

Conservación digital de las prácticas constructivas utilizando el sistema KOC. Estudio de caso: Edificio Mario Laserna

The Digital Preservation of Construction Practices Using KOC Systems: A Case Study of the Mario Laserna Building

Rafael Villazón

Universidad de los Andes, Colombia

✉ rvillazo@uniandes.edu.co

www.uniandes.edu.co

Germán Bravo

Universidad de los Andes, Colombia

✉ gbravo@uniandes.edu.co

www.uniandes.edu.co

Augusto Trujillo

Universidad de los Andes, Colombia

✉ au-truji@uniandes.edu.co

www.uniandes.edu.co

ABSTRACT

Around the middle of the 20th century, construction techniques in Colombia displayed important technical advances, but because there was a lack of documentation strategies most of this knowledge was lost. However, in 2008 the Mario Laserna building at *Universidad de los Andes*, Bogota, received the XVII International Cemex Building Award for its contribution to the development of construction technology using concrete. Considering the problem of recording the lessons learned from this experience, this paper demonstrates how to carry out the digital preservation of technical knowledge in the field of construction by means of the Knowledge Objects of Construction (KOC) system, specifically the construction process for a concrete beam.

KEYWORDS: heritage conservation, construction practices, knowledge-based systems, data acquisition protocol.

El conocimiento de las prácticas constructivas conformó la mayor parte del saber del arquitecto en épocas anteriores a la revolución cultural y científica de la Modernidad. No se reconocía una separación entre construcción y arquitectura, y el aprendizaje se educaba mediante la observación directa del maestro arquitecto o constructor en su trabajo. El desarrollo de los métodos de representación, a partir del Renacimiento, comenzó a distanciar el proyecto arquitectónico de la actividad constructiva y a llevarlo a planos más abstractos.

Hoy en día, los medios de modelación y representación, apoyados por computadores, conceden aún más libertad a diseños que se apartan de la materialidad pero, al mismo tiempo, son las herramientas clave para el desarrollo de los saberes constructivos. Como señala Kenneth Frampton (1999), aunque Le Corbusier les propuso a los arquitectos el discurso de la superficie, el plano y el volumen, la arquitectura es construcción antes que discurso, y solo adquiere realidad en tanto se construye. Ignacio Paricio (1995) reconoce la *síntesis arquitectónica* como el producto del complejo proceso de diseño en arquitectura e indica que el conocimiento técnico aporta decisivamente a este proceso, dado que propone unos límites (todo es posible pero no razonable) y sugiere formas (constructivas) para resolver problemas.

Los saberes y las técnicas de construcción se consideran patrimonio cultural inmaterial, vinculados a regiones geográficas

y épocas específicas, y su importancia radica no en las manifestaciones, es decir, el objeto construido, sino en el bagaje de conocimientos que poseen las comunidades y que representa un valor social y económico (Unesco, 2010). Por lo tanto, debe reconocerse, capturarse y transmitirse el conocimiento de prácticas constructivas para evitar situaciones como la pérdida de muchos de los saberes desarrollados en la construcción de edificios en Colombia durante los años cincuenta y sesenta del siglo XX, época de importantes avances técnicos en el país.

El Edificio Mario Laserna de la Universidad de los Andes

En la Universidad de los Andes, el proyecto del Edificio Mario Laserna se ha entendido como la espacialización de un proyecto académico que comprendió la reforma curricular en la Facultad de Ingeniería, además de suplir otras necesidades de la Universidad. Esta reforma necesitó cambios no solamente en las prácticas docentes y en la organización curricular, sino en la provisión de espacios apropiados para la nueva propuesta de educación, que busca integrar la formación académica, la investigación científica y la innovación en la industria (Universidad de los Andes, 2008).

El edificio representa un gran esfuerzo de parte de la Universidad para albergar la Facultad de Ingeniería, con aulas, oficinas y laboratorios de alta tecnología para diversos campos; la Biblioteca General Ramón de Zubiría, y un auditorio para 600 personas, todo lo cual conforma un programa arquitectónico de más de 37.000 metros cuadrados que involucra grandes retos técnicos.

