se convierte en objetos de conocimiento y un esquema de recolección de datos, puesto en funcionamiento

en el proyecto del edificio Mario Laserna de la Universidad de Los Andes; luego se presenta la solución informática con los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación, una breve descripción de su diseño y de su arquitectura y el estado actual de desarrollo; por último se presentan algunas conclusiones y expectativas resultantes del trabajo realizado.

II. LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN EN ARQUITECTURA

Las decisiones técnicas, basadas en conceptos arquitectónicos, son una parte del conocimiento que es determinante estructurar para soportar efectivamente el desarrollo de un proyecto de construcción de un edificio. La construcción del “pensamiento técnico” [1] es el eje central de la discusión y desarrollo de los cursos de construcción de edificios y lo es, por lo tanto, es en esta herramienta informática.

KOC se ha concebido y desarrollado desde la disciplina de la Arquitectura, y supone que la construcción de edificios y sus procesos son una consecuencia directa de las decisiones tomadas a lo largo del proyecto arquitectónico; siendo **la forma** del edificio uno de estos conceptos centrales, ya que une el proceso de un proyecto con el de su construcción éste se toma como marco de referencia para el desarrollo de KOC como herramienta informática.

Para entender la complejidad de la definición de **la forma** se propuso una estructura sencilla, que durante diez años ha sido la base de desarrollo para los cursos de proyectos del Departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes. Se establece **la forma** arquitectónica como uno de los problemas centrales del proyectar; la “forma correcta” es moldeada por diversos elementos, algunos externos, otros inherentes a ella misma y otros relacionados con el proyectista.

La estructura general propone en primera instancia tres dimensiones básicas para entender los elementos externos que influyen en **la forma**:

- El uso: La forma es el resultado de la comprensión del desarrollo de las actividades del hombre y su habitat.
- La técnica: La forma es el resultado de la comprensión de las realidades físicas del mundo.
- El lugar: La forma es el resultado de la comprensión de las pre-existencias morfológicas, sociales y culturales.

Es importante aclarar que en el modelo anterior queda pendiente la formulación de una estructura para comprender los otros dos elementos que explican la naturaleza de **la forma**: El componente autobiográfico del proyectista y la lógica inherente de la forma (La composición).

A. Los objetos de construcción

A partir del anterior marco, KOC se centra en analizar las relaciones de la perspectiva técnica con las condiciones de lugar y uso, proveyendo al mismo tiempo una aproximación elemental de la composición arquitectónica. Resultado de este análisis es la identificación del elemento básico compositivo del sistema, denominado “Objeto de Construcción”. El trabajo analítico desarrollado en esta herramienta informática se

maneja a partir de las relaciones que establece el Objeto de Construcción con todas las dimensiones del proyecto: El uso, la técnica y el lugar.

Se entiende por “Objeto de Construcción” todo elemento arquitectónico que puede estar presente en un edificio. Esta es una definición voluntariamente amplia que pretende cubrir todo el espectro de elementos posibles con diferentes grados de complejidad, desde columna, muro y ventana hasta oficina, laboratorio u oficina.

Para construir un Objeto de Construcción y entender su proceso de construcción - una vez el diseño aprobado - es necesario conocer la función que cumple, cómo se relaciona con los objetos colindantes y la secuencia de actividades que deben ser llevadas a cabo para su construcción. El siguiente detalle que hay que tener en cuenta es el desempeño esperado del Objeto de Construcción, que depende de la función primordial que éste pretende cumplir en el proyecto de Arquitectura, lo cual permite diferenciar los procesos según su desempeño: no será lo mismo construir un muro estructural que un muro que separa dos oficinas, aunque los dos cumplen con la función de ser muros; igualmente para cada uno de estos objetos de construcción los detalles del proceso de producción, así como los materiales, técnicas y equipos adecuados pueden diferir.

Así, de un Objeto de Construcción es necesario poder representar ¿Qué es? (Columna, oficina, etc.), dónde está y con cuáles otros se relaciona, cuál es su función y el grado de desempeño esperado y, una vez todo esto definido, cómo se construye.

Todo este conocimiento arquitectónico de la construcción es estructurado y consignado en la Ontología ArCo de Objetos de Conocimiento en Construcción, la cual es descrita a continuación.

KOC se concibe como un repositorio de Objetos de Construcción y de sus relaciones con las dimensiones antes citadas; se pretende que su posterior explotación sea con objetivos didácticos en los cursos de enseñanza de la construcción. Es importante señalar que KOC es útil en al menos dos momentos del proyecto de arquitectura: primero como fuente de referencia para la definición de la “forma correcta” y segundo como recopilación de las buenas prácticas para hacer posible la construcción de la forma.

B. Las ontologías en Arquitectura

Alrededor de diferentes temáticas, durante muchos años, se han desarrollado aproximaciones para la definición de ontologías que describan claramente el conocimiento relacionado con estos temas específicos. En el caso de la construcción y la Arquitectura, hay avances importantes en la definición previa de una taxonomía (entendida como un paso previo para lograr la definición ontológica). El objetivo central de estos avances es determinar la naturaleza del conocimiento dentro de un tema específico, ya que claramente lo que busca cualquier organización (sea una empresa de construcción o una facultad de arquitectura) es el intercambio, transmisión, creación y mejoramiento del conocimiento; por lo

tanto, un sistema debe propender por superar la simple gestión de datos y llegar realmente a la gestión del conocimiento [2]. La definición ontológica es un trabajo que le puede tomar a una comunidad mucho tiempo; se ha estimado que para lograr una taxonomía adecuada de una parte del conocimiento se puede llegar a necesitar cincuenta años-hombre [3], por lo tanto la propuesta consignada en este documento es apenas un paso en ese largo camino.

1) Una ontología para proyectos de construcción

Recientemente se han propuesto diversas aproximaciones para la clasificación taxonómica del conocimiento derivado de la construcción arquitectónica, las cuales se basan directamente en la documentación directa de los procesos relacionados con la construcción (constructivos, administrativos, de gestión, etc.). Es así como se propone responder una serie convencional de preguntas alrededor de un proceso [2]:

- ¿Qué proceso está siendo ejecutado?
- ¿Cuáles son los principales atributos de estos procesos?
- ¿Quién desarrolla el proceso?
- ¿Qué competencias tiene quien desarrolla el proceso?
- ¿Cuándo se lleva a cabo el proceso?
- ¿Dónde se lleva a cabo el proceso?
- ¿Cuál es el producto final de este proceso?
- ¿Qué recursos se necesita para que este proceso se pueda llevar a cabo?
- ¿Cuáles son las variables de control del proceso?

Esta aproximación, válida desde el punto de vista exclusivo del proyecto de construcción y sus actores, descuida su relación con el conocimiento de la Arquitectura, donde normalmente nacen las decisiones que finalmente se materializan en la construcción. La ontología propuesta debe atender estas relaciones, entendidas como las esenciales en la construcción del “Pensamiento Técnico”.

2) La ontología ArCo

El conocimiento arquitectónico de la construcción está basado en la comprensión de un menú finito de elementos compositivos – los Objetos de Construcción – que tienen un grado de desempeño establecido – función – y que están encapsulados en una serie de sistemas traslapados. Los elementos se construyen dentro de un orden topológico pre-establecido, con ciertos materiales, técnicas y equipos, con el único objetivo de conformar un espacio con un desempeño específico y así mismo un edificio que es reflejo de la interacción de los diversos objetos de construcción, sean elementos arquitectónicos o espacios [4].

Con base en todo lo anterior, la KOC define una ontología denominada ArCo (Architectural Concepts), esquematizada en la figura 1, para representar el QUÉ, el DÓNDE, el CUÁNDO, el PARA QUÉ y el CÓMO de los elementos constitutivos de un proyecto de construcción.

a) El QUÉ

Son los Objetos de Construcción, que representan todos los

elementos arquitectónicos eventualmente presentes en un proyecto de construcción. Se incluyen tanto los elementos básicos como muros, puertas y ventanas, como los espacios arquitectónicos presentes, como oficinas, corredores, recepción, centros de cómputo, auditorios, etc.

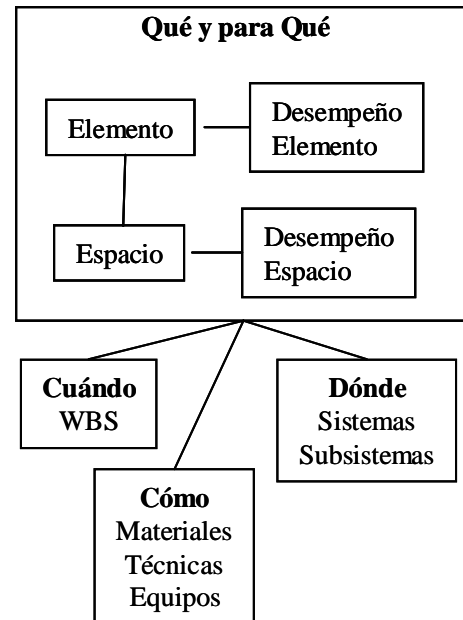


Figura 1. Esquema general de ArCo

b) El PARA QUÉ

Bajo esta temática se quiere poder representar la función principal que el Objeto de Construcción pretende cumplir dentro del proyecto arquitectónico y también el factor primordial de que un Objeto de Construcción que representa un espacio arquitectónico (una oficina, un corredor, etc.) está, de hecho, constituido por otros varios Objetos de Construcción más simples: una oficina tiene muros, puertas, ventanas, muebles, instalaciones eléctricas, etc.

La funcionalidad del espacio arquitectónico se define con base en una calificación o la simple necesidad, de los siguientes conceptos: Ubicación, Estabilidad, Estanqueidad, Habitabilidad Térmica, Habitabilidad Lumínica, Habitabilidad Acústica, Seguridad, Durabilidad, Dimensiones y Forma volumétrica. La calificación de un espacio con respecto a estos conceptos es en general cualitativa, pero puede ser cuantitativa y definir valores específicos para espacios especiales como centros de cómputo, auditorios, laboratorios de química, etc.

Para garantizar una determinada funcionalidad de un espacio arquitectónico es necesario que los Objetos de Construcción simples tengan las características que garanticen su existencia. Se define entonces el desempeño del Objeto de Construcción como una calificación de los siguientes conceptos: Estabilidad, Estanqueidad, Habitabilidad Térmica, Habitabilidad Lumínica, Habitabilidad Acústica, Seguridad y Durabilidad.

c) *El DÓNDE*

Todo Objeto de Construcción pertenece primordialmente a uno de los cuatro grandes sistemas presentes en un edificio:

- El Sistema estructural que da soporte general del edificio. Tiene como subsistemas: Cimentación, Contención, Superestructura, Consolidación y Actualización sísmica
- El Sistema de Cerramiento Exterior que tiene en cuenta todo el manejo de elementos naturales. Tiene como subsistemas: Fachadas, cubiertas muebles y espacio público
- El Sistema de Cerramiento Interior que define y caracteriza los espacios interiores del edificio. Tiene como subsistemas: particiones, cielos rasos, pisos falsos, puertas y muebles
- El Sistema Mecánico que maneja todo lo que implica infraestructuras y servicios. Tiene como subsistemas: Hidráulico de suministro, Hidráulico de incendios, Desagüe de aguas negras, Desagüe pluvial y freático, Suministro eléctrico, Ventilación, Calefacción y refrigeración, Conducción de voz y datos, Seguridad y automatización, Evacuación de emergencia, Transporte vertical y horizontal y Evacuación de residuos sólidos

d) *El CUÁNDO*

Se determina a partir de una WBS (Work Breakdown Structure) que define el momento en que debe llevarse a cabo la construcción de un Objeto de Construcción, dentro de una línea de tiempo general.