El Edificio Mario Laserna fue galardonado con el XVII Premio Obras Cemex Internacional, que reconoce las innovaciones constructivas, técnicas y conceptuales en la edificación en concreto. Los procesos constructivos de los elementos cumplieron con altas especificaciones técnicas, para lograr una estructura en concreto que vence grandes luces, maneja importantes voladizos, conforma grandes marcos en las fachadas y funciona como acabado de concreto a la vista en espacios interiores (PAYC, 2010). Este documento muestra, mediante el ejemplo de una viga en concreto en la obra del Edificio Mario Laserna, cómo capturar los conocimientos que están detrás de los procesos constructivos.

Propuesta de conservación del conocimiento técnico en construcción: protocolo de recolección de información, KOC y ArCo

El *Knowledge Objects of Construction* (KOC) es una herramienta conceptual e informática para apoyar la docencia universitaria en el tema de proyectos de construcción (Villazón, 2009). Permite generar, retener y transmitir el conocimiento relacionado con estos temas, y en esta medida constituye un instrumento de gran utilidad para la conservación del patrimonio cultural inmaterial que representan los saberes técnicos en construcción.

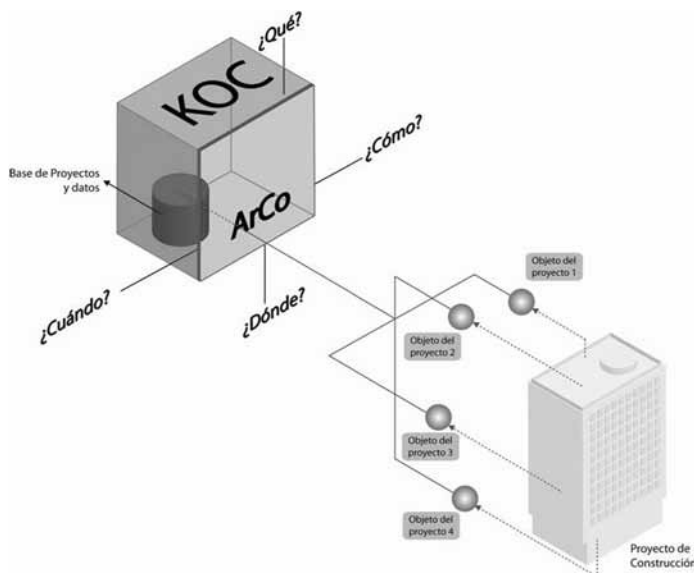


Figura 1. Componentes del sistema KOC

El sistema KOC se sustenta en tres componentes simultáneos: (1) un protocolo de seguimiento de procesos constructivos; (2) la ontología *Architectural Concepts* (ArCo) (Bravo, Villazón y Cifuentes, 2008), que permite la descripción ordenada de la información e intenta responder a preguntas básicas sobre los objetos de construcción (qué y para qué, cómo, cuándo y dónde), y (3) el repositorio KOC propiamente dicho, que permite almacenar y agrupar los objetos de conocimiento, organizándolos según la ontología antes mencionada (Fig. 1).

Conservación del proceso constructivo de una viga maciza en concreto

En el sistema KOC, la conservación del conocimiento generado por las obras de construcción se lleva a cabo mediante la generación de objetos de conocimiento (KO). El proceso es el siguiente: la información en bruto, producto del protocolo de seguimiento de los procesos constructivos, se ingresa al sistema en archivos digitales de algún formato (texto, imagen, dibujo vectorial, video, etc.). Se complementa con unos metadatos que dan una información básica (tipo de archivo, fecha, fuente, proyecto al que corresponde). En ese momento, el sistema reconoce la información como un dato. A continuación se identifican en la ontología ArCo los temas a los cuales el dato hace referencia, relacionándolos con la estructura conceptual establecida y generando un KO.

Uno de los aspectos importantes de la anotación es que permite asignar una calificación a la práctica que se está documentando, en una escala de cinco grados que va de deficiente a sobresaliente, así como una justificación escrita de esta calificación. Esta característica del sistema es relevante para preservar el conocimiento constructivo, pues captura las lecciones aprendidas e identifica rápidamente las prácticas que deben repetirse.