Para la definición de esta WBS se hizo un estudio general de otros sistemas clasificatorios de procesos constructivos existentes como BS6100, Master Format, CSI, BSI y UniClass. Se optó por completar la WBS unificada propuesta en el marco del Magíster en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, pues responde claramente al orden y especificidad del medio local y garantiza la articulación con los sistemas estudiados en el apartado anterior.

Esta WBS (Figura 2) se completó y amplió con el fin de abarcar la totalidad del ciclo de vida del proyecto, incluyendo sus etapas de estudio y diseño, así como las etapas posteriores al proceso de construcción. La organización resultante responde a una estructura arborescente de capítulos, subcapítulos, operaciones y tareas.

El primer nivel de la WBS corresponde a los capítulos de construcción, los cuales son las etapas generales del proyecto (Actividades preliminares, Cimentación, estructuras, cerramientos, etc.). El segundo nivel corresponde a los subcapítulos, los cuales definen grupos de actividades que cumplen una misma función (Dentro del capítulo estructuras, hay subcapítulos para estructuras de cada material existente). El nivel de operaciones define la familia de procesos constructivos específicos (Dentro del subcapítulo de estructura de concreto, aparece la operación de construcción de una columna en este material). Finalmente el nivel de tareas define los pasos para realizar una operación.

e) *El CÓMO y CON QUÉ*

Una vez se tiene definida la funcionalidad del espacio

arquitectónico y el desempeño deseado de los Objetos de Construcción que lo componen, se puede pasar a la definición del proceso de construcción.

Este proceso implica la escogencia adecuada de los materiales, las técnicas de construcción, los equipos con los que se construye y por último la secuencia de actividades de construcción.

Con respecto a los materiales, se tienen en cuenta:

- El tipo de material: Pétreos, metales, fibras y plásticos.
- El formato de presentación en la obra: Amorfo, pequeños elementos, semiproducto y componentes

Las técnicas de construcción a utilizar dependen directamente del tipo de material y del formato de presentación. Pueden ser: Moldeo, Tendido, Conformación, Corte y Fijación. La ontología KOC incluye el conocimiento de cuáles técnicas son apropiadas para cada tipo de material y formato de presentación: Los amorfos se moldean y tienden, los pequeños elementos se conforman, los semiproductos se cortan y se fijan y, finalmente los componentes se fijan.

Los equipos de construcción pueden ser de básicamente tres tipos: Simples, Mecánicos y Herramientas

Vale la pena resaltar que el proceso de construcción está descrito a través de la WBS, gracias a la existencia del nivel de tareas específicas para cada operación.

f) *Comentarios sobre ArCo*

ArCo está construida con base en el conocimiento y experiencia de profesionales y docentes en el tema de construcción de edificios de la Universidad de Los Andes.

ArCo no pretende definir nuevos conceptos arquitectónicos, sino que los estructura de manera que sea posible representar la complejidad presente en un proyecto de Arquitectura, basándose en su proceso de construcción.

ArCo tampoco pretende estar completa y contener la lista exhaustiva de todos los Objetos de Construcción posibles. Sin embargo presenta un marco conceptual general en el cual éstos se pueden incluir a medida que se vayan necesitando o que haya innovaciones arquitectónicas en el mundo de la construcción.

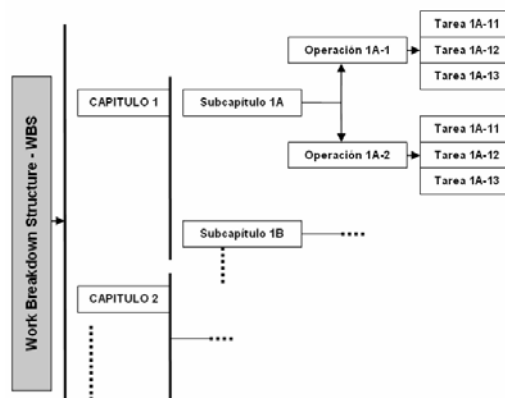


Figura 2. Esquema de la WBS

Desde este último punto de vista se puede afirmar que ArCo es una herramienta en constante evolución, pues ha sido concebida y construida para que así sea.

C. Los objetos de conocimiento y de aprendizaje en construcción

Una vez definida ArCo como el esquema conceptual de conocimiento de los Objetos de Construcción, se puede proceder a la construcción del repositorio de Objetos de Conocimiento de Construcción, para su almacenamiento y recuperación según los diferentes conceptos definidos por la ontología, como lo muestra la Figura 3.

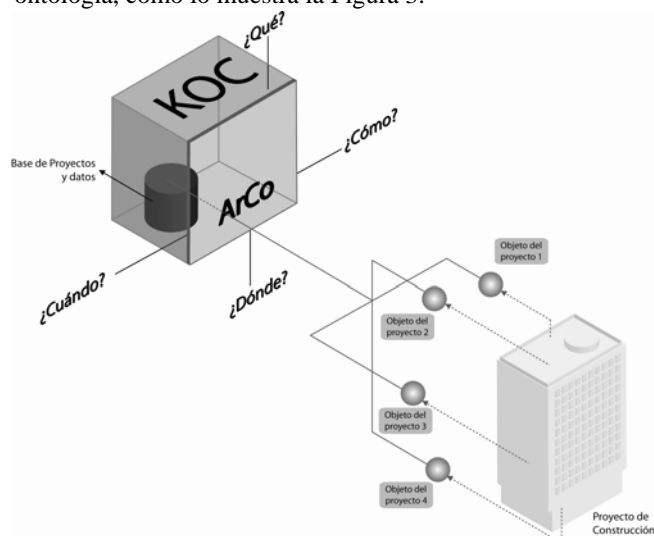


Figura 3. El ingreso de datos al repositorio

Los Objetos de Conocimiento en Construcción se definen a partir de material visual y documental de proyectos reales de construcción.

Este material, debidamente anotado mediante ArCo, es almacenado en un repositorio y puesto a disposición de la comunidad académica, para cumplir con el objetivo didáctico de entender y enseñar el proceso de construcción de los diversos Objetos de Construcción.

La generación concienzuda y organizada de este material puede llegar a recrear todo el proceso de construcción de un edificio y dar entonces la posibilidad a un docente de visitar (virtualmente) la obra con sus alumnos tantas veces como lo considere necesario.

Dentro de KOC se espera almacenar secuencias fotográficas de procesos constructivos, videos, entrevistas con expertos, documentos de obra y en general cualquier tipo de dato que permita reconstruir el proceso racional que supone el desarrollo de un proyecto de construcción.

Es importante notar que un determinado material, en particular las fotografías, puede contener diversos Objetos de Construcción. Por ejemplo, al tener una fotografía interior de una oficina, es posible identificar muchos elementos, como el piso, el cielo raso, las salidas de instalaciones, una ventana, una puerta, etc. Una correcta anotación para este material permite que éste sea recuperado por consultas que se refieran a alguno de los Objetos de Construcción presentes o por

alguno de los conceptos de funcionalidad y desempeño definidos en ArCo.

Además de la descripción arquitectónica, un Objeto de Conocimiento en Construcción (fotografía, video, dibujo, etc.) tiene información referente al autor o autores del material, fechas de ingreso y un historial de modificaciones realizadas. Un último atributo considerado conveniente de incluir en esta descripción es si lo que se está mostrando en el Objeto de Conocimiento constituye una buena práctica o una mala práctica. Esto permite manejar el concepto de “lecciones aprendidas”, comparando el “cómo sí” se debe construir un Objeto de Construcción, con el “cómo no” debe hacerse.

Ahora bien, haciendo que el repositorio conozca el concepto de proyecto de construcción, se puede tener la historia de la construcción de todos y cada uno de ellos, mostrando cómo se construyen los diferentes Objetos de Construcción con base en las diferentes funcionalidades requeridas por los espacios arquitectónicos de cada uno. De esta manera, se tiene en cuenta que no todos los proyectos de construcción poseen todos los Objetos de Construcción posibles.

Esto amplía las posibilidades de explotación del material por parte de un docente de la construcción, pues puede contar con ejemplos reales de diversos proyectos haciendo que su exposición del tema sea más completa. Por ejemplo, un docente podría generar una presentación de diapositivas sobre las técnicas de cimentación utilizadas por diferentes firmas constructoras. Este nuevo material docente puede constituir por sí mismo a un nuevo Objeto de Conocimiento en Construcción, desde luego de mayor complejidad y con información aumentada por el profesor y por lo tanto ser incorporado al repositorio para su explotación posterior por sus alumnos o por otros docentes. KOC, como sistema informático provee funciones que facilitan este proceso para el docente.

El siguiente paso en la construcción de conocimiento con fines didácticos es la generación de Objetos de Aprendizaje en Construcción. En esta etapa, los Objetos de Conocimiento en Construcción, de diversos grados de complejidad se pueden integrar alrededor de un objetivo pedagógico, incluir la secuencia que facilita su proceso de aprendizaje, los puntos de control y una forma de evaluación, para cerrar completamente el ciclo de aprendizaje.

D. La generación de contenido

Esta es la actividad más importante de todo el proyecto, pues sin datos para ingresar en el repositorio, se pierde el objetivo principal de construcción de conocimiento a partir de la información generada por la construcción de los edificios. Es bastante dispendiosa, debe llevarse con mucho cuidado y se deben implantar controles de calidad con el objetivo de satisfacer los requerimientos de los diversos usuarios de esta información.

Desde el año 2005 se han desarrollado varias experiencias dentro del proyecto KOC, las cuales han sido determinantes

para su evolución, aprovechando algunas oportunidades de seguimiento de procesos constructivos generadas directamente en la Universidad de los Andes.

1) *Caso de estudio: el edificio Mario Laserna*

De forma paralela al desarrollo del proyecto KOC, ocurre la construcción del edificio Mario Laserna, con lo cual se genera una oportunidad ideal para desarrollar los protocolos necesarios para el registro ordenado de la información generada por un proyecto y al mismo tiempo ponerlos a prueba, como parte integral de KOC.

Este proyecto paralelo de registro y documentación de este edificio busca convertir la construcción del edificio Mario Laserna en una herramienta didáctica para los actuales y futuros estudiantes de la Universidad de los Andes. Lo anterior supone generar una serie de acciones encaminadas a abrir a la comunidad el desarrollo del proyecto, tanto en su proceso constructivo de alta complejidad y particularidad, como los documentos asociados a su etapa de diseño. Vale la pena destacar que este proyecto se viene desarrollando con el apoyo total de la Rectoría de la Universidad de los Andes y de la Dirección de Planta Física de la misma institución.