En el KOC, la unidad básica de conservación del conocimiento en construcción son los denominados *objetos de conocimiento simples*, que contienen una o varias anotaciones en relación con un dato. Además, el sistema permite agrupar varios ellos en la figura *objetos de conocimiento compuestos*, los cuales establecen relaciones entre los contenidos ya ingresados, generan nuevo conocimiento y proporcionan nuevas maneras de entender y aprovechar la información original. Así, el trabajo en el sistema genera diferentes líneas narrativas con la misma base de objetos, lo cual brinda la posibilidad de abordar los temas de construcción desde distintos enfoques.

En el caso de la conservación del saber constructivo del proceso de una viga maciza de concreto en el Edificio Mario Laserna, el trabajo comenzó por la documentación del proceso en la obra. El protocolo de seguimiento definido (Villazón, 2009) produjo una gran cantidad de información multimedia sobre este proceso. Por lo tanto, para describir la información gráfica y audiovisual se desarrolló en detalle la ontología ArCo, a fin de responder a las preguntas básicas referentes a este objeto de construcción (Fig. 2).

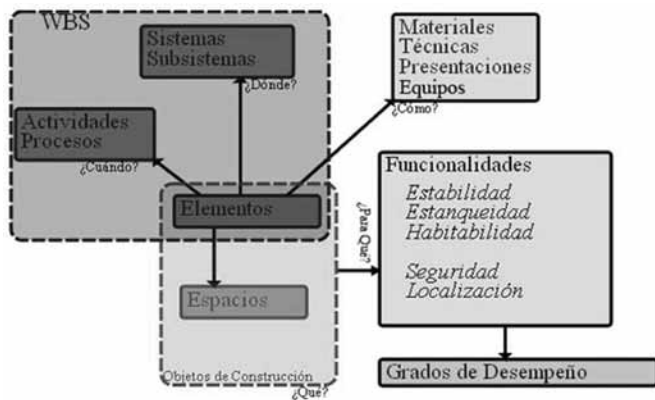


Figura 2. La ontología ArCo

¿Qué y para qué se construye? El elemento *viga maciza en concreto* responde a funcionalidades de estabilidad, como asumir cargas verticales, trabajar bajo esfuerzos de flexocompresión y vencer luces entre cuatro y doce metros.

¿Cómo se construye? Con unos materiales básicos (concreto y acero), en unas formas de presentación específicas (concreto fundido in situ y acero en varillas redondas y en alambre), mediante ciertas técnicas constructivas (como el cortado mecánico, la figuración mecánica, la fijación electroquímica y el moldeo por fraguado) y con unas herramientas y equipos de construcción (como cerchas, parales y crucetas, formaletas metálicas, torre grúa, llave inglesa, martillo y cuerdas).

¿Dónde se construye? La estructura de desglose del trabajo (WBS) sitúa los elementos arquitectónicos, objetos últimos de construcción, dentro de una estructura jerarquizada de árbol que los agrupa. Entonces, el elemento *viga maciza en concreto* se ubica en la WBS como tipo de elemento viga, en el subsistema superestructura y en el sistema estructural.

¿Cuándo se construye? Esta pregunta corresponde a las actividades, lo más específico de la WBS. Las actividades son las anotaciones que dan cuenta del proceso constructivo más directamente, que lo explican como una sucesión de eventos en el tiempo que se acumulan y tienen como fin la realización de un objeto de construcción o elemento arquitectónico.

Los elementos en concreto del Edificio Mario Laserna alcanzaron altos estándares de calidad, y es en la descripción de sus procesos donde esto se evidencia mejor. A fin de conservar el proceso de la viga maciza en concreto se generó un KO para cada actividad. Esto es posible gracias al protocolo de seguimiento de procesos constructivos, que produjo la información detallada para cada momento del proceso. Las siguientes son las actividades del proceso de la viga en concreto:

- Disposición de la estructura temporal previa: KO que contiene una fotografía del montaje de cerchas, parales y crucetas, y una anotación del equipo torre grúa, que se utiliza para facilitar esta operación.
- Ubicación de formaletas inferiores: con una imagen y una anotación adicional que muestra cuándo se aplica el des-

moldante a las formaletas, inmediatamente después de haber sido puestas sobre la estructura temporal.