2) *Propuesta de actividades para la recolección de material*

Con base en la experiencia de generación de material en el caso del edificio Mario Laserna, se propone una serie de actividades, encaminadas a generar una experiencia replicable en otros proyectos:

- Compra de equipos fotográficos de alta definición, con el fin de garantizar el registro de calidad de las diferentes actividades del proyecto.
- Conformación de un equipo de trabajo que incluye, por lo menos, un arquitecto senior como coordinador del proyecto, un arquitecto junior y un realizador de video profesional
- Definición del plan de recolección de material, a cargo del arquitecto senior. Determina cuáles son los procesos específicos de obra que quieren documentarse, cuándo y cómo debe ser su seguimiento: fotográfico, fílmico, time-lapse, etc.
- Coordinación de los turnos de visitas con las facultades de la Universidad de los Andes y otros visitantes, de acuerdo con el plan de generación de material
- Seguimiento fotográfico de procesos específicos de la obra.
- Seguimiento fílmico de procesos específicos de la obra, incluyendo explicaciones de los encargados de la obra.
- Ubicación de los planos para la toma de videos time-lapse según instrucciones de la coordinación del proyecto.
- Generación de una bitácora del proyecto interactiva, donde se consigne la información relevante, a partir de la ontología ArCo.
- Generación de un archivo documental del proyecto, articulado con la bitácora interactiva, con miras a la consulta futura por parte de estudiantes y profesores, basado en ArCo.
- Realización de las visitas guiadas, incluyendo la presentación inicial y el acompañamiento de los grupos.

- Generación de los Objetos de Conocimiento en Construcción y su ingreso al repositorio de KOC, debidamente anotados según la ontología ArCo

- Incorporación de la información al prototipo de aplicación de consulta:
<http://construccion.arquitectura.uniandes.edu.co>.

3) *La generación de Objetos de Conocimiento "Teóricos"*

Una posibilidad interesante para poblar el repositorio es la generación de Objetos de Conocimiento "Teóricos", cuando no se tiene acceso a un proyecto de construcción real que incluya un Objeto de Construcción específico.

En este caso, el material no son fotografías o videos, sino esquemas o dibujos creados directamente por el docente, pero que pueden ser descritos y anotados mediante ArCo y ser entonces ingresados al repositorio de KOC como pertenecientes al un proyecto particular llamado "Teórico".

III. KOC – EL SISTEMA

Este capítulo presenta una breve descripción de lo que constituye la herramienta informática de KOC, sus componentes principales, los diferentes tipos de usuario y las funciones de las que disponen, la representación de la ontología y del modelo de datos, la arquitectura del sistema y las herramientas utilizadas para su implementación y por último, el estado actual de desarrollo.

A. *Simulacro de funcionamiento*

Tal vez la mejor manera de entender KOC es a través de un simulacro de una de sus posibilidades de funcionamiento, una vez que el repositorio de KOC esté suficientemente poblado:

- Un docente de la construcción de edificios necesita tratar el tema de cimentación de edificios y quiere mostrar a sus alumnos cuáles son los diferentes Objetos de Construcción involucrados, en cuales casos se utiliza cada uno y cuál es el proceso de construcción de cada uno de ellos.
- Consulta entonces a KOC solicitando los Objetos de Conocimiento asociados con el sistema estructural, subsistema de cimentación y que además estén asociados al capítulo de cimentación de la WBS.
- KOC responde con un conjunto de fotografías provenientes de tres proyectos de construcción, ordenadas por proyecto y por su localización en la WBS, un video time-lapse de todo el proceso de la construcción de un caisson, un conjunto de esquemas y documentos relativos al uso de explosivos para la realización de perforaciones (tema que en principio no tenía en mente, pero que luego decidirá si lo tiene en cuenta o no en su presentación).
- El docente estudia este material, escoge y lo ordena según sus objetivos pedagógicos y le indica a KOC que genere una presentación básica de diapositivas con la información seleccionada.
- El docente procede entonces a completar esa presentación y una vez finalizada la incorpora a KOC como un nuevo Objeto de Conocimiento.

- Informa entonces a sus alumnos para que accedan a este nuevo material vía KOC.

B. Objetivos y descripción general

Como se puede observar, el objetivo principal de la herramienta es la de almacenar de forma organizada las experiencias, soluciones e innovaciones que se generan en proyectos de construcción para luego poder ser compartidos por las comunidades académicas y profesionales. De una forma específica KOC busca:

- Crear y mantener objetos de conocimiento en construcción generados a partir de experiencias reales.
- Permitir una localización sencilla y acertada de los objetos de conocimiento

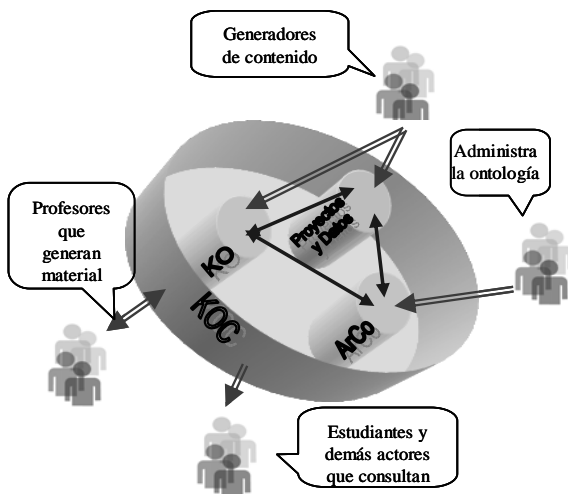


Figura 4. Visión global de KOC

- Generar un espacio para construir conocimiento a partir de los objetos de conocimiento
- Generar material didáctico que permita a los estudiantes apropiarse de técnicas de la construcción

KOC debe entonces manejar diferentes tipos de información y diferentes tipos de usuarios y para cada uno de ellos debe proveer diferentes funcionalidades, tal como se muestra en la Figura 4.

El primer tipo de información es evidentemente ArCo, la ontología de Objetos de Construcción que define el marco conceptual del conocimiento en el tema de construcción de edificios. El acceso a ArCo está permitido a todos los usuarios del sistema en modo de consulta. Sin embargo su actualización está restringida a un usuario particular que es el Administrador de la Ontología.

El segundo tipo de información es el material obtenido en las visitas a los proyectos de construcción reales. Una vez editado y depurado es organizado por proyectos en directorios del sistema y quedan listos para ser incorporados al repositorio KOC. Esta actividad es realizada por expertos en edición de imágenes y video, bajo la supervisión del experto en construcción. En esta categoría también se debe incluir el

material teórico generado eventualmente por los docentes. Esta es una actividad realizada por fuera de KOC y puede ser entonces realizada por cualquier persona.

El tercer tipo de información corresponde efectivamente a los Objetos de Conocimiento en Construcción: Todo material escogido para ser parte del repositorio, debe ser estudiado y anotado con base en la ontología ArCo. Esta es una actividad realizada por expertos en construcción o bajo la supervisión de alguno de ellos. Debe ser objeto de un control de calidad riguroso, con el fin precisamente de garantizar la calidad del contenido del repositorio. En el caso de que algún material no pueda ser anotado correcta o completamente por ArCo, se debe solicitar la inclusión del nuevo concepto al administrador de la Ontología.

Y, nuevamente, una vez ingresado un Objeto de Conocimiento en KOC, éste queda disponible a la comunidad académica: los docentes de la construcción y sus estudiantes. Con esto, se tiene el otro tipo de usuarios, que son los usuarios de consulta de KOC, quienes sólo tienen acceso en modo lectura al repositorio, mediante todas las funciones de consulta y despliegue de información provistas por KOC.

C. Análisis y diseño

A continuación se presenta una breve descripción de la funcionalidad y características de KOC.

1) Requerimientos Funcionales y no Funcionales

Los requerimientos funcionales pueden analizarse desde varios puntos de vista:

- Desde el punto de vista administrativo, debe proveer funciones para la administración de usuarios y para el mantenimiento del sistema.
- Con respecto a la administración de la ontología, debe proveer funciones para la adición de nuevos elementos, y la edición y supresión de los existentes.
- Con respecto a la generación de contenido, debe proveer funciones para la adición y edición de proyectos y Objetos de Conocimiento.
- Con respecto a la explotación del contenido, debe proveer funciones potentes de consulta y facilidades para la visualización de los resultados de esa consulta.
- Con respecto a la generación de nuevo contenido con base en el existente, debe proveer funciones que faciliten la manipulación y ordenamiento de Objetos de Conocimiento, así como para la generación de documentos (en el sentido amplio de la palabra) que los contengan.

Los requerimientos no funcionales se centran sobre todo en que KOC es una herramienta de construcción y difusión de conocimiento. Esto implica el tener múltiples usuarios simultáneos, quienes deben tener acceso al sistema, usarlo fácilmente y recibir respuesta con rapidez. Los principales requerimientos no funcionales son entonces: accesibilidad, rendimiento y facilidad de uso.

Un requerimiento no funcional adicional tiene que ver con la autoría del contenido presente en el repositorio. Aunque este es un tema que todavía no ha sido tratado en profundidad,

deben protegerse los derechos de autor de toda la información contenida en el sistema.

Con respecto a la interfaz usuario, está diseñada para facilitar el ingreso y edición de nuevos Objetos de Conocimiento. A continuación se muestran dos ejemplos de ella.

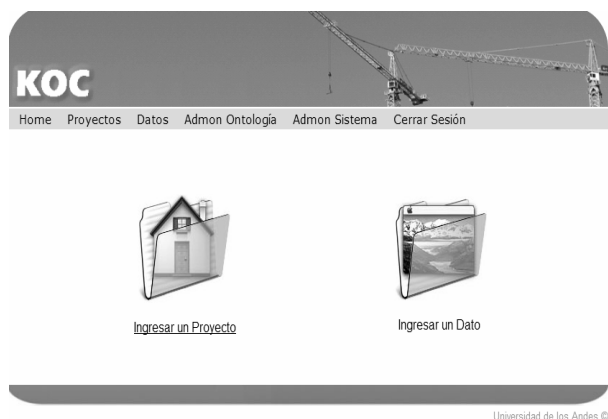


Figura 5. Página principal de KOC

La figura 5 muestra la página principal de la aplicación, que da acceso a las operaciones de ingreso de proyectos y datos, pero que también enlaza a las páginas donde se puede administrar la ontología y realizar la administración del sistema.

La figura 6 muestra la página donde se anota una imagen como el dato correspondiente a un Objeto de Conocimiento que se esté ingresando a KOC. Se puede apreciar la estructura arborescente de esta y la forma como el usuario la puede navegar con el fin de localizar correctamente el Objeto de Conocimiento en la WBS.

2) Representación de la Ontología

Para el caso de ArCo, se encontró que todos y cada uno de sus componentes tenían una estructura arborescente: Los subsistemas están compuestos de subsistemas, la WBS tiene capítulos, subcapítulos, operaciones y tareas, los equipos y materiales pueden ser clasificados por su tipo, etc.