- Armado de refuerzos: KO que contiene la anotación de la herramienta bichiroque, cuya utilización se aprecia en la fotografía relacionada. Esta es una herramienta que se identifica con la construcción en el medio local, para el amarre de las varillas con alambre de acero.
- Ubicación de formaletas laterales: asociada a la imagen que muestra a un operario ubicando manualmente la formaleta que cuelga enganchada de la torre grúa, además se adiciona la anotación de equipo "formaleta metálica".
- Vertido de concreto: actividad para la cual se adicionan anotaciones que dan cuenta del equipo de transporte del concreto, torre grúa y baldes metálicos y el equipo de vibrado, el vibrador para concreto y el martillo de caucho o "chapulín".
- Apuntalamiento de formaletas: KO que contiene la anotación del equipo parales.
- Retiro de formaletas laterales: con la anotación de equipo torre grúa (Fig. 3).
- Retiro de formaletas inferiores: con las anotaciones de equipos cuerdas y martillo.

Una vez se ha creado un KO para actividad de este proceso, se genera el KO compuesto con nombre *proceso constructivo de una viga maciza en concreto* (Fig. 4). A este nuevo KO



Figura 3. KO simple para la actividad retiro de formaletas laterales



Figura 4. KO compuesto del proceso constructivo de una viga en concreto

pueden adicionarse más anotaciones, cada una con una calificación que dé cuenta de su calidad y relevancia como lección aprendida. De esta manera se pueden agrupar varios KO compuestos para generar unos de segundo nivel, del tipo *procesos constructivos de elementos de concreto en el edificio Mario Laserna*, línea narrativa que abarca más temas y casos. Así, la información se consolida y empieza a hacer parte de sistemas de relaciones que la convierten en conocimiento y la ponen a disposición de comunidades académicas y profesionales.

Conclusiones

El sistema KOC es una herramienta de gran utilidad para la captura y conservación del patrimonio que representan los saberes y las técnicas de la construcción de edificios, ya que mediante el uso de los tres componentes del sistema es posible extraer lecciones aprendidas de experiencias que son difícilmente repetibles. La interfaz web abierta permite la publicación y la socialización del conocimiento, propósito final de la conservación. El KOC tiene un importante potencial como instrumento para el mejoramiento de las prácticas con repercusión en las comunidades y en la industria, para retener el conocimiento en las empresas dedicadas a la construcción. Por otro lado, iniciativas de este tipo constituyen un importante punto de partida para la formulación de políticas tecnológicas estatales, que conformen una línea base para expedir normativas para la práctica profesional y la industria de la construcción, la educación en institutos técnicos y la formación de arquitectos e ingenieros.

Actualmente, el repositorio de conocimiento KOC contiene información sobre la construcción del Edificio Mario Laserna, pero dentro del trabajo futuro está el ingreso de otros proyectos de la Universidad de los Andes y, más adelante, proyectos externos a la Universidad. En el Departamento de Arquitectura ya se ha empezado a utilizar este sistema para el apoyo a los cursos del área técnica y de construcción en el programa de pregrado, pero debe implementarse más ampliamente y abrirlo a otras comunidades académicas y profesionales.

Referencias

- Bravo, G., Villazón, R. y Cifuentes, D. (2008). Arco: An Ontology for Architectural Concepts in Construction. En *The 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. Orlando: WMSCI.
- Frampton, K. (1999). *Estudios sobre cultura tectónica*. Madrid: Akal.
- Paricio Ansuategui, I. (1995). *La construcción de la arquitectura*. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.
- PAYC (2010). *Mario Laserna*. Recuperado el 5 de septiembre del 2010, de http://www.payc.com.co/projects/ejecutados/educacion/edif_mario_laserna2.html.
- Unesco (2010). *Sector de Cultura de la UNESCO: patrimonio inmaterial. Convención 2003*. Recuperado el 5 de septiembre del 2010, de <http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?lg=es&pg=00002>.
- Universidad de los Andes (2008). *Edificio Mario Laserna*. Recuperado el 5 de septiembre del 2010, de <http://ingenieria.uniandes.edu.co/?opcion=ver&ver=seccion&item=188&que=&lenguaje=es>.
- (2009). *KOC: objetos de conocimiento en construcción*. Recuperado el 3 de septiembre del 2010, de <http://157.253.201.47:8080/KOC/administracion/inicio.htm>.
- Villazón, R. (2009). Sistema de seguimiento, documentación y almacenamiento de objetos de conocimiento, en proyectos de construcción. En *Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción: ELAGEC-III 2009* (pp. 261-276). Bogotá: Universidad de los Andes.