Así, ArCo está representada básicamente como un conjunto de estructuras arborescentes. Las relaciones entre estas estructuras se presentan principalmente a través de los Objetos de Construcción que son los espacios arquitectónicos y los elementos arquitectónicos que los conforman.

Esta estructura permite una eventual generalización para la representación de ontologías (que satisfagan la característica planteada) y es precisamente la que permite la evolución “natural” de la ontología. Nuevos elementos de la ontología, tales como tareas específicas en la WBS, espacios o elementos arquitectónicos son fácilmente adicionados en la estructura arborescente que les corresponda.

3) Arquitectura general de la aplicación

KOC es una aplicación WEB, bajo un esquema Cliente/Servidor, en el cual se tiene un sitio central que procesa las peticiones realizadas por el cliente.

Desde este punto de vista, y para satisfacer los

requerimientos no funcionales planteados, se organiza como una aplicación de múltiples capas: En el servidor se tiene una base de datos que contiene toda la información y el respectivo componente que se encarga de procesar las peticiones de los clientes. La interfaz cliente es una interfaz WEB basada en páginas JSP.

D. Estado actual

El estado actual de KOC puede verse desde diferentes perspectivas: conceptual, el desarrollo de la herramienta informática, la generación de contenido y la utilización de estándares.

Desde el punto de vista conceptual, está en un estado bastante avanzado, pues ArCo parece responder a las necesidades de expresión para los Objetos de Construcción y para aquellos que todavía no están incluidos, su diseño permite su inclusión rápida y fácil, tal como se explicó anteriormente. También se tienen bastante claras las ideas acerca de cómo es el uso esperado de KOC por parte de todos sus usuarios, aunque de todas maneras hace falta definir detalles de interacción para cuando se quiere generar conocimiento a partir de Objetos de Conocimiento ya existentes en KOC.

La herramienta informática también está bastante avanzada. Ya “conoce” ArCo, provee funciones para su modificación y actualización, provee funciones para el ingreso y edición de Objetos de Conocimiento en el repositorio y un conjunto de consultas básicas. Desde el punto de vista no funcional, su arquitectura y construcción ya satisfacen los requerimientos de distribución, accesibilidad y persistencia de la información; es necesario trabajar en los requerimientos de seguridad de acceso y de la información y a medida que el repositorio vaya

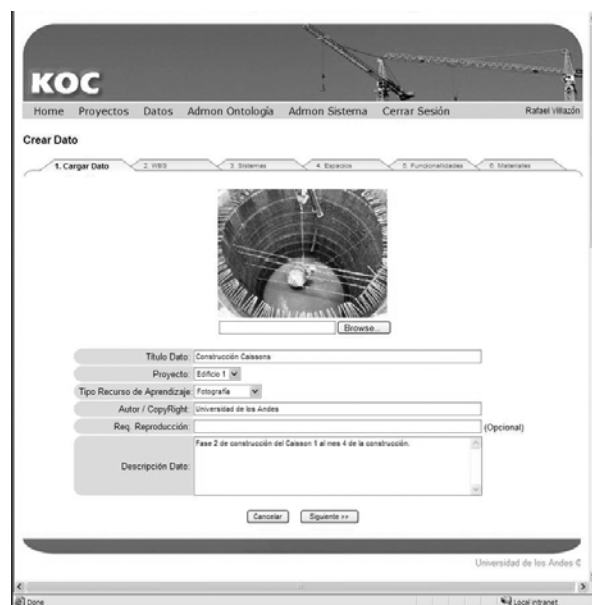


Figura 6. Anotación de una imagen como objeto de conocimiento en construcción

siendo alimentado, se estudiará el componente de desempeño. Desde el punto de vista de contenido, ya hay una gran

cantidad de material generado a partir del caso de estudio que es la construcción del edificio Mario Laserna de la Facultad de Ingeniería, la cual está empezando a ser ingresado a KOC. Se ha escogido un subconjunto de esta información para validar todos los aspectos de KOC, tanto conceptuales como de la herramienta informática.

Con respecto a los estándares, en este momento KOC es una herramienta “propietaria”, en el sentido que maneja sus propias estructuras de datos y que no “habla” ninguno de los estándares existentes para la representación de ontologías como OWL, ni para el manejo y representación de objetos de aprendizaje como LOM, que son los usados principalmente por la comunidad internacional. Esto dificulta mucho su difusión y la del conocimiento incluido en el repositorio de KOC, que es en últimas el gran objetivo de este proyecto. Conscientes de este hecho, está contemplado que la siguiente versión de KOC se cña a estos estándares.

Por último, cabe anotar que KOC ha sido presentado en varias ocasiones a expertos y docentes en el tema de construcción de edificios y ha tenido una buena acogida.

IV. CONCLUSIONES

La experiencia de definición de ArCo como ontología y de KOC como herramienta informática ha sido muy enriquecedora tanto desde el punto de vista de vista arquitectónico como del de la ingeniería del conocimiento, pues obligó a una reflexión y a una estructuración profunda sobre la temática de la construcción, de cuyos resultados los autores se consideran bastante satisfechos. ArCo propone un medio de representación completo del “pensamiento técnico” y KOC lo materializa como herramienta informática.

El proyecto permitió construir una comunidad académica más fuerte alrededor del tema constructivo y generó gran expectativa dentro del grupo de profesores y estudiantes en la Universidad de los Andes.

Un repositorio con información certificada es el primer paso para mejorar tanto las prácticas en el medio académico con el ejercicio profesional de la construcción; los objetos de conocimiento y de aprendizaje allí consignados son la base determinante para entender la lógica del ejercicio de la construcción en el medio local y sienta las bases para construir una política tecnológica local. Para el desarrollo positivo de este proyecto y su continuidad es determinante incorporar a diferentes profesores de construcción, para la construcción de los objetos de aprendizaje que supone la siguiente etapa.

Es importante resaltar el desarrollo simultáneo de KOC y del proyecto de construcción del edificio Mario Laserna como uno de los factores de éxito del proyecto. Todo cuestionamiento generado desde la ontología podía ser fácilmente “visitado” en el proyecto real y al mismo tiempo los detalles interesantes de una visita exigían su contraparte en la ontología. Este trabajo cooperativo e interdisciplinario permitió definir la ontología de una manera mucho más robusta. Sin embargo, la demanda de recursos en la etapa de desarrollo, construcción de contenido y carga del sistema es

alta, lo cual puede convertirse en un obstáculo en las siguientes fases del proyecto. Es necesario entonces tomar las medidas necesarias que garanticen la continuidad del proyecto.

El proyecto define una línea base para el desarrollo de futuras herramientas que faciliten dar el paso siguiente en la construcción de nuevos objetos de conocimiento y de aprendizaje. Esto supone una etapa posterior de diseño y desarrollo, cuyo inicio marca este documento.

Otro aspecto importante se presenta en el marco de las expectativas futuras de KOC, facilitando el acceso a esta herramienta a las empresas de construcción, es decir, que trascienda el nivel académico. A lo largo del proceso se identificaron varias alianzas que pueden establecerse con las empresas de construcción del sector privado, con el fin de lograr un mayor cubrimiento de los temas desarrollados en KOC y un repositorio cada vez más completo.

AGRADECIMIENTOS

También hay un conjunto de personas que hicieron posible los resultados actuales: María Luisa Vela, Sergio Romero colaboran con el seguimiento de la construcción del edificio Mario Laserna; María Fernanda Méndez desarrolló el prototipo WEB de la herramienta de seguimiento y Christian Medina, quien realizó el diseño y la implementación preliminares de la herramienta informática. Por último, David Cifuentes con quien desde principios de 2007 se rediseña y reimplementa KOC en una versión más completa y más robusta.

REFERENCIAS

- [1] Villazón, R., and Cardenas, C. La enseñanza de la Técnica en escuelas de Arquitectura: Modelo formativo. *Revista Arquitecturas* 8 (Jun.2001), 58-61.
- [2] El-Diraby, T.A., Lima, C., and Feis, B. Domain taxonomy for construction concepts: toward a formal ontology for construction knowledge. *Journal of computing in civil engineering* (Oct. 2005), 394-405.
- [3] Woestenek, K. *The Lexicon*(Nov. 2000), 255-260
- [4] Vian, A., Shaik, A., and Ghassan, A. An ontology of construction education for E-learning via semantic web. *Architectural engineering and design management* vol.2 (Oct. 2006), 87-99G.

Rafael E. Villazón G. Bogotá, Colombia, 1974. Arquitecto (1996) y Magíster en Ingeniería Civil (2005) de la Universidad de los Andes, Bogotá. Posgraduado en Enseñanza de la Técnica en Escuelas de Arquitectura y candidato a Doctor por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. Campo de estudio concentrado en la pedagogía y didáctica de la arquitectura, combinado con la innovación en la técnica y construcción de la arquitectura. Desde 1997 trabaja en el Departamento de Arquitectura de la Universidad, como asistente graduado (1997), Instructor (1999-2000), Coordinador Académico (1999-2006), Profesor Asistente (2000-2006) y actualmente es Profesor Asociado del mismo programa (2006) en asignaturas relacionadas al proyecto en arquitectura y la construcción de la misma. Es autor de *Eficiencia Lumínica en arquitectura* (Bogotá, Ediciones Uniandes, 2004, ISBN 958-695-126-X) y *Érase una vez un Edificio: Biblioteca y Auditorio de la UJTL* (Bogotá, Ediciones Uniandes, 2006, ISBN 958-695-207-

X). Su trabajo actual de investigación se concentra en la innovación didáctica en la enseñanza de la técnica en escuelas de arquitectura.

El profesor Villazón ha pertenecido a diferentes comités de evaluación y gestión académica en la Universidad de los Andes y actualmente hace parte del grupo de profesores del proyecto de fin de carrera en el Departamento de Arquitectura de la misma Universidad.

Germán E. Bravo C. Ingeniero de Sistemas y Computación (1983) de la Universidad de Los Andes, Bogotá. Diplôme d'Etudes Approfondies (1985) de l'Institut Nationale Polytechnique de Toulouse (Francia). Sus principales intereses se centran en la enseñanza de la programación de computadores y en el desarrollo de aplicaciones innovadoras de la informática en diversas áreas del conocimiento, específicamente en Ingeniería de Información.

Trabajó como profesor instructor en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de Los Andes, Bogotá durante 1983 y 1984, y luego desde 1989; es Profesor Asociado desde 1997. Ha publicado diversos artículos en congresos nacionales e internacionales en temas relacionados con la aplicación de herramientas informáticas, en particular Sistemas de Información Geográfica, a la resolución de problemas en recursos naturales, planeación urbana, entre otros. Su área de investigación actual se centra en el desarrollo de aplicaciones de integración de tecnología y que manejan de información no convencional.

El profesor Bravo es miembro del grupo de investigación COMIT y colabora con grupos de investigación de Arquitectura y de Ingeniería Industrial, entre otros. También dirige proyectos de grado proyectos de tesis a nivel de pregrado, maestría y especializaciones y ha hecho parte de diversos comités de investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Desde 2001 es el subdirector de laboratorios del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la misma universidad